



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

ΤΗΣ ΟΙΝΟΠΟΙΑΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΗ.

Αξιολόγηση Εναλλακτικών Σεναρίων

ΣΙΣΜΑΝΙΔΟΥ ΠΑΥΛΙΝΑ

A.M. 2010010120

Επιβλέπων:

Γεώργιος Τσιναράκης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ– ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1.	Κίνητρα.....	6
1.2.	Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας.....	6
1.3.	Χρήση Δικτύων Petri ως μέθοδος επίλυσης.....	7
1.4.	Συνεισφορά και Στόχος διπλωματικής εργασίας.....	7
1.5.	Δομή Διπλωματικής Εργασίας.....	8

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΔΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (ΣΧΕΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ)

2.1.	Μοντελοποίηση.....	9
2.1.1.	Η διαδικασία της μοντελοποίησης.....	11
2.2.	Δίκτυα Petri.....	12
2.2.1.	Δυνατότητες και Εφαρμογές των δικτύων Petri.....	12
2.2.2.	Συνήθη Δίκτυα Petri.....	14
2.2.2.1.	Δομικά Στοιχεία δικτύων Petri.....	14
2.2.2.2.	Μαθηματικός Ορισμός συνήθων δικτύων Petri	16
2.2.2.3.	Ετοιμότητα και Ενεργοποίηση μεταβάσεων	16
2.2.2.4.	Σημάνσεις δικτύων Petri.....	18
2.2.2.5.	Βασικές Δυναμικές Καταστάσεις που μοντελοποιούνται με δίκτυα Petri	
2.3.	Επεκτάσεις δικτύων Petri	20
2.3.1.	Χρονικά δίκτυα Petri.....	20
2.3.2.	Επεκτάσεις τόξων στα Petri.....	21
2.3.3.	Πλεονεκτήματα χρήσης δικτύων Petri.....	22
2.4.	Προσομοίωση.....	25

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ- Η ΟΙΝΟΠΟΙΑ ΜΑΝΟΥΣΑΚΗ (MANOUSAKIS WINERY)

3.1.	Η Ελληνική Οινοποιία.....	27
3.1.1.	Οι ποικιλίες σταφυλιών της ελληνικής παραγωγής.....	28
3.1.1.1.	Οι ποικιλίες που επεξεργάζεται η Οινοποιία Μανουσάκη.....	29
3.1.2.	Τύποι- Κατηγορίες κρασιών	29
3.2.	Η Ευρωπαϊκή και Παγκόσμια αγορά Οινοποιίας.....	30
3.3.	Ιστορία και Χαρακτηριστικά της Οινοποιίας Μανουσάκη.....	35
3.4.	Εξοπλισμός – Αμπελώνας	39
3.5.	Παρουσίαση Προϊόντων.....	42
3.6.	Ισολογισμός του έτους 2013.....	56

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ- Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΡΥΘΡΟΥ ΚΑΙ ΛΕΥΚΟΥ ΟΙΝΟΥ

4.1. Παρουσίαση Παραγωγικής Διαδικασίας.....	57
4.1.1. Εισαγωγή.....	57
4.1.1.1. Ερυθρή Οινοποίηση.....	57
4.1.1.2. Λευκή Οινοποίηση.....	58
4.2 . Διαγράμματα Ροής.....	59
4.2.1.1. Ερυθρός Οίνος.....	59
4.2.1.2. Λευκός Οίνος	59
4.2.1. Συλλογή Σταφυλιών (Τρύγος).....	60
4.2.2. Εκραγισμός.....	63
4.2.3. Διαχωρισμός στο Πιεστήριο.....	65
4.2.4. Αλκοολική Ζύμωση- Εκχύλιση	68
4.2.5. Απολάσπωση.....	71
4.2.6. Ωρίμαση – Παλαίωση.....	74
4.2.7. Διαύγαση-Φιλτράρισμα.....	76
4.2.8. Σταθεροποίηση.....	76
4.2.9. Εμφιάλωση.....	76

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ- ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΜΕ ΔΙΚΤΥΑ PETRI ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΑΕΝΑΡΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

5.1. Εισαγωγή.....	81
5.1.1. Μοντέλο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής ερυθρού οίνου	83
5.1.2. Μοντέλο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής λευκού οίνου	89
5.3.Επεξήγηση μοντέλων.....	95
5.3.1. Ερυθρή Οινοποίηση.....	95
5.3.1.1. Προετοιμασία πρώτων υλών - Εκραγισμός	96
5.3.1.2. Αλκοολική Ζύμωση - Εκχύλιση	97
5.3.1.3. Διαχωρισμός στο Πιεστήριο.....	99
5.3.1.4. Απολάσπωση.....	100
5.3.1.5. Παλαίωση σε Βαρέλια – Χαρμάνιασμα.....	102
5.3.1.6. Εμφιάλωση.....	103
5.3.2. Λευκή οινοποίηση.....	104
5.3.2.1. Προετοιμασία πρώτων υλών – Εκραγισμός.....	104
5.3.2.2. Διαχωρισμός στο Πιεστήριο.....	106
5.3.2.3. Στατική Απολάσπωση.....	107
5.3.2.4. Αλκοολική Ζύμωση.....	109
5.3.2.5. Απολάσπωση.....	110
5.3.2.6. Στατική Διαύγαση	111
5.3.2.7. Σταθεροποίηση – Φιλτράρισμα.....	111
5.3.2.8. Εμφιάλωση	112
5.4. Παρουσίαση των βασικών και εναλλακτικών σεναρίων λειτουργίας....	114
5.4.1. Σχολιασμός αποτελεσμάτων των εναλλακτικών σεναρίων.....	122

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1. Ανακεφαλαίωση.....	124
6.2. Συμπεράσματα	125
6.3. Προτάσεις - Επεκτάσεις	126

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η γραμμή παραγωγής ερυθρού και λευκού οίνου της Οινοποιίας Μανουσάκη. Αρχικά γίνεται αναφορά στην σημασία και θέση της Οινοποιίας σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο, όσον αφορά την παραγωγή οίνου και τις εκτάσεις αμπελώνων του. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση και τα παραγόμενα προϊόντα της συγκεκριμένης Οινοποιίας και κατασκευάζονται διαγράμματα ροής, τα οποία αποτυπώνουν αναλυτικά την ακολουθία των διεργασιών στην ερυθρή και λευκή οινοποίηση. Σε επόμενο στάδιο πραγματοποιείται η μοντελοποίηση της γραμμής παραγωγής της μονάδας με τη χρήση δικτύων Petri. Κατά τη μοντελοποίηση, κατασκευάζονται δύο βασικά μοντέλα λειτουργίας, κάθε ένα από τα οποία αντιπροσωπεύει το είδος της οινοποίησης. Ο διαχωρισμός των μοντέλων προέκυψε από την συσχέτιση κοινών διεργασιών που ακολουθούνται για την επεξεργασία των ποικιλιών που ανήκουν σε κάθε μοντέλο. Με βάση τα κύρια μοντέλα, ακολουθεί η εξέταση εναλλακτικών σεναρίων, το οποία προσαρμόστηκαν βάσει της καθημερινής ποσότητας που επεξεργάζεται η μονάδα. Μελετήθηκε η δυνατότητα χρήσης νέου μηχανολογικού εξοπλισμού νέος μηχανολογικός εξοπλισμός (ταινία διαλογής, αντλία αυξημένης απόδοσης) για την κατασκευή όλων των σεναρίων. Τέλος, εκτελέστηκαν προσομοιώσεις τόσο των βασικών όσο και των εναλλακτικών σεναρίων, προκειμένου να αξιολογηθούν τα αποτελέσματά τους και να συγκριθούν μεταξύ τους ως προς την αποτελεσματικότητα και τη συμβολή τους στη μείωση του συνολικού χρόνου εκτέλεσης κάθε γραμμής παραγωγής.

1ο Κεφάλαιο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Κίνητρα

Στη σύγχρονη επιχειρηματική Ελλάδα της κρίσης, η βιωσιμότητα μιας επιχείρησης επιτυγχάνεται με τη μέγιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων και παραγωγικών δυνατοτήτων, αλλά και την παράλληλη μείωση του κόστους και των χρόνων παραγωγής. Μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των προβλημάτων σε βιομηχανικά συστήματα και συστήματα παραγωγής, διότι ακόμη και μικρές εξελίξεις μπορεί να λειτουργήσουν ως ωφέλιμες. Σε ένα τόσο ανταγωνιστικό επιχειρηματικό περιβάλλον ο προγραμματισμός της παραγωγικής διαδικασίας αποτελεί σημαντικό παράγοντα βελτίωσης της απόδοσης κάθε παραγωγικής μονάδας, όσον αφορά τα κέρδη, τη σωστή αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων και της ομαλής λειτουργίας της. Έτσι, με σκοπό τη βελτίωση του προγράμματος παραγωγής, γίνεται χρήση κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων για την πρόβλεψη μελλοντικών πωλήσεων και παράλληλα μέσω της προσωμοίωσης μπορούν να ελεγχθούν λύσεις που δεν θεωρούνται εξ 'αρχής βέλτιστες. Οι παραπάνω λόγοι αποτέλεσαν την κινητήρια δύναμη για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας με την εφαρμογή τεχνικών προσομοίωσης.

1.2. Αντικείμενο Διπλωματικής

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μελέτη της γραμμής παραγωγής ερυθρού και λευκού οίνου της Οινοποιίας Μανουσάκη, η οποία βρίσκεται στο Νομό Χανίων. Σε πρώτο στάδιο καταγράφεται ο τρόπος λειτουργίας της μονάδας, οι επιμέρους διαδικασίες οινοποίησης και η χρονική διάρκεια τους, καθώς και οι ροές της πρώτης ύλης κατά τη μετάβαση μεταξύ διαφορετικών διαδικασιών. Στη συνέχεια, γίνεται μοντελοποίηση της

γραμμής παραγωγής για τις δύο βασικές κατηγορίες οίνου, ομαδοποιημένες βάση του χρώματος τους (ερυθρός, λευκός) και με τις κατάλληλες προσωμοιώσεις εξετάζονται εναλλακτικά σενάρια σε ρεαλιστικές συνθήκες παραγωγής. Έχοντας ως γνώμονα περιορισμούς (φυσικούς, οικονομικούς, μηχανολογικούς) που εμφανίζονται σε μία τέτοια γραμμή παραγωγής, η λειτουργία της μονάδας προσεγγίζεται ως ένας συνδυασμός πολλαπλών παραμέτρων με συγκεκριμένες τιμές και αμοιβαία εξάρτηση.

1.3. Μέθοδος επίλυσης

Το βασικό εργαλείο που χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική για την ανάπτυξη του πλαισίου μοντελοποίησης και μελέτης συστημάτων παραγωγής, είναι τα χρονικά δίκτυα Petri (ΔΡ) κι οι επεκτάσεις τόξων. Τα ΔΡ συνδυάζουν ένα απλό γραφικό περιβάλλον, που αυξάνει σημαντικά τη δυνατότητα κατανόησης κι εποπτικής παρακολούθησης της κατάστασης του υπό μελέτη συστήματος, με ένα πλήρες μαθηματικό πλαίσιο που διευκολύνει την χρήση των κατασκευαζόμενων μοντέλων για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των συστημάτων που αναπαριστούν. Επιπλέον, τα μοντέλα που κατασκευάζονται με ΔΡ είναι πιο συμπυκνωμένα σε σχέση με τα αντίστοιχα που προκύπτουν με χρήση άλλων εργαλείων μοντελοποίησης όπως για παράδειγμα, τα αυτόματα. Σε αυτά πρέπει να προστεθεί το γεγονός πως διαθέτουν πλήρη συλλογή από εργαλεία ανάλυσης και μπορούν να συνδυαστούν με άλλα εργαλεία για την ικανοποίηση πιο εξειδικευμένων αναγκών. Αναλυτική παρουσίαση των δυνατοτήτων των δικτύων Petri, των βασικών χαρακτηριστικών τους, των κύριων πλεονεκτημάτων τους σε σχέση με άλλα εργαλεία μοντελοποίησης και των λόγων που οδήγησαν στην επιλογή τους, παρουσιάζονται στο 2^ο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας καθώς και στην ανάλυση του τρόπου μοντελοποίησης του συστήματος.

1.4. Συνεισφορά και Στόχος διπλωματικής εργασίας

Η ιδέα για την εκτέλεση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας ξεκίνησε από της προσωπική μου επιθυμία να γνωρίσω τη διαδικασία οινοποίησης, η οποία ακολουθείται προκειμένου να παραχθεί αυτή η τεράστια γκάμα ετικέτων κρασιού που υπάρχουν διαθέσιμα

στην εγχώρια και ξένη αγορά. Αφορμή για τη συγκεκριμένη επιλογή της Οινοποιίας Μανουσάκη αποτέλεσε η προσωπική επαφή με μέλος της ομάδας της, αλλά κατά κύριο λόγο η άριστη γεύση και παρουσίαση ορισμένων κρασιών NOSTOS, τα οποία δοκίμασα τυχαία και μου κίνησαν έντονο ενδιαφέρον. Έτσι, σε συνεργασία με βασικά στελέχη της επιχείρησης δόθηκε η δυνατότητα να παρουσιαστεί το σύστημα λειτουργίας των γραμμών παραγωγής οίνου διαφόρων ποικιλιών. Επιπλέον, παρουσιάστηκαν επιμέρους χαρακτηριστικά και παράμετροι, που αποτελούν κομβικό σημείο της παραγωγικής διαδικασίας. Ύστερα από παρακολούθηση κάποιων διαδικασιών οινοποίησης σε πραγματικό χρόνο, δώθηκε μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα του τρόπου λειτουργίας μιας πραγματικής γραμής παραγωγής με τις απρόβλεπτες καταστάσεις και την άμεση αντιμετώπιση έκτακτων προβλημάτων.

Η οινοποίηση κάθε ποικιλίας σταφυλιών παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες, όσον αφορά τους χρόνους εκτέλεσης επιμέρους διαδικασιών και την επίτευξη άριστα ποιοτικού τελικού προϊόντος. Για το λόγο αυτό, αποφασίστηκε από κοινού με την επιχείρηση να μελετηθούν δύο γενικές χαρακτηριστικές γραμμές παραγωγής, καθεμία από τις οποίες θα αντιπροσωπεύει την οινοποίηση του συνόλου ερυθρών και λευκών ποικιλιών σταφυλιών αντίστοιχα. Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η Οινοποιία μοιράστηκε γνώση, γενικά όσον αφορά τον τομέα της οινοποιίας αλλά και πιο εξατομικευμένη όσον αφορά την παραγωγική διαδικασία, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των μηχανημάτων και των χώρων ενώ καταγράφηκαν οι διαθέσιμες και αναγκαίες πρωτεύουσες και δευτερεύουσες ύλες για την επίτευξη των τελικών προϊόντων. Με τη βοήθεια των παραπάνω δεδομένων κατασκευάστηκαν δύο μοντέλα λειτουργίας της γραμής οινοποίησης, λευκής και ερυθρής αντίστοιχα, τα οποία αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης μέσω προσομοιώσεων. Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν μέσα από την εφαρμογή εναλλακτικών σεναρίων, προτείνεται μια πιο βελτιωμένη εκδοχή του προγράμματος παραγωγής, ώστε να επιτευχθούν ακόμη πιο ποιοτικά τελικά προϊόντα, μειώνοντας το χρόνο διεκπεραίωσης επιμέρους διαδικασιών της συνολικής γραμής παραγωγής.

1.5. Δομή διπλωματικής εργασίας

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάστηκε το θέμα μελέτης και τα κίνητρα επιλογής του για τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία. Έγινε σύντομη αναφορά της μεθόδου επίλυσης

που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή προσομοιώσεων, καθώς επίσης και οι αντικειμενικοί στόχοι που τέθηκαν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι θεμελιώδεις έννοιες των δικτύων Petri, η διασαφήνιση των οποίων κρίνεται αναγκαία, καθώς συνδέονται με τη δημιουργία των υλοποιούμενων μοντέλων και κατ' επέκταση με την εκτέλεση προσομοιώσεων εναλλακτικών σεναρίων που εφαρμόζονται στις εξεταζόμενες γραμμές παραγωγής.

Στο επόμενο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται εν συντομία η εγχώρια κατάσταση της Οινοποιίας, η κατηγοριοποίηση των κρασιών βάση νομοθεσίας, καθώς επίσης και η διεθνής κατανάλωση και παραγωγή οίνου. Στη συνέχεια, γίνεται εισαγωγή στην ιστορία και τα χαρακτηριστικά της Οινοποιίας Μανουσάκη (*Manousakis Winery*), στους διαθέσιμους αμπελώνες της και εξοπλισμό, ενώ ακολουθεί η παρουσίαση όλων των τελικών προϊόντων της Οινοποιίας που υπάρχουν διαθέσιμα στην αγορά.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιγράφει την παραγωγική διαδικασία που ακολουθείται για την ερυθρή και λευκή οινοποίηση. Αρχικά παρουσιάζονται τα αντίστοιχα διαγράμματα ροής, στα οποία παρουσιάζονται όλα τα στάδια από την συλλογή της πρώτης ύλης μέχρι την αποθήκευση των φιαλών. Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή όλων των επιμέρους διαδικασιών της κάθε γραμμής παραγωγής, με αναφορά στους χρόνους παραμονής, τις χωρητικότητες, τις παροχές και τις ταχύτητες.

Στο πέμπτο κεφάλαιο υλοποιούνται τα μοντέλα για τις δύο κατηγορίες οινοποίησης με τη βοήθεια χρήσης των δικτύων Petri. Γίνεται πλήρης ανάλυση της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για την δημιουργία των μοντέλων και καταγράφονται όλα τα δεδομένα των προσομοιώσεων με τα κύρια χαρακτηριστικά τους, αλλά και τον τρόπο σύνδεσης μεταξύ των κόμβων. Στη συνέχεια, εξετάζονται εναλλακτικά ρεαλιστικά σενάρια λειτουργίας της Οινοποιίας με χρήση εξοπλισμού διαφορετικής απόδοσης και την προσθήκη νέου εξοπλισμού. Τέλος καταγράφονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις νέες προσομοιώσεις και αναλύεται η ρεαλιστική χρησιμότητα των εναλλακτικών αυτών σεναρίων.

Στο τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζονται όλα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα προηγούμενα κεφάλαια, ενώ υποδεικνύονται μελλοντικές επεκτάσεις της τρέχουσας εργασίας που θα είχαν πρακτικό ενδιαφέρον.

2^ο Κεφάλαιο

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΔΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (ΣΧΕΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ)

2.1 Μοντελοποίηση

Η μοντελοποίηση ενός συστήματος είναι η διαδικασία αναπαράστασης των πραγματικών δεδομένων του συστήματος αυτού που είναι διαθέσιμα, με σκοπό την αναπαραγωγή του φυσικού συστήματος (μαθηματικά, στο εργαστήριο ή μέσω προσομοίωσης με χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών). Το μοντέλο ενός συστήματος είναι η απλοποιημένη αναπαράσταση του, που περιέχει λογικές ή / και μαθηματικές συσχετίσεις που περιγράφουν το σύστημα σε όρους κατάστασης, οντοτήτων (συστατικών μερών του) και των χαρακτηριστικών τους, συνόλων, γεγονότων, ενεργειών και καθυστερήσεων. Εναλλακτικά ένα μοντέλο ορίζεται ως ένας αλγόριθμος ή ως ένα σύνολο από εξισώσεις το οποίο συνδυάζεται με ένα σύνολο από τιμές δεδομένων (π.χ. αρχικές συνθήκες και τιμές) για να αναπαραστήσει τη σημαντική συμπεριφορά ενός συστήματος, μιας διαδικασίας ή ενός φαινομένου.

Η μοντελοποίηση ενός συστήματος αποτελεί το πρώτο βήμα για τη μελέτη της συμπεριφοράς του κάτω από διαφορετικές συνθήκες (για διαφορετικές τιμές παραμέτρων ή διαφορετικές συναρτήσεις εισόδου). Το μοντέλο ενός συστήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί παραπέρα για τη σχεδίαση ή επανασχεδίαση του, για την ανάπτυξη ενός ελεγκτή που διασφαλίζει πως η συμπεριφορά του ικανοποιεί δεδομένους περιορισμούς κι απαιτήσεις, για την εξερεύνηση, επαλήθευση και βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς του σύμφωνα με συγκεκριμένες αντικειμενικές συναρτήσεις και για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση της συμπεριφοράς του.

Σημαντικό πλεονέκτημα που προσφέρει η κατασκευή ενός μοντέλου αποτελεί η δυνατότητα για μελέτη και πρόβλεψη της συμπεριφοράς κι αποδοτικότητας του συστήματος

κάτω από ακραίες συνθήκες λειτουργίας που για διάφορους λόγους δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτό (λόγω της ύπαρξης κινδύνων, μεγάλου κόστους ή ακόμα και της πρόκλησης αντιδράσεων) ή σε περιπτώσεις που το φυσικό σύστημα δεν είναι άμεσα διαθέσιμο.

Όπως προκύπτει από τον ορισμό στην αρχή της παραγράφου, τα μοντέλα αποτελούν απλοποιημένες αναπαραστάσεις των αντίστοιχων συστημάτων. Αυτό συμβαίνει επειδή η αναπαράσταση του συνόλου των πλευρών, των χαρακτηριστικών, των διαδικασιών και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συστατικών μερών ενός συστήματος θα οδηγούσε σε μοντέλα αντίστοιχης πολυπλοκότητας με τα πραγματικά συστήματα. Στην περίπτωση αυτή, τα μοντέλα που θα προέκυπταν δε θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν παραπέρα για τη μελέτη και πρόβλεψη της συμπεριφοράς του συστήματος, αφού τα υπάρχοντα εργαλεία ανάλυσης θα ήταν άχρηστα, ενώ για να προκύψουν κάποια αποτελέσματα θα απαιτούνταν μεγάλος χρόνος και υπολογιστική ισχύς. Η πραγματική πρόκληση της μοντελοποίησης είναι η εύρεση του αναγκαίου αριθμού αρχών, γεγονότων και διαδικασιών που συνθέτουν την παρατηρούμενη πολυπλοκότητα ενός συστήματος, τα οποία σε συνδυασμό με μια σειρά από σωστά ορισμένες παραδοχές περιγράφουν ικανοποιητικά τη συμπεριφορά του. Επιπλέον, οι ανάγκες μοντελοποίησης, ανάλυσης ή ελέγχου έχουν σημαντική επιρροή στο γεγονός αν ένα σύστημα πρέπει να θεωρηθεί υβριδικό ή όχι [1].

2.1.1 Η διαδικασία μοντελοποίησης

Ο σκελετός της διαδικασίας μοντελοποίησης αναπτύχθηκε από τους Bandler και Grinder και συνοψίζεται στα ακόλουθα 5 βήματα [2]:

1. Αναγνώρισε τα συστατικά μέρη του μοντέλου.
2. Συγκέντρωσε πληροφορίες για τις μεταξύ τους σχέσεις, προτεραιότητες, τρόπους σύνδεσης και λειτουργίας, χαρακτηριστικά, χρήση κοινών πόρων.
3. Κατασκεύασε το μοντέλο.

4. Δοκίμασε το μοντέλο χρησιμοποιώντας το (αν μπορεί να γίνει κατά αντιπαράσταση με το πραγματικό σύστημα, όποτε τα αποτελέσματα μπορούν να αξιολογηθούν άμεσα).
5. Τροποποίησε το μοντέλο αν αυτό θεωρηθεί αναγκαίο κι όρισε την αρχική του κατάσταση.

Τα πέντε βήματα δεν αποτελούν γραμμική διαδικασία, αφού κάθε ένα τροφοδοτεί τα επόμενα κι ανατροφοδοτεί τα προηγούμενα, οδηγώντας σε αρκετές επαναλήψεις τον αλγόριθμο μέχρι το μοντέλο να λάβει την οριστική του μορφή. Επιπλέον, η τελική μορφή αναθεωρείται οποτεδήποτε προκύψουν νέα δεδομένα. Αν το μοντέλο αποδειχθεί ανεπαρκές για την περιγραφή καταστάσεων, μπορεί να επεκταθεί ή να τροποποιηθεί η χρήση του συστήματος.

Η παραπάνω διαδικασία χωρίζεται στο στάδιο κατασκευής και το στάδιο προσομοίωσης του μοντέλου. Στο πρώτο, δημιουργούνται η βασική δομή κι οι κανόνες του μοντέλου για να του δώσουν την μορφή που μπορεί να περιγράψει τις καταστάσεις που συναντιόνται στο σύστημα. Στη συνέχεια, το μοντέλο πρέπει να αναλυθεί με χρήση κατάλληλων εργαλείων και να προσδιοριστούν οι ιδιότητες του, ώστε να αποφευχθούν λάθη που δυσχεραίνουν τη χρήση του και μειώνουν την αποτελεσματικότητά του. Στο στάδιο του τρεξίματος, το μοντέλο διερευνάται κι εξετάζεται κατά πόσον η συμπεριφορά του αντιστοιχεί σε αυτή του πραγματικού συστήματος. Κάποια επιμέρους χαρακτηριστικά του μπορούν να τροποποιηθούν, αλλά η βασική του δομή παραμένει αναλλοίωτη.

2.2 Δίκτυα Petri

2.2.1 Δυνατότητες και εφαρμογές των δικτύων Petri

Τα ΔΡ είναι ένα θεωρητικό μοντέλο ροής πληροφορίας. Οι έννοιες, ιδιότητες, χαρακτηριστικά, εργαλεία ανάλυσης και τεχνικές που σχετίζονται με αυτά αναπτύχθηκαν στην προσπάθεια για εύρεση απλών, φυσικών κι αποτελεσματικών μεθόδων για περιγραφή κι ανάλυση της ροής πληροφορίας και του ελέγχου συστημάτων [3].

Τα δίκτυα Petri συνδυάζουν γραφικά και μαθηματικά εργαλεία για τη μοντελοποίηση συστημάτων που χαρακτηρίζονται ως παράλληλα, κατανεμημένα, ασύγχρονα, μη αιτιοκρατικά ή στοχαστικά. Οι δυνατότητες γραφικής αναπαράστασης τους αποκτούν επιπλέον αξία από το γεγονός ότι τα μοντέλα που κατασκευάζονται συντίθενται από μικρό αριθμό τύπων στοιχείων, με αποτέλεσμα να αποτελούν μια γλώσσα μοντελοποίησης, η χρήση της οποίας μπορεί εύκολα να γίνει κατανοητή [4]. Ως γραφικό εργαλείο τα ΔΡ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο απεικόνισης κι επικοινωνίας παρόμοιο με τα διαγράμματα ροής, τα λογικά δέντρα και τα δομικά διαγράμματα. Σε σχέση με άλλες τεχνικές γραφικής αναπαράστασης είναι κατάλληλα για αναπαράσταση με φυσικό τρόπο λογικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συστατικών μερών ή των δραστηριοτήτων σε ένα σύστημα. Τα ΔΡ συνδυάζοντας την έννοια της κατανεμημένης κατάστασης με ένα κανόνα αλλαγής κατάστασης, υλοποιούν τα στατικά και τα δυναμικά χαρακτηριστικά πραγματικών συστημάτων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ύπαρξη υπολογιστικών εργαλείων που επιτρέπουν την προσομοίωση τους, τα καθιστούν ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο ανάπτυξης πολύπλοκων συστημάτων. Ως μαθηματικό εργαλείο χρησιμοποιούνται για την κατάστρωση εξισώσεων κατάστασης, αλγεβρικών εξισώσεων κι άλλων μαθηματικών μοντέλων που καθορίζουν τη συμπεριφορά των συστημάτων [5]. Επειδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν από θεωρητικούς αλλά και από εφαρμοσμένους επιστήμονες, αποτελούν ισχυρό μέσο επικοινωνίας και συνεννόησης μεταξύ μελών των δύο αυτών ομάδων [6].

Κάποιες από τις πλέον κοινές καταστάσεις συστημάτων διακριτών γεγονότων για την αναπαράσταση των οποίων χρησιμοποιούνται δίκτυα Petri περιλαμβάνουν αμοιβαία αποκλειόμενα γεγονότα, κατανομή κοινών πόρων σε ένα σύστημα, περιορισμούς προαπαιτούμενων κι ακολουθίες γεγονότων. Τα βασικότερα αντικείμενα για τα οποία χρησιμοποιούνται τα ΔΡ είναι η μοντελοποίηση, ανάλυση συμπεριφοράς, αξιολόγηση αποδοτικότητας, επιβεβαίωση δομικών ιδιοτήτων, προσομοίωση, παρακολούθηση, χρονοπρογραμματισμός, εποπτικός έλεγχος κι έλεγχος σε πραγματικό χρόνο συστημάτων [6]. Τα ΔΡ μπορούν να εντοπίσουν παράγοντες που δρουν περιοριστικά στην απόδοση ενός συστήματος, προτείνοντας παράλληλα αλλαγές και βελτιώσεις που θα βοηθήσουν στη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς του [7]. Επιπλέον, μπορούν να προσομοιώσουν τις δυναμικά εξελισσόμενες και παράλληλες δραστηριότητες των συστημάτων, επιτρέπουν την

ιεραρχική μοντελοποίηση και τη μοντελοποίηση συστημάτων με διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας.

Οι επιστημονικοί τομείς στους οποίους έχουν μέχρι σήμερα χρησιμοποιηθεί τα δίκτυα Petri προέρχονται από χώρους με εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά. Ένας από τους τομείς στον οποίο παρατηρείται μεγάλος αριθμός και ποικιλία εφαρμογών των ΔΡ είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και τα συστήματα επεξεργασίας πληροφορίας. Προβλήματα σχετικά με ηλεκτρονικούς υπολογιστές στα οποία χρησιμοποιούνται ΔΡ αναφέρονται σε πρωτοκόλλα επικοινωνίας και κατανεμημένα συστήματα, συστήματα πολυμέσων, επεξεργασία δεδομένων, μεταγλωττιστές, τοπικά δίκτυα, ψηφιακά κυκλώματα, υπολογιστικά συστήματα ροής δεδομένων, πληροφοριακά συστήματα γραφείου, ηλεκτρονικές υπηρεσίες και κατανεμημένες ηλεκτρονικές επιχειρήσεις, μοντελοποίηση υλικού (hardware), ψηφιακά φίλτρα, συστήματα μνήμης πολλαπλών επεξεργαστών, αναζήτηση κι επαλήθευση γνώσης, συστήματα πολλαπλών πρακτόρων, τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και κέντρα, VLSI, αλγοριθμικά συστατικά, παράλληλα προγράμματα και βάσεις δεδομένων.

Τα ΔΡ έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλούς ακόμα τομείς, συμπεριλαμβανομένης της μοντελοποίησης κι αξιολόγησης αποδοτικότητας συστημάτων πολλών εξυπηρετητών - πολλαπλών ουρών, μοντελοποίησης και μελέτης συστημάτων παραγωγής, εφοδιαστικών αλυσίδων, χημικών εργοστασίων, ενεργειακών συστημάτων, αυτοματοποίησης εργοστασίων, συστημάτων ελέγχου κυκλοφορίας (εναέριας ή επίγειας), προβλήματα χρονοπρογραμματισμού κι ελέγχου σιδηροδρομικών δικτύων, συστήματα στρατιωτικών εντολών κι ελέγχου, επιλογή συμπεριφοράς πλοήγησης, εφαρμογές ρομποτικού ελέγχου, προσομοίωση πολλαπλών μη επανδρωμένων αεροσκαφών και διαχείριση έργων.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται επέκταση στη χρήση των δικτύων Petri σε εφαρμογές που απέχουν σημαντικά από τις παραδοσιακές εφαρμογές μηχανικών. Τέτοια παραδείγματα περιλαμβάνουν τη μελέτη συμπεριφοράς κι αντίδρασης ομάδων ή ατόμων κάτω από δεδομένες συνθήκες, μοντέλα αποφάσεων, διαδικασιών εξέλιξης και νευρωνικών δικτύων, εφαρμογές προερχόμενες από την εργονομία (π.χ. διάγνωση σφαλμάτων [8]), εφαρμογές στην ιατρική και τη βιοτεχνολογία [9], μοντελοποίηση βιολογικών διαδικασιών (μεταβολικών διαδικασιών) και βιοχημεία, μοντελοποίηση οικολογικών διαδικασιών και περιβαλλοντικών θεμάτων [10].

2.2.2 Συνήθη δίκτυα Petri

Τα συνήθη δίκτυα Petri (Ordinary Petri Nets - OPNs) αποτέλεσαν το βασικό μοντέλο για όλες τις παραλλαγές και επεκτάσεις που προέκυψαν στη συνέχεια. Το αρχικό μοντέλο δεν περιλαμβάνει σύνδεση με την έννοια του χρόνου, αλλά αναπαριστά ακολουθίες εκτέλεσης διακριτών γεγονότων καθώς και τις λογικές συνδέσεις και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συστατικών μερών του υπό μελέτη συστήματος. Η ακολουθία εκτέλεσης των γεγονότων σε ένα σύστημα μοντελοποιημένο με ΔΡ είναι μια από τις επιτρεπόμενες από τη δομή του δικτύου, γεγονός που οδηγεί σε μη αιτιοκρατία στην εκτέλεση του.

2.2.2.1 Δομικά στοιχεία δικτύων Petri

Ένα ΔΡ είναι ένα προσανατολισμένο γράφημα που αποτελείται από δύο τύπους κόμβων τις θέσεις και τις μεταβάσεις, στο οποίο ένα σύνολο από αφηρημένες οντότητες που από εδώ και πέρα θα ονομάζονται τελείες (tokens) μετακινούνται, δημιουργούνται ή εξαφανίζονται. Γραφικά οι τελείες συμβολίζονται ως μαύρες τελείες (•) και δεν εμφανίζονται αυτόνομα στο δίκτυο, αλλά αλληλοεπιδρούν με τους δύο τύπους κόμβων που το συνθέτουν.

Οι θέσεις περιγράφουν τις καταστάσεις (κάθε θέση μια μερική κατάσταση) και τους πόρους του συστήματος κι αντιπροσωπεύονται γραφικά από κύκλους (○). Οι θέσεις είναι τα παθητικά στοιχεία του δικτύου, που αναφέρονται και ως δίαυλοι κι είναι ικανά να αποθηκεύσουν υλικά (π.χ. κομμάτια σε μηχανές και αποθήκες) και μη (π.χ. πληροφορίες) συστατικά ενός συστήματος. Ο σκοπός των θέσεων είναι να αναπαραστήσουν την αποκεντρωμένη φύση του συστήματος και την κατανεμημένη κατάσταση της πληροφορίας σε ένα σύνθετο σύστημα [11].

Οι μεταβάσεις έχουν την έννοια των γεγονότων που συμβαίνουν στο σύστημα κι η πραγματοποίησή τους μεταβάλλει την κατάσταση του. Γραφικά αντιπροσωπεύονται από τετράγωνα ή μπάρες (□ ή —) κι αποτελούν τα ενεργά στοιχεία του συστήματος. Μια μετάβαση μπορεί να αντιπροσωπεύει μια ενέργεια, μια διαδικασία, μια επεξεργασία, μια

δραστηριότητα, το υπολογιστικό βήμα ενός αλγορίθμου, μια λογική πρόταση ή ένα επεξεργαστή σήματος [12]. Οι μεταβάσεις αναφέρονται και ως υπηρεσίες κι είναι ικανές να παράγουν, να μεταφέρουν ή να μετατρέπουν τελείες. Οι θέσεις μαζί με τις μεταβάσεις αναπαριστούν τη στατική δομή ενός δικτύου Petri ενώ οι τελείες καθορίζουν τη δυναμική του κατάσταση.

Τα στοιχεία των δύο συνόλων κόμβων συνδέονται με χρήση προσανατολισμένων τόξων (τα τόξα συνδέουν θέσεις με μεταβάσεις ή το αντίστροφο, αλλά ένα τόξο δεν επιτρέπεται να συνδέσει στοιχεία του ίδιου συνόλου). Τα τόξα αναπαριστούν φυσική σύνδεση, δικαιώματα πρόσβασης, λογικές συνδέσεις μεταξύ θέσεων και μεταβάσεων, απαίτηση σε πόρους, την εξαγωγή συμπερασμάτων, ενώ καθορίζουν την προτεραιότητα στην εκτέλεση ανταγωνιζόμενων εργασιών ή τη σειρά με την οποία κάποιες εργασίες θα εκτελεστούν. Γενικά, κάθε τόξο συνοδεύεται από ένα θετικό ακέραιο που αντιπροσωπεύει το βάρος πολλαπλότητας του. Σε περίπτωση που για κάποιο τόξο δεν εμφανίζεται ο αριθμός αυτός, το βάρος του θεωρείται μοναδιαίο. Στα συνήθη ΔΡ, τα βάρη όλων των τόξων είναι ίσα με τη μονάδα.

Οι τελείες αποθηκεύονται μέσα στις θέσεις του δικτύου, ενώ ταξιδεύουν μέσω των τόξων κι η ροή τους στο δίκτυο ρυθμίζεται από τις μεταβάσεις που τίθενται σε ετοιμότητα από την παρουσία τους στις κατάλληλες θέσεις. Όταν μια θέση περιέχει μεγάλο αριθμό τελειών αναγράφεται μέσα σε αυτή ο αντίστοιχος αριθμός. Οι τελείες σε μια θέση αναπαριστούν τη διαθεσιμότητα ενός πόρου, την κατάσταση του πόρου (π.χ. αν μια μηχανή είναι διαθέσιμη ή όχι), υποθέσεις ή σήματα εισόδου κι εξόδου. Το βάρος πολλαπλότητας ενός τόξου αντιστοιχεί στον αριθμό από τελείες που προστίθενται ή αφαιρούνται στη θέση εισόδου (ή στις θέσεις εισόδου) ή εξόδου αντίστοιχα της μετάβασης που λειτουργεί.

2.2.2.2 Μαθηματικός ορισμός συνήθων δικτύων Petri

Ένα σύννηθες δίκτυο Petri είναι ένα προσανατολισμένο γράφημα που ορίζεται από την πεντάδα στοιχείων: $\Delta P = \{P, T, I, O, m0\}$, όπου

- $P = \{p1, p2 \dots pnp\}$ είναι ένα πεπερασμένο και μη κενό σύνολο από θέσεις.
- $T = \{t1, t2 \dots tnt\}$ ένα πεπερασμένο και μη κενό σύνολο από μεταβάσεις.

Η τομή των συνόλων των θέσεων και των μεταβάσεων είναι το κενό σύνολο ($P \cap T = \emptyset$), ενώ η ένωση τους ορίζει το σύνολο V των κόμβων του δικτύου $P \cup T = V$.

- $I: (P \times T) \rightarrow N$ είναι ο πίνακας συμβάντων εισόδου, που αντιστοιχεί στο σύνολο των τόξων με κατεύθυνση από θέσεις προς μεταβάσεις.
- $O: (P \times T) \rightarrow N$ είναι ο πίνακας συμβάντων εξόδου, που αντιστοιχεί στο σύνολο των κατευθυνόμενων τόξων από μεταβάσεις προς θέσεις αντίστοιχα.

Το σύνολο των τόξων ενός δικτύου PetriA, είναι $A = I \cup O$. Το αναπαριστά το σύνολο των μη αρνητικών ακεραίων αριθμών.

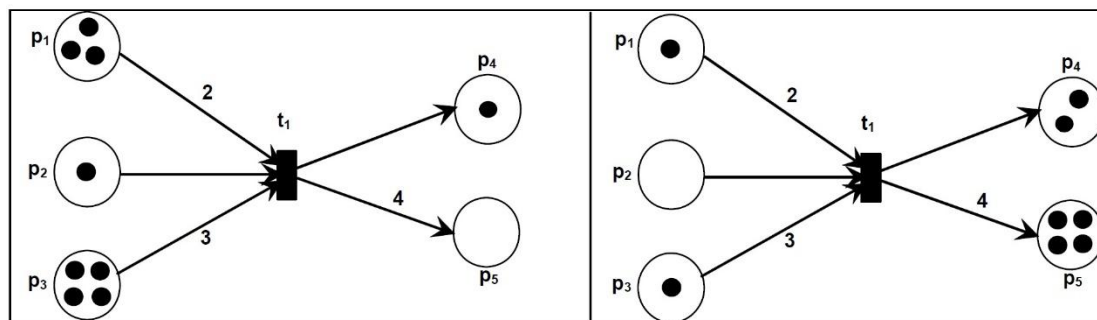
- m_0 συμβολίζεται η αρχική σήμανση του ΔΡ, δηλαδή η αρχική κατανομή των τελειών στις θέσεις του (οι αριθμοί τελειών που βρίσκονται σε κάθε θέση).

2.2.2.3 Ετοιμότητα και ενεργοποίηση μεταβάσεων

Για να ενεργοποιηθεί μια μετάβαση, πρέπει να είναι πρώτα σε ετοιμότητα. Στα συνήθη ΔΡ μια μετάβαση είναι σε ετοιμότητα (enabled) όταν όλες οι θέσεις εισόδου της περιέχουν τουλάχιστον μια τελεία. Δηλαδή, η $ti \in T$ είναι σε ετοιμότητα αν $m(pj) > 0$ για κάθε $pj \in P$ για το οποίο ισχύει $I(pj, ti) = 1$. Οι θέσεις εισόδου μιας μετάβασης έχουν δηλαδή την έννοια των προϋποθέσεων για την ενεργοποίηση της. Γενικά, μια μετάβαση τίθεται σε ετοιμότητα όταν όλες οι θέσεις εισόδου περιέχουν αριθμό από τελείες μεγαλύτερο ή ίσο των βαρών των αντίστοιχων τόξων σύνδεσης της μετάβασης με τις θέσεις εισόδου. Μία μετάβαση ενεργοποιείται (fires) μέσω της απομάκρυνσης τελειών από τις θέσεις εισόδου της και της προσθήκης τελειών στις θέσεις εξόδου της, σύμφωνα με τα βάρη των αντίστοιχων τόξων. Ο αριθμός των τελειών που αφαιρούνται από τις θέσεις εισόδου δeneίται πάντα ίδιος με τον αριθμό τελειών που προστίθενται στις θέσεις εξόδου. Ο παραπάνω μηχανισμός ενεργοποίησης μεταβάσεων είναι γνωστός κι ως “token game”.

Υπάρχουν περιπτώσεις που μια μετάβαση σε ετοιμότητα δεν ενεργοποιείται, όπως για παράδειγμα όταν περισσότερες από μια μεταβάσεις έχουν μια κοινή θέση εισόδου η οποία περιέχει μια μόνο τελεία. Στην πράξη, το φαινόμενο αυτό είναι σύνηθες σε προβλήματα

κατανομής κοινών πόρων σε ένα σύστημα και σε προβλήματα αμοιβαία αποκλειόμενων γεγονότων. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η μεταβολή της κατανομής τελειών σε ένα απλό ΔΡ που προκαλείται από την ενεργοποίηση της μετάβασης του.



Εικόνα 1: Παράδειγμα δικτύου Petri α) πριν και β) μετά την ενεργοποίηση της μετάβασης του

Μια μετάβαση χωρίς καμία θέση εισόδου ονομάζεται μετάβαση πηγής (sourcetransition) και τροφοδοτεί με τελείες το σύστημα χωρίς να καταναλώνει κάποιες από τις υπάρχουσες. Το φαινόμενο αυτό αντιστοιχεί στην εμφάνιση για παράδειγμα μη ελεγχόμενων γεγονότων, όπως οι βλάβες κι οι αφίξεις παραγγελιών σε ένα σύστημα. Μια μετάβαση χωρίς καμία θέση εξόδου ονομάζεται μετάβαση βύθισης (sinktransition) και καταναλώνει τελείες χωρίς να παράγει νέες. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται για παράδειγμα σε ένα σύστημα όταν τα έτοιμα προϊόντα απομακρύνονται για να παραδοθούν στους πελάτες.

2.2.2.4 Σημάνσεις δικτύων Petri

Η κατάσταση ενός ΔΡ περιγράφεται κάθε στιγμή από τη σήμανσή του, η οποία προκύπτει από την αντιστοίχιση σε κάθε θέση ενός μη αρνητικού ακέραιου αριθμού που αναπαριστά τον αριθμό από τελείες που βρίσκονται σε αυτή την τρέχουσα στιγμή. Η σήμανση ενός ΔΡ συμβολίζεται με το γράμμα m κι είναι ένα διάνυσμα μεγέθους ίσου με τον αριθμό θέσεων του. Η αρχική σήμανση ενός ΔΡ είναι υπεύθυνη για όλες τις σημάνσεις που εμφανίζονται κατά την εκτέλεση των διαδοχικών ενεργοποιήσεων. Οι σημάνσεις αυτές

συμβολίζονται ως m_i , όπου ο δείκτης i είναι θετικός ακέραιος αριθμός που δείχνει τον αύξοντα αριθμό της τρέχουσας ενεργοποίησης.

Όταν σε ένα ΔΡ η κατάσταση του οποίου περιγράφεται αρχικά από τη σήμανση m_i , ενεργοποιηθεί μια μετάβαση t_j σε ετοιμότητα, προκύπτει η νέα του σήμανση m_{i+1} που περιγράφεται από την εξίσωση:

$$m_{i+1}(p_j) = m_i(p_j) + O(p_j, t_i) - I(p_j, t_i), \text{ για } j = 1, 2, \dots, n$$

όπου n ο αριθμός των θέσεων που συνθέτουν το δίκτυο. Η σήμανση m_{i+1} λέγεται προσεγγίσιμη από την αρχική σήμανση m_i . Η αλλαγή κατάστασης του ΔΡ από m_i σε m_{i+1}

λόγω της ενεργοποίησης της t_j συμβολίζεται ως:

$$m_i \xrightarrow{t_j} m_{i+1}$$

2.2.2.5 Βασικές δυναμικές καταστάσεις που μοντελοποιούνται με ΔΡ

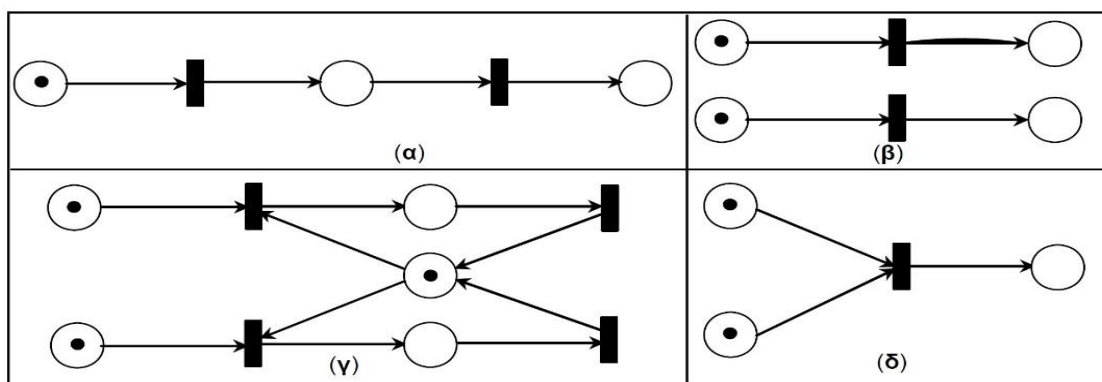
Οι πιο βασικές καταστάσεις που εμφανίζονται κατά τη μελέτη συστημάτων διακριτών γεγονότων είναι η ακολουθία γεγονότων, η παραλληλία, ο αμοιβαίος αποκλεισμός κι ο συγχρονισμός. Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο τα ΔΡ ανταποκρίνονται στις ανάγκες μοντελοποίησης τους. Δύο επιπλέον καταστάσεις συνήθεις για τα συστήματα διακριτών γεγονότων είναι το αδιέξοδο και η σύγκρουση.

Η ακολουθία ή ακολουθιακή συμπεριφορά αναφέρεται σε ένα δίκτυο αποτελούμενο από δύο μεταβάσεις, όπου η θέση εξόδου της πρώτης αποτελεί τη θέση εισόδου της δεύτερης. Στην περίπτωση αυτή η δεύτερη μετάβαση δε μπορεί να ενεργοποιηθεί αν δεν προηγηθεί ενεργοποίηση της πρώτης. Η παραλληλία ή ταυτοχρονισμός συμβαίνει όταν δύο μεταβάσεις είναι σε ετοιμότητα και δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (δεν έχουν κοινές εισόδους, ή οι θέσεις εξόδου της μιας δεν αποτελούν εισόδους στην άλλη), οπότε μπορούν να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα. Ο αμοιβαίος αποκλεισμός συνδέεται με την ύπαρξη κοινών πόρων σε ένα σύστημα. Σε αυτόν, δύο μεταβάσεις είναι παράλληλα σε ετοιμότητα σε κάποια σήμανση, όμως δεν μπορούν να ενεργοποιηθούν κι οι δύο εξαιτίας της ύπαρξης κοινής θέσης

εισόδου η οποία περιέχει μια μόνο τελεία. Η ενεργοποίηση της μιας μετάβασης αφαιρεί την ετοιμότητα της άλλης, η οποία έχει μια τουλάχιστον κενή θέση εισόδου. Ο αμοιβαίος αποκλεισμός αποτελεί περίπτωση σύγκρουσης. Σε περιπτώσεις συγκρούσεων, η επιλογή της μετάβασης που θα ενεργοποιηθεί, μπορεί να γίνει με διαφορετικά κριτήρια, όπως την ύπαρξη προτεραιοτήτων, τη συνολική κατάσταση του συστήματος, την απόδοση πιθανοτήτων, την ετοιμότητα των μεταβάσεων σε διαφορετικό χρόνο κτλ.

Ο συγχρονισμός παρατηρείται όταν μια μετάβαση έχει περισσότερες από μια θέσεις εισόδου. Στην περίπτωση αυτή, η μετάβαση δεν μπορεί να τεθεί σε ετοιμότητα μέχρι να βρεθούν τελείες σε όλες της τις θέσεις εισόδου. Χαρακτηριστική περίπτωση κατεργασίας που είναι αναγκαίος ο συγχρονισμός αποτελούν οι συναρμολογήσεις στα συστήματα παραγωγής. Η αναπαράσταση με δίκτυα Petri των παραπάνω γεγονότων παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί.

Αδιέξοδος εμφανίζεται σε ένα ΔΡ όταν φτάσει σε μια κατάσταση όπου καμία μετάβαση δεν μπορεί να τεθεί σε ετοιμότητα και να ενεργοποιηθεί και συνεπώς η εκτέλεση του δικτύου διακόπτεται. Με λίγες εξαιρέσεις (π.χ. όταν μελετάται η εξυπηρέτηση συγκεκριμένου αριθμού πελατών σε ένα σύστημα), πρόκειται για ανεπιθύμητη κατάσταση που οφείλεται σε λάθος σχεδιασμό, κι απαιτεί τον επανασχεδιασμό μέρους του συστήματος ή του μοντέλου του [13].



Εικόνα 2: Αναπαράσταση με ΔΡ α) ακολουθίας γεγονότων, β) παραλληλίας, γ) αμοιβαίου αποκλεισμού και δ) συγχρονισμού

2.3 Επεκτάσεις δικτύων Petri

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι επεκτάσεις ΔΡ που χρησιμοποιούνται στην παρούσα διατριβή για τη μοντελοποίηση και μελέτη συστημάτων παραγωγής διαφόρων κατηγοριών. Συγκεκριμένα, ορίζονται και παρουσιάζονται οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των χρονικών, συνεχών κι υβριδικών ΔΡ καθώς κι οι επεκτάσεις τόξων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με το αρχικό μοντέλο ή τις επεκτάσεις του. Υπάρχουν κι άλλοι τύποι επεκτάσεων που δεν παρουσιάζονται αφού δεν εντάσσονται στους σκοπούς της διατριβής αυτής.

2.3.1 Χρονικά ΔΡ

Τα χρονικά ΔΡ χρησιμοποιούνται για την ποσοτική ανάλυση αποδοτικότητας και τον έλεγχο αξιοπιστίας συστημάτων στο πέρασμα του χρόνου. Στα χρονικά ΔΡ εισάγεται στη λειτουργία του δικτύου η έννοια του χρόνου, την οποία είχε εσκεμμένα παραλείψει ο Petri, αφού θεωρούσε ανεπιθύμητες κάποιες συνέπειες της. Η εισαγωγή της έννοιας του χρόνου γίνεται συνδέοντας χρονικές καθυστερήσεις με τους κόμβους του δικτύου. Οι χρονικές καθυστερήσεις μπορούν να συνδέονται και με τους δύο τύπους κόμβων, όμως για λόγους ευκολίας ανάλυσης προτιμάται όλες οι καθυστερήσεις να συνδέονται είτε με θέσεις είτε με μεταβάσεις. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιούνται ΔΡ στα οποία οι χρόνοι έχουν συνδεθεί με τις μεταβάσεις, τα οποία ονομάζονται t-χρονικά δίκτυα Petri. Σε αυτά η χρονική καθυστέρηση μεσολαβεί από τη στιγμή που η μετάβαση τίθεται σε ετοιμότητα μέχρι να ενεργοποιηθεί. Ένα χρονικό δίκτυο Petri ορίζεται αυστηρά από την εξάδα από στοιχεία: $TPN = \{P, T, I, O, m_0, D\}$. Τα πέντε πρώτα στοιχεία είναι αυτά που περιγράφηκαν στον αντίστοιχο ορισμό των συνήθων δικτύων Petri και το είναι ένα διάνυσμα στοιχείων που αναπαριστά τις χρονικές καθυστερήσεις των μεταβάσεων κι είναι συνάρτηση από το σύνολο των μη-αρνητικών πραγματικών αριθμών $[0, \infty)$. Οι χρονικές καθυστερήσεις μπορεί να είναι σταθερές (αιτιοκρατικά ΔΡ), να είναι τυχαίες μεταβλητές (π.χ. να ακολουθούν εκθετικές, ομοιόμορφες κτλ. κατανομές οπότε πρόκειται για στοχαστικά ΔΡ) ή ακόμα και να είναι συναρτήσεις των σημάνσεων θέσεων του δικτύου. Η δραστηριότητα που περιγράφει μια μετάβαση, ολοκληρώνεται με δύο διαδοχικά στοιχειώδη γεγονότα. Ο χρόνος μεταξύ των δύο γεγονότων μπορεί να είναι μηδενικός, οπότε πρόκειται για άμεση μετάβαση ή όχι οπότε η μετάβαση ενεργοποιείται με καθυστέρηση και ονομάζεται χρονική. Για λόγους καλύτερης διάκρισης των όσων ισχύουν, με μαύρο χρώμα (■)

συμβολίζονται οι άμεσες μεταβάσεις και με λευκό (\square) οι χρονικές μεταβάσεις. Οι τελείες αφαιρούνται από τις θέσεις εισόδου κατά την πραγματοποίηση του πρώτου στοιχειώδους γεγονότος και τοποθετούνται στις θέσεις εξόδου με την πραγματοποίηση του δεύτερου. Για παράδειγμα, η επιδιόρθωση μιας μηχανής ξεκινάει με το γεγονός «έναρξη επιδιόρθωσης» και τελειώνει με την «ολοκλήρωση επιδιόρθωσης». Οι ιδιότητες και τα εργαλεία ανάλυσης των χρονικών δικτύων Petri είναι τα ίδια με αυτά που παρουσιάστηκαν για τα συνήθη δίκτυα Petri. Παρόλα αυτά, αν επιχειρηθεί η ανάλυση ενός χρονικού ΔΡ μέσω του αντίστοιχου συνήθους, θα οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα εξαιτίας του μη συνυπολογισμού του χρόνου.

2.3.2 Επεκτάσεις τόξων στα δίκτυα Petri

Συχνά, το σύνολο τόξων A ενός ΔΡ, χωρίζεται σε δύο υποσύνολα, το υποσύνολο των συνήθων τόξων και το υποσύνολο των άλλων τύπων τόξων (επεκτάσεων). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται οι δύο πλέον δημοφιλείς τύποι επεκτάσεων τόξων, τα τόξα ενεργοποίησης (activator arcs) και τα τόξα παρεμπόδισης (inhibitor arcs). Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των κατηγοριών τόξων είναι πως έχουν κατεύθυνση μόνο από θέσεις προς μεταβάσεις κι όχι αντίστροφα, καθώς επίσης και το ότι δε συμβαίνει ροή τελειών μέσω αυτών, αλλά χρησιμοποιούνται για να θέσουν σε ετοιμότητα ή να εμποδίσουν την ενεργοποίηση μεταβάσεων με βάση την παρουσία τελειών σε συγκεκριμένες θέσεις. Ένα τόξο παρεμπόδισης βάρους με κατεύθυνση από μία θέση p_i προς μια μετάβαση t_j , επιτρέπει στην να τεθεί σε ετοιμότητα και να ενεργοποιηθεί, μόνο αν: $m(p_i) \geq w$. Ένα τόξο παρεμπόδισης βάρους w με κατεύθυνση από θέση p_i προς μετάβαση t_j , επιτρέπει στην t_j να τεθεί σε ετοιμότητα και να ενεργοποιηθεί, μόνο αν $m(p_i) < w$. Για λόγους διάκρισης, τα συνήθη τόξα αναπαρίστανται με απλά βέλη (\rightarrow), τα τόξα ενεργοποίησης έχουν διακεκομμένη γραμμή ($- - - - - >$) και τα τόξα παρεμπόδισης αναπαρίστανται ως βέλη με ένα μικρό κύκλο στο τέλος τους (\circ). Πρέπει να σημειωθεί πως στην περίπτωση που ένα ΔΡ είναι k -περιορισμένο, τα τόξα ενεργοποίησης και παρεμπόδισης μπορούν να αντικατασταθούν από ισοδύναμες δομές συνήθων ΔΡ. Το κύριο χαρακτηριστικό στην περίπτωση αυτή είναι η αυξημένη πολυπλοκότητα, αφού για την αντικατάσταση ενός τόξου απαιτείται ολόκληρη δομή συνήθους δικτύου Petri. Οι επεκτάσεις τόξων βοηθούν σημαντικά την απόδοση προτεραιοτήτων και την επίλυση συγκρούσεων μεταξύ μεταβάσεων.

2.3.3 Πλεονεκτήματα χρήσης δικτύων Petri

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα πιο βασικά χαρακτηριστικά των ΔΡ και τα πλεονεκτήματά τους σε σχέση με άλλες μεθόδους μοντελοποίησης και μελέτης συστημάτων, όπως αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία [11], [23] - [25]. Τα στοιχεία αυτά οδήγησαν στην επιλογή του συγκεκριμένου εργαλείου ως εργαλείο υλοποίησης στην παρούσα μελέτη.

Τα ΔΡ αποτελούν ένα καλά ορισμένο γραφικό και μαθηματικό φορμαλισμό μοντελοποίησης, σε αντίθεση με άλλες αντίστοιχες τεχνικές, όπου η μια από τις δύο αυτές ιδιότητες είναι καλά ανεπτυγμένη ενώ η άλλη έχει προστεθεί με λιγότερο συστηματικό τρόπο. Να σημειωθεί πως και τα δύο αυτά χαρακτηριστικά των ΔΡ είναι υψηλής σημασίας, αφού η διαδικασία ανάπτυξης απαιτεί τη χρήση γραφικών αλλά και αλγοριθμικών εργαλείων. Το γραφικό περιβάλλον βοηθάει στην καλύτερη κατανόηση και το μαθηματικό υπόβαθρο στην κατάστρωση εξισώσεων και προσομοίωση των μοντέλων που προκύπτουν. Η προσομοίωση αποτελεί το βασικότερο εργαλείο ανάλυσης αποδοτικότητας των ΔΡ.

Στη μεγάλη απήχηση των ΔΡ στην επιστημονική κοινότητα συντελεί το γεγονός πως μπορούν να αναπαραστήσουν αποτελεσματικά όλα τα βασικά χαρακτηριστικά συστημάτων διακριτών γεγονότων με αλληλεπιδρώντα συστατικά μέρη, δηλαδή τη νακολουθία γεγονότων, την παραλληλία, το συγχρονισμό, τον αμοιβαίο αποκλεισμό, την κατανομή κοινών πόρων, την ύπαρξη αλληλεξαρτήσεων διεργασιών, την τυχαιότητα, την εμφάνιση αδιεξόδων και τις συγκρούσεις. Ουσιαστικά, τα δομικά στοιχεία (θέσεις, μεταβάσεις και τρόποι σύνδεσης τους) των ΔΡ περιγράφουν τη στατική δομή ενός συστήματος, ενώ οι τελείες αναπαριστούν κάθε στιγμή τη δυναμική του κατάσταση.

Έχει οριστεί μεγάλος αριθμός επεκτάσεων του αρχικού μοντέλου που βελτιώνουν σε μεγάλο βαθμό τις δυνατότητες αναπαράστασης του. Οι επεκτάσεις αυτές επιτρέπουν μεταξύ άλλων την πληρέστερη ποσοτική ανάλυση συστημάτων (χρονικά ΔΡ), την αναπαράσταση συνεχών ή υβριδικών συστημάτων (συνεχή και υβριδικά ΔΡ), την πισοσυμπυκνωμένη αναπαράσταση συστημάτων μέσω της σύνδεσης θέσεων διαφορετικούς τύπους τελειών, όπου κάθε τύπος τελείας συνδέεται με διαφορετικές δομές δεδομένων (υψηλού επιπέδου ΔΡ

όπως για παράδειγμα τα έγχρωμα ΔΡ), την αναπαράσταση μη βεβαίας γνώσης για την κατάσταση ενός συστήματος (ασαφή ΔΡ), τη δυνατότητα εξωτερικοί ελεγκτές να επηρεάσουν την εξέλιξη της κατάστασης των τελειών στο δίκτυο (ελεγχόμενα ΔΡ), την αναπαράσταση υποθετικού λόγου (ΔΡ με επεκτάσεις τόξων) και ΔΡ στα οποία ένα δίκτυο μπορεί να αποτελέσει τελεία ενός άλλου δικτύου (αντικειμενοστραφή ΔΡ). Επίσης τα ΔΡ είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για την ιεραρχική μοντελοποίηση συστημάτων, αφού μια θέση ή μια μετάβαση μπορεί να αντικατασταθεί από ένα υποδίκτυο για να παρέχει πιο λεπτομερή περιγραφή κάποιων συστατικών μερών (για τις ανάγκες αυτές έχει αναπτυχθεί κατηγορία ιεραρχικών επεκτάσεων ΔΡ).

Η μεταβολή της κατάστασης σε ένα ΔΡ ορίζεται από τη ροή των τελειών μέσα σε αυτό. Αυτό σημαίνει πως μια περιορισμένη σε μέγεθος δομή ΔΡ μπορεί να αναπαραστήσει μεγάλο πλήθος διαφορετικών καταστάσεων καθώς κι αλλαγές των αρχικών χαρακτηριστικών του μοντέλου (m_o), κάτι που δεν ισχύει για άλλες μεθόδους μοντελοποίησης όπως οι μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων και τα αυτόματα που αναπαριστούν ένα σταθερό σύνολο καταστάσεων (κάθε κατάσταση αναπαρίσταται από ένα κόμβο) και πρέπει να τροποποιηθούν συνολικά όταν μεταβάλλονται οι πληροφορίες των αρχικών καταστάσεων. Ακόμα, τα αυτόματα έχουν αποδειχθεί στην πράξη ανεπαρκή για την περιγραφή παράλληλων δραστηριοτήτων, ενώ οι τελείες στα ΔΡ μπορούν σαφώς να αναπαραστήσουν ταυτόχρονα την κατάσταση πολλαπλών συστατικών μερών του συστήματος. Αυτό προκύπτει από το ότι τα αυτόματα αναπαριστούν την κατάσταση του συνολικού συστήματος σε μια χρονική στιγμή, ενώ τα ΔΡ περιγράφουν τις καταστάσεις των συστατικών του μερών ανεξάρτητα. Τα ΔΡ είναι το πιο κατάλληλο εργαλείο μοντελοποίησης για την αναπαράσταση συστημάτων με επαναλαμβανόμενες δομές και ροές και μεγάλους χώρους προσεγγίσιμων καταστάσεων. Η χρήση λεκτικών περιγραφών ή μαθηματικών παραστάσεων στις μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων δυσκολεύει την κατανόηση των μοντέλων από μη ειδικούς σε σχέση με την απλή γραφική αναπαράσταση των ΔΡ η οποία κάνει δυνατή την οπτικοποίηση της ροής καταστάσεων σε ένα σύστημα και τον εντοπισμό των εξαρτήσεων μεταξύ των μερών του. Επίσης, η ποσοτική και ποιοτική ανάλυση συστημάτων που μπορεί να γίνει σε συστήματα μοντελοποιημένα με ΔΡ είναι πιο ολοκληρωμένη και μπορεί να δώσει πιο σημαντικά αποτελέσματα, ενώ η χρήση τους μπορεί να συνδυαστεί με πλήθος άλλων εργαλείων στα πλαίσια μεγάλης ποικιλίας εφαρμογών.

Τα ΔΡ εμφανίζουν σημαντικά πλεονεκτήματα κι έναντι των αλυσίδων Markov. Στα ΔΡ ο αριθμός θέσεων και μεταβάσεων του μοντέλου αυξάνει γραμμικά με την αύξηση της πολυπλοκότητας του υπό μελέτη συστήματος, ενώ στην ίδια περίπτωση ο αριθμός καταστάσεων της αντίστοιχης αλυσίδας Markov αυξάνει εκθετικά. Επίσης, η δυνατότητα χρήσης θεμελιωδών υποσυστημάτων κατά τη σχεδίαση ενός ΔΡ επιτρέπει την εύκολη τροποποίηση του κι επέκταση του όταν αυτό είναι αναγκαίο προσθέτοντας τις αναγκαίες θέσεις μεταβάσεις και τελείες. Στην περίπτωση των αλυσίδων Markov η παραμικρή τροποποίηση του συστήματος απαιτεί τον εκ νέου ορισμό όλων των καταστάσεων του μοντέλου. Να σημειωθεί πως η αλυσίδα Markov ενός ΔΡ μπορεί να δημιουργηθεί αυτόματα μέσω του γράφου προσεγγισιμότητας του και να χρησιμοποιηθεί για παραπέρα ανάλυση αποδοτικότητας του συστήματος.

Επιπλέον πλεονέκτημα των ΔΡ αποτελεί το γεγονός πως έχουν αναπτυχθεί πλήρεις τεχνικές για την ανάλυση ιδιοτήτων (γράφοι προσεγγισιμότητας και καλυψιμότητας, πίνακας συμβάντων και αναλλοίωτα) των μοντέλων που υλοποιούνται. Ακόμα έχει αναπτυχθεί μεγάλη ποικιλία προγραμμάτων σχεδιασμού, προσομοίωσης κι ανάλυσης μοντέλων υλοποιηθέντων με διάφορες κατηγορίες ΔΡ, αρκετά από τα οποία είναι ελεύθερα διαθέσιμα από το διαδίκτυο. Η χρήση ΔΡ σε συνδυασμό με προσεγγίσεις θεμελιωδών υποσυστημάτων, επιτρέπουν την εύκολη τροποποίηση, ανανέωση κι επέκταση κομματιών των μοντέλων που έχουν υλοποιηθεί, χωρίς να απαιτείται αλλαγή ολόκληρου του μοντέλου.

Τα δίκτυα Petri επιτρέπουν ακόμα την υλοποίηση στρατηγικών εποπτικού ελέγχου για την εξάλειψη επικινδύνων καταστάσεων από τη λειτουργία ενός συστήματος. Δύο κύριες προσεγγίσεις εποπτικού ελέγχου βασισμένου σε δίκτυα Petri, είναι ο εποπτικός έλεγχος χαρτογράφησης (mappingsupervisor), όπου η πολιτική ελέγχου υπολογίζεται από ένα ελεγκτή πραγματικού χρόνου ως συνάρτηση ανατροφοδότησης της σήμανσης του ΔΡ και ο εποπτικός έλεγχος ενσωματωμένου ελεγκτή (compiledsupervisor), όπου η πολιτική ελέγχου αναπαρίσταται στη δομή του δικτύου.

2.4 Προσομοίωση

Η έννοια της προσομοίωσης (simulation) εμφανίστηκε αρχικά στο χώρο της επιστημονικής έρευνας ως τεχνική μελέτης των αποτελεσμάτων μιας δράσης πάνω σε ένα φαινόμενο χωρίς να απαιτείται παρέμβαση στο ίδιο το φαινόμενο. Οι προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται για τη μελέτη και την κατανόηση αρχών λειτουργίας πολλών φυσικών, βιολογικών και κοινωνικών διαδικασιών. Πιο συγκεκριμένα προσομοιώνεται η μίμηση της λειτουργίας συστημάτων ή της εξέλιξης διαδικασιών μέσα στο χρόνο με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή [26]. Διαδικασία ή σύστημα ονομάζεται ένα σύνολο στοιχείων τα οποία εξελίσσονται και αλληλοεπιδρούν σύμφωνα με κάποιους κανόνες. Οι κανόνες αυτοί εκφράζονται με μαθηματικές ή λογικές σχέσεις και αποτελούν το μοντέλο του συστήματος. Αν οι σχέσεις που περιγράφουν την εξέλιξη του συστήματος είναι απλές, τότε είναι δυνατή η εύρεση λύσεων κλειστής μορφής, οπότε λέμε ότι το μοντέλο επιλύεται αναλυτικά. Ωστόσο σε συστήματα που περιγράφονται από πολύπλοκα μοντέλα και διάνυσμα κατάστασης μεγάλων διαστάσεων η αναλυτική επίλυση είναι αδύνατη. Για την μελέτη αυτών των συστημάτων εφαρμόζονται οι λεγόμενες αριθμητικές μέθοδοι. Τέτοιες είναι η αριθμητική ανάλυση και η προσομοίωση. Η προσομοίωση συνίσταται στην ανάπτυξη ενός μοντέλου του υπό εξέταση συστήματος με τη μορφή προγράμματος σε υπολογιστή και στην εκτέλεση ενός(ή περισσότερων) πειράματος το οποίο καταγράφει την κατάσταση του συστήματος σε διαδοχικές χρονικές στιγμές αποτυπώνοντας ένα πιθανό σενάριο εξέλιξης του συστήματος στο χρόνο. Κατάσταση είναι το σύνολο των μεταβλητών οι οποίες δίνουν την απαραίτητη πληροφορία για την περιγραφή του συστήματος.

Η προσομοίωση ευρίσκει εφαρμογές:

- Στην ανάλυση και σχεδίαση συστημάτων παραγωγής (βιομηχανία)
- Στον έλεγχο αποθεμάτων (βιομηχανία, εμπορικές επιχειρήσεις)
- Στη μελέτη κυκλοφοριακών συστημάτων (οδικό δίκτυο, αεροδρόμια)
- Στη μελέτη συστημάτων εξυπηρέτησης πελατών (τράπεζες, νοσοκομεία, τηλεπικοινωνίες)
- Στην αξιολόγηση αποφάσεων υπό αβεβαιότητα (χρηματιστήριο, επενδύσεις, marketing).

Με την προσομοίωση μπορεί κανείς να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα ή απόδοση ενός συστήματος πριν αυτό κατασκευασθεί με σκοπό τη βέλτιστη σχεδίαση του και έχει στόχο την οικονομικότερη, ταχύτερη και λιγότερο επικίνδυνη απεικόνιση της πραγματικότητας σε υπολογιστικό περιβάλλον.

3^ο Κεφάλαιο

Η ΟΙΝΟΠΟΙΑ ΜΑΝΟΥΣΑΚΗ (MANOUSAKIS WINERY)

3.1. Η Ελληνική Οινοποιία

Ο αμπελώνας της Ελλάδας έχει μακρά ιστορία, όντας ένας από τους αρχαιότερους του κόσμου. Η Ελλάδα με το μεσογειακό της κλίμα και την ευεργετική επίδραση της θάλασσας, βρίσκεται σχεδόν σε όλη την έκταση της εντός της ευνοϊκής κλιματικής και γεωγραφικής περιοχής για την αμπελοκαλλιέργεια. Το μεγαλύτερο μέρος της εκτείνεται σε ορεινά και ημιορεινά αμπελοτόπια, ενώ χωρίζεται σε γεωγραφικές ενότητες : αμπελώνες της Βόρειας Ελλάδας, της Κεντρικής Ελλάδας, της Πελοποννήσου, των νησιών Ιονίου, Αιγαίου και Κρήτης.

Η εγχώρια οινοποιία είναι διαιρεμένη σε μεγάλο πλήθος οινοποιητικών μονάδων. Αποτελείται από ένα μικρό αριθμό μεγάλων οινοβιομηχανιών, οι οποίες καλύπτουν σημαντικό μέρος της παραγωγής και διαθέτουν ποικιλία προϊόντων, πλήθος μικρομεσαίων παραγωγικών μονάδων που ασχολούνται αποκλειστικά με την οινοποίηση, ορισμένους αγροτικούς

συνεταιρισμούς και εισαγωγικές εταιρείες, οι οποίες καλύπτουν πολύ μικρό μέρος της εγχώριας αγοράς. Μέχρι το 2013 είχαν καταγραφεί 618 ενεργοί Έλληνες οινοπαραγωγοί, 33 προσεχώς ενεργοί, 44 εμφιαλωτές και 205 υποψήφιοι. Τα τελευταία χρόνια η ποιότητα και η φήμη των εμφιαλωμένων ελληνικών κρασιών έχει βελτιωθεί σε μεγάλο βαθμό, ενισχύοντας σημαντικά την εξαγωγική δραστηριότητα της χώρας. Ως κυριότερες αγορές των ελληνικών κρασιών αναδεικνύονται η Γερμανία, οι Η.Π.Α., ο Καναδάς, η Γαλλία και η Κύπρος, όπου στις 3 πρώτες βρίσκονται ισχυρές ομογενειακές κοινότητες που σύμφωνα με παράγοντες της αγοράς απορροφούν μεγάλο μέρος των εξαγωγών (ΙΟΑΡ, 2008).

Την τελευταία πενταετία ο μέσος όρος της ετήσιας παραγωγής κρασιού στην Ελλάδα υποχώρησε κατά 20% σε σχέση με την προηγούμενη πενταετία, ενώ η κατανάλωση οίνου μειώθηκε κατά 6%. Θετικό στοιχείο αποτέλεσε η αύξηση των εξαγωγών οίνου το 2014 κατά 15,5%, μετά τη συνεχή υποχώρησή τους από το 2010 και μετά. Την πενταετία 2000 έως και 2005 η εγχώρια παραγωγή οίνου κινήθηκε γενικά ανοδικά, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 7,3%. Ωστόσο την επόμενη πενταετία 2006 έως 2010 παρατηρήθηκε πτώση, με εξαίρεση τις οινικές περιόδους 2008-2009 και 2011-2012. Το έτος 2015 η Ελλάδα κατατάχθηκε στη δωδέκατη θέση παγκοσμίως από άποψη όγκου παραγωγής με μέσο όρο 3-3.5 εκατ. εκατόλιτρα ετησίως, παρουσιάζοντας μείωση της τάξης 10-15%, ενώ σε παρόμοια θέση καταγράφηκε και για την κατανάλωση της.

3.1.1. Ποικιλίες σταφυλιών της ελληνικής παραγωγής

Στη χώρα μας υπάρχουν περισσότερες από διακόσιες καλλιεργήσιμες ποικιλίες σταφυλιών. Ο πιο σημαντικός παράγοντας που καθορίζει το άρωμα και τη γεύση κάθε κρασιού είναι η οινοποιήσιμη ποικιλία αμπέλου, από την οποία προέρχεται. Οι λόγοι είναι οι ακόλουθοι:

- Όσο μικρότερο το φρούτο, τόσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των αρωμάτων.
- Όσο πιο χοντρός και έντονος ο φλοιός, τόσο εντονότερο θα είναι το χρώμα και το άρωμα του κρασιού.
- Όσο μεγαλύτερη η περιεκτικότητα σε σάκχαρα, τόσο υψηλότερος θα είναι ο αλκοολικός χαρακτήρας του κρασιού.
- Η συγκέντρωση των οξέων διασφαλίζει τη γευστική ισορροπία.

Ενδεικτικά , κάποιες από τις δημοφιλέστερες ελληνικές ποικιλίες είναι οι εξής : [16]

Πίνακας 1 - Ελληνικές ποικιλίες σταφυλιών

ΕΡΥΘΡΑ ΣΤΑΦΥΛΙΑ	ΛΕΥΚΑ ΣΤΑΦΥΛΙΑ
Αγιωργίτικο	Ασύρτικο
Μαυροδάφνη	Μοσχοφίλερο
Ξινόμαυρο	Μοσχάτο
Λημνιό	Μαλαγουζιά
Μανδηλαριά	Βιδιανό
Κοτσιφάλι	Βηλάννα
Ρωμέικο	Σαββατιανό

3.1.1.1. Οι ποικιλίες που επεξεργάζεται η Οινοποιία Μανουσάκη

Για την παραγωγή των κρασιών NOSTOS καλλιεργούνται , αλλά και εισάγονται οι αναγκαίες ποσότητες των παρακάτω ελληνικών και ξένων ποικιλιών σταφυλιών :

Πίνακας 2- Οι ποικιλίες της Οινοποιίας Μανουσάκη

ΕΡΥΘΡΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ	ΛΕΥΚΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ
Syrah	Roussanne
Grenache	Muscat of Spinas
Mouvredre	Βιδιανό
	Ασύρτικο

Καλλιεργούνται : Syrah, Grenache, Mouvredre, Roussanne, Βιδιανό.

Εμπορεύονται : Syrah, Grenache, Μοσχάτο Σπίνας, Βιδιανό, Ασύρτικο.

3.1.2. Τύποι- Κατηγορίες κρασιών

Οι τύποι κρασιών ομαδοποιούνται με βάση το χρώμα, τη γλυκύτητα και την περιεκτικότητά τους σε CO₂, όπως καταγράφεται στον πίνακα 3:

Πίνακας 3- Τύποι κρασιών

ΧΡΩΜΑ	ΓΛΥΚΥΤΗΤΑ	CO ₂
Λευκά	Ξηρά	Ήσυχα
Ροζέ	Ημίξηρα	Ημιαφρώδη
Ερυθρά	Ημίγλυκα	Αφρώδη
	Γλυκά	

Οι κατηγορίες κρασιών δημιουργήθηκαν με βάση το σταφύλι από το οποίο προέρχεται το κρασί, την περιοχή της καλλιέργειας του και από τον τρόπο οινοποίησης και παλαίωσης του και είναι οι εξής :

Πίνακας 4-Διεθνείς Κατηγορίες κρασιών

- | |
|--|
| 1.οίνοι Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (ΠΟΠ) |
| 2.οίνοι Προστατευόμενης Γεωγραφικής Ένδειξης (ΠΓΕ) |
| 3.οίνοι χωρίς ένδειξη ΠΟΠ και ΠΓΕ. |

Πίνακας 5- Ελληνικές κατηγορίες κρασιών

1. Οίνοι Ονομασίας Προέλευσης(VQPRD) (οίνοι ΠΟΠ της Ελλάδας)	Περιλαμβάνονται : 1. ΟΠΑΠ («Ονομασία Προελεύσεως Ανωτέρας Ποιότητας») 2. ΟΠΕ («Ονομασία Προελεύσεως Ελεγχόμενη»)
2.Επιτραπέζιοι Οίνοι	Περιλαμβάνονται:

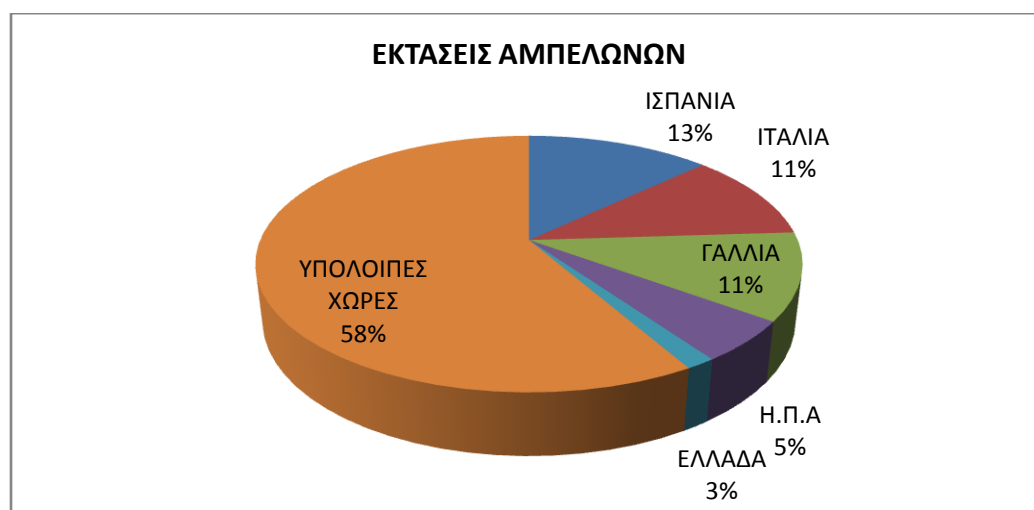
(οίνοι ΠΓΕ της Ελλάδας)	1. Τοπικοί Οίνοι 2. οίνοι με « Ονομασία κατά Παράδοση » 3.οι Απλοί Επιτραπέζιοι Οίνοι
-------------------------	--

3.2. Η Ευρωπαϊκή και Παγκόσμια αγορά Οινοποιίας

Οι *εκτάσεις των αμπελώνων* σε παγκόσμια κλίμακα για το έτος 2014 σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του Διεθνούς Οργανισμού Αμπέλου και Οίνου (ΟΙΝ) εκτιμώνται στα 7.550.000 εκτάρια. Η Ευρώπη υπολογίζεται ότι έχει μερίδιο περίπου 42% του παγκόσμιου αμπελώνα, με την πρώτη θέση να καταλαμβάνει η Ισπανία με 1.020.000 εκτάρια. Με ανοδική πορεία σε σχέση με το 2013, εμφανίζεται η Κίνα στη δεύτερη θέση της κατάταξης με 799.000 εκτάρια, ενώ ακολουθεί ο αμπελώνας της Γαλλίας με έκταση 792.000. Αν αυτή η επιφάνεια παραμένει σταθερή, αυτό οδηγεί σε μια προοδευτική μείωση των αμπελώνων της ευρωπαϊκής ηπείρου προς όφελος των αμπελώνων του Νέου Κόσμου. Οι χώρες με τις μεγαλύτερες εκτάσεις εμφανίζονται στο Σχήμα 1. [14]

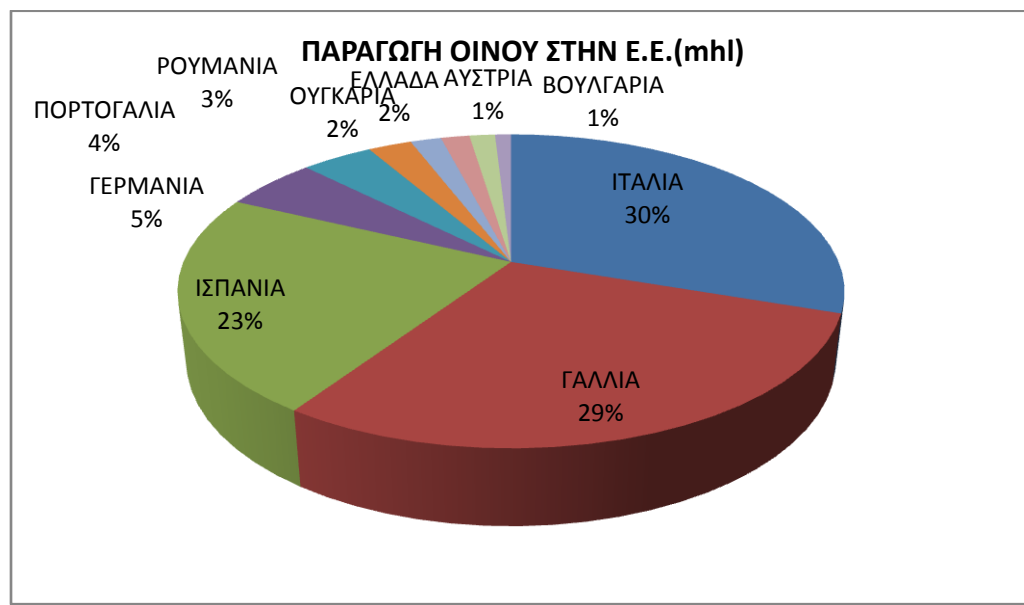
Το έτος 2013 η Ισπανία διέθετε το 15% της παγκόσμιας έκτασης με τη Γαλλία και την Ιταλία να ακολουθούν με 11% αντίστοιχα. Εκτός Ε.Ε. οι Η.Π.Α. αντιπροσώπευαν το 5,2%, ενώ η Ελλάδα κατέχει το 1,5% της παγκόσμιας έκτασης αμπελώνων. [14]

Σχήμα 1- Παγκόσμιες Εκτάσεις Αμπελώνων(έτος 2013)



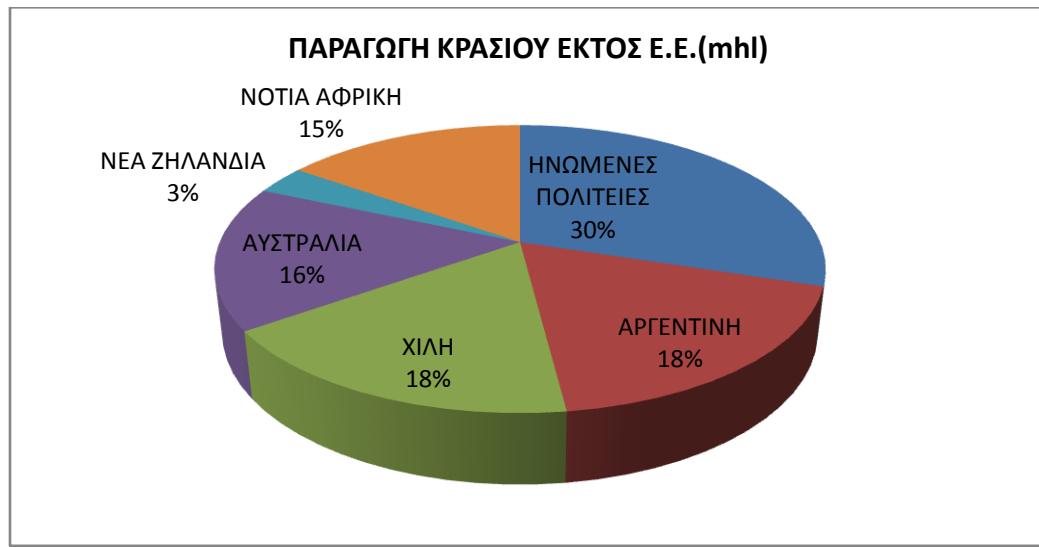
Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Αμπέλου και Οίνου(ΟΙΝ), η παγκόσμια παραγωγή οίνου το 2015 ανήλθε σε 275.7 εκατομμύρια εκατόλιτρα(mhl), αυξημένη σε σχέση με το έτος 2014, η οποία είχε καταγραφεί στα 271 εκατ. εκατόλιτρα. Η Ευρώπη εξακολουθεί να κυριαρχεί στην παγκόσμια παραγωγή με 164.6 εκατ. εκατόλιτρα(mhl), παρουσιάζοντας αύξηση κατά 4% από το 2014. Στις τρεις πρώτες θέσεις βρίσκονται οι χώρες της Ιταλίας με παραγωγή 48.9 εκατ. εκατόλιτρα, ακολουθεί η Ισπανία με 36.6 mhl και η Γαλλία με 47.4 mhl, ενώ η Ελλάδα καταλαμβάνει τη 12η θέση με παραγωγή της τάξης των 2.7 εκατ. εκατόλιτρων. Η αναλυτική κατάταξη των κύριων χωρών της Ευρώπης που παρουσιάζουν αξιόλογη παραγωγή οίνου, φαίνονται στο Σχήμα 2, αναπαριστώντας το ποσοστό που καταλαμβάνουν σε ευρωπαϊκό επίπεδο. [14]

Σχήμα 2- Παραγωγή Κρασιού εντός Ε.Ε(έτος 2015)



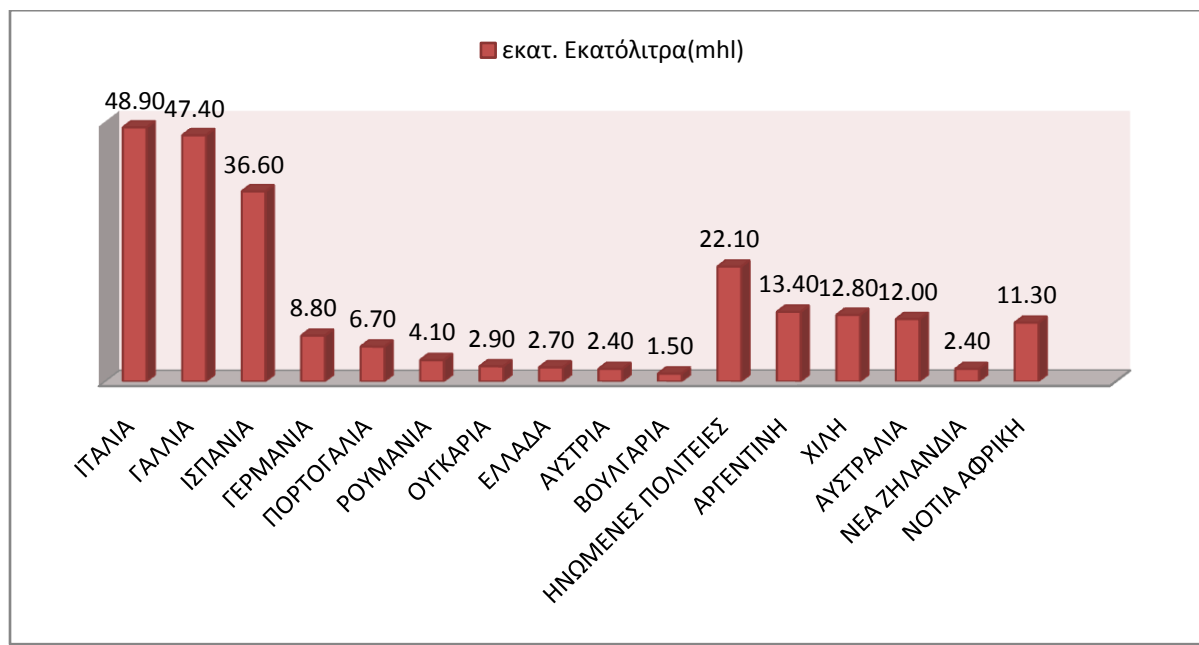
Εκτός Ευρώπης κυριαρχούν οι Ηνωμένες Πολιτείες με 22.1 εκατ. εκατόλιτρα, ακολουθεί η Αργεντινή με 13.4 mhl και η Χιλή με 12.8 mhl, στη συνέχεια η Αυστρία με 12.0mhl, ενώ πολύ κοντά είναι η Νότια Αφρική με 11.3 mhl και τέλος σημαντική παραγωγή εμφανίζει η Νέα Ζηλανδία με 2.4 mhl . Στο Σχήμα 3 απεικονίζονται τα εκατόλιτρα παραγωγής οίνου των παραπάνω χωρών εκτός Ε.Ε. σε ποσοστά επί τοις εκατό.[14]

Σχήμα 3- Παραγωγή Κρασιού εκτός Ε.Ε.(έτος 2015)



Στο Σχήμα 4 έχει διαμεριστεί η συνολική **παγκόσμια παραγωγή** οίνου για το 2015, η οποία ανήλθε σε 275.7 εκατομμύρια εκατόλιτρα. Ενώ ακολουθεί το Σχήμα 5, στο οποίο καταγράφεται η εξέλιξη της παραγωγής οίνου των κύριων χωρών για την τελευταία πενταετία.

Σχήμα 4- Παγκόσμια Παραγωγή κρασιού (έτος 2015)



Σχήμα 5- Η εξέλιξη της παραγωγής οίνου στις κύριες χώρες

Unit: 1000 hl	2010	2011	2012	2013	2014 Provisional	2015 Forecast	2015/2014 Variation in volume	2015/2014 Variation in %
Italy	48 525	42 772	45 616	54 029	44 229	48 869	4640	10%
France	44 381	50 757	41 548	42 134	46 804	47 373	569	1%
Spain	35 353	33 397	31 123	45 308	38 211	36 600	-1611	-4%
United States (2)	20 887	19 140	21 650	23 590	22 020	22 140	120	1%
Argentina	16 250	15 473	11 778	14 984	15 197	13 358	-1839	-12%
Chile	8 844	10 464	12 554	12 820	10 500	12 870	2370	23%
Australia	11 420	11 180	12 259	12 310	12 020	12 000	-20	0%
South Africa	9 327	9 725	10 569	10 982	11 316	11 310	-6	0%
China*	13 000	13 200	13 511	11 780	11 178	11 178	0	0%
Germany	6 906	9 132	9 012	8 409	9 202	8 788	-414	-4%
Portugal	7 148	5 622	6 327	6 231	6 195	6 703	508	8%
Russia *	7 640	6 980	6 220	5 290	4 880	4 880	0	0%
Romania	3 287	4 058	3 311	5 113	3 750	4 069	319	9%
Hungary	1 762	2 750	1 818	2 618	2 555	2 873	318	12%
Brazil*	2 459	3 460	2 967	2 710	2 732	2 732	0	0%
Greece	2 950	2 750	3 115	3 343	2 900	2 650	-250	-9%
Austria	1 737	2 814	2 125	2 392	1 999	2 350	351	18%
New Zealand	1 900	2 350	1 940	2 484	3 204	2 350	-854	-27%
Serbia*	2 382	2 244	2 175	2 306	2 332	2 332	0	0%
Bulgaria	1 224	1 237	1 442	1 755	747	1 538	791	106%
Moldava *	840	1 520	1 470	2 570	1 630	1 630	0	0%
Georgia*	1 034	1 108	830	997	1 134	1 134	0	0%
OIV World Total(3)	264 188	267 803	258 211	292 218	270 234	275 665	5431	2%

(1): Countries for which information has been provided with a wine production of more than 1 mhl

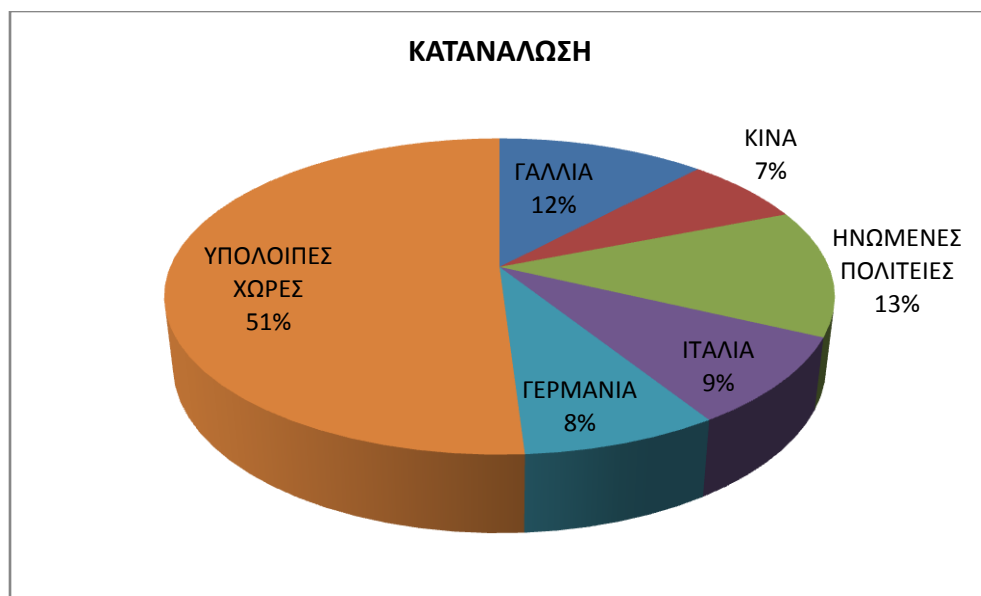
(2): OIV estimate based on USDA info

(3): OIV estimate: mid-range estimate. Range for evaluation of 2015 world production: from 270.75 mhl to 280.7 mhl.

* 2015: 2014 data used as provisional figures

Η **παγκόσμια κατανάλωση** παρουσιάζει μία ανοδική πορεία από το 2000 έως και το 2007. Από τα μέσα του 2007 έως και το 2009 έχουμε μια σταδιακή πτώση της με την κατανάλωση να πέφτει στα 240.000 mhl και από το 2010 και ύστερα συνεχίζει την ανοδική της πορεία. Το 2014 ανήλθε στα 240 εκατ. εκατόλιτρα, με της ΗΠΑ να έχουν το μερίδιο του 13% της παγκόσμιας κατανάλωσης, τη Γαλλία με 12%, ακολουθεί η Ιταλία με 9%, η Γερμανία με 8% και τέλος η Κίνα καταλαμβάνοντας το 7%, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 6.

Σχήμα 6- Κατανάλωση Κρασιού (έτος 2014)



Το 2015 εκτιμάται πως η κατανάλωση σε παγκόσμιο επίπεδο θα κυμανθεί μεταξύ 235.7mhl -248.4mhl, χωρίς να έχουν καταγραφεί μέχρι στιγμής τα επίσημα στοιχεία.

3.3.Ιστορία και Χαρακτηριστικά της Οινοποιίας Μανουσάκη



Η **Οινοποιία Μανουσάκη**, μία οικογενειακή επιχείρηση, ιδρύθηκε από τον Θεόδωρο Μανουσάκη στο χωριό Βατόλακος και η ιστορία της ξεκίνησε το 1993 με τη δημιουργία του πρώτου αμπελώνα, έκτασης είκοσι στρεμμάτων. Το καλοκαίρι του 1997 με την επίτευξη της πρώτης συγκομιδής των NOSTOS, μία προσωνυμία εμπνευσμένη από τον Θεόδωρο που καταγράφεται σε όλα τα κρασιά μέχρι και σήμερα, ολοκληρώθηκε και η κατασκευή του πρώτου οινοποιείου στην έκταση της κατοικίας της οικογένειας Μανουσάκη, το οποίο μπορεί να επισκεφθεί κάποιος μέχρι και σήμερα στην αναπαλαιωμένη πια κατασκευή του (Εικόνα 3.1).

Εικόνα 3.1.-Εικόνες από το αναπαλαιωμένο Οινοποιείο



Το 2011 δημιουργήθηκε μια νέα κατασκευή για να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες παραγωγής. Ο χώρος αυτός στεγάζει μέχρι και σήμερα το Οινοποιείο (Εικόνα 3.2.).

Εικόνα 3.2. -Εικόνες από το σύγχρονο οινοποιείο



Από το 2007 η Οινοποιία διευθύνεται από τη νεότερη κόρη του Θεόδωρου, την Αλεξάνδρα Μανουσάκη, ενώ ο ίδιος έχει ως μόνιμη κατοικία του την Ουάσινγκτον D.C. . Επικεφαλής διευθυντής της παραγωγής και οινοποιός είναι ο Κωστής Γαλάνης, πτυχιούχος του χημικού τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών. Εντάχθηκε στην ομάδα το 1998, ενώ χάρη στη μεγάλη εμπειρία του κατάφερε να συνδυάσει τις παραδοσιακές γαλλικές μεθόδους οινοποίησης με την επιστημονική προσέγγιση των ΗΠΑ, εξελίσσοντας έτσι σημαντικά τα κρασιά NOSTOS. Νεότερο μέλος της ομάδας είναι ο Ιωάννης Γαλάνης, πτυχιούχος της Γεωπονικής Αθηνών με μεταπτυχιακές σπουδές στην Αμπελουργία και Οινολογία, υπεύθυνος για τη σωστή ωρίμανση

των αμπελώνων καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, ενώ παράλληλα κατά την περίοδο του τρύγου έχει την εποπτεία όλης της διαδικασίας οινοποίησης που ακολουθείται.

Η Οινοποιία Μανουσάκη έχει σαν έμβλημα τρία μικρά λουλούδια, γνωστά στην κρητική διάλεκτο με την ονομασία «μανουσάκια», μικρά άγρια λουλούδια που φυτρώνουν στο τέλος του Φθινοπώρου μέχρι και τις αρχές του Απρίλη. Ο Θεόδωρος Μανουσάκης επέλεξε τα τρία αυτά «μανουσάκια» ως ένδειξη αγάπης και τιμής στις τρεις κόρες του, την Αλεξάνδρα, την Κατερίνα, την Τατιάνα. Η αγάπη όμως και η επιθυμία του να επιστρέψει στην πατρίδα του, τον ενέπνευσε ακόμη να εμπλουτίσει την ετικέτα κάθε ποικιλίας κρασιού με την ονομασία NOSTOS, προκειμένου να αποτυπώσει στο κρασί το προσωπικό του αίσθημα της ξενιτιάς.

Παράλληλα με την παραγωγή κρασιών, η Αλεξάνδρα Μανουσάκη, ξεκίνησε ένα νέο εγχείρημα, τα προϊόντα «Terroir by Alexandra Manousakis» με σκοπό την ενίσχυση της τοπικής οικονομίας της Κρήτης και την ανάδειξη τοπικών πρώτων υλών, όπως είναι το ελαιόλαδο και το θαλασσινό αλάτι, που αποτελούν το ξεκίνημα αυτής της νέας ιδέας (Εικόνα 3.3.).

Εικόνα 3.3.- Τα προϊόντα «Terroir by Alexandra Manousakis»



3.4. Εξοπλισμός-Αμπελώνας

Γεωγραφικά, οι αμπελώνες βρίσκονται στους πρόποδες των Λευκών Ορεων της Δυτικής Κρήτης, σε υψόμετρο 320-380 μέτρα και λίγο ψηλότερα στα 550-600 μέτρα (Εικόνες 3.3.-3.4.-3.5).

Εικόνα 3.3. -Οι αμπελώνες της Οινοποιίας Μανουσάκη



Εικόνα 3.4. -Οι αμπελώνες της Οινοποιίας Μανουσάκη



Εικόνα 3.5. -Οι αμπελώνες της Οινοποιίας Μανουσάκη



Το 1993 μία ομάδα εξειδικευμένων ανθρώπων, Ελλήνων, Γάλλων και Αμερικάνων, οι οποίοι παραμένουν ακόμη και σήμερα συνεργάτες της Οινοποιίας Μανουσάκη, ανέλυσαν με μεγάλη προσοχή και μεθοδικότητα το κλίμα και το έδαφος της περιοχής, προκειμένου να επιλέξουν τις σωστές ποικιλίες σταφυλιών που θα ευδοκιμούσαν. Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται μέχρι και σήμερα σε μια έκταση πλέον των 135 ιδιόκτητων στρεμμάτων είναι οι εξής : Syrah (ερυθρά) , Mourvedre (ερυθρά) , Grenache (ερυθρά) , Roussanne (λευκά), ενώ πειραματικά φυτεύονται οι ποικιλίες Ρωμέικο(ερυθρά), Ασύρτικο (λευκά) και Μαντηλάρι (ερυθρά), αναζητώντας τις αντιδράσεις τους με το περιβάλλον της περιοχής.

Παρακάτω έχει καταγραφεί ο αναγκαίος εξοπλισμός για την παραγωγική διαδικασία της οινοποίησης:

➤ **13 Διαθέσιμες Δεξαμενές πολλαπλής χρήσης**

INOX	ΔΡΥΙΝΕΣ
2 δεξαμενές χωρητικότητας 3.5 τόνων	4 δεξαμενές χωρητικότητας 4 τόνων
3 δεξαμενές χωρητικότητας 5 τόνων	1 δεξαμενή χωρητικότητας 3 τόνων
2 δεξαμενές χωρητικότητας 4 τόνων	
1 δεξαμενή χωρητικότητας 12 τόνων	

➤ **3 Διαθέσιμες Αντλίες**

2 αντλίες απόδοσης 1τόνου/ 8λεπτά
1 πολύ μικρότερης απόδοσης (για δευτερεύουσες εργασίες ανεξάρτητες του χρόνου)

- **1 Διαθέσιμη «Νταλικά- Ψυγείο»,** χωρητικότητας 12.600 κιλά και μήκους 12 μέτρων.
- **1 Διαθέσιμο Εκραγιστήριο** απόδοσης **12-20 τόνους/ ώρα** και ρυθμιζόμενη ταχύτητα **800-1900 στροφές .**
- **2 Διαθέσιμα Πιεστήρια**

ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ	ΣΥΓΧΡΟΝΟ
Χωρητικότητας 300lt.	Χωρητικότητας 1200lt/ καλάθι. Με 2 Διαθέσιμα Καλάθια Πιεστηρίου

- **Αποθήκη** χωρητικότητας έως και 100.000 μπουκάλια.
- **150 Διαθέσιμα Βαρέλια ,** χωρητικότητας 220 lt/ βαρέλι.
- **1 Διαθέσιμο μηχάνημα εμφιάλωσης** μέγιστης απόδοσης 1τόνος/ώρα , πρακτικά εμφιαλώνονται 1.000-1200 μπουκάλια/ ώρα, με την ανάγκη τουλάχιστον δύο ατόμων για τις χειρονακτικές εργασίες :
 - 1 επιβλέπων
 - 1 άτομο για τη μεταφορά από τις παλέτες στο μηχάνημα/ μεταφορά με την ολοκλήρωση της εμφιάλωσης στις κούτες.
 - 1 άτομο για την προσθήκη ετικετών στις φιάλες.

Συνήθως ο επιβλέπων εξυπηρετεί ενδιάμεσες ανάγκες, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός των εργαζομένων.

3.5. Παρουσίαση Προϊόντων

Η Οινοποιία Μανουσάκη μέχρι και σήμερα διαθέτει στην αγορά 16 διαφορετικές ετικές κρασιού, από τις οποίες οι 2 αφορούν το ροζέ κρασί , οι 5 το λευκό και οι υπόλοιπες 9 το κόκκινο κρασί. Η παραγωγική διαδικασία είναι αρκετά κοινή και για τις τρεις κατηγορίες κρασιού, με ορισμένες αλλαγές στη διαδοχή των κατεργασιών που θα υποστεί η πρώτη ύλη , το σταφύλι, όπως θα αναλυθεί σε επόμενη ενότητα της εργασίας, αλλά και σε ορισμένες διαδικασίες που παραλείπονται στον κύκλο παραγωγής ορισμένων ποικιλιών.

Ακολουθούν αναφορικά τα 16 προϊόντα της Οινοποιίας Μανουσάκη και στη συνέχεια η αναλυτική περιγραφή τους : [15]

1. Nostos Pink (ροζέ)
2. 2Mazi Rose (ροζέ)
3. Nostos Roussanne (λευκό)
4. Nostos Muscat of Spinas (λευκό)
5. Nostos Vidiano (λευκό)
6. 2Mazi White (λευκό)
7. Nostos Roussanne- Magnum (λευκό)
8. Nostos Alexandra's (ερυθρό)
9. Nostos Manousakis (Blend) (ερυθρό)
10. Nostos Grenache (ερυθρό)
11. Nostos Syrah (ερυθρό)
12. Nostos Mourvedre (ερυθρό)
13. 2Mazi Red (ερυθρό)
14. Nostos Syrah- Magnum (ερυθρό)
15. Nostos Grenache- Magnum (ερυθρό)
16. Nostos Blend- Magnum (ερυθρό)

Χαρακτηριστικά Προϊόντων

1. Nostos Pink



- Ροζέ ξηρός οίνος .

Προέρχεται απο τις ποικιλίες σταφυλιών Grenache Rouge 50% και Syrah 50%, συμβατικής καλλιέργειας.

Υψόμετρο καλλιέργειας : 320-380 και 550-600 μέτρα.

Έτη παραγωγής : 2008 (1.200 φιάλες)

2010(2.000 φιάλες)

2011(3.000 φιάλες)

2012(8.000 φιάλες)

Τρύγος: Για κάθε μία ποικιλία ο τρύγος πραγματοποιείται στο διάστημα μεταξύ 15-30 Αυγούστου.

Οινοποίηση : Το γλεύκος (φυσικός χυμός) προέρχεται είτε από δεξαμενές που προορίζονται για ερυθρή οινοποίηση μετά την ολοκλήρωση της εκχύλισης, είτε από απευθείας πίεση ερυθρών σταφυλιών. Η αλκοολική ζύμωση ολοκληρώνεται σε ανοξείδωτες δεξαμενές μικρού όγκου, ξεχωριστά για κάθε ποικιλία, οι οποίες βρίσκονται σε ειδικό θάλαμο θερμοκρασίας 16-17 °C .

2. 2Mazi Rose



Ανήκει στη «νέα γεννιά» κρασιών της Οινοποιίας Μανουσάκη και είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας της με την Οινοποιία Λυραράκης, η οποία εδρεύεται στο Ηράκλειο της Κρήτης.

- Ροζέ ξηρός οίνος.

Προέρχεται από τις ποικιλίες Ρωμέικο, Μαντηλάρι, συμβατικής καλλιέργειας.

Υψόμετρο καλλιέργειας: 200-280 μέτρα.

Τρύγος : Για το Ρωμέικο, 15-25 Σεπτεμβρίου. Για το Μαντηλάρι 1-10 Σεπτεμβρίου.

Οινοποίηση : Για την ποικιλία Ρωμέικο το γλεύκος ζυμώνεται σε ανοξείδωτες δεξαμενές για δύο ημέρες σε ελεγχόμενη θερμοκρασία 17 °C. Για το Μαντηλάρι, ο χυμός παραμένει σε επαφή με τις φλούδες για 6 ώρες και η διαδικασία της ζύμωσης πραγματοποιείται επίσης σε ανοξείδωτες δεξαμενές σε θερμοκρασία 17-19 °C.

3. Nostos Roussanne



- Λευκός ξηρός οίνος.

Προέρχεται από την ποικιλία Roussanne, βιολογικής καλλιέργειας.

Υψόμετρο καλλιέργειας: 350-600 μέτρα.

Έτη Παραγωγής : 2001 (500 φιάλες)

2002 (800 φιάλες)

2003 (1500 φιάλες)

2004 (2500 φιάλες)

2005 (2500 φιάλες)

2006 (3000 φιάλες)

2007 (3000 φιάλες)

2008 (4000 φιάλες)

2009 (4000 φιάλες)

2010 (3500 φιάλες)

2011 (500 φιάλες)

2012 (7500 φιάλες)

Τρύγος : 15-25 Αυγούστου .

Οινοποίηση: Ζυμώνεται και ωριμάζει για 7 περίπου μήνες σε δρύινα βαρέλια γαλλικής πορέλευσης, παρουσία των οινολασπών ώστε να αποκτήσει το «βαρύ» χαρακτήρα που επιθυμείται . Τα βαρέλια αντικαθιστώνται ύστερα από 4 χρόνια, διότι χάνουν τη μυρωδιά την ψημένης οξιάς που είναι επιθυμητή σε ένα τέτοιο κρασί.

Αμέσως μετά την εμφιάλωση του θεωρείται κατάλληλο προς κατανάλωση, ενώ στα φτάσει στο γευστικό και αρωματικό απόγειο του μετα απο 3-5 χρόνια, παραμένοντας εκεί για τουλάχιστον μία 4ετία.

4. Nostos Muscat of Spinas



- Λευκός ξηρός οίνος.

Προέρχεται από την ποικιλία Μοσχάτο Σπίνας .

Υψόμετρο καλλιέργειας :650 μέτρα.

Τρύγος : 20-30 Αυγούστου.

5. Nostos Vidiano



- Λευκός ξηρός οίνος.
Προέρχεται απο την ποικιλία Βιδιανό.
Υψόμετρο καλλιέργειας : 320 μέτρα.
Τρύγος : 15-25 Αυγούστου.

6. 2Mazi White



Ανήκει στη «νέα γεννιά» κρασιών της Οινοποιίας Μανουσάκη και είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας της με την Οινοποιία Λυραράκης , η οποία εδρεύεται στο Ηράκλειο της Κρήτης.

- Λευκός ξηρός οίνος.

Προέρχεται από τις ποικιλίες Roussanne και Βηλάνα, συμβατικής καλλιέργειας .

Υψόμετρο καλλιέργειας: Στα 320 μέτρα για την ποικιλία Roussanne και 500 μέτρα για την ποικιλία Βηλάνα.

Τρύγος : Για το Roussanne ο τρύγος πραγματοποιείται στο διάστημα 15-25 Αυγούστου, ενώ για τη Βηλάνα από 1 έως 10 Σεπτέμβρη.

Οινοποίηση: Το γλεύκος που προέρχεται από την ποικιλία Roussanne ζυμώνεται σε ανοξειδωτες δεξαμενές ελεγχόμενης θερμοκρασίας 17 °C. Ενα μέρος από τα σταφύλια της ποικιλίας Βηλάνα πιέζεται για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ενώ τα υπόλοιπα έχοντας υποστεί αποραγισμό, διαβρέχονται σε θερμοκρασία 10 °C για 12 ώρες. Κι εδώ η ζύμωση πραγματοποιείται σε ανοξειδωτες δεξαμενές στους 18-20 °C.

Αμέσως μετά την εμφιάλωση του μπορεί να καταναλωθεί , ωριμάζοντας ικανοποιητικά για τα επόμενα 4-5 χρόνια.

7. Nostos Alexandra's



- Ερυθρός ξηρός οίνος.

Προέρχεται από τις ποικιλίες Syrah, Mounvredre και Grenache Rouge, βιολογικής καλλιέργειας.

Υψόμετρο καλλιέργειας : 320- 380 μέτρα και 550-600 μέτρα.

Έτη παραγωγής :

2003 (3000 φιάλες)
 2005 (3000 φιάλες)
 2006 (4000 φιάλες)
 2007 (5000 φιάλες)
 2008 (11000 φιάλες)
 2009 (5500 φιάλες)
 2010 (16000 φιάλες)

Τρύγος : Για κάθε μία ποικιλία γίνεται ξεχωριστά από 15 Αυγούστου μέχρι 10 Σεπτεμβρίου.

Οινοποίηση : Πρόκειται για την κλασική ερυθρή οινοποίηση σε ανοξείδωτες δεξαμενές χάλυβα και πραγματοποιείται ξεχωριστά για κάθε ποικιλία. Την αλκοολική ζύμωση διαδέχεται η εκχύλιση, διαρκεί 12-25 ημέρες και μετά την ολοκλήρωση της το κρασί μεταγγίζεται σε βαρέλια γαλλικής και αμερικάνικης δρυς σε ποσότητα 75% και 25% αντίστοιχα, όπου και εξελίσσεται η μηλογαλακτική ζύμωση και ωρίμανση, διάρκειας 10 μηνών. Τα βαρέλια αντικαθιστώνται ύστερα από 4 χρόνια, διότι χάνουν τη μυρωδιά την ψημένης οξιάς που είναι επιθυμητή σε ένα τέτοιο κρασί.

Αμέσως μετά την εμφιάλωση του θεωρείται κατάλληλο προς κατανάλωση και θα μείνει στο απόγειο του για να επόμενα 2-4 χρόνια.

8. Nostos Manousakis (blend)



Κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1999 στις Η.Π.Α το NOSTOS του 1997, ενώ στην Ελλάδα η πρώτη εμφάνισή του στην αγορά ήταν το 2003, με το NOSTOS 2000 και 2001.

- Ερυθρός ξηρός οίνος.
Προέρχεται από τις ποικιλίες Syrah, Mouvredre, Grenache Rouge και Roussanne, βιολογικής καλλιέργειας.
Υψόμετρο καλλιέργειας : 320-380 μέτρα και 550-600 μέτρα.
Έτη παραγωγής :

1997 (1000 φιάλες)

1998 (6000 φιάλες)
1999 (8000 φιάλες)
2000 (12000 φιάλες)
2001 (10000 φιάλες)
2002 (12000 φιάλες)
2003 (13000 φιάλες)
2004 (10000 φιάλες)
2005 (10000 φιάλες)
2006 (10000 φιάλες)
2007 (8000 φιάλες)
2008 (9000 φιάλες)

Τρύγος: Για κάθε μία ποικιλία ξεχωριστά πραγματοποιείται στο διάστημα μεταξύ 15 Αυγούστου- 10 Σεπτεμβρη.

Οινοποίηση : Οι ερυθρές ποικιλίες Μουννεδρε, Grenache οινοποιούνται σύμφωνα με την κλασική μέθοδο ερυθρής οινοποίησης σε ξεχωριστές ανοξείδωτες δεξαμενές, ενώ το Syrah σε δρύινες δεξαμενές . Η εκχύλιση διαρκεί 15 ημέρες για το Grenache , 25 ημέρες για το Syrah και 20 ημέρες για το Μουννεδρε. Μετά την ολοκλήρωση της , το κρασί μεταγγίζεται σε ποσοστό 75% σε γαλλικά δρύινα βαρέλια και σε ποσοστό 25% σε αμερικάνικα δρύινα προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μυλογαλακτική ζύμωση και ωρίμαση του κρασιού για περίπου 10 μήνες. Τα βαρέλια αντικαθιστώνται ύστερα από 4 χρόνια, διότι χάνουν τη μυρωδιά την ψημένης οξιάς που είναι επιθυμητή σε ένα τέτοιο κρασί. Στη συνέχεια προστίθεται και μικρή ποσότητα λευκού Roussanne για να επιτευχθεί το τελικό μείγμα που επιθυμείται για τη συγκεκριμένη φιάλη.

Αμέσως μετά την εμφιάλωση του είναι έτοιμο προς κατανάλωση, αν και θα βγάλει τον καλύτερο χαρακτήρα του μέσα στα επόμενα 3-4 χρόνια και θα παραμείνει ικανοποιητικό τουλάχιστον για την επόμενη 5ετία.

9. Nostos Grenache



- Ερυθρός ξηρός οίνος .
 Προέρχεται από την ποικιλία Grenache Rouge , βιολογικής καλλιέργειας .
 Υψόμετρο καλλιέργειας : Στα 380 και 550 μέτρα.
 Έτη παραγωγής :

2001 (1000 φιάλες)
 2003 (1500 φιάλες)
 2004 (1500 φιάλες)
 2005 (2500 φιάλες)
 2006 (2500 φιάλες)
 2007 (2500 φιάλες)
 2008 (3000 φιάλες)
 2009 (4000 φιάλες)

Τρύγος: Η ποικιλία Grenache Rouge συλλέγεται μεταξύ 20-30 Αυγούστου.

Οινοποίηση: Η συγκεκριμένη ποικιλία ακολουθεί τη διαδικασία της κλασικής ερυθρής οινοποίησης σε ανοξείδωτες δεξαμενές , ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Η εκχύλιση διαρκεί 10-14 ημέρες και το κρασί μεταγγίζεται απευθείας σε δρύινα βαρέλια , το 80% σε γαλλικής κατασκευής και το υπόλοιπο 20% σε αμερικάνικης , προκειμένου να ξεκινήσει η μηλογαλακτική ζύμωση και ωρίμανση για περίπου 10 μήνες. Τα βαρέλια αντικαθιστώνται ύστερα από 4 χρόνια , διότι χάνουν τη μυρωδιά την ψημένης οξιάς που είναι επιθυμητή σε ένα τέτοιο κρασί.

Αμέσως μετά την εμφιάλωση του είναι έτοιμο προς κατανάλωση και θα μείνει στο απόγειο του για να επόμενα 2-4 χρόνια.

10.Nostos Syrah



- Ερυθρός ξηρός οίνος.
Προέρχεται από την ποικιλία Syrah, βιολογικής καλλιέργειας.
Υψόμετρο καλλιέργειας : 320-380 μέτρα και 550-600 μέτρα.
Έτη παραγωγής :

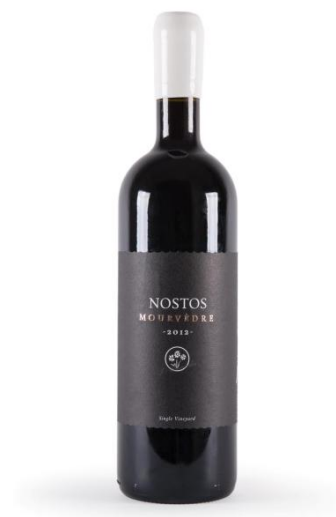
2001 (1000 φιάλες)
2002 (1000 φιάλες)
2003 (1500 φιάλες)
2004 (1500 φιάλες)
2005 (2500 φιάλες)
2006 (3000 φιάλες)
2007 (3500 φιάλες)
2008 (4000 φιάλες)
2010 (5000 φιάλες)

Τρύγος: Η ποικιλία Syrah συλλέγεται στο διάστημα 20-30 Αυγούστου.

Οινοποίηση: Ακολουθείται η κλασική ερυθρή οινοποίηση σε ανοικτές δρύινες δεξαμενές, υπό ελεγχόμενη θερμοκρασία. Η εκχύλιση διαρκεί 25 ημέρες και αμέσως μετά την ολοκλήρωση της το κρασί μεταγγίζεται σε βαρέλια από γαλλική δρυ σε ποσοστό 75% και το υπόλοιπο 25% σε αμερικάνικης, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μηλογαλακτική ζύμωση και ωρίμανση για τους επόμενους δέκα μήνες. Τα βαρέλια αντικαθιστώνται ύστερα από 4 χρόνια, διότι χάνουν τη μυρωδιά την ψημένης οξιάς που είναι επιθυμητή σε ένα τέτοιο κρασί.

Αμέσως μετά την εμφιάλωσή του είναι έτοιμο προς κατανάλωση, αν και θα φτάσεις στο απόγειο του μέσα στα επόμενα 4-6 χρόνια, παραμένοντας εκεί τουλάχιστον για την επόμενη 10ετία.

11.Nostos Mourvedre



- Ερυθρός ξηρός οίνος.

Προέρχεται από την ποικιλία Mourvedre.

Υψόμετρο καλλιέργειας : 320-380 μέτρα.

Τρύγος : Από 20 έως 30 Αυγούστου.

Οινοποίηση : Ακολουθείται η κλασική ερυθρή οινοποίηση σε ανοικτές δρύινες δεξαμενές, υπό ελεγχόμενη θερμοκρασία. Η εκχύλιση διαρκεί 20 ημέρες και αμέσως μετά την ολοκλήρωση της το κρασί μεταγγίζεται σε βαρέλια από γαλλική δρυ σε ποσοστό 75% και το υπόλοιπο 25% σε αμερικάνικης, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μηλογαλακτική ζύμωση και ωρίμανση για τους επόμενους δώδεκα μήνες. Τα βαρέλια αντικαθιστώνται ύστερα από 4 χρόνια, διότι χάνουν τη μυρωδιά την ψημένης οξιάς που είναι επιθυμητή σε ένα τέτοιο κρασί.

Λίγα λεπτά μετά την εμφιάλωσή του είναι έτοιμο προς κατανάλωση και η γεύση του μπορεί να ωριμάζει θετικά για τα επόμενα 12-13 χρόνια.

12.2 Mazi Red



Ανήκει στη «νέα γεννιά» κρασιών της Οινοποιίας Μανουσάκη και είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας της με την Οινοποιία Λυραράκης, η οποία εδρεύεται στο Ηράκλειο της Κρήτης.

- Ερυθρός ξηρός οίνος.

Προέρχεται από τις ποικιλίες Ρωμέικο και Μαντηλάρι, συμβατικής καλλιέργειας.

Υψόμετρο καλλιέργειας : 200-280 μέτρα και για τις δύο ποικιλίες.

Τρύγος: Για το Ρωμέικο , 15-25 Σεπτεμβρίου . Για το Μαντηλάρι 1-10 Σεπτεμβρίου.

Οινοποίηση : Για το Ρωμέικο η αλκοολική ζύμωση πραγματοποιείται σε ανοξείδωτες δεξαμενές, σε ελεγχόμενη θερμοκρασία 25 °C για περίπου 7 ημέρες. Ακολουθεί μετάγγιση του κρασιού σε δρύινα βαρέλια, όπου θα μείνουν για περίπου 6 μήνες, πορκειμένου να ωριμάσουν επαρκώς.

Η ποικιλία Μαντηλάρι ζυμώνεται με εμβολιασμό επιλεγμένων ζυμών σε ελεγχόμενη θερμοκρασία 25-28 °C, ενώ επιλέγονται οριζόντιες δεξαμενές για την επίτευξη της μέγιστης εκχύλισης του. Ακολουθεί η μεταφορά του σε δρύινα βαρέλια, όπου το κρασί θα μείνει για περίπου 12 μήνες.

Έτοιμο για κατανάλωση αμέσως μετά την εμφιάλωση του, ωριμάζοντας για τα επόμενα 5-6 χρόνια.

13.Nostos Syrah- Magnum

14.Nostos Grenache- Magnum

15.Nostos Blend- Magnum

16.Nostos Roussanne- Magnum



Πρόκειται για τις ίδιες ετικέτες κρασιού με τις παραπάνω αντίστοιχες ποικιλίες που έχουν αναφερθεί, με τη μόνη διαφορά τη χωρητικότητα της φιάλης, όταν η ευρείας κατανάλωσης φιάλη έχει χωρητικότητα 0.75 λίτρα.

3.6. Παρουσίαση Ισολογισμού της Οινοποιίας Μανουσάκη για το έτος 2013

Εξαιτίας της δυσκολίας εύρεσης οικονομικών στοιχείων της Οινοποιίας Μανουσάκη (των πωλήσεων κάθε ετικέτας και των εσόδων- εξόδων για την τρέχουσα περίοδο) , παρακάτω έχει επισυναφθεί ο ισολογισμός του Οινοποιείου για το έτος 2013

ΟΙΝΟΠΟΙΙΑ ΜΑΝΟΥΣΑΚΗ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ ΕΠΕ με ΑΦΜ 999015867 & με Αρ. ΓΕΜΗ 73546558000					ΠΟΣΑ ΚΛΕΙΟΜΕΝΗΣ ΧΡΗΣΗΣ		31/12/2012
Ισολογισμός της 31ης Δεκεμβρίου 2012 της 7ης εταιρικής χρήσης					ΠΟΣΑ ΚΛΕΙΟΜΕΝΗΣ ΧΡΗΣΗΣ		31/12/2012
ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ	Αξία κτήσεως	Αποσβέσεις	Αναπ.Αξία	ΠΑΘΗΤΙΚΟ			
Β. ΕΞΟΔΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ				Α.ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ			
4.Λοιπά έσοδα εγκατάστασης	6.163,91	2.459,12	3.704,79	Ι.Κεφάλαιο			
	6.163,91	2.459,12	3.704,79	1.Καταβλημένο			651.000,00
Γ. ΠΑΠΟ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ							651.000,00
Ι. Ασύμμετρες ακινητοποιήσεις				Υ. Αποτελέσματα εις νέο			
5.Λοιπές ασύμμετρες ακινητοποιήσεις	1.560,00	780,00	780,00	2. Υπόλοιπο ζημιών χρήσεως εις νέο			(67.808,33)
	1.560,00	780,00	780,00	3. Υπόλοιπο ζημιών προηγούμενων χρήσεων			(298.381,50)
ΙΙ. Ενσώματες ακινητοποιήσεις							(366.189,83)
2.Οργάνια - Μησολέια - Λοιπά - Φυτείες - Δ	14.622,05	0,00	14.622,05				(366.189,83)
3.Κύρια και τεχνικά έργα	695.957,13	27.396,41	668.560,72	VI. Ποσά προοριζόμενα για αύξηση κεφαλαίου			
4.Μηχανήματα-τεχνικές εγκαταστάσεις - Λοιπές μηχαν.εργα	132.866,08	21.891,95	110.974,13	1.Καταθέσεις μετρήων ή εταιρών			990.000,00
5.Μεταφορικά μέσα	41.992,05	28.062,54	13.929,51				990.000,00
6.Επιπλα και λοιπός εξοπλισμός	130.619,37	61.610,22	69.009,15	ΣΥΝΟΛΟ ΙΔΙΩΝ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ (Α+ΑΙΙ+ΑΙΙΙ+ΑΙΥ+ΑΙΥΙ)			1.274.810,17
	1.016.056,68	138.961,12	877.095,56	Γ. ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ			
ΣΥΝΟΛΟ ΑΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΣΕΩΝ (ΓΙ+ΓΙΙ)	1.017.616,68	139.741,12	877.875,56	ΙΙ. Βραχυπρόθεσμες υποχρεώσεις			
ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΠΟΥ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ(ΓΙ+ΓΙΙ+ΓΙΙΙ)			877.875,56	1. Προμηθευτές			19.132,59
Δ. ΚΥΚΛΟΦΟΡΟΥΝ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ				2α.Επιπλέον πληρωτέες			7.279,76
Ι. Αποθέματα				5.Υποχρεώσεις από φόρους - τέλη			1.102,77
2.Προϊόντα έτοιμα ημιτέλη - προϊόντα και υπολείμματα			167.130,50	11.Πιστωτές διάφοροι			21.589,14
3.Παραγωγή σε εξέλιξη			72.825,00	ΣΥΝΟΛΟ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ (ΓΙ+ΓΙΙ)			49.104,26
4.Πρώτες και βοηθητικές ύλες - Αναλ. υλικά - Αναλλ. και είδη συσκευασίας			3.392,98				49.104,26
			243.348,46				
ΙΙ. Απαιτήσεις							
1. Πελάτες		33.997,50					
Μείον προβλέψεις		0,00	33.997,50				
3α.Επιπλέον εισπρακτέες (μεταχρονολογημένες)			7.819,77				
3β.Επιπλέον εισπρακτέες σε καθυστέρηση (οφειλόμενες)			6.181,43				
10.Επισφαλείς-Επιδοκιμ πελάτες και χρεώστες		(6.181,43)					
Μείον : Προβλέψεις (44.11)			(6.181,43)				
11.Χρεώστες διάφοροι			152.148,82				
			193.966,09				
ΙΥ. Διάρθρωση							
1.Ταμείο			237,05				
3.Καταθέσεις όψεως και προθεσμίας			4.782,46				
			5.019,51				
ΣΥΝΟΛΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΟΥΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ(ΔΙ+ΔΙΙ+ΔΙΙΙ+ΔΙΥ)			442.334,06				
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ (Α+Β+Γ+Δ+Ε)			1.323.914,43	ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ (Α+Β+Γ+Δ)			1.323.914,43
ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΙ ΤΑΞΕΩΣ ΧΡΕΩΣΤΙΚΟΙ				ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΙ ΤΑΞΕΩΣ ΠΙΣΤΩΤΙΚΟΙ			
4.Λοιποί λογαριασμοί πάσης			18.068,92				18.068,92
			18.068,92				18.068,92
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΧΡΗΣΗΣ (Α/Β6)							
Ι. Αποτελέσματα Εκμεταλλεύσεως				Πίνακας Διάθεσης Αποτελεσμάτων			
Κύκλος Εργασιών (Πωλήσεις)			140.196,54	Καθόρα αποτελέσματα (κέρδη/ζημιές) χρήσεως			(65.834,40)
Μείον : Κόστος Πωλήσεων			101.374,53	(+) ή (-) : Υπόλοιπο αποτελεσμάτων (κερδών/ζημιών) προηγούμενων χρήσεων			(298.381,50)
Μικτά αποτελέσματα εκμεταλλεύσεως			38.822,01	Σύνολο			(364.215,90)
Πλέον : Άλλα έσοδα εκμεταλλεύσεως			63,87	ΜΕΙΟΝ : 1.Φόρος εισοδήματος και εισφορά Ο.Γ.Α.			0,00
Σύνολο			38.885,88	2.Λοιποί μη ενσωματωμένοι στο λεγούρ. κόστος φόροι			1.973,93
Μείον				2.Ζημιές πρὸς διάθεση			(366.189,83)
1. Έσοδα Διοικητικής Λειτουργίας		47.654,82		Η διάθεση των κερδών γίνεται ως εξής :			
3. Έσοδα Λειτουργίας Διεύθυνσης		47.654,82	95.309,63	8.Υπόλοιπο ζημιών εις νέο			(366.189,83)
Μερικά αποτελέσματα εκμεταλλεύσεως			(56.423,75)				(366.189,83)
			(56.423,75)				
Ολικά Αποτελέσματα Εκμεταλλεύσεως			(56.423,75)				
ΙΙ. Πλέον (ή Μείον) Έκτακτα Αποτελέσματα							
2. Έκτακτα Κέρδη			326,57				
Μείον			326,57				
1. Έκτακτα και ανάργα έσοδα	6.446,13						
3. Έσοδα προηγούμενων χρήσεων	3.291,09						
4. Προβλέψεις για έκτακτους κινδύνους	0,00	9.737,22	(9.410,65)				
Οργανικά και έκτακτα αποτελέσματα			(65.834,40)				
Μείον							
Σύνολο αποσβέσεων πάγων στοιχείων		61.901,93					
Μείον: Οι από αυτές ενσωματωμένες στο λειτουργικό κόστος		61.901,93	0,00				
ΚΑΘΑΡΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΡΗΣΕΩΣ πρὸ φόρων			(65.834,40)				
Ο Διαχειριστής Θεόδωρος Μανουσάκης ΑΔΤ Μ969973				Ο Λογιστής Νίκος Κλωθόκης ΑΔΤ ΑΑ497209			

4^ο Κεφάλαιο

Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΛΕΥΚΟΥ ΚΑΙ ΕΡΥΘΡΟΥ ΟΙΝΟΥ

4.1. Παρουσίαση της παραγωγικής διαδικασίας

4.1.1 Εισαγωγή

Στις εγκαταστάσεις της Οινοποιίας Μανουσάκη καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και κυρίως την περίοδο του τρύγου, 10 Αυγούστου- 5 Σεπτεμβρίου, πραγματοποιούνται παράλληλες γραμμές παραγωγής διάφορων ποικιλιών κρασιού. Αν και κάθε ποικιλία σταφυλιών ακολουθεί ξεχωριστή γραμμή παραγωγής ανάλογα το χρόνο ετοιμότητας της, οι περισσότερες επιμέρους διαδικασίες οινοποίησης είναι κοινές για όλες τις ποικιλίες σταφυλιών, με τις πιο σημαντικές αλλαγές να εντοπίζονται μεταξύ ερυθρής και λευκής οινοποίησης. Για το λόγο αυτό, στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα μελετηθεί και θα μοντελοποιηθεί ανεξάρτητα η παραγωγική διαδικασία του λευκού οίνου από τον ερυθρό, χωρίς όμως να διαχωριστούν οι επιμέρους ποικιλίες κάθε κατηγορίας.

4.1.1.1 Ερυθρή Οινοποίηση

Η παραγωγική διαδικασία της ερυθρής οινοποίησης αποτελείται από οκτώ πρωτεύουσες διαδικασίες και παράγει έξι διαφορετικές ετικέτες κόκκινου οίνου, οι οποίες παρουσιάστηκαν στην αρχή της εργασίας. Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για όλα τα κρασιά είναι τα σταφύλια, τα οποία όμως διαφέρουν ως προς την ποικιλία τους. Λαμβάνοντας υπόψη τις σοδειές των τελευταίων χρόνων, η παραγωγή του κόκκινου κρασιού εστιάζεται στις ποικιλίες : **Grenache, Syrah , Mourvedre , Ρωμέικο**. Η πρώτη κύρια διαδικασία είναι ο *εκραγισμός*, το φρούτο περνά από το μηχάνημα με δυναμικότητα 10-15 τόνους/ ώρα και η ολοκλήρωση του δεν μπορεί να προσδιοριστεί ακριβώς χρονικά, διότι εξαρτάται από το μέγεθος των σταφυλιών που έχουν συλλεχθεί και από την ταχύτητα αποραγισμού. Ακολουθούν δύο διαφορετικές διαδικασίες, η *αλκοολική ζύμωση και η εκχύλιση* , οι οποίες όμως πραγματοποιούνται παράλληλα σε κοινή δεξαμενή. Η αλκοολική ζύμωση διαρκεί 10-15 ημέρες, ανεξάρτητα της ποικιλίας, ενώ η εκχύλιση εξαρτάται από την ποικιλία του σταφυλιού

και μπορεί να διαρκέσει από 15 έως και 25 ημέρες. Ακολουθεί ο *διαχωρισμός του φρούτου στο πιεστήριο* όπου σε χρόνο τρεισήμισι ωρών απορρίπτεται το στερεό μέρος του φρούτου, συλλέγοντας έτσι μόνο τους χυμούς του. Η επόμενη διαδικασία είναι η *απολάσπωση*, δηλαδή η αφαίρεση ιζήματος που μπορεί να αλλοιώσει ποιοτικά το κρασί και διαρκεί δύο ημέρες. Μεγάλη σημασία για την σωστή παραγωγή του ερυθρού οίνου αποτελεί η *παλαίωση* του μέσα σε δρύινα βαρέλια. Η ωρίμανση διαρκεί στο συγκεκριμένο οινοποιείο 10 μήνες, ώστε να επιτευχθεί η γευστική ισορροπία και η μυρωδιά του οίνου. Η *διαύγαση* του κρασιού εξελίσσεται τόσο κατά τη διάρκεια της παλαίωσης όσο και μετά την ολοκλήρωση της, σαν ξεχωριστή διαδικασία. Σε διάρκεια επτά ημερών τα υγρά από διαφορετικές δεξαμενές ανακατεύονται μεταξύ τους και αρχίζουν να ομογενοποιούνται πλήρως ώστε να είναι έτοιμα για την εμφιάλωση τους. Η συγκεκριμένη διαδικασία ονομάζεται *χαρμάνιασμα* και η άντληση του οίνου γίνεται με δυναμικότητα 8 τόνους/ώρα. Η παραγωγική διαδικασία ολοκληρώνεται με την *εμφιάλωση* του οίνου σε μπουκάλια χωρητικότητας 0.75 λίτρα/μπουκάλι, ενώ υπολογίζεται πως εμφιαλώνονται 1000-1200 μπουκάλια /ώρα.

4.1.1.2. Λευκή Οινοποίηση

Η παραγωγική διαδικασία της λευκής οινοποίησης αποτελείται από οκτώ πρωτεύουσες διαδικασίες και παράγει τέσσερις διαφορετικές ετικέτες λευκού οίνου. Λαμβάνοντας υπόψη τις σοδειές των τελευταίων ετών οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται είναι σταφύλια των ποικιλιών: **Roussanne, Bidiano, Μοσχάτο Σπίνας, Ασύρτικο**. Όμοια με την ερυθρή οινοποίηση η πρώτη κύρια διαδικασία είναι ο *εκραγισμός*, ο διαχωρισμός του κοτσανιού από τη ρόγα. Ακολουθεί η διέλευση του φρούτου από το *πιεστήριο*, πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του γλεύκους από τις φλούδες των σταφυλιών (*στερεά-υγρά*), διαδικασία η οποία διαρκεί περίπου δύομισι ώρες. Με την ολοκλήρωση του διαχωρισμού, γίνεται προσθήκη SO₂ στη δεξαμενή των υγρών και ακολουθεί η πρώτη *στατική απολάσπωση*. Διαρκεί 24 ώρες, ενώ προστίθενται επιπλέον ένζυμα για τη διευκόλυνση της διάσπασης των στερεών κομματιών που έχουν απομείνει στο χυμό. Ο καθαρός πλέον χυμός μεταγγίζεται σε μία δεξαμενή ανάμειξης, έτοιμος για να ξεκινήσει η *αλκοολική ζύμωση*, είτε μέσα στη δεξαμενή είτε σε βαρέλια. Η ζύμωση διαρκεί 20-25 ημέρες, γίνεται προσθήκη οξυγόνου, τρυγικού οξέος και ενισχυτικών θρεπτικών, ενώ παράλληλα πέφτει η θερμοκρασία

στους 18 °C. Στο σημείο αυτό απαιτείται μία δεύτερη απολάσπωση, ώστε να απομακρυνθούν οι «λάσπες» που έχουν απομείνει στο χυμό και να επιτευχθεί η *διαύγαση* του οίνου. Ποιοτικά επιλέγεται η διαδικασία της στατικής διαύγασης, διαρκεί δύο-τρεις μήνες και η καθίζηση των κυττάρων πραγματοποιείται από μόνη της. Η επόμενη διαδικασία είναι η *σταθεροποίηση*, η οποία πραγματοποιείται κυρίως για αισθητικούς λόγους προκειμένου να αφαιρεθούν τυχόν κρύσταλλοι που έχουν δημιουργηθεί στο χυμό και δεν είναι επιθυμητοί στο τελικό μπουκάλι κρασιού. Η παραγωγική διαδικασία ολοκληρώνεται με τη διαδικασία της *εμφιάλωσης* του οίνου σε γυάλινες φιάλες.

- **Δευτερεύουσες ύλες**

Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά οι δευτερεύουσες ύλες που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας του οίνου και ορισμένοι από τους λόγους της σπουδαιότητάς τους:

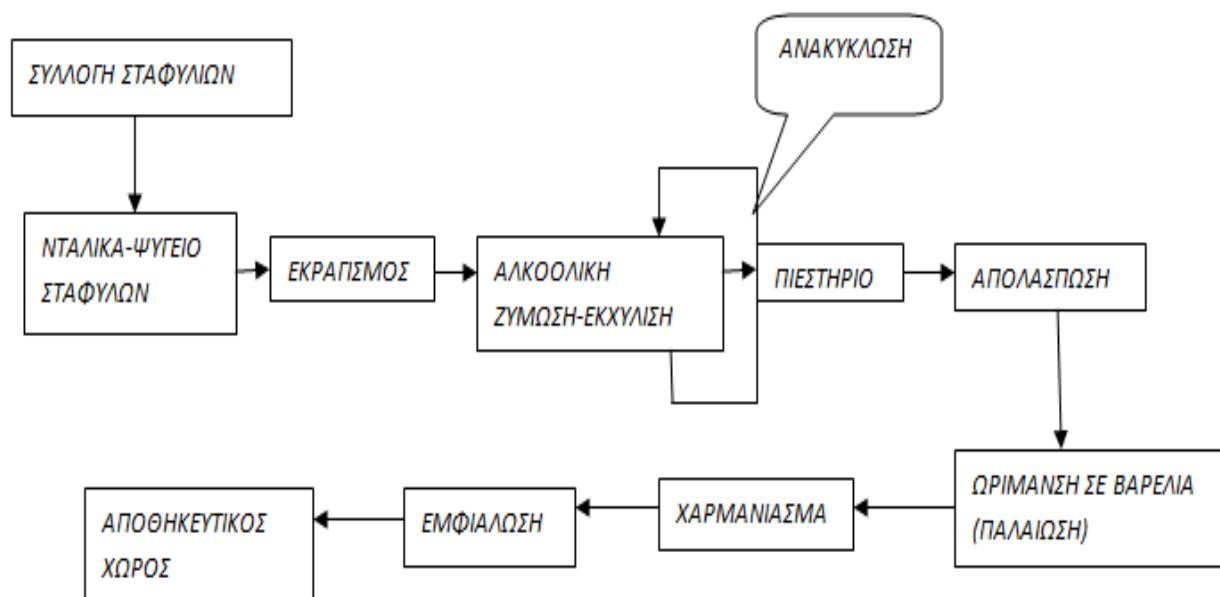
Πίνακας 4.1.- Δευτερεύουσες ύλες

SO₂ (διοξείδιο του θείου)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Προστασία από βλαβερούς μικροοργανισμούς και ανεπιθύμητη οξείδωση . 2. Συντήρηση του κρασιού σε περίπτωση χαμηλής οξύτητας του σταφυλιού.
Θειώδες οξύ	<p>Προσθήκη κατά τον εκραγισμό</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. προστασία του οίνου από οξείδωση . 2. Ευνοεί την ανάπτυξη των ζυμομυκητών , που είναι αναγκαίοι σε επόμενο στάδιο.
Ζυμομύκητες (ζύμες)	Οι παρουσία τους είναι αναγκαία για την έναρξη της αλκοολικής ζύμωσης.
Ενισχυτικά θρεπτικά	Προστίθενται στις δεξαμενές κατά τη ζύμωση και αποτελούν την τροφή των ζυμομυκήτων.
Οξυγόνο	<ol style="list-style-type: none"> 1. Δημιουργία μεμβρανών προστασίας για την αποφυγή πιθανών δηλητηριάσεων των μυκήτων, εξαιτίας του οينوπνεύματος που περιέχει ο φυσικός χυμός του σταφυλιού.

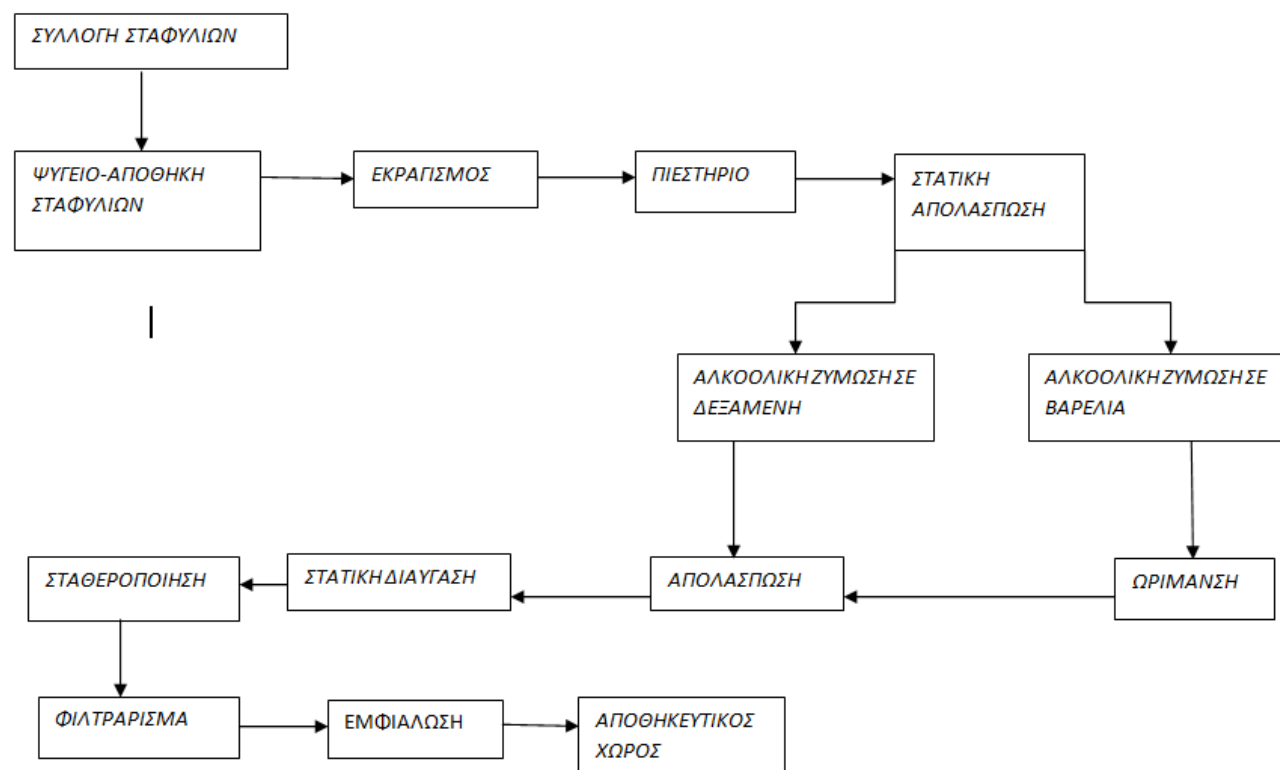
4.2 Διαγράμματα Ροής

Τα ακόλουθα διαγράμματα ροής είναι κοινά για όλες τις ποικιλίες ερυθρού και λευκού οίνου, αντίστοιχα.

4.2.1.1. Ερυθρός Οίνος



4.2.1.2. Λευκός Οίνος



4.2.1. Συλλογή Σταφυλιών (Τρύγος)

Ο κατάλληλος συγχρονισμός της συγκομιδής των φρέσκων και πλήρως ωριμασμένων σταφυλιών είναι μεγάλης σπουδαιότητας για τη σωστή οινοποίηση. Η πρόωρη συγκομιδή οδηγεί σε κρασιά χαμηλής περιεκτικότητας σε αλκοόλη, ενώ η καθυστερημένη συγκομιδή μπορεί να είναι υπεύθυνη για την παραγωγή κρασιών υψηλής περιεκτικότητας σε αλκοόλη και χαμηλής οξύτητας. Η συλλογή των σταφυλιών πραγματοποιείται το χρονικό διάστημα μεταξύ 1 Αυγούστου – 5 Σεπτεμβρίου ανάλογα το χρόνο ετοιμότητας κάθε ποικιλίας. Για να θεωρηθεί μία παραγωγή ποιοτική συνίσταται να καλλιεργούνται 1200κιλά σταφύλια/ στρέμμα, ενώ για να επιτευχθεί ποσοτικά ικανοποιητική παραγωγή τα διαθέσιμα καλλιεργίσιμα στρέμματα θα πρέπει να αποφέρουν 100-130 τόνους κρασί. Η σοδειά που συλλέγεται καθημερινά στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα για την Οινοποιία Μανουσάκη με βάση την τρέχουσα κατάσταση, δεν ξεπερνά τα 7.000 κιλά σταφύλια, ενώ υπάρχει πιθανότητα να γίνεται συγκομιδή για συνεχείς μέρες και τις επόμενες να πραγματοποιείται μόνο ο εκραγισμός τους. Για το έτος 2016 τα σταφύλλια(καλλιεργίσιμα και εισαγωγής) υπολογίζεται πως απέδωσαν περίπου 100 τόνους κρασί. Με την ολοκλήρωση του τρύγου για κάθε αμπελοτόπι οι συστάδες σταφυλιών μεταφέρονται σε μία συρόμενη «νταλικά- ψυγείο» χωρητικότητας 12.600 kg, όπου και παραμένουν μέχρι και ένα 24ωρο, με σκοπό τη μείωση της θερμοκρασίας, ώστε να βελτιστοποιηθεί η ποιότητα σταφυλιών κατά την οινοποίηση.

Εικόνα 4.1 Ποικιλία Mounredre αμέσως μετά τον τρύγο



Εικόνα 4.2. Νταλικά- Ψυγείο



4.2.2. Εκραγισμός

Το πρώτο στάδιο της ερυθρής και λευκής οينوποίησης είναι ο εκραγισμός, δηλαδή ο διαχωρισμός της ρόγας του σταφυλιού από το κοτσάνι του, ο οποίος πραγματοποιείται μηχανικά στο εκραγιστήριο. Πρόκειται για μία παραγωγική διαδικασία, η οποία επαναλαμβάνεται πολλές φορές κατά τη διάρκεια του τρύγου ξεχωριστά για κάθε ποικιλία, ενώ πρακτικά υπολογίζεται πως γεμίζουν μία-δύο δεξαμενές την ημέρα. Κατά τη διάρκεια της

διαδικασίας γίνεται προσθήκη θειώδους οξέος, το οποίο προστατεύει το κρασί από μελλοντική οξείδωση και ευνοεί την ανάπτυξη των ζυμομυκήτων που παίζουν καταλυτικό ρόλο στη ζύμωση που θα ακολουθήσει. Το μηχάνημα αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο διάτρητο κύλινδρο και από έναν επίσης περιστρεφόμενο άξονα ελικοειδούς μορφής στο εσωτερικό του, κινούμενο με αντίθετη φορά από τον κύλινδρο. Λόγω της ελικοειδούς κίνησης του εσωτερικού άξονα, τα κοτσάνια εξάγονται προς τα πίσω και απορρίπτονται, ενώ παράλληλα η εξωτερική έλικα ωθεί τις ρόγες στην μπροστινή πλευρά του μηχανήματος, όπου βρίσκεται συνδεδεμένος ο σπαστήρας (Εικόνες 4.3 και 4.5.) . Ο σπαστήρας αποτελείται από περιστρεφόμενους κυλίνδρους και με τη βοήθεια δύο εξωτερικών βιδών ρυθμίζεται η μεταξύ τους απόσταση, ώστε να είναι ελεγχόμενο το σπάσιμο των ρογών (Εικόνα 4.4.). Το εκραγιστήριο έχει ρυθμιζόμενη ταχύτητα 800-1900 στροφές και η επιλογή της εξαρτάται από την ποικιλία και το βαθμό ωριμότητας των σταφυλιών που επεξεργάζεται κάθε φορά. Όσο μεγαλύτερη ταχύτητα επιλέγεται, τόσο λιγότερα τσάμπουρα(κοτσάνια) περνούν μέσα από το σπαστήρα, χωρίς αυτό να σημαίνει απαραίτητα και καλύτερη ποιότητα διαχωρισμού. Η απόδοση του είναι 12-20 τόνους/ ώρα. Καθώς οι φλοιοί συνθλίβονται και οι ρόγες απελευθερώνουν ένα μέρος του χυμού τους, αποφεύγεται το σπάσιμο των κουκουτσιών, διότι κάτι τέτοιο θα προσέδιδε στυφή γεύση στο κρασί. Ως αποτέλεσμα, προκύπτει ο λεγόμενος σταφυλοπολτός, ο οποίος κατά την ερυθρή οينوποίηση μεταφέρεται μέσω αντλίας απευθείας σε δεξαμενή ζύμωσης, ανάλογης χωρητικότητας με την ποσότητα που έχει αποραγιστεί. Οι δεξαμενές ζύμωσης μπορεί να είναι είτε INOX είτε δρύινες και η επιλογή τους εξαρτάται από την ποικιλία του σταφυλιού και το αποτέλεσμα (χρώμα, γεύση) που θέλουμε να πετύχουμε. Στην ερυθρή οينوποίηση δεν επιδιώκεται ο διαχωρισμός του υγρού μέρους από το στερεό, διότι οι φλοιοί των σταφυλιών είναι υπεύθυνοι για το έντονο επιθυμητό κόκκινο χρώμα του κρασιού.

Αντίθετα, στην λευκή οينوποίηση ο σταφυλοπολτός που προκύπτει, αποτελούμενος από το χυμό και τους φλοιούς μαζί, οδηγείται αρχικά σε μία ανοξείδωτη δεξαμενή για να πέσει η θερμοκρασία του και στη συνέχεια μεταφέρεται στο πιεστήριο για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός του στερεού και υγρού μέρους.

Εικόνα 4.3. Εκραγιστήριο-Σπαστήρας



Εικόνα 4.4. Σπαστήρας



Εικόνα 4.5.Εσωτερικός ατέρμονας



4.2.3. Διαχωρισμός στο Πιεστήριο

Στην ερυθρή οينوποίηση η χρήση του πιεστηρίου έπεται της αλκοολικής ζύμωσης, διότι ο διαχωρισμός του υγρού από το στερεό μέρος του σταφυλιού σε πρώιμο στάδιο στερεί το έντονο ερυθρό χρώμα και τη στυφή γεύση που προσδίδουν τα στέμφυλα στο κρασί. Σε αντίθεση με την λευκή οينوποίηση η ανάγκη για διαχωρισμό του γλεύκους από τις φλούδες του σταφυλιού εμφανίζεται στο αρχικό στάδιο της οينوποίησης.

Στο οινοποιείο υπάρχουν δύο διαθέσιμα πιεστήρια, το παραδοσιακό (Εικόνα 4.8.) που χρησιμοποιείται σε περίπτωση μικρού όγκου σταφυλιών της τάξης 200-220 κιλά και ένα σύγχρονο πιεστήριο (Εικόνα 4.6.) πολλαπλάσιας χωρητικότητας, το οποίο και χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο. Το συγκεκριμένο μηχάνημα απαρτίζεται από ένα καλάθι συλλογής σταφυλιών και τον λεγόμενο ντορβά (Εικόνα 4.7.), ενώ συνολικά υπάρχουν διαθέσιμα δύο καλάθια. Τα υπάρχοντα υγρά περνούν σε χρόνο μίας ώρας απευθείας σε INOX δεξαμενές, όπου θα ολοκληρωθεί η αλκοολική ζύμωση στην περίπτωση της ερυθρής οينوποίησης χωρίς κάποια επεξεργασία. Παράλληλα, τα συντετριμμένα σταφύλια (μούστος) τοποθετούνται στο καλάθι του πιεστηρίου και με την άσκηση αυτόματης πίεσης για μία ώρα περίπου επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του κρασιού από τις φλούδες του με τη βοήθεια του ντορβά.

Πρόκειται για ένα δίχτυ τοποθετημένο μεταξύ του καλαθιού και του πιεστηρίου, το οποίο δημιουργεί διαδρόμους διέλευσης του μούστου ώστε να διαχωρίζεται ακόμη και το στερεό μέρος που συγκεντρώνεται στο κέντρο του και είναι δύσκολο να πιεστεί από το μηχάνημα.

Ο συνολικός χρόνος ολοκλήρωσης της διαδικασίας είναι τρεισήμισι ώρες, συμπεριλαμβανομένου μίας ώρας για το γέμισμα του καλαθιού με το στερεό μέρος του μούστου και μίας επιπλέον ώρας για το πλύσιμο του.

Εικόνα 4.6. Σύγχρονο Πιεστήριο



Εικόνα 4.7. Ντορμπάς – Καλάθια πιεστηρίου



Εικόνα 4.8. Παραδοσιακό πιεστήριο



4.2.4.Αλκοολική Ζύμωση- Εκχύλιση

Αλκοολική ζύμωση είναι η διαδικασία μετατροπής του γλεύκους(φρέσκος χυμός σταφυλιών) σε κρασί υπό ελεγχόμενη θερμοκρασία μεταξύ 25-32 °C ανεξάρτητη της ποικιλίας και αποτελεί τη βασική αντίδραση της οινοποίησης.

Η μετατροπή των σακχάρων του χυμού του σταφυλιού σε αλκοόλη μπορεί να προκληθεί απο τις φυσικές ζύμες που υπάρχουν στο φλοιό του σταφυλιού και κατα συνέπεια και στον σταφυλοπολτό (φυσική ζύμωση). Όμως για τον καλύτερο έλεγχο της διαδικασίας συνήθως γίνεται εμβολιασμός του γλεύκους με επιλεγμένες ζύμες ώστε να επιτευχθούν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του κρασιού που θα παραχθεί (ελεγχόμενη ζύμωση). Ο πιο συνηθισμένος και επιτυχής τρόπος είναι η ελεγχόμενη ζύμωση. Πρόκειται για τον εμβολιασμό όλων των δεξαμενών, INOX και δρύινες, με προσθήκη ελεγχόμενης καλλιέργειας ζυμομυκήτων, για τον καλύτερο έλεγχο της ζύμωσης και των επιθυμητών χαρακτηριστικών του κρασιού που θα παραχθεί. Οι ζύμες χρειάζονται τροφή για να ενεργοποιηθούν, για το λόγο αυτό γίνεται προσθήκη ενισχυτικών θρεπτικών, αλλά και προσθήκη οξυγόνου για την προστασία των μυκήτων από πιθανές δηλητηριάσεις εξαιτίας του οινοπνεύματος του χυμού. Επιπλέον σε περίπτωση χαμηλής οξύτητας των σταφυλιών προστίθεται τρυγικό οξύ και SO₂ για τη συντήρηση του κρασιού. **Η κύρια αποστολή των ζυμών είναι να μετατρέψουν τα σάκχαρα του χυμού του σταφυλιού σε αλκοόλη.** Στην περίπτωση που ο παραγωγός θέλει να πετύχει γλυκά κρασιά , επιδιώκει την ατελή ζύμωση του, δηλαδή δεν επιτρέπει την πλήρη μετατροπή των σακχάρων σε αλκοόλη. Σε οποιαδήποτε όμως άλλη περίπτωση μία ατελής ζύμωση θα επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα στον τελικό χαρακτήρα του κρασιού. Για το σωστό μεταβολισμό τους πραγματοποιείται *αερισμός (Εικόνα 4.11.)*, δηλαδή αποβάλλεται το διοξείδιο του άνθρακα από το χυμό, διευκολύνοντας έτσι το μύκητα να απελευθερώσει το δικό του CO₂ και να αναπτυχθεί φυσιολογικά. Στην λευκή οινοποίηση (ο αερισμός) πραγματοποιείται τουλάχιστον δύο φορές. Σε πρώτο στάδιο απαιτείται για την εισαγωγή οξυγόνου ,ώστε να «τραφεί» το κρασί όπως λένε οι οινοποιοί και στη συνέχεια επαναλαμβάνεται μετά από 3-5 ημέρες, προκειμένου να πέσει η πυκνότητα του χυμού από τα 1600 στα 1100 kg/ m³. Η ύπαρξη CO₂ δημιουργεί φυσαλίδες, οι οποίες ανεβάζουν τα στέμφυλα, δηλαδή τις φλούδες και τα κουκούτσια στην επιφάνεια των δεξαμενών και σχηματίζουν το λεγόμενο «καπέλο» ή «σταφυλομάζα», το οποίο είναι πολύ στερεό κατά τη

διάρκεια της ζύμωσης (Εικόνα 4.9.). Το «καπέλο» εμφανίζεται μόνο στην ερυθρή οινοποίηση και απαιτείται καθημερινός αερισμός και ανκύκλωση στις δεξαμενές ερυθρού οίνου, βοηθώντας έτσι στην αποφυγή της στερεοποίησης του.

Η διάσπαση του «καπέλου» επιτυγχάνεται με δύο τρόπους:

(i) σε ανοικτές δεξαμενές γίνεται με τη βοήθεια του πιζάζ, εργαλείο στο οποίο ασκείται πίεση χειρονακτικά, βυθίζοντας έτσι τη σταφυλομάζα και δημιουργώντας κάθε φορά νέα κανάλια διάχυσης του χυμού. Το αποτέλεσμα είναι η διαδικασία της εκχύλισης να πραγματοποιείται σε όλη την έκταση των στέμφυλων.

(ii) σε κλειστές δεξαμενές διαβρέχεται με τη διαδικασία της ανακύκλωσης, που περιγράφεται στην παρακάτω παράγραφο.

Για το επιθυμητό χρωματικό αποτέλεσμα του ερυθρού οίνου είναι αναγκαία η επαφή του χυμού με το φλοιό του σταφυλιού σε κατάλληλη θερμοκρασία και για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, διότι οι ερυθρές χρωστικές ουσίες βρίσκονται στο εσωτερικό της φλούδας. Για το λόγο αυτό, το γλεύκος οδηγείται με τη χρήση μετακινούμενης αντλίας από τον πυθμένα της δεξαμενής στην κορυφή της και διαβρέχει τα στέμφυλα, υποβοηθώντας έτσι τη διαδικασία της εκχύλισης (Εικόνα 4.10). Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί **πως η διαδικασία της εκχύλισης πραγματοποιείται μόνο στην ερυθρή οινοποίηση**. Η συνεχής αυτή μεταφορά του υγρού-χυμού ονομάζεται *ανακύκλωση* και διαρκεί τόσο χρόνο όσο χρειάζεται προκειμένου να γεμίσει ο μισός όγκος της δεξαμενής. Στα ερυθρά κρασιά αμέσως μετά τη μεταφορά του σταφυλοπολτού στη δεξαμενή πραγματοποιείται μια πρώτη ανακύκλωση για την ομογενοποίησή του, διότι σε αντίθεση με τα λευκά κρασιά ο διαχωρισμός στερεών- υγρών έπεται της ζύμωσης.

Με την κατάλληλη ρύθμιση της διάρκειας της εκχύλισης, οι επιθυμητές ουσίες περνούν στο κρασί, το οποίο χρωματίζεται καταλλήλως και αποκτά την επιθυμητή γεύση και υφή. Η εκχύλιση μπορεί να διαρκέσει από μερικές ώρες (*ροζέ κρασί*), έως και αρκετές εβδομάδες, ανάλογα με την ποικιλία που έχουμε να επεξεργαστούμε. Ενδεικτικά, για το Grenache χρειάζονται 15 ημέρες, για το Syrah 25 ημέρες, ενώ για το Mourvedre 20 ημέρες. Η διαδικασία της αλκοολικής ζύμωσης-εκχύλισης δεν έχει συγκεκριμένο χρόνο ολοκλήρωσης,

αντίθετα η κάθε δεξαμενή είναι έτοιμη να περάσει στο επόμενο στάδιο οινοποίησης όταν δώσει το χρώμα και το γευστικό χαρακτήρα που είναι επιθυμητός για κάθε ποικιλία.

Όσον αφορά την αλκοολική ζύμωση μέσα σε βαρέλια, πραγματοποιείται για να επιτευχθούν κυρίως παλαιωμένα λευκά κρασιά. Πρόκειται για μία ακριβότερη διαδικασία και μεγαλύτερης διάρκειας , διότι απαιτούνται τουλάχιστον έξι μήνες για να ωριμάσει το κρασί μέσα σε αυτά. Συνήθως κατα την περίοδο του Ιανουαρίου γίνεται η αφαίρεση των οινολασπών που κατακάθονται στον πυθμένα τους ,έπειτα επιστρέφεται ο καθαρός χυμός στα βαρέλια όπου και ολοκληρώνεται η ζύμωση του. Μετά την ολοκλήρωση της ζύμωσης , ανεξάρτητα που πραγματοποιείται , το κρασί μεταγγίζεται σε δεξαμενές οι οποίες επιβάλλεται να γεμίσουν πλήρως, ώστε να αποφευχθεί η πιθανότητα οξείδωσής του.

Εικόνα 4.9. Πιζάζ – «Καπέλο»



Εικόνα 4.10. Ανακύκλωση ερυθρού οίνου σε δρύινη δεξαμενή



Εικόνα 4.11. Ανακύκλωση-Αερισμός λευκού οίνου / Ενισχυτικό θρεπτικό



4.2.5. Απολάσπωση

Στη λευκή οινοποίηση μετά τον διαχωρισμό των στερεών-υγρών στο πιεστήριο ο μούστος οδηγείται σε δεξαμενές που ψύχεται σε θερμοκρασία 8 °C για ένα 24ωρο, επιβραδύνοντας την αλκοολική ζύμωση. Στο σημείο αυτό είναι αναγκαία μία πρώτη *στατική απολάσπωση* για την αποφυγή αλλοίωσης της ποιότητας του κρασιού και την αφαίρεση των αναδευτικών οσμών που δημιουργούν οι λάσπες (*Εικόνα 4.12.*). Τα σωματίδια που αιωρούνται στο μούστο (χώμα, λάσπες) κατακάθονται στον πυθμένα με ταχύτητα 1 τόνος / 12λεπτά. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η διαύγαση του γλεύκους. Για την καλύτερη διάσπαση μεγάλων στερεών κομματιών μούστου γίνεται προσθήκη ενζύμων κι έτσι παραμένει ο καθαρός χυμός.

Η διαδικασία της απολάσπωσης πραγματοποιείται και στις δύο οινοποιήσεις μετά την ολοκλήρωση της αλκοολικής ζύμωσης, προκειμένου να αφαιρεθούν οι σκόνες και οι νεκρές ζύμες που έχουν παραμείνει στο χυμό (*Εικόνα 4.13.*). Διαρκεί 1-2 ημέρες ανάλογα το κρασί που υπάρχει διαθέσιμο και με τη χρήση δύο αντλιών αφαιρείται το 2-3% της αρχικής του ποσότητας σε νέα δεξαμενή. Κατ' εξαίρεση, αυτές οι λάσπες είναι χρήσιμες να διατηρηθούν για τη χρήση της στην παραγωγή τσικουδιάς. Τα κρασιά που προέρχονται από απολασπωμένα γλεύκη έχουν καθαρότερο άρωμα, σταθερό χρώμα και λιγότερες πιθανότητες οξείδωσης.

Εικόνα 4.12. Διαδικασία απολάσπωσης ροζέ οίνου με τη χρήση αντλιών



Εικόνα 4.13. Καθαρός χυμός - Λάσπες



4.2.6. Ωρίμανση –Παλαίωση

Το στάδιο της παλαίωσης έχει μεγάλη σπουδαιότητα για την επιτυχή γευστική ισορροπία κυρίως του ερυθρού οίνου και λευκών κρασιών υψηλής ποιότητας, διότι όσο πιο φρέσκο είναι το κρασί τόσο πιο έντονη είναι η οξύτητα του και τόσο πιο «τραχιά» γεύση αφήνει, εξαιτίας των πολλών τανίνων που περιέχει.

Η **τανίνη** είναι ένα ισχυρό αντιοξειδωτικό και φυσικό συντηρητικό, βοηθά στην ωρίμανση του κρασιού και προσδίδει το βαθύ κόκκινο χρώμα, ενώ διασπάται με το χρόνο. Αρκετές τανίνες συναντώνται κυρίως στα κόκκινα κρασιά, διότι το συστατικό αυτό υπάρχει στη φλούδα, στα κουκούτσια και στα κοτσάνια των ερυθρών σταφυλιών, τα οποία ζυμώνονται μαζί με το κρασί. Συνήθως η παρουσία των τανίνων συνδέεται με την χαρακτηριστική στυπτικότητα του ερυθρού κρασιού, δηλαδή τη στεγνή-ξηρή γεύση που αφήνει στο στόμα. Το συγκεκριμένο συστατικό στηρίζει τη δομή του ερυθρού κρασιού, διότι η απουσία του θα στερούσε τη βελούδινη υφή και την ικανότητα του κρασιού να ωριμάζει στο χρόνο.

Η παλαίωση του κρασιού μπορεί να γίνει είτε με τη διαδικασία της οξειδωτικής παλαίωσης, είτε μέσω της αναγωγικής παλαίωσης, η οποία πραγματοποιείται μέσα στη φιάλη χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Η οξειδωτική παλαίωση πραγματοποιείται συνήθως μέσα σε βαρέλια οξιάς, παρουσία αέρα και οξυγόνου που εισέρχεται μέσα από τους πόρους του ξύλου, εκθέτοντας το κρασί σε αργή και συνεχή οξείδωση. Στην Οινοποιία Μανουσάκη όλα τα ερυθρά κρασιά μπαίνουν σε δρύινα βαρέλια γαλλικής και αμερικάνικης προέλευσης για την παλαίωση τους. Με αυτό τον τρόπο προκαλούνται μικρές χημικές αντιδράσεις που «μαλακώνουν» την τραχύτητα των νεαρών κρασιών, ενώ παράλληλα προσδίδεται συνήθως μια έντονη ψημένη γεύση, χάρη στα φυσικά συστατικά της οξιάς, κάτι που επιδιώκεται στα περισσότερα ερυθρά κρασιά. Το κρασί κατά τη διάρκεια παραμονής του στο βαρέλι θα πρέπει να ελέγχεται τακτικά και να συμπληρώνεται η στάθμη του, καθώς το υγρό εξατμίζεται με το χρόνο. Κατάλληλες θερμοκρασίες είναι 12-16°C και η σχετική υγρασία πρέπει να υπάρχει σε ποσοστό 70-80%. Το μέγεθος και η ηλικία του βαρελιού είναι υψίστης σημασίας σε αυτό το στάδιο. Όσο μικρότερο είναι το βαρέλι τόσο μεγαλύτερη επαφή υπάρχει μεταξύ ξύλου-κρασιού, συνεπώς και περισσότερα αποτελέσματα ωρίμανσης. Όσο πιο καινούργιο είναι το βαρέλι τόσο περισσότερα αρώματα οξιάς θα προσδώσει στο κρασί. Μετά από κάθε χρήση το βαρέλι χάνει

σταδιακά τη γεύση και την οσμή του, για το λόγο αυτό στο συγκεκριμένο Οινοποιείο γίνεται ανανέωση του μεγαλύτερου ποσοστού των βαρελιών κάθε χρόνο. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί πως τα ελαφρά ερυθρά κρασιά καταναλώνονται σε νεαρή ηλικία διότι δεν χρειάζεται να αποκτήσουν γεύση οξιάς, ενώ αντίθετα προτιμούνται για τη φρεσκάδα των αρωμάτων τους. Ο χρόνος παλαίωσης ποικίλει ανάλογα το είδος του κρασιού. Στην Οινοποιία Μανουσάκη, το κρασί παραμένει για δέκα μήνες μέσα στα βαρέλια προκειμένου να ολοκληρωθεί η σωστή ωρίμανση του.

Εικόνα 4.14. Βαρέλια παλαίωσης





4.2.7. Διαύγαση –Φιλτράρισμα

Η διαύγαση του γλεύκους επιτυγχάνεται με ψύξη και κατακάθιση όλων των σωματιδίων που βρίσκονται σε αιώρηση στο γλεύκος. Μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους. Ο πιο ποιοτικός τρόπος θεωρείται η στατική διαύγαση, διαρκεί δύο-τρεις μήνες ώστε το κρασί να καθαρίσει από μόνο του από τις «λάσπες» και να αρχίσει να αποκτά διαύγεια στο χρώμα του. Λιγότερο ποιοτικός τρόπος, αλλά πιο σύντομος χρονικά θεωρείται η διαύγαση με προσθήκη κόλλας. Συγκεκριμένα γίνεται προσθήκη μπετονίτη πορώδους μορφής, σε ποσότητα 2-4 γραμμάρια/100 λίτρα, με αποτέλεσμα να προσκολλάται ότι μπορεί να προκαλέσει θόλωμα στο χρώμα του κρασιού. Διαρκεί δέκα ημέρες. Οι δύο αυτοί τρόποι μπορούν να συνδυαστούν στην περίπτωση που η στατική διαύγαση δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί από μόνη της.

Μία ακόμη σημαντική διαδικασία πριν την εμφιάλωση του οίνου, είναι το φιλτράρισμα του, απαραίτητο στάδιο για τη σταθερότητα και τη διαύγαση του. Καθώς το κρασί περνά μέσα από το φίλτρο, απομακρύνονται σωματίδια, βακτήρια και ζυμομύκητες που έχουν παραμείνει και μπορεί να αλλοιώσουν τη γεύση ή την εμφάνιση του κρασιού. Βέβαια, αρκετοί

οινοπαραγωγοί δεν συνιστούν το φιλτράρισμα, θεωρώντας πως με αυτό τον τρόπο απομακρύνουν αρωματικές ουσίες από το κρασί.

4.2.8. Σταθεροποίηση

Η διαδικασία της σταθεροποίησης πραγματοποιείται κυρίως για αισθητικούς λόγους του τελικού οίνου. Ορισμένα κρασιά εμφανίζουν υψηλά επίπεδα τρυγικού οξέος, γεγονός που ευθύνεται για την εμφάνιση κρυστάλλων στο υγρό των σταφυλιών. Αν και δεν αποτελούν κίνδυνο για την ποιότητα του κρασιού, ψύχεται ο μούστος μέσα στις δεξαμενές σε θερμοκρασίες υπό του μηδενός ώστε να κρυσταλλωθούν τα άλατα, να καθιζάνουν και να μπορέσουν να αφαιρεθούν πριν την εμφιάλωση τους.

4.2.9. Εμφιάλωση

Η εμφιάλωση του κρασιού αν και αποτελεί μία σχετικά απλή μηχανική διαδικασία, παίζει σημαντικό ρόλο στο τελικό προϊόν, ώστε να παραμείνει το κρασί υγιές και εξελίξιμο ποιοτικά στις διάφορες μεταβολές του χρόνου. Η γραμμή εμφιάλωσης της Οινοποιίας Μανουσάκη περιλαμβάνει πέντε επιμέρους διαδικασίες, οι οποίες πραγματοποιούνται μέσω μηχανικής ρύθμισης. Στην πρώτη φάση της, απαιτείται ανθρώπινο δυναμικό προκειμένου να τροφοδοτεί το μηχάνημα με άδειες φιάλες. Μπαίνοντας η φιάλη στο μηχάνημα, γίνεται η αυτόματη πλύση της με νερό και σε δεύτερη φάση ακολουθεί η προσθήκη αζώτου, προκειμένου να αποφευχθεί ανεπιθύμητη πιθανότητα οξείδωσης. Στη συνέχεια, υπάρχει σύστημα γεμίσματος υπό πίεση της φιάλης με κρασί, καταλαμβάνοντας τον μισό όγκο της, ενώ το υπόλοιπο παραμένει κενό. Στο επόμενο στάδιο ρυθμίζεται η στάθμη του κρασιού, ώστε όλες οι φιάλες να είναι όμοιες. Η εμφιάλωση ολοκληρώνεται με την συμπίεση του φελλού μέσα στο μπουκάλι, ενώ παράλληλα ένας σωλήνας που συνδέεται στη φιάλη μηδενίζει την πίεση μεταξύ φελλού και οίνου. Η προσθήκη της ετικέτας στη φιάλη γίνεται χειρωνακτικά και ακολουθεί η αποθήκευσή τους σε κούτες. Ο αποθηκευτικός χώρος της Οινοποιίας Μανουσάκη έχει χωρητικότητα περίπου 100.000 φιαλών. Τα περισσότερα λευκά κρασιά διατίθενται απευθείας στην αγορά.

Εικόνα 4.15. Μηχάνημα Εμφιάλωσης



Εικόνα 4.16. Γέμισμα φιάλης - Ρύθμιση Στάθμης του κρασιού



Εικόνα 4.17. Μηδενισμός πίεσης της φιάλης- Τοποθέτηση φελού



Εικόνα 4.18. Αποθηκευτικός Χώρος





5^ο Κεφάλαιο

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΜΕ ΔΙΚΤΥΑ PETRI ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

5.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό της εργασίας υλοποιούνται τα μοντέλα της παραγωγικής διαδικασίας λευκού και ερυθρού οίνου στην Οινοποιία Μανουσάκη, με τη χρήση δικτύων Petri. Η υλοποίηση αυτή και στη συνέχεια η προσομοίωση εναλλακτικών σεναρίων των συγκεκριμένων μοντέλων, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση λογισμικού μοντελοποίησης και προσομοίωσης χρονικών δικτύων Petri, VisualObjectNet++[]. Για την καλύτερη κατανόηση της παραγωγικής διαδικασίας οίνου και με βάση τις ομοιότητες των επιμέρους διαδικασιών της παραγωγής συγκριτικά με το χρώμα τους, δημιουργήθηκαν δύο διαφορετικά μοντέλα. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε ένα μοντέλο για την ερυθρή κι ένα επιπλέον για την λευκή οινοποίηση.

Σε πρώτο στάδιο υλοποιούνται τα δύο γενικά μοντέλα της παραγωγικής διαδικασίας, στα οποία ορίζονται τα δομικά στοιχεία του συστήματος. Καθορίζονται τα στάδια παραγωγής με τους απαιτούμενους χρόνους εκτέλεσης των επιμέρους εργασιών, η αλληλουχία και ο τρόπος διασύνδεσης μεταξύ αυτών των σταδίων (παραλληλία, αμοιβαίος αποκλεισμός, ακολουθία) και οι απαιτούμενες πρώτες ύλες. Επιπλέον καθορίζονται οι συντελεστές πολλαπλότητας, βάσει των οποίων διαχωρίζονται οι διαθέσιμες πρώτες ύλες, τα ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα, αλλά και η διασφάλιση της ακολουθίας εκτέλεσης των εργασιών.

Στη συνέχεια, προστίθενται οι ποσοτικές παράμετροι του μοντέλου, οι οποίες αναφέρονται κυρίως στις χρονικές καθυστερήσεις των διαδικασιών, στις χωρητικότητες των δεξαμενών και αποθηκών, στα μεγέθη των παρτίδων, αλλά και στα βάρη πολλαπλότητας των τόξων. Σε επόμενο επίπεδο σχεδιάζονται και υλοποιούνται εναλλακτικά σενάρια με τροποποιήσεις σε τμήματα της υφιστάμενης γραμμής παραγωγής, είτε σε ποσοτικό επίπεδο είτε σε νέο εξοπλισμό.

Στις ποσοτικές εκείνες παραμέτρους, που παρουσιάζουν τυχαιότητα στις τιμές που λαμβάνουν, η μοντελοποίηση τους πραγματοποιήθηκε ως εξής:

$$A = x + y * \text{rnd}(z)$$

Όπου:

A: Η παράμετρος που παρουσιάζει τυχαιότητα στις τιμές που λαμβάνει

x: Η ελάχιστη τιμή που λαμβάνει η παράμετρος

$x + y * z$: Η μέγιστη τιμή που λαμβάνει η παράμετρος

$$z \in \mathbb{Z}$$

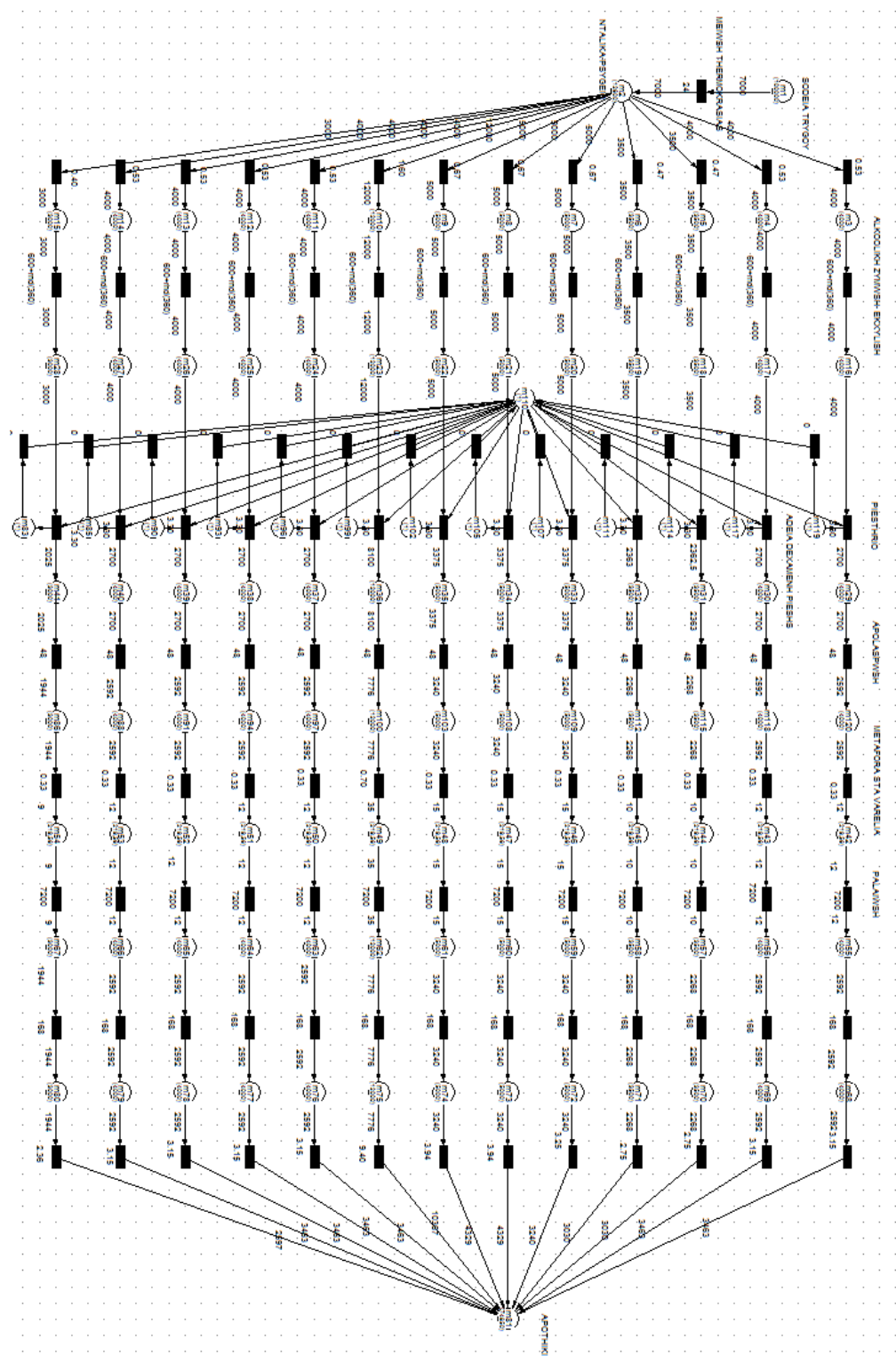
Το z λαμβάνει ακέραια τιμή στο διάστημα $[0, z]$

Η τιμή που λαμβάνει το z σε κάθε περίπτωση είναι η μέγιστη δυνατή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ποικιλία αριθμών που παράγει η γεννήτρια τυχαίων αριθμών (rnd). Μεγαλύτερη ποικιλία τιμών, συνεπάγεται πιο ρεαλιστικά και αμερόληπτα αποτελέσματα.

Με την εισαγωγή της τυχαιότητας σε συγκεκριμένες παραμέτρους του συστήματος παραγωγής, μπορούν να εξεταστούν τόσο οι πλέον συχνά εμφανιζόμενες περιπτώσεις όσο και ακραίες αλλά ρεαλιστικές συνθήκες λειτουργίας του συστήματος (π.χ. καθυστέρηση στη

Οι παρακάτω δύο δομές των μοντέλων αποτυπώνουν την πλήρη πολυπλοκότητα του συστήματος παραγωγής όταν αυτό λειτουργεί σε μεγάλο πλήθος και εύρος συνθηκών. Στη διαδικασία αλκοολικής ζύμωσης, διότι δεν έχει επιτευχθεί η επιθυμητή γεύση και υφή στο χρινικό διάστημα που υπολογίζονταν). Η γνώση της ακραίας αυτής συμπεριφοράς του συστήματος μπορεί να φανεί πολύ χρήσιμη, ώστε να αντιμετωπιστούν καταστάσεις στο πραγματικό σύστημα παραγωγής προλαμβάνοντας ορισμένους κινδύνους οικονομικής και ποιοτικής φύσης. συγκεκριμένη περίπτωση, έχει επιλεγεί από τους διαχειριστές της Οινοποιίας να λειτουργεί σε μικρότερο εύρος συνθηκών (το οποίο μπορεί και να μην είναι το βέλτιστο), όμως παράγει χωρίς αποκλίσεις το επιθυμητό αποτέλεσμα.

5.1.1.Μοντέλο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής ερυθρού οίνου



Εικόνα 5.1. –Παρουσίαση μοντέλου ερυθρής οινοποίησης

Στους παρακάτω πίνακες επεξηγούνται η σημασία των θέσεων των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια οινοποίησης κι η χωρητικότητα τους, οι μεταβάσεις (ενέργειες που εκτελούνται για το μετασχηματισμό των πρώτων υλών σε τελικό προϊόν) στο μοντέλο και οι καθυστερήσεις τους. Οι χωρητικότητες και οι χρονικές καθυστερήσεις ορίζουν στην πράξη τους λειτουργικούς περιορισμούς κατά την προσομοίωση των σεναρίων.

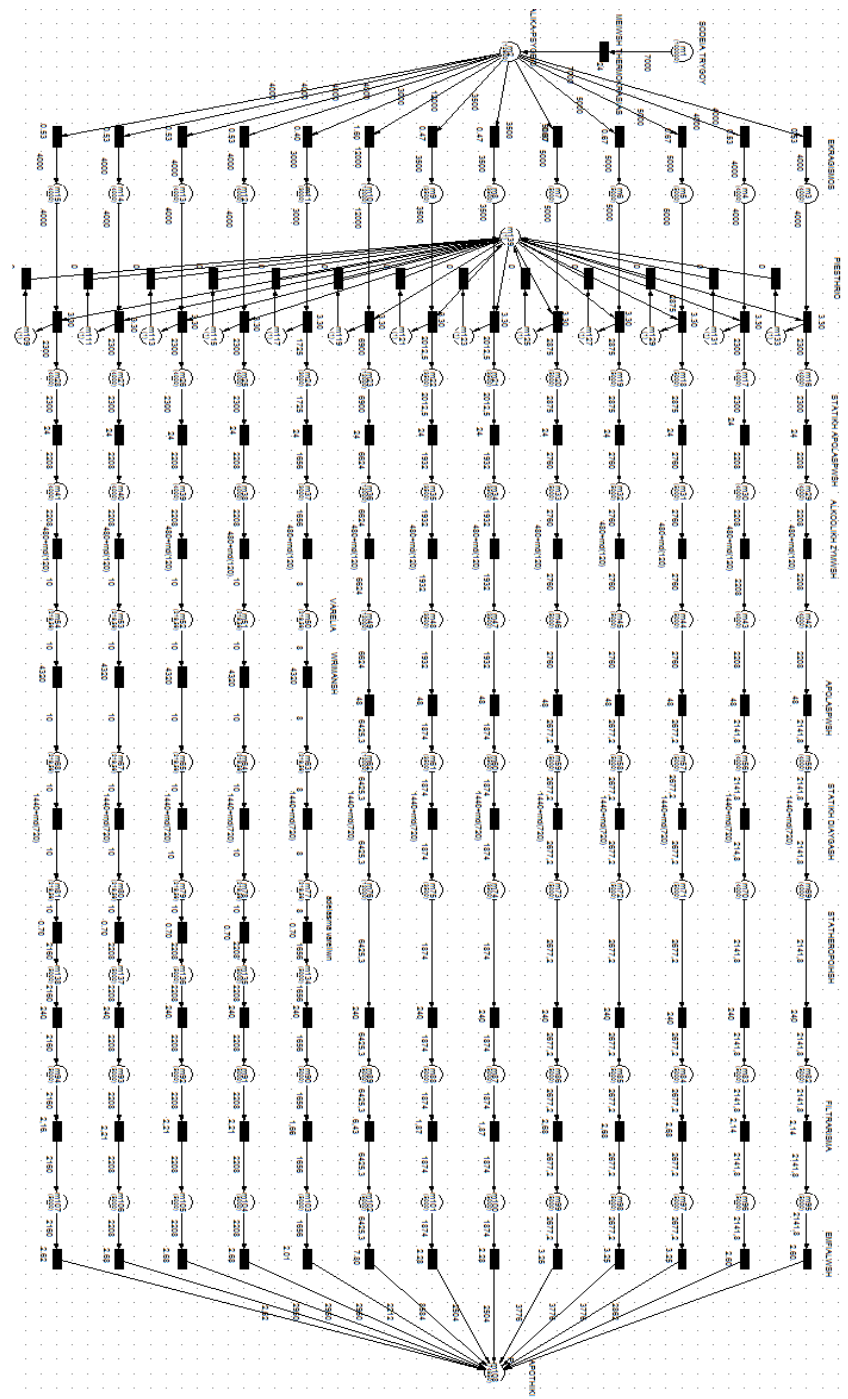
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΟΜΒΟΥ	ΧΡΗΣΗ ΚΟΜΒΟΥ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (ΚΙΛΑ)
M1	ΣΟΔΕΙΑ ΤΡΥΓΟΥ	100.000
M2	ΝΤΑΛΙΚΑ- ΨΥΓΕΙΟ	12.600
M3/ M16	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ-ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	4.000
M4/ M17	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ-ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	4.000
M5/ M18	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ-ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	5.000
M6/ M19	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ-ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	5.000
M7/ M20	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ-ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	5.000
M8/ M21	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ-ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	3.500
M9/ M22	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ-ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	3.500
M10/ M23	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ-ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	12.000
M11/ M24	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ-ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	4.000
M12/ M25	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ-ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	4.000
M13/ M26	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ-ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	4.000
M14/ M27	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ-ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	4.000
M15/ M28	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΥΜΩΣΗΣ- ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	3.000
M110	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟΥ	1
M119-M117-M114-M111-M107-M105-M102-M99-M96-M93-M90-M85-M83	ΑΔΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΙΕΣΗΣ	1
M29	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	4.000
M30	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	4.000
M31/M32/M33	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	5.000

M34	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	3.500
M35	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	3.500
M36	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	12.000
M37	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	4.000
M38	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	4.000
M39	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	4.000
M40	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	4.000
M41	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	3.000
M120	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	4.000
M118	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	4.000
M115	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	3.500
M112	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	3.500
M109	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	5.000
M108	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	5.000
M103	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	5.000
M100	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	12.000
M97	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	4.000
M94	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	4.000
M91	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	4.000
M88	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	4.000
M86	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ	3.000
M42-M54	ΒΑΡΕΛΙΑ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ	219,56
M55-M80	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ	4.000/5.000/3.500/12.000
M81	ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	74.850

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	ΣΗΜΑΣΙΑ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ (ΩΡΕΣ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ (ΩΡΕΣ)
T1	ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ		24
T2/T3/T10/T11/T12/T13	ΕΚΡΑΓΙΣΜΟΣ	0.53	
T4/T5/	ΕΚΡΑΓΙΣΜΟΣ	0.47	
T6/T7/T8/	ΕΚΡΑΓΙΣΜΟΣ	0.67	
T9	ΕΚΡΑΓΙΣΜΟΣ	1.60	
T14	ΕΚΡΑΓΙΣΜΟΣ	0.40	
T15-T27	ΑΛΚΟΟΛΙΚΗ ΖΥΜΩΣΗ ΚΑΙ ΕΚΧΥΛΙΣΗ	600	960
T28-T40	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟΥ	0	
T41-T53	ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ-ΥΓΡΩΝ ΣΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	3.30	
T54-T66	ΑΠΟΛΑΣΠΩΣΗ		48
T67-T79	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΒΑΡΕΛΙΑ	0.33	0.70
T80-T92	ΩΡΙΜΑΝΗ ΟΙΝΟΥ ΣΤΑ ΒΑΡΕΛΙΑ		7200
T93-T105	ΧΑΡΜΑΝΙΑΣΜΑ		168
T106/T107/T114/T115/T116/T117	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	3.15	
T108/T109	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	2.75	
T110	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	3.25	
T111/T112	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	3.94	
T113	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	9.40	
T118	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	2.36	

Πίνακας 5.1.-5.2. Χαρακτηριστικά προσομοίωσης ερυθρής οινοποίησης

5.1.2. Μοντέλο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής λευκού οίνου



Εικόνα 5.2.- Παρουσίαση μοντέλου λευκής οινοποίησης

Στους παρακάτω πίνακες επεξηγούνται η σημασία των θέσεων των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια οينوποίησης κι η χωρητικότητα τους, οι μεταβάσεις (ενέργειες που εκτελούνται για το μετασχηματισμό των πρώτων υλών σε τελικό προϊόν) στο μοντέλο κι οι καθυστερήσεις τους. Οι χωρητικότητες κι οι χρονικές καθυστερήσεις ορίζουν στην πράξη τους λειτουργικούς περιορισμούς κατά την προσομοίωση των σεναρίων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΟΜΒΟΥ	ΧΡΗΣΗ ΚΟΜΒΟΥ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (ΚΙΛΑ)
M1	ΣΟΔΕΙΑ ΤΡΥΓΟΥ	100.000
M2	ΝΤΑΛΙΚΑ- ΨΥΓΕΙΟ	12.600
M3/ M16	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	4.000
M4/ M17	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	4.000
M5/ M18	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	5.000
M6/ M19	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	5.000
M7/ M20	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	5.000
M8/ M21	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	3.500
M9/ M22	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	3.500
M10/ M23	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	12.000
M11/ M24	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	3.000
M12/ M25	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	4.000
M13/ M26	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	4.000
M14/ M27	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	4.000
M15/ M28	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	4.000
M139	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟΥ	1
M133-M131-M129-M127-M125-M123-M121-M119-M117-M115-M113-M111-M109	ΑΔΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΙΕΣΗΣ	1
M16	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	4.000
M17	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	4.000
M18	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	5.000

M19	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	5.000
M20	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	5.000
M21	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	3.500
M22	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	3.500
M23	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	12.000
M24	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	4.000
M25	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	4.000
M26	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	4.000
M27	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	4.000
M28	ΔΡΥΙΝΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ	3.000
M29	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	4.000
M30	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	4.000
M31	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	5.000
M32	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	5.000
M33	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	5.000
M34	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	3.500
M35	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	3.500
M36	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	12.000
M37	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	4.000

M38	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	4.000
M39	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	4.000
M40	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	4.000
M41	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ	3.000
M42/M55/M69	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ/ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	4.000
M43/M56/M70	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ /ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	4.000
M44/M57/M71	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ/ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	5.000
M45/M58/M72	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ/ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	5.000
M46/M59/M73	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ/ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	5.000
M47/M60/M74	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ/ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	3.500
M48/M61/M75	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ/ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	3.500
M49/M62/M76	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ/ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	12.000

M50/M63/M77	ΔΡΥΙΝΑ ΒΑΡΕΛΙΑ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ/ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	219,56
M51/M64/M78	ΔΡΥΙΝΑ ΒΑΡΕΛΙΑ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ/ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	219,56
M52/M65/M79	ΔΡΥΙΝΑ ΒΑΡΕΛΙΑ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ/ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	219,56
M53/M66/M80	ΔΡΥΙΝΑ ΒΑΡΕΛΙΑ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ/ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	219,56
M54/M67/M81	ΔΡΥΙΝΑ ΒΑΡΕΛΙΑ ΖΥΜΩΣΗΣ/ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ/ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	219,56
M82-M94/ M95-M107	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ (2ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ)/ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑΤΟΣ	5.000
M134-M138	ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ	5.000
M108	ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	74.850

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	ΣΗΜΑΣΙΑ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ (ΩΡΕΣ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ (ΩΡΕΣ)
T1	ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ		24
T2/T3/T10/T11/T12/T13/T14	ΕΚΡΑΓΙΣΜΟΣ	0.53	
T4/T5/T6	ΕΚΡΑΓΙΣΜΟΣ	0.67	
T7/T8	ΕΚΡΑΓΙΣΜΟΣ	0.47	
T9	ΕΚΡΑΓΙΣΜΟΣ	1.60	
T10	ΕΚΡΑΓΙΣΜΟΣ	0.40	
T15-T27	ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ-ΥΓΡΩΝ	3.30	

	ΣΤΟ ΠΙΕΣΤΗΡΙΟ		
T28-T40	ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΠΟΛΑΣΠΩΣΗ		24
T41-T48	ΑΛΚΟΟΛΙΚΗ ΖΥΜΩΣΗ ΣΕ ΙΝΟΧ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ	480	485
T49-T53	ΑΛΚΟΟΛΙΚΗ ΖΥΜΩΣΗ ΣΕ ΔΡΥΙΝΑ ΒΑΡΕΛΙΑ	480	485
T54-T58	ΩΡΙΜΑΣΗ ΣΕ ΔΡΥΙΝΑ ΒΑΡΕΛΙΑ		4320
T59-T66	ΑΠΟΛΑΣΠΩΣΗ		48
T67-T79	ΣΤΑΤΙΚΗ ΔΙΑΥΓΑΣΗ	1440	2160
T80-T92	ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ		240
T93/T94	ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ	2.14	
T95/T96/T97	ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ	2.68	
T98/T99	ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ	1.87	
T100	ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ	6.43	
T101	ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ	1.66	
T102/T103/T104	ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ	2.21	
T105	ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ	2.16	
T106/T107	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	2.60	
T108/T109/T110	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	3.25	
T111/T112/	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	2.28	
T113	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	7.80	
T114	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	2.01	
T115/T116/T117	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	2.68	
T118	ΕΜΦΙΑΛΩΣΗ	2.62	

Πίνακας 5.3.-5.4. Χαρακτηριστικά προσομοιώσεων λευκής οινοποίησης

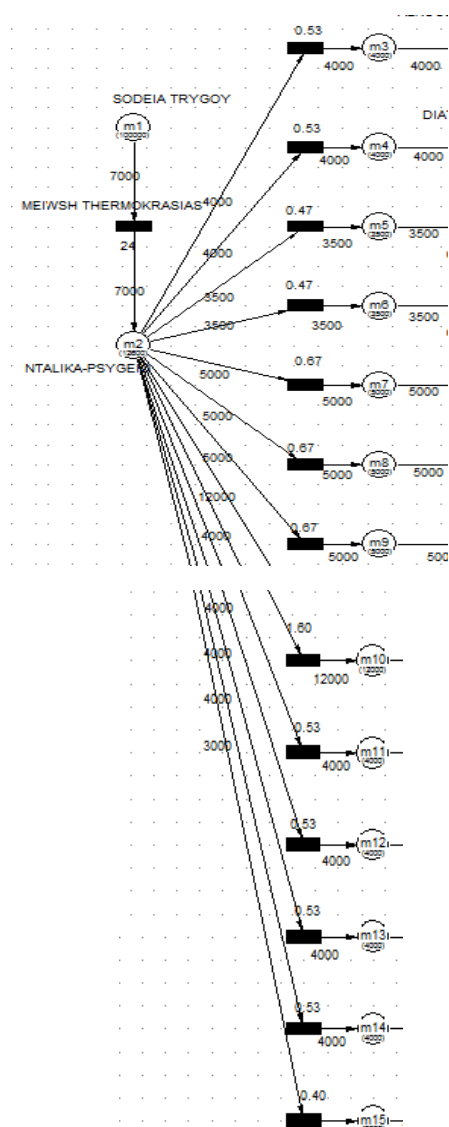
Οι ποσοτικές παράμετροι που έχουν προστεθεί στα βασικά μοντέλα έχουν προκύψει από τις αποδόσεις/ ταχύτητες των μηχανημάτων της γραμμής παραγωγής και από την εμπειρική γνώση του προσωπικού της Οινοποιίας.

5.3. Επεξήγηση Μοντέλων

Για την ευκολότερη επεξήγηση τους, τα βασικά μοντέλα θα χωριστούν στα επιμέρους στάδια, κατ' αντιστοιχία με την παρουσίαση στην παράγραφο 4.2. (διαγράμματα ροής).

5.3.1. Ερυθρή οινοποίηση

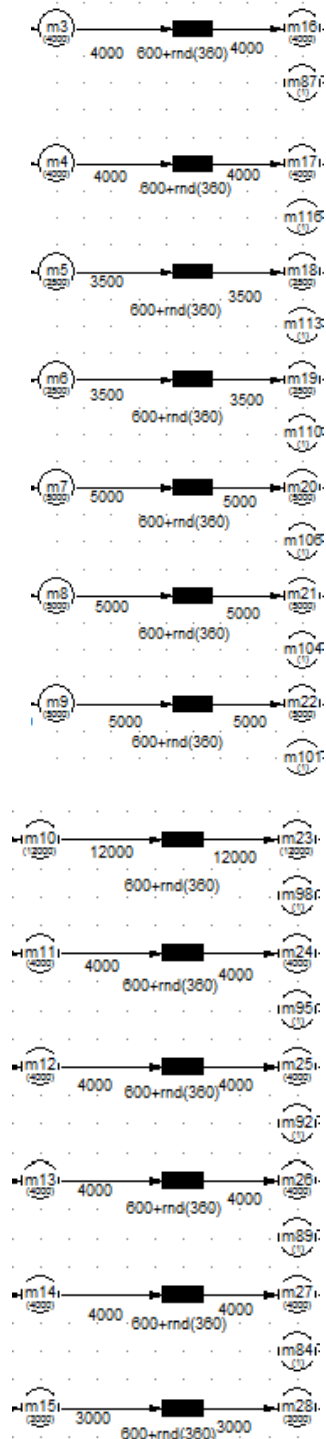
5.3.1.1. Προετοιμασία πρώτων υλών - Εκραγισμός



Σχήμα 5.3- Προετοιμασία πρώτων υλών

Ξεκινώντας από τη θέση M1, η οποία αναπαριστά τη συνολική σοδειά των πρώτων υλών, συνολικού βάρους 100.000kg σταφύλια, τρυγείται σχεδόν καθημερινά ποσότητα 7.000 κιλών σταφύλια, η οποία είναι και η πολλαπλότητα των δύο πρώτων τόξων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.3. Η καθημερινή σοδειά(7.000kg) μεταφέρεται στην «νταλικά-ψυγείο» (T1), προκειμένου να πέσει η θερμοκρασία των σταφυλιών, όπου και παραμένει το μέγιστο 24 ώρες. Η νταλικά έχει χωρητικότητα 12.600kg, λειτουργεί ως προσωρινός χώρος αναμονής (M2) και συνδέεται με βέλος ίδιας πολυπλοκότητας. Στη συνέχεια, ακολουθεί ο «εκραγισμός» για την απόρριψη των κοτσανιών, ο οποίος αναπαριστάται από τις μεταβάσεις (T2-T14) και πραγματοποιείται ξεχωριστά για κάθε ποικιλία σταφυλιών. Στην πραγματικότητα υπάρχει ένα μηχάνημα εκραγισμού που αποραγίζει συγκεκριμένη ποικιλία κάθε φορά, απλά στο μοντέλο απεικονίζεται η διαδικασία ξεχωριστά για κάθε δεξαμενή διαφορετικής χωρητικότητας και υλικού (M3-M15). Ανάλογα με τη χωρητικότητα της δεξαμενής, αναγράφεται και η αντίστοιχη πολλαπλότητα στα βέλη προς τις μεταβάσεις (T2-T14) (π.χ. αν η συνολική σοδειά μιας ποικιλίας είναι 7.000kg, μετά τον εκραγισμό θα γεμίσουν μία δεξαμενή των 3.000kg και μία των 4.000kg με τις ίδιες πολλαπλότητες στα αντίστοιχα βέλη τους). Το μηχάνημα έχει απόδοση 12.000-20.000 kg/ώρα και συνδέεται μέσω μίας αντλία απόδοσης 1.000kg/8λεπτά με την δεξαμενή που θα καταλήξει ο σταφυλοπολτός. Ανάλογα την ποσότητα που εκραγίζεται κάθε φορά υπάρχει και η αντίστοιχη χρονοκαθυστέρηση, όπως έχει καταγραφεί στον Πίνακα 5.2. Ο εκραγισμός μιας συγκεκριμένης ποσότητας πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο, ώστε κάθε φορά να γεμίζει πλήρως η δεξαμενή/ ές, όπου καταλήγει μέσω της αντλίας.

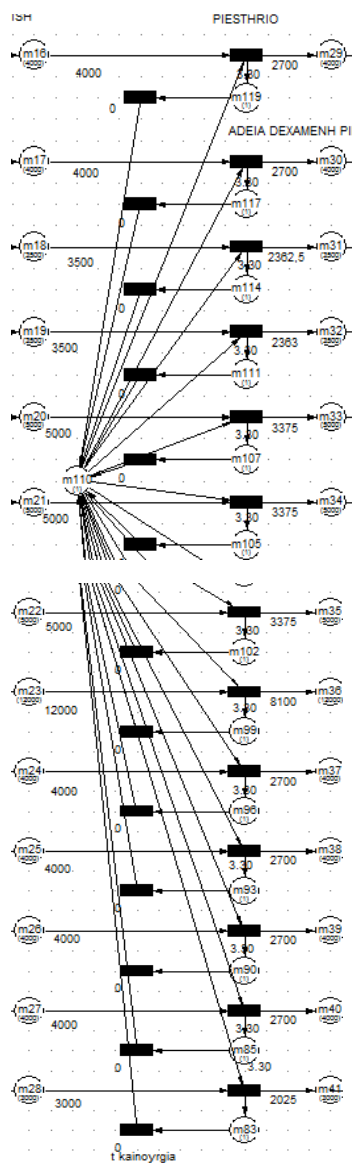
5.3.1.2. Αλκοολική Ζύμωση και Εκχύλιση



Σχήμα 5.4.- Η διαδικασία της αλκοολικής ζύμωσης και εκχύλισης

Στη συνέχεια, αφού έχουν γεμίσει πλήρως οι δεξαμενές (M3-M15), συνδέονται μέσω των βελών πολλαπλότητας ίσης με τη χωρητικότητα κάθε δεξαμενής, με τις μεταβάσεις (T15-T27), οι οποίες αναπαριστούν την «αλκοολική ζύμωση και εκχύλιση». Σε αυτό το στάδιο γίνεται προσθήκη ζυμομυκήτων για να ενεργοποιήσουν τη διαδικασία και κάποιων επιπλέον δευτερεύουσων υλών, όπως έχει αναφερθεί στην παράγραφο 4.2.4. . Η αλκοολική ζύμωση εξαρτάται από τη θερμοκρασία, η οποία ρυθμίζεται μεταξύ 25-32⁰C και η διάρκεια της κυμαίνεται από 10 έως 15 ημέρες, με τις αντίστοιχες ώρες να καταγράφονται στις μεταβάσεις στο Σχήμα 5.4. Παράλληλα στις ίδιες δεξαμενές εξελίσσεται και η εκχύλιση του οίνου με χρονική διάρκεια από 15 έως 25 ημέρες, ανάλογα την ποικιλία σταφυλιών. Στο Σχήμα 5.4. η αναγραφόμενη χρονοκαυστέρηση προκύπτει ως εξής: $25 \text{ ημέρες} * 24 \text{ ώρες} = 600 \text{ ώρες} + \text{rnd}(15 \text{ ημέρες} * 24 \text{ ώρες})$. Επειδή οι συγκεκριμένες διαδικασίες δεν μπορούν να προσδιοριστούν ακριβώς χρονικά, στις προσομοιώσεις έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της τυχαιότητας (rnd). Οι ακόλουθες δεξαμενές (M16-M28) είναι οι ίδιες δεξαμενές με τις (M6-M15), που χρησιμοποιήθηκαν και σε άλλες διαδικασίες στη συνέχεια, με ίδιες πολλαπλότητες στα αντίστοιχα βέλη. Οι συγκεκριμένες δεξαμενές περιλαμβάνουν τον ζυμωμένο και εκχυλισμένο πλέον μούστο και χρησιμοποιούνται ως νέες για τις ανάγκες της προσομοίωσης. Η παραγωγικότητα του οινοποιείου και το πλήθος διαθέσιμων δεξαμενών διασφαλίζουν πως οποιαδήποτε στιγμή υπάρχουν διαθέσιμες δεξαμενές για κάθε διεργασία που απαιτεί (άρα δεν απαιτείται και να γίνει η κατανομή τους με χρήση κάποιου αλγορίθμου

5.3.1.3. Διαχωρισμός στο Πιεστήριο

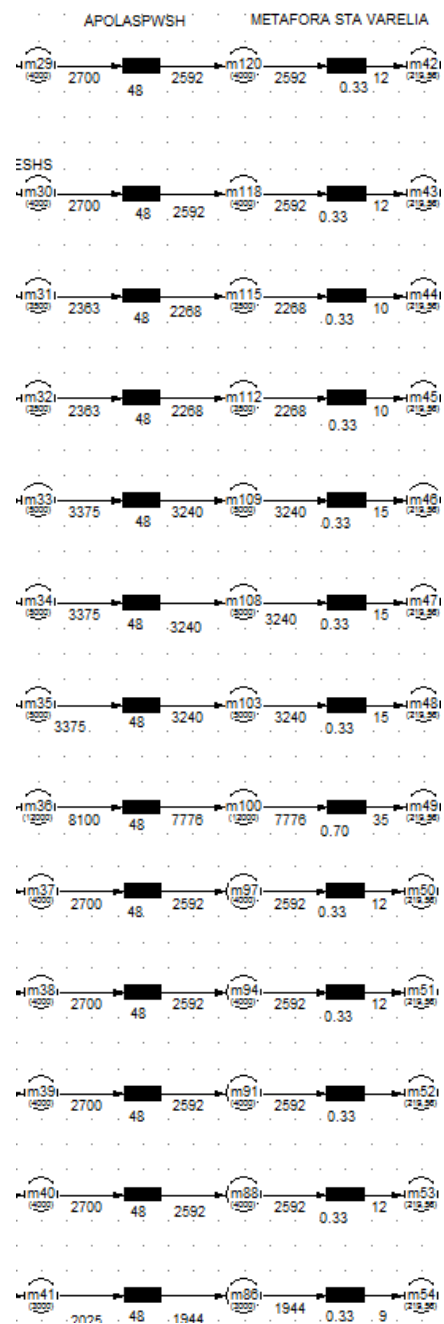


Σχήμα 5.5.- Ο διαχωρισμός στερεών-υγρών στο σύγχρονο πιεστήριο

Σε αυτό το στάδιο οι μεταβάσεις T41-T53 αναπαριστούν το «πιεστήριο», για τη χρήση του οποίου απαιτείται η παρουσία ενός καλαθιού χωρητικότητας 1200 λίτρα, προκειμένου να απορριφθούν τα στερεά τμήματα από το σταφυλοπολτό. Στην πραγματικότητα, αυτές οι μεταβάσεις αναπαριστούν το ίδιο σύγχρονο πιεστήριο και για λόγους λειτουργίας του μοντέλου και αυτονομίας της κάθε δεξαμενής επεξεργασίας έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερο από μία μετάβαση. Αρχικά χρειάζεται 1 ώρα για την απευθείας μεταφορά των

καθαρών υγρών στις αντιστοιχες δεξαμενές M29-M41, 30 λεπτά για να γεμίσει το πιεστήριο, ενώ η πίεση που ασκείται για το διαχωρισμό διαρκεί 1 ώρα. Στο μοντέλο απεικονίζεται η συνολική διάρκεια της διαδικασίας (3.30 ώρες) που περιλαμβάνει και μία επιπλέον ώρα για το πλύσιμο του καλαθιού. Με την ολοκλήρωση του, απομένει το 65-70% της ποσότητας των σταφυλιών που προστέθηκε, το οποίο και μεταφέρεται στις δεξαμενές M29-M41. Γι'αυτό το λόγο, το βάρος πολλαπλότητας του τόξου εξόδου της κάθε μετάβασης (T28-T40) είναι διαφορετικό και μικρότερο από το αντίστοιχο βάρος πολλαπλότητας του τόξου εισόδου σε αυτή. Η θέση M110 με την ονομασία «Διαθεσιμότητα πιεστηρίου» με αυστηρά πάντα ένα *initial token*, δείχνει τη διαθεσιμότητα του πιεστηρίου, το οποίο είναι ένα κοινό για όλες τις δεξαμενές, οι οποίες έχουν συνδεθεί κατάλληλα (σε θέσεις εισόδου και εξόδου). Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται και το αμοιβαία αποκλειόμενο της πίεσης του περιεχομένου διαφορετικών δεξαμενών. Πρακτικά, αυτό σημαίνει πως η πίεση του περιεχομένου της δεξαμενής είναι αμοιβαία αποκλειόμενης διαδικασίας. Οι μεταβάσεις T28-T40 δείχνουν κάθε φορά πως το πιεστήριο είναι διαθέσιμο για χρήση από επόμενη δεξαμενή, χωρίς να υπάρχει χρονοκαθυστέρηση. Τέλος, οι θέσεις «Αδεια δεξαμενή πίεσης», όπως καταγράφονται στον Πίνακα 5.1., δηλώνουν πως έχει αδειάσει το καλάθι του πιεστηρίου και είναι και πάλι διαθέσιμο για χρήση.

5.3.1.4. Απολάσπωση

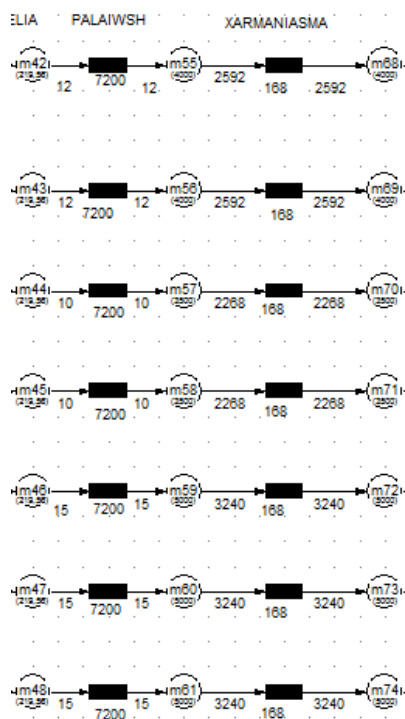


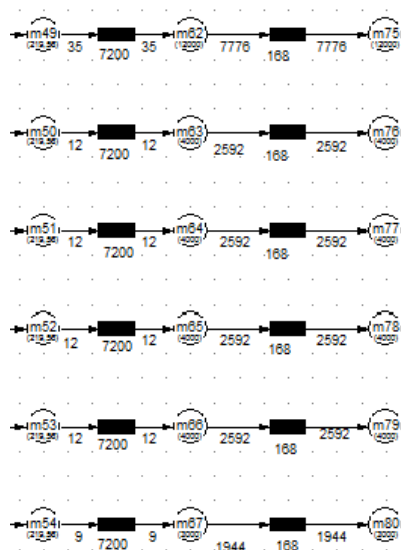
Σχήμα 5.6.- Απολάσπωση

Η διαδικασία της απολάσπωσης πραγματοποιείται στις ίδιες δεξαμενές που κατέληξαν τα υγρά μετά το διαχωρισμό και απεικονίζονται από τις θέσεις M29-M41. Η διαδικασία διαρκεί δύο ημέρες και με τη βοήθεια μίας αντλίας δυναμικότητας 1.000 κιλά/8 λεπτά συνδέεται κάθε

θέση από τις M29-M41 με μία τυχαία άδεια δεξαμενή, προκειμένου να μεταφερθεί ο καθαρός χυμός. Οι θέσεις «INOX δεξαμενή καθαρών υγρών» αποτελούν τις νέες απολασπώμενες ποσότητες, οι οποίες συνδέονται με τις μεταβάσεις T54-T66 μέσω τόξων πολλαπλότητας που αντιπροσωπεύουν το 96% των δεξαμενών M29-M41. Με την ολοκλήρωση της απολάσπωσης, ακολουθεί η «μεταφορά σε βαρέλια», που αναπαρίσταται από τις μεταβάσεις T67-T79 με καθυστέρηση 0.33 ωρών για τις δεξαμενές διαθεσιμότητας από 2.000 έως 3.000 κιλά, ενώ 0.70 ωρών για τις δεξαμενές από 3.000 κιλά και άνω. Τα τόξα που συνδέουν τις μεταβάσεις με τις θέσεις M42-M54, οι οποίες δείχνουν τα βαρέλια, έχουν βάρη πολλαπλότητας τον αριθμό βαρελιών που απαιτούνται για να αδειάσει η ποσότητα της κάθε θέσης με την ονομασία «Δεξαμενή Καθαρών Υγρών». Όλες οι θέσεις M42-M53 έχουν χωρητικότητα 219,56 κιλά.

5.3.1.5. Παλαίωση σε βαρέλια- Χαρμάνιασμα

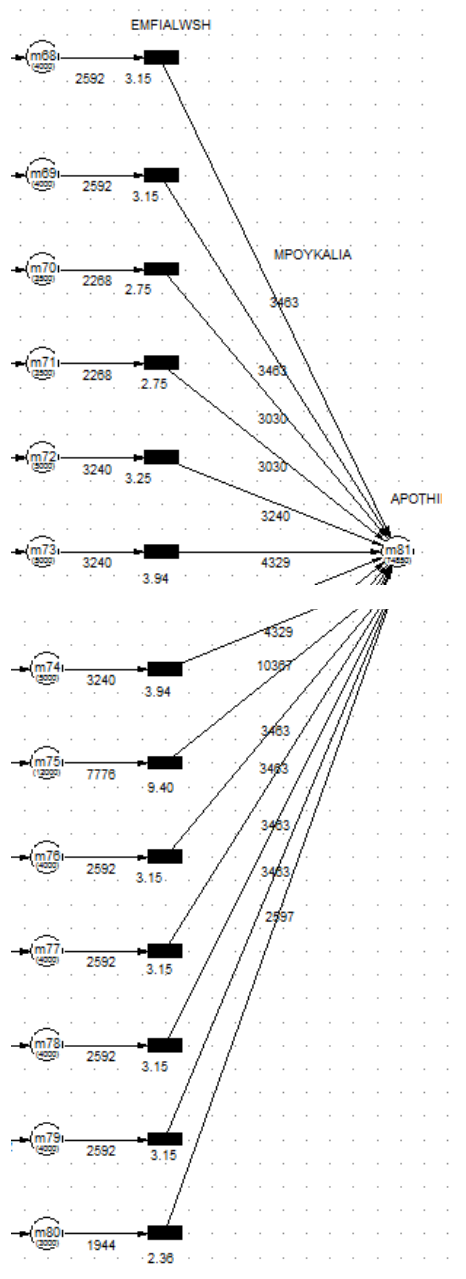




Σχήμα 5.7.- Η ωρίμανση του οίνου στα βαρέλια και το Χαρμάνιασμα

Όλα τα βαρέλια (M42-M54) έχουν την ίδια χωρητικότητα 219,56 κιλά και πάνω στα βέλη αναγράφεται η αντιστοιχία της χωρητικότητας κάθε δεξαμενής με το βαρέλι. Προφανώς σε κάθε βαρέλι μπαίνει μία συγκεκριμένη ποικιλία σταφυλιών, ενώ απαιτείται να είναι πλήρως γεμισμένα για την αποφυγή οξειδώσεων. Οι μεταβάσεις T80-T92 αναπαριστούν την ωρίμανση του οίνου, συγκεκριμένης διάρκειας 10 μηνών, αντίστοιχα 7200ωρών όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.7. Στη συνέχεια, γίνεται μεταφορά σε INOX ελεύθερες δεξαμενές (M55-M67) για να ακολουθήσει το «χαρμάνιασμα» T93-T105, μια διαδικασία ομογενοποίησης του οίνου, η οποία διαρκεί 7 ημέρες. Σε αυτό το στάδιο δεν υπάρχουν απώλειες των παραγόμενων ποσοτήτων.

5.3.1.6. Εμφιάλωση



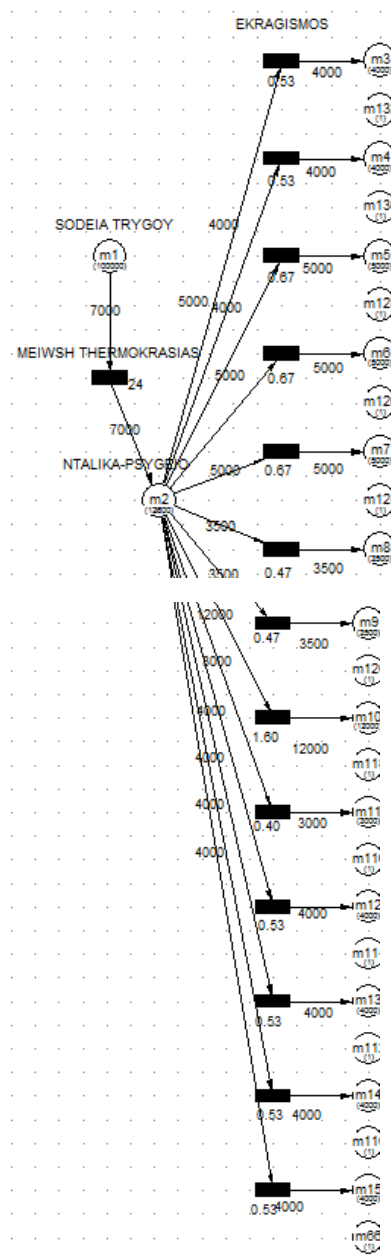
Σχήμα 5.8.- Η εμφιάλωση ερυθρού οίνου

Η διαδικασία της οινοποίησης ολοκληρώνεται με την εμφιάλωση σε μηχάνημα που απεικονίζεται από τις μεταβάσεις T106-T118, απόδοσης 1.000 λίτρα/ ώρα, κάτι που πρακτικά σημαίνει πως εμφιαλώνονται 1.000-1.200 μπουκάλια/ώρα. Η χρονοκαθυστέρηση των μεταβάσεων ποικίλει, ανάλογα την ποσότητα που περιέχει κάθε δεξαμενή από τις M68-M80, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.2. Τα τόξα που συνδέουν τις μεταβάσεις T106-T118 με την

αποθήκη έχουν βάρη πολλαπλότητας όσος είναι ο αριθμός των μπουκαλιών που αντιστοιχεί στην εμφιάλωση της ποσότητας κάθε δεξαμενής. Κάθε μπουκάλι έχει χωρητικότητα 0,7485κιλά (= 0,75λίτρα* 0,998κιλά-ειδικό βάρος οίνου) και ο μέσος όρος εμφιάλωσης είναι 1.100 μπουκάλια/ ώρα. Βάση αυτών των αποτελεσμάτων υπολογίστηκαν και τα παραπάνω βάρη των τόξων. Όλα τα εμφιαλωμένα μπουκάλια τοποθετούνται σε κούτες μέσα στην αποθήκη M81, χωρητικότητας 100.000 φιάλων.

5.3.2. Λευκή οινοποίηση

5.3.2.1. Προετοιμασία πρώτων υλών - Εκραγισμός

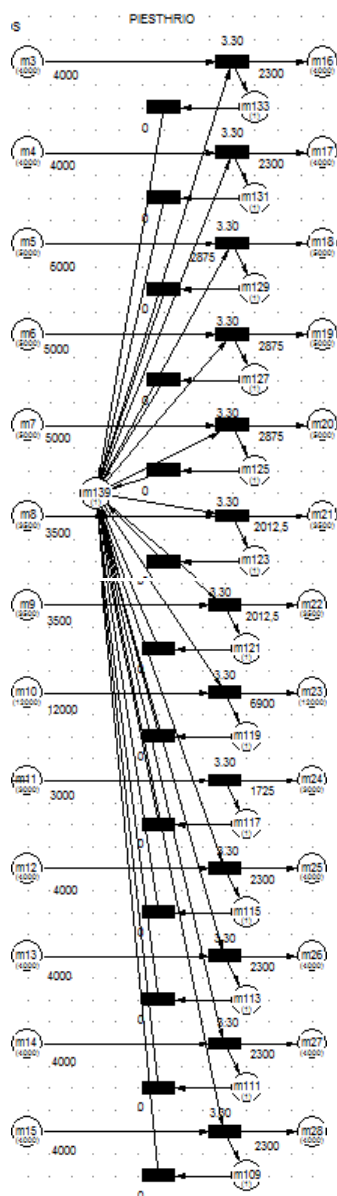


Σχήμα 5.9.- Προετοιμασία πρώτων υλών

Η προετοιμασία των πρώτων υλών και η διαδικασία του εκραγισμού, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.9. παρουσιάζουν πλήρη ομοιότητα με τις αντίστοιχες της ερυθρής οινοποίησης, οι οποίες έχουν περιγραφεί στην παράγραφο 5.3.1.1. ,για το λόγο αυτό δεν χρειάζεται

περαιτέρω ανάλυση. Οι θέσεις M3-M15 αναπαριστούν τις «δεξαμενές αερισμού», όπου καταλήγει ο αποραγισμένος σταφυλοπολτός μέσω των τόξων με βάρη πολλαπλότητας αντίστοιχα της χωρητικότητας κάθε δεξαμενής από αυτές.

5.3.2.2. Διαχωρισμός στο Πιεστήριο

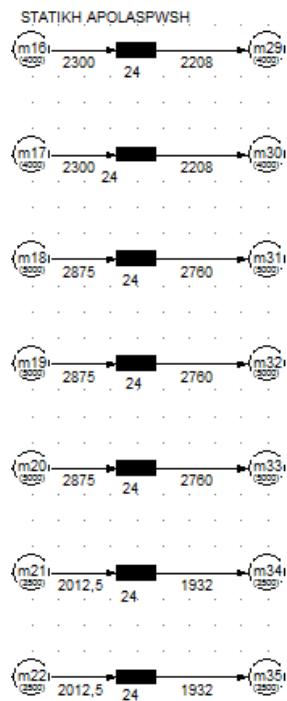


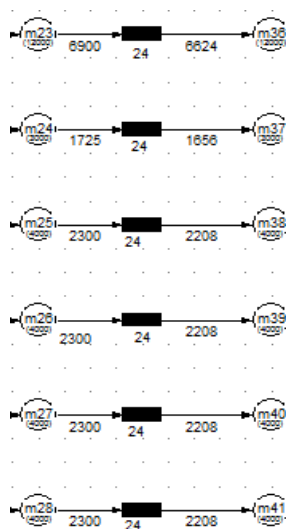
Σχήμα 5.10. –Ο διαχωρισμός στερεών υγρών στο σύγχρονο πιεστήριο

Ο διαχωρισμός στερεών-υγρών πραγματοποιείται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 5.3.1.3 της ερυθρής οινοποίησης, με τη βασική διαφορά πως στην λευκή οινοποίηση προηγείται της αλκοολικής ζύμωσης. Στο σχήμα 5.10. οι μεταβάσεις

T15-T27 αναπαριστούν το «διαχωρισμό στο πιεστηρίο», οι οποίες συνδέονται με τις θέσεις M16-M28 που είναι οι «Δεξαμενές παραλαβής υγρών από το πιεστήριο». Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας πίεσης απομένει το 55-60% της ποσότητας των θέσεων M3-M15, το οποίο και μεταφέρεται στις δεξαμενές M16-M28. Για το λόγο αυτό, το βάρος πολλαπλότητας του τόξου εξόδου της κάθε μετάβασης T15-T27 είναι διαφορετικό και μικρότερο από το αντίστοιχο βάρος πολλαπλότητας του τόξου εισόδου σε αυτή. Η θέση M139 με την ονομασία «Διαθεσιμότητα πιεστηρίου» με αυστηρά πάντα ένα *initial token*, αναπαριστά πως κάθε φορά που λειτουργεί το πιεστήριο ασκείται πίεση μόνο σε μία δεξαμενή. Πρακτικά, αυτό σημαίνει πως η πίεση του περιεχομένου των δεξαμενών του οινοποιείου αποτελούν αμοιβαία αποκλειόμενες διαδικασίες. Οι μεταβάσεις T15-T27 δείχνουν κάθε φορά πως το πιεστήριο είναι διαθέσιμο για χρήση από επόμενη δεξαμενή, χωρίς να υπάρχει χρονοκαθυστέρηση. Τέλος, οι θέσεις «Άδεια δεξαμενή πίεσης», όπως καταγράφονται στον Πίνακα 5.3., δηλώνουν πως έχει αδειάσει το καλάθι του πιεστηρίου και είναι και πάλι διαθέσιμο για χρήση.

5.3.2.3. Στατική Απολάσπωση

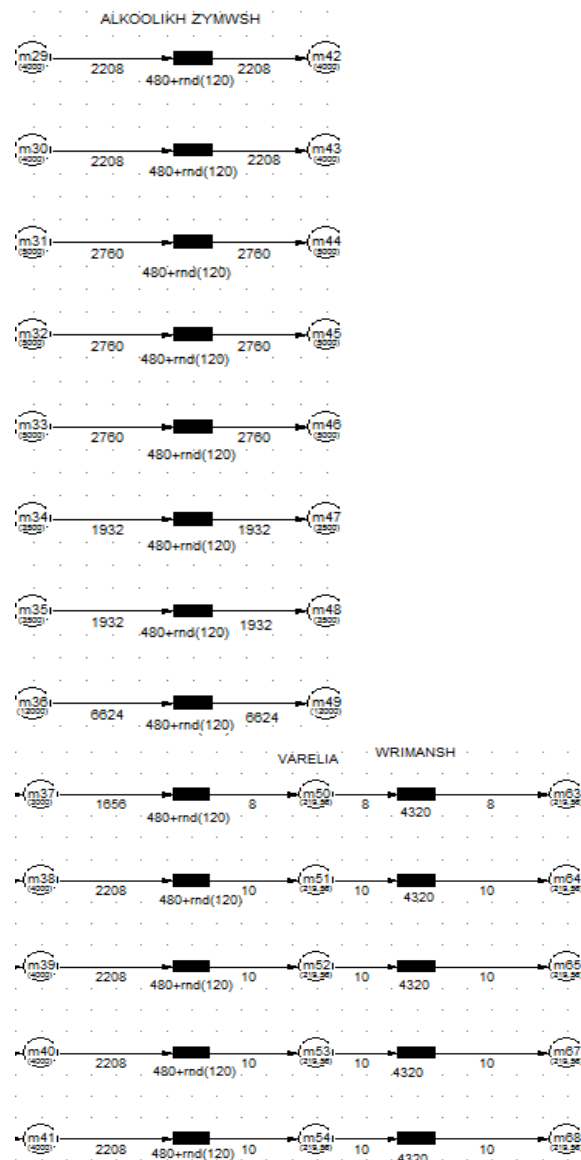




Σχήμα 5.11.- Η διαδικασία της στατικής απολάσπωσης

Με την ολοκλήρωση του διαχωρισμού, γίνεται προσθήκη SO_2 στις δεξαμενές M16-M28 των υγρών και ξεκινάει η διαδικασία της «στατικής απολάσπωσης», η οποία αναπαριστάται από τις μεταβάσεις T28-T40 με χρονοκαθυστέρηση μίας ημέρας. Μέσω της διαδικασίας απορρίπτεται 2-4% της ποσότητας των M16-M28, για το λόγο αυτό το βάρος πολλαπλότητας του τόξου εξόδου κάθε μετάβασης είναι μικρότερο από το αντίστοιχο βάρος του τόξου εισόδου σε αυτήν. Οι νέες ποσότητες καταλήγουν στις θέσεις M29-M41, οι οποίες αναπαριστούν τις «δεξαμενές ανάμειξης» διαφορετικών χωρητικότητων.

5.3.2.4. Αλκοολική Ζύμωση

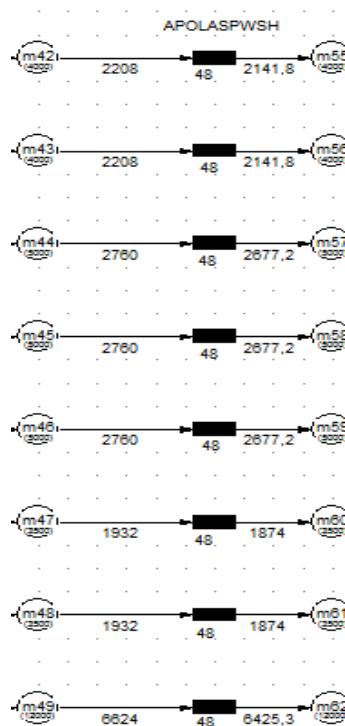


Σχήμα 5.12.- Η διαδικασία της αλκοολικής ζύμωσης σε δεξαμενές και βαρέλια

Έχοντας καθαρίσει σε πρώτη φάση ο χυμός, οι δεξαμενές ανάμειξης (M29-M36) συνδέονται μέσω των τόξων πολλαπλότητας ίσης με την ποσότητα που διαθέτει η καθεμία, με τις μεταβάσεις T41-T48, οι οποίες αναπαριστούν την «αλκοολική ζύμωση σε INOX δεξαμενή». Η διαδικασία της αλκοολικής ζύμωσης μπορεί να διαρκέσει από 20 έως 25 ημέρες, διάστημα το οποίο έχει αποτυπωθεί στο μοντέλο σε ώρες (= 20ημέρες*24ώρες + rnd(5ημέρες*24ώρες)).

Επειδή η συγκεκριμένη διαδικασία δεν μπορεί να προσδιοριστεί ακριβώς χρονικά, χρησιμοποιείται η μέθοδος της τυχαιότητας (rnd). Οι ακόλουθες θέσεις M42-M49 είναι οι ίδιες δεξαμενές με τις M29-M36 με ίδιες πολλαπλότητες στα αντίστοιχα τόξα, οι οποίες περιλαμβάνουν τον ζυμωμένο πλέον χυμό και χρησιμοποιούνται ως νέες για τις ανάγκες της προσομοίωσης. Η ίδια ακριβώς διαδικασία, όσον αφορά χρόνους και πολλαπλότητες τόξων, πραγματοποιείται και για τις μεταβάσεις T49-T53, οι οποίες καταλήγουν στις θέσεις M50-M54, που αναπαριστούν «δρύινα βαρέλια ζύμωσης», χωρητικότητας 219,56 κιλά. Τα ενδιάμεσα βέλη παίρνουν ως τιμή των αριθμό των βαρελιών που απαιτούνται για να αδειάσει η ποσότητα που περιέχεται στις δεξαμενές ανάμειξης M37-M41 στα βαρέλια ζύμωσης, τα οποία επιβάλλεται να είναι γεμάτα ώστε να αποφευχθεί πιθανότητα ανεπιθύμητης οξείδωσης. Με την ολοκλήρωση της ζύμωσης, ο χυμός παραμένει στα βαρέλια, προκειμένου να ωριμάσει κατάλληλα. Η ωρίμανση του λευκού οίνου αναπαριστάται από τις μεταβάσεις T54-T58, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.12, διάρκειας 6 μηνών. Στην πραγματικότητα οι θέσεις M63-M68 είναι τα ίδια δρύινα βαρέλια με τα M50-M54, απλώς απαιτείται η πρόσθεσή τους για να εκτελεστεί σωστά η προσομοίωση.

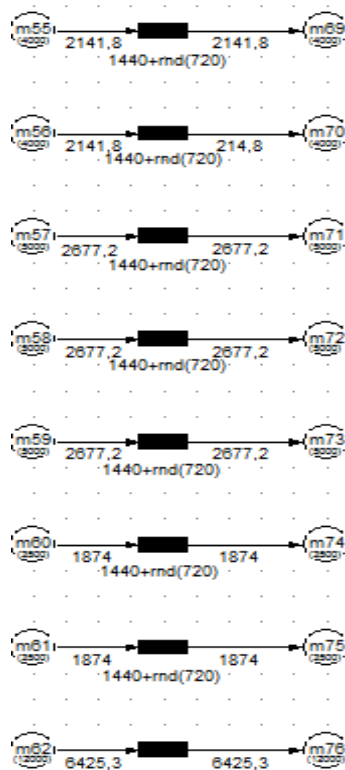
5.3.2.5. Απολάσπωση

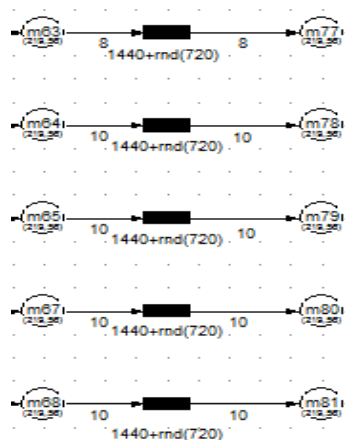


Σχήμα 5.13.- Απολάσπωση του χυμού σε INOX δεξαμενές

Η «απολάσπωση» ξεκινάει στις δεξαμενές M42-M49 και αναπαριστάται από τις μεταβάσεις T59-T66, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.13. Η διάρκεια της διαδικασίας δεν ξεπερνάει τις δύο ημέρες και με τη βοήθεια μίας αντλίας δυναμικότητας 1.000 κιλά/ 8 λεπτά συνδέεται κάθε θέση από τις M42-M49 με μία τυχαία άδεια δεξαμενή, προκειμένου να μεταφερθεί ο καθαρός χυμός. Καθώς εξελίσσεται η διαδικασία, απορρίπτεται το 3-4% της ποσότητας των αρχικών INOX δεξαμενών, για το λόγο αυτό τα τόξα εξόδου των μεταβάσεων T59-T66 έχουν μικρότερο και διαφορετικό βάρος πολλαπλότητας από τα αντίστοιχα τόξα εισόδου τους. Οι νέες αυτές ποσότητες καταλήγουν στις θέσεις M55-M62, οι οποίες αναπαριστούν τις δεξαμενές που περιλαμβάνουν τον απολασπωμένο χυμό.

5.3.2.6. Στατική Διαύγαση

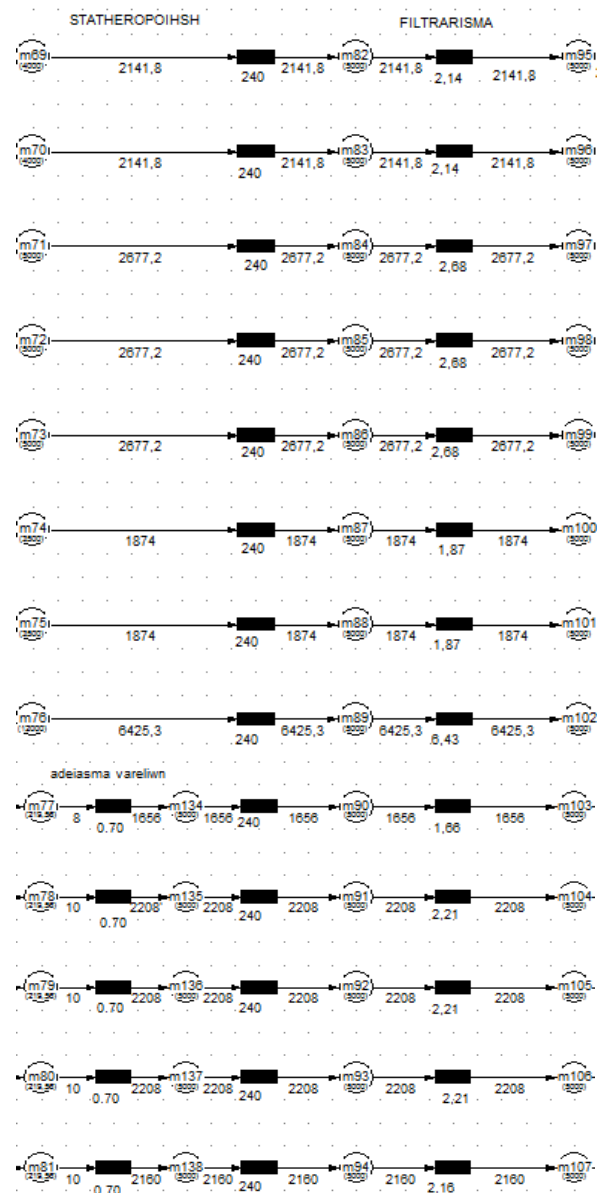




Σχήμα 5.14- Στατική Διαύγαση σε δεξαμενές και βαρέλια

Η «στατική διαύγαση» αναπαριστάται από τις μεταβάσεις T67-T79 και είναι μία διαδικασία κατά την οποία το κρασί καθαρίζει πρακτικά από μόνο του, δηλαδή χωρίς τη χρήση χημικών ή μηχανικών μέσων. Η διάρκεια της είναι από 2 έως 3 μήνες και στο Σχήμα 5.14, έχει υπολογισθεί σε ώρες με τη βοήθεια της μεθόδου τυχαιότητας (rnd) ($24\text{ώρες} * 60\text{ημέρες} + \text{rnd}(24\text{ώρες} * 30\text{ημέρες})$). Οι θέσεις M69-M76, οι οποίες αναπαριστούν δεξαμενές και οι θέσεις M77-M81, οι οποίες αναπαριστούν βαρέλια, είναι οι ίδιες ακριβώς θέσεις με τις M55-M68 και έχουν προστεθεί για τις ανάγκες της προσομοίωσης. Τα τόξα εισόδου και εξόδου των μεταβάσεων (T67-T79) έχουν τα ίδια βάρη πολλαπλότητας με το προηγούμενο στάδιο, διότι δεν έχει παρατηρηθεί κάποια απώλεια από καμία θέση.

5.3.2.7. Σταθεροποίηση – Φιλτράρισμα

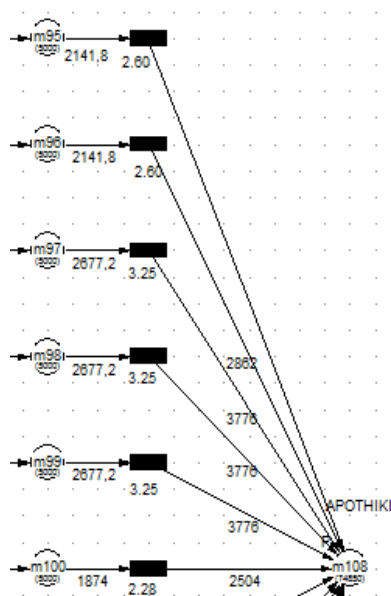


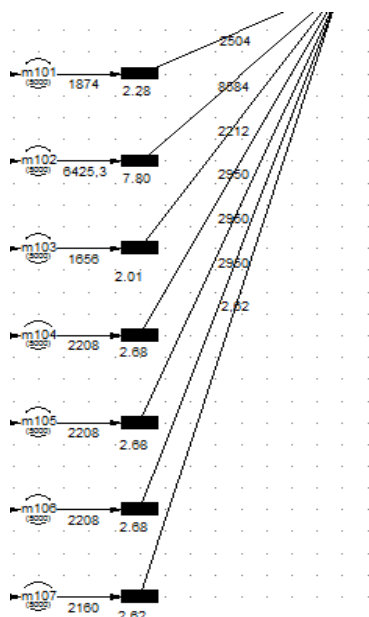
Σχήμα 5.15. – Σταθεροποίηση και Φιλτράρισμα λευκού οίνου

Η «σταθεροποίηση» του οίνου, η οποία αναπαριστάται από τις μεταβάσεις T80-T92, ανεξάρτητα της ποικιλίας και της αρχικής συνολικής της ποσότητας, πραγματοποιείται σε συγκεκριμένες δεξαμενές INOX, χωρητικότητας 5.000 κιλών, που στο Σχήμα 5.15 είναι οι θέσεις M82-M94. Στο Οινοποιείο υπάρχουν συνολικά τρεις διαθέσιμες δεξαμενές της

συγκεκριμένης χωρητικότητας. Η διαδικασία της σταθεροποίησης διαρκεί 10 ημέρες, χωρίς να υπάρξει αλλαγή της ποσότητας μετά τη στατική διαύγαση, για αυτό και τα τόξα εισόδου και εξόδου κάθε μετάβασης έχουν το ίδιο βάρος πολλαπλότητας με το προηγούμενο στάδιο. Πρέπει να σημειωθεί πως στο σχήμα 5.15 υπάρχουν πέντε επιπλέον μεταβάσεις με την ονομασία «αδειασμα βαρελιών», οι οποίες αντιπροσωπεύουν τη μεταφορά της ποσότητας κάθε βαρελιού στη δεξαμενή σταθεροποίησης με μία μικρή χρονοκαθυστέρηση των 0.33 ωρών, εξαιτίας της χρήσης αντλίας. Τα τόξα εισόδου σε αυτές τις μεταβάσεις, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.15., έχουν βάρη πολλαπλότητας των αριθμό των βαρελιών που χρειάζονται για τις αντίστοιχες ποσότητες του υγρού στις δεξαμενές M134-M138. Στη συνέχεια, ακολουθεί το «φιλτράρισμα» του οίνου, που αναπαριστάται από τις μεταβάσεις T93-T105 και γίνεται με ταχύτητα περίπου 1.000κιλά/ώρα. Για το λόγο αυτό, ανάλογα την ποσότητα που φιλτράρεται κάθε φορά υπάρχει και η αντίστοιχη χρονοκαθυστέρηση, όπως έχει καταγραφεί στον Πίνακα 5.4. Οι θέσεις M95-M107 είναι πρακτικά οι ίδιες θέσεις με τις M82-M94 και χρησιμοποιούνται προκειμένου να αναπαρασταθούν σωστά οι νέες φιλτραρισμένες ποσότητες.

5.3.2.8. Εμφιάλωση





Σχήμα 5.16- Η Εμφιάλωση λευκού οίνου

Η διαδικασία της οινοποίησης ολοκληρώνεται με την «εμφιάλωση» σε μηχανήμα που απεικονίζεται από τις μεταβάσεις T106-T118, απόδοσης 1.000 λίτρα/ ώρα, κάτι που πρακτικά σημαίνει πως εμφιαλώνονται 1.000-1.200 μπουκάλια/ώρα. Η χρονοκαθυστέρηση των μεταβάσεων ποικίλει, ανάλογα την ποσότητα που περιέχει κάθε δεξαμενή από τις M95-M107, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.4.. Τα τόξα που συνδέουν τις μεταβάσεις T106-T118 με την αποθήκη έχουν βάρη πολλαπλότητας όσος είναι ο αριθμός των μπουκαλιών που αντιστοιχεί στην εμφιάλωση της ποσότητας κάθε δεξαμενής. Κάθε μπουκάλι έχει χωρητικότητα 0,7485κιλά και ο μέσος όρος εμφιάλωσης είναι 1.100 μπουκάλια/ ώρα. Βάση αυτών των αποτελεσμάτων υπολογίστηκαν και τα παραπάνω βάρη των τόξων. Όλα τα εμφιαλωμένα μπουκάλια τοποθετούνται σε κούτες μέσα στην αποθήκη M81, χωρητικότητας 100.000 φιάλων.

5.4. Παρουσίαση των βασικών και εναλλακτικών σεναρίων λειτουργίας

1. Ερυθρή οινοποίηση

- 1^η Περίπτωση : Βασικό σενάριο λειτουργίας**

$$T_2 = 0.93h$$

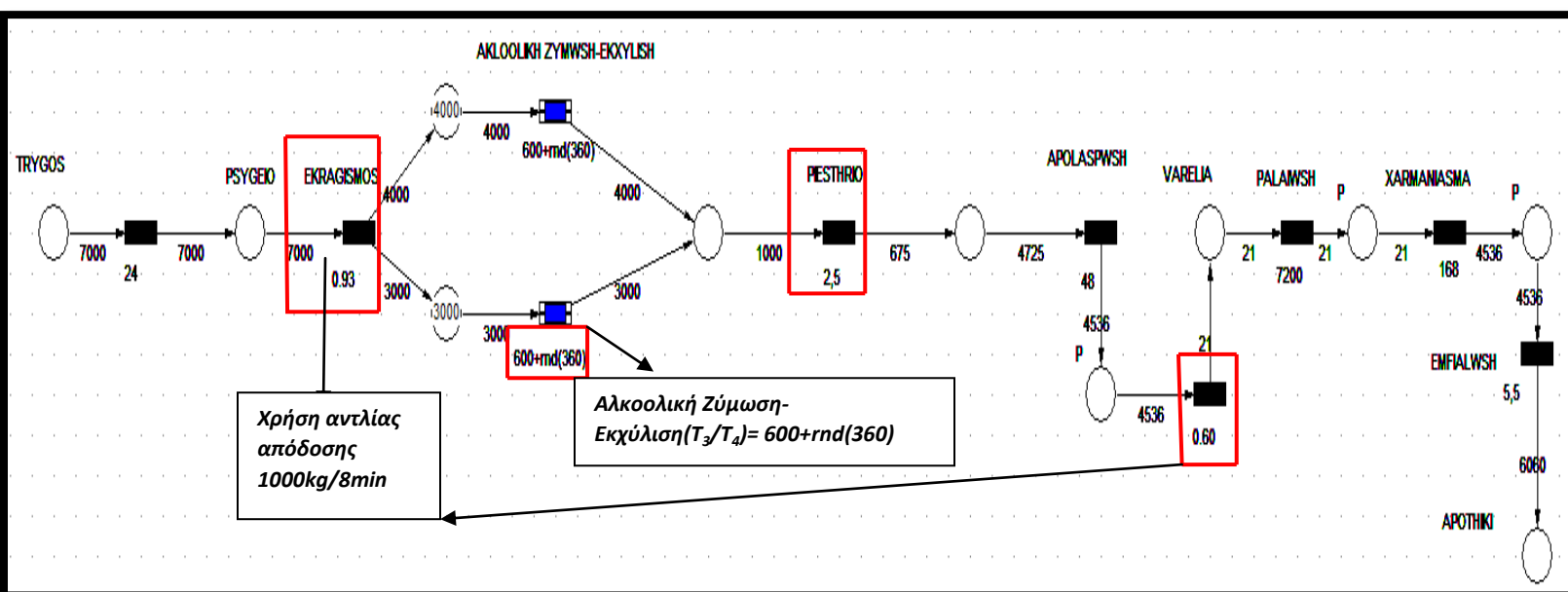
$$T_3 = 744.5h$$

$$T_4 = 684.6h$$

$$T_5 = 2.5h \text{ (χρήση ενός καλαθιού)}$$

$$T_7 = 0.60h$$

$$T_{\text{tot}} = 8202.1h - 6060 \text{ φιάλες}$$



Εικόνα 5.17.- Βασικό Σενάριο Λειτουργίας

- 2^η Περίπτωση: Σενάριο λειτουργίας με αυξημένη απόδοση αντλίας κατά 50%**

$$T_2 = 0.62h$$

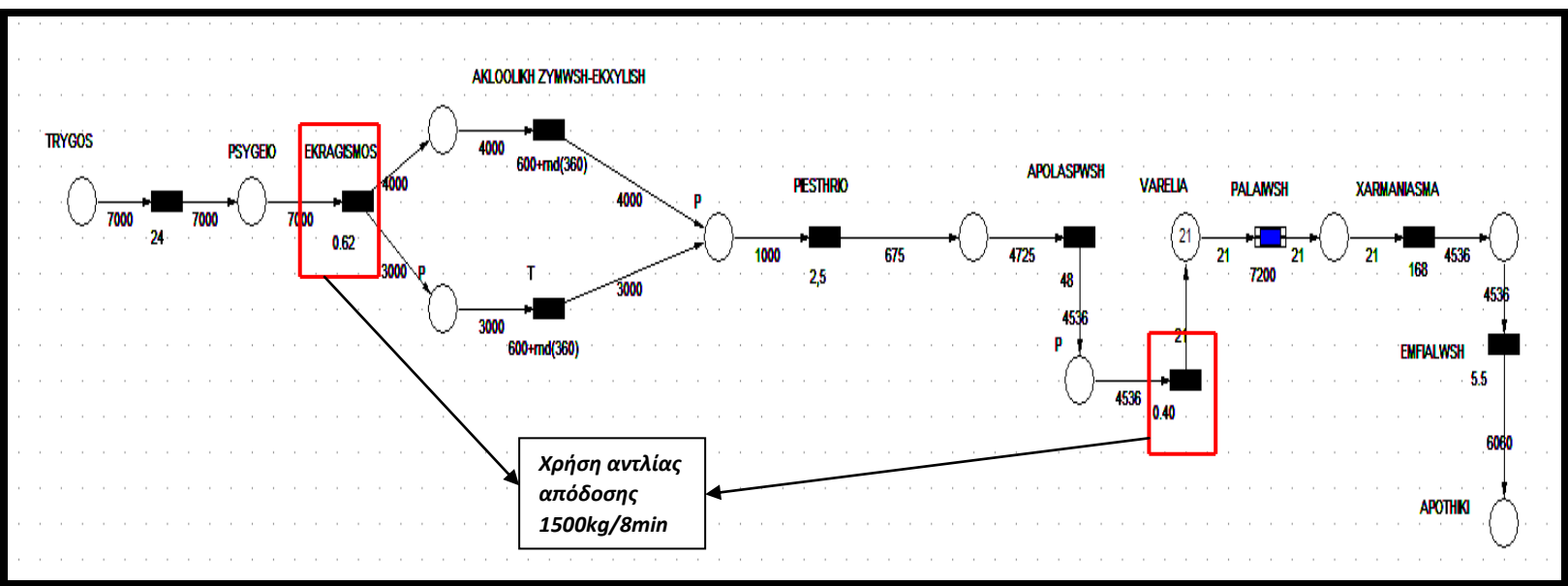
$$T_3 = 723h$$

$$T_4 = 865.2h$$

$$T_5 = 2.5h$$

$$T_7 = 0.40h$$

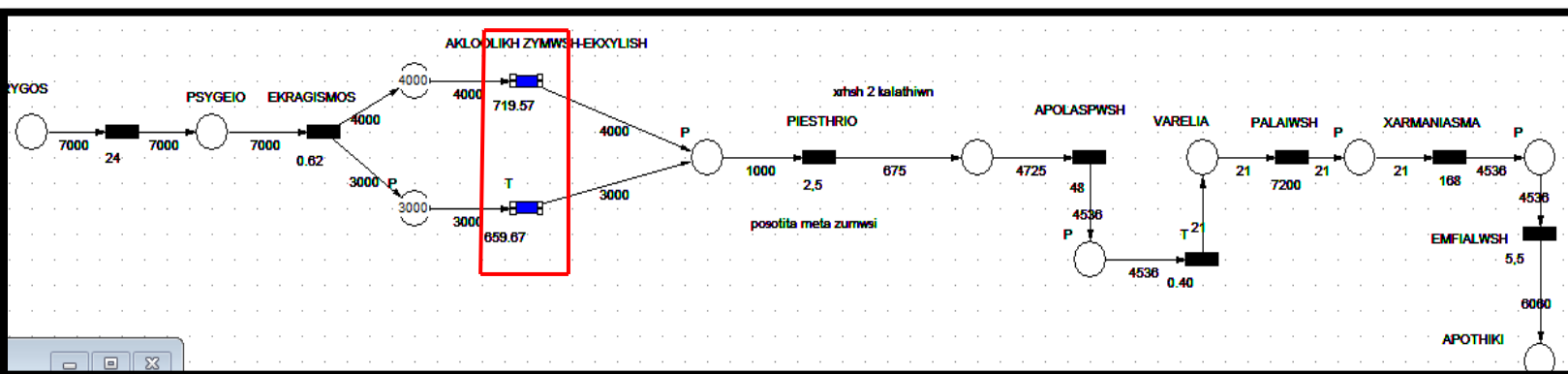
$$T_{\text{tot}} = 8295.9h - 6060 \text{ φιάλες}$$



Εικόνα 5.18.-Σενάριο λειτουργίας με αυξημένη παροχή αντλίας

Λόγω της μεγάλης χρονικής απόκλεισης που υπάρχει εξαιτίας της τυχαιότητας στις διαδικασίες αλκοολικής ζύμωσης –εκχύλισης, εφαρμόζεται σε δεύτερο στάδιο το συγκεκριμένο σενάριο στους χρόνους T_3 και T_4 του βασικού σεναρίου, ώστε να μπορέσει να υπάρξει σύγκριση μεταξύ των αλλαγών.

$$T_{\text{tot}} = 8176.3\text{h} - 6060 \text{ φιάλες}$$



Εικόνα 5.19.- Σενάριο λειτουργίας με αυξημένη παροχή αντλίας χωρίς χρονική τυχαιότητα

- **3^η Περίπτωση: Προσθήκη αυτόματης ταινίας διαλογής τύπου (Vibrating sorting Delta TRV 25)**

Απορρίπτεται ένα 20% της αρχικής ποσότητας

$$T_{\text{ταιν.}} = 0.30\text{h}$$

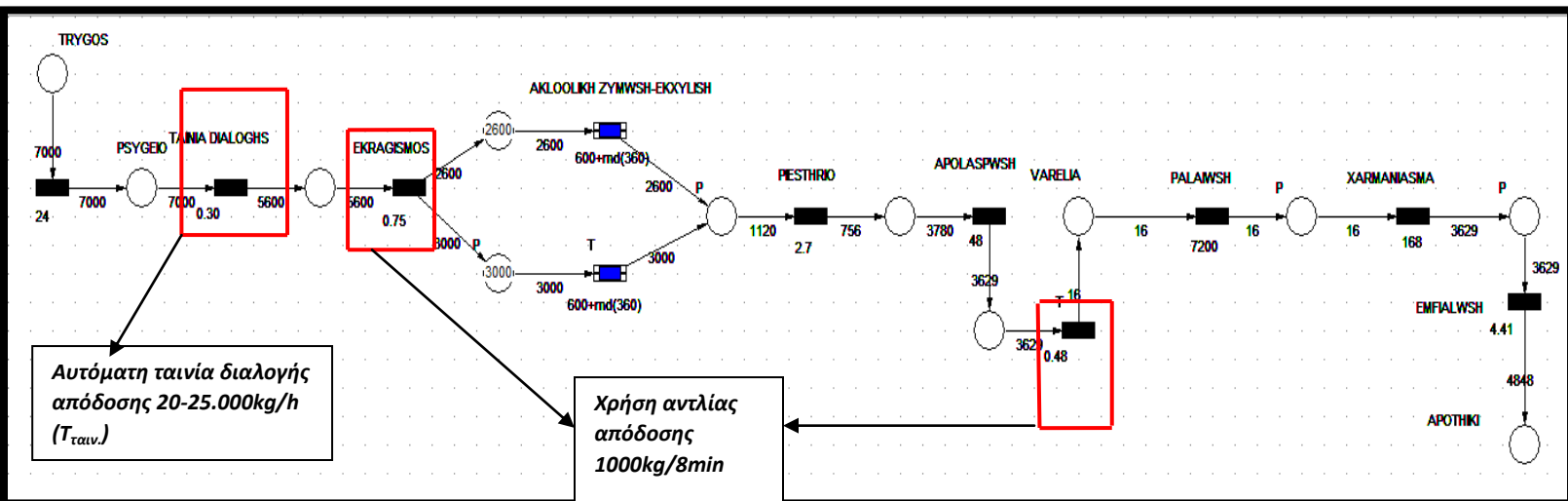
$$T_2 = 0.75\text{h}$$

$$T_3 = 743.7\text{h}$$

$$T_4 = 869.6\text{h}$$

$$T_7 = 0.48\text{h}$$

$$T_{\text{tot}} = 8296\text{h} - 4848\text{φιάλες}$$



Εικόνα 5.20.-Σενάριο λειτουργίας με χρήση αυτόματης ταινίας διαλογής

- **4^η Περίπτωση: Προσθήκη αυτόματης ταινίας διαλογής τύπου (Vibrating sorting Delta TRV 25) και χρήση αντλίας +50% απόδοσης**

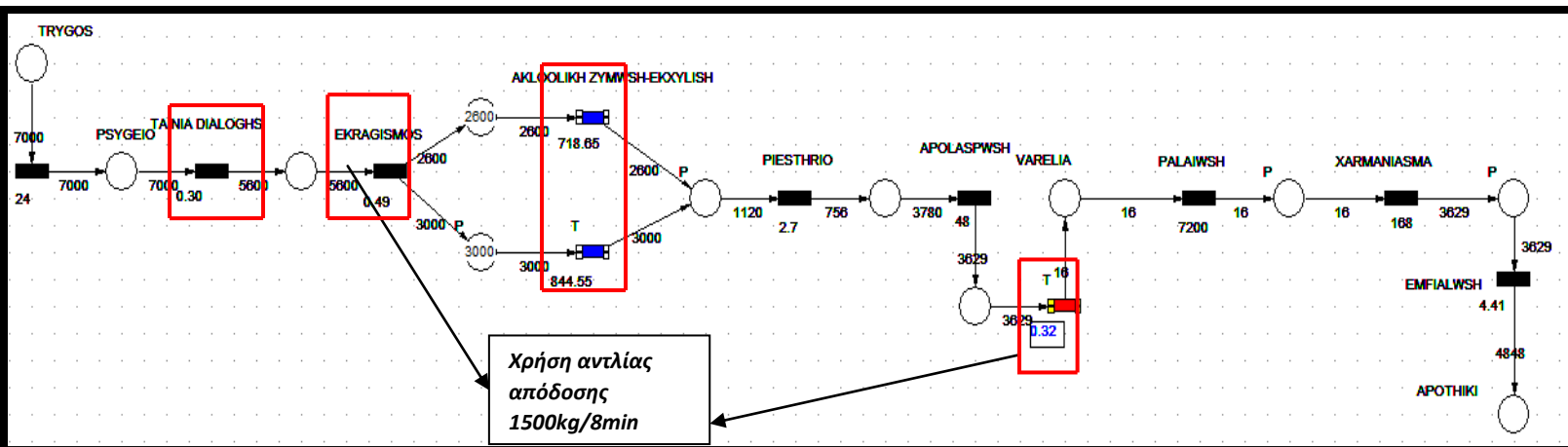
Λόγω της μεγάλης χρονικής απόκλισης που υπάρχει εξαιτίας της τυχαιότητας στις διαδικασίες αλκοολικής ζύμωσης –εκχύλισης, εφαρμόζονται στο συγκεκριμένο σενάριο οι χρόνοι T_3 και T_4 της 3^{ης} περίπτωσης, ώστε να μπορέσει να υπάρξει σύγκριση μεταξύ των αλλαγών.

$$T_{\text{ταιν}} = 0.30\text{h}$$

$$T_2 = 0.49\text{h}$$

$$T_7 = 0.32\text{h}$$

$$T_{\text{tot}} = 8298.4\text{h} - 4848 \text{ φιάλες}$$



Εικόνα 5.21.-Σενάριο λειτουργίας με χρήση αυτόματης ταινίας διαλογής και χρήση αντλίας αυξανόμενης παροχής

2. Λευκή Οινοποίηση

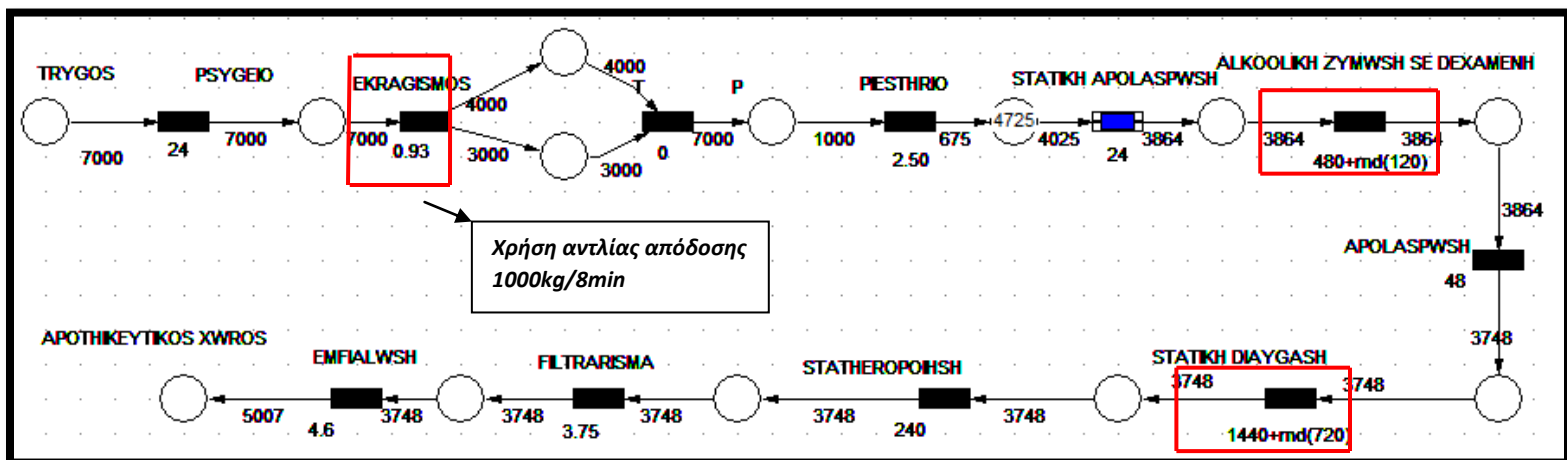
- 1^η Περίπτωση : Βασικό σενάριο λειτουργίας (αλκοολική ζύμωση σε δεξαμενή)

$$T_2 = 0.93\text{h}$$

$$T_6 = 634.9\text{h}$$

$$T_8 = 2320.2\text{h}$$

$$T_{\text{tot}} = 2569.1\text{h} - 5007 \text{ φιάλες}$$



Εικόνα 5.22.- Βασικό Σενάριο Λειτουργίας

- 2^η Περίπτωση: Βασικό σενάριο λειτουργίας (αλκολική ζύμωση σε βαρέλια)

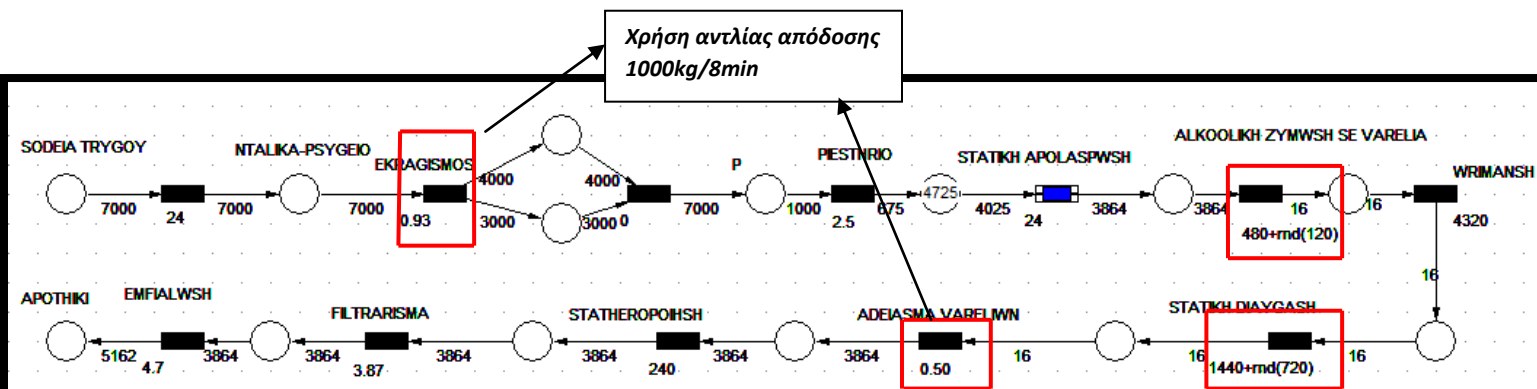
$$T_2 = 0.93h$$

$$T_6 = 647.9h$$

$$T_7 = 6569.4h$$

$$T_9 = 0.50h$$

$$T_{tot} = 6853h - 5162 \text{ φιάλες}$$



Εικόνα 5.23.- Βασικό Σενάριο Λειτουργίας

- 3^η Περίπτωση: Προσθήκη αυτόματης ταινίας διαλογής τύπου (Vibrating sorting Delta TRV 25) (αλκολική ζύμωση σε βαρέλια)

$$T_{ταιν} = 0.30h$$

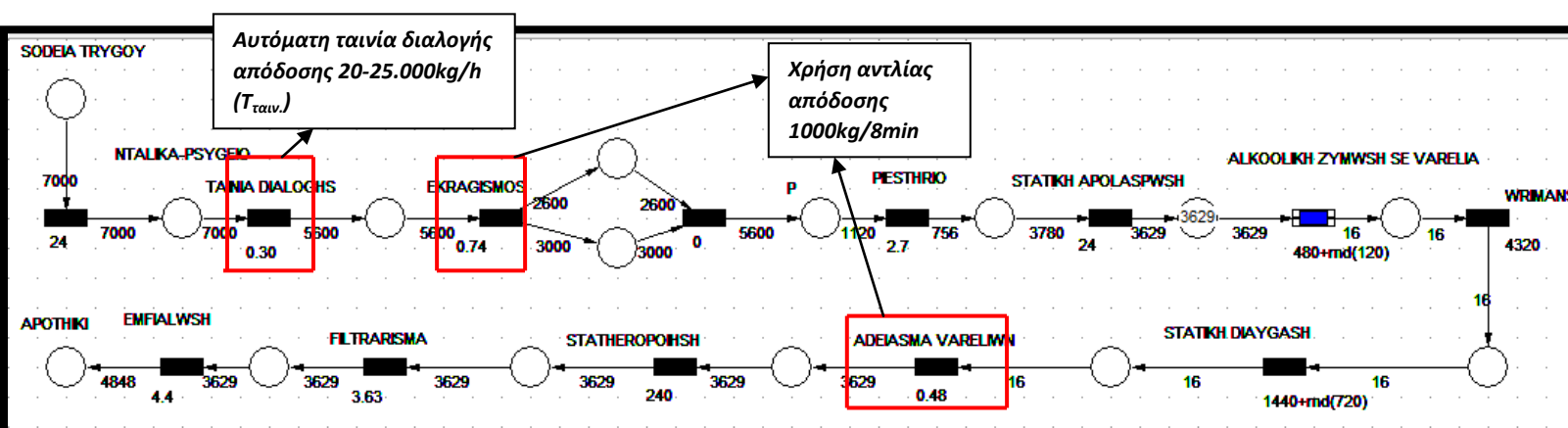
$$T_2 = 0.74h$$

$$T_6 = 579.7h$$

$$T_8 = 6583.3h$$

$$T_{10} = 0.48h$$

$$T_{tot} = 6842.2h - 4848 \text{ φιάλες}$$



Εικόνα 5.24.-Σενάριο λειτουργίας με χρήση αυτόματης ταινίας διαλογής

- **4^η Περίπτωση: Προσθήκη αυτόματης ταινίας διαλογής τύπου (Vibrating sorting Delta TRV 25)+ αντλίας αυξημένης παροχής κατα 50% (αλκοολική ζύμωση σε βαρέλια)**

Λόγω της μεγάλης χρονικής απόκλισης που υπάρχει εξαιτίας της τυχαιότητας στις διαδικασίες αλκοολικής ζύμωσης και στατικής διαύγασης, εφαρμόζονται στο συγκεκριμένο σενάριο οι χρόνοι T_6 και T_8 της 3^η περίπτωσης, ώστε να μπορέσει να υπάρξει σύγκριση μεταξύ των αλλαγών.

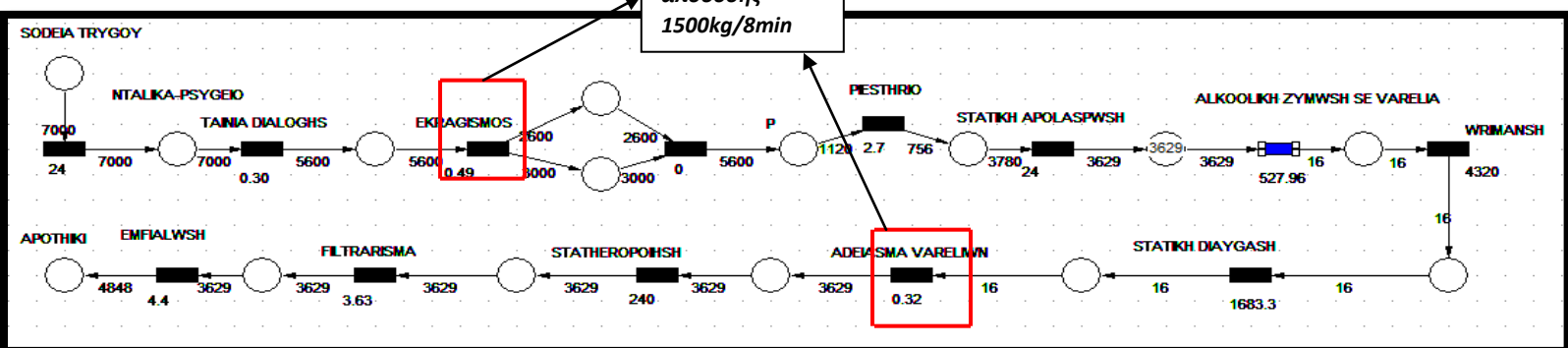
$$T_{\text{ταιν}} = 0.30\text{h}$$

$$T_2 = 0.49\text{h}$$

$$T_{10} = 0.32\text{h}$$

$$T_{\text{tot}} = 6841.9\text{h} - 4848 \text{ φιάλες}$$

Χρήση αντλίας
απόδοσης
1500kg/8min



Εικόνα 5.25.-Σενάριο λειτουργίας με χρήση αυτόματης ταινίας διαλογής+ χρήση αντλίας

αυξημένης παροχής

- **5^η Περίπτωση: : Προσθήκη αυτόματης ταινίας διαλογής τύπου (Vibrating sorting Delta TRV 25) (αλκοολική ζύμωση σε δεξαμενή)**

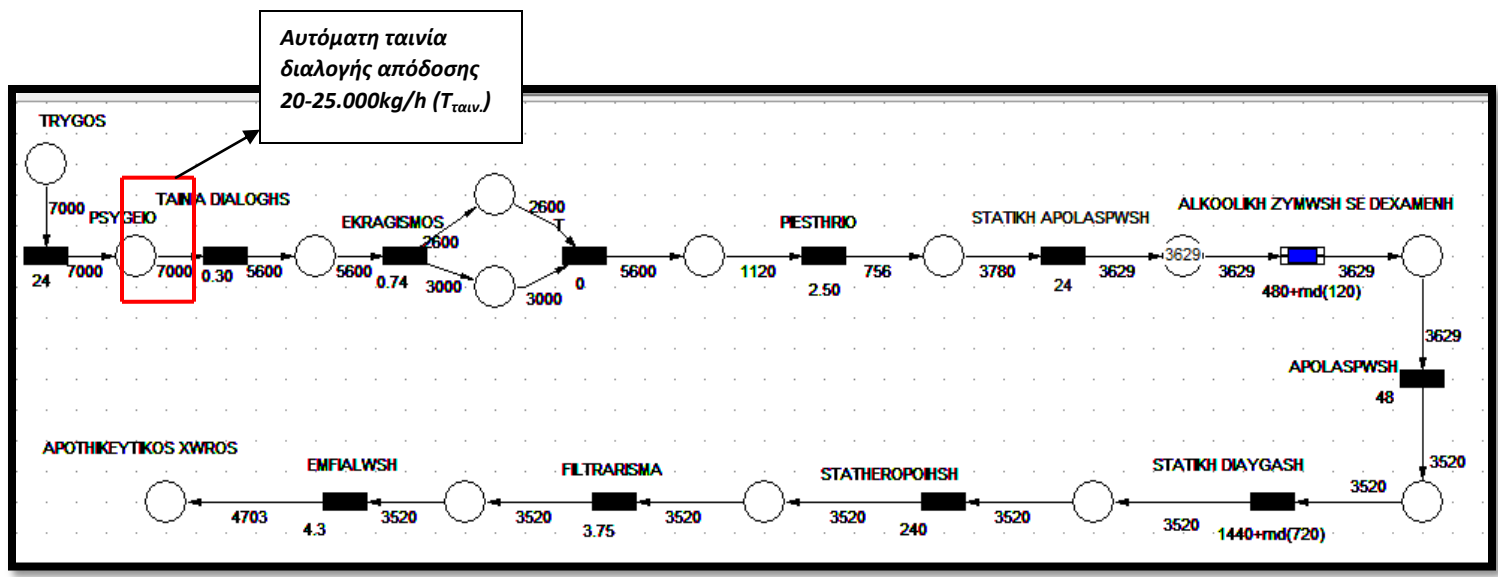
$$T_{\text{ταιν}} = 0.30\text{h}$$

$$T_2 = 0.74\text{h}$$

$$T_6 = 537.1\text{h}$$

$$T_8 = 2260.2\text{h}$$

$$T_{\text{tot}} = 2508.3 - 4703 \text{ φιάλες}$$



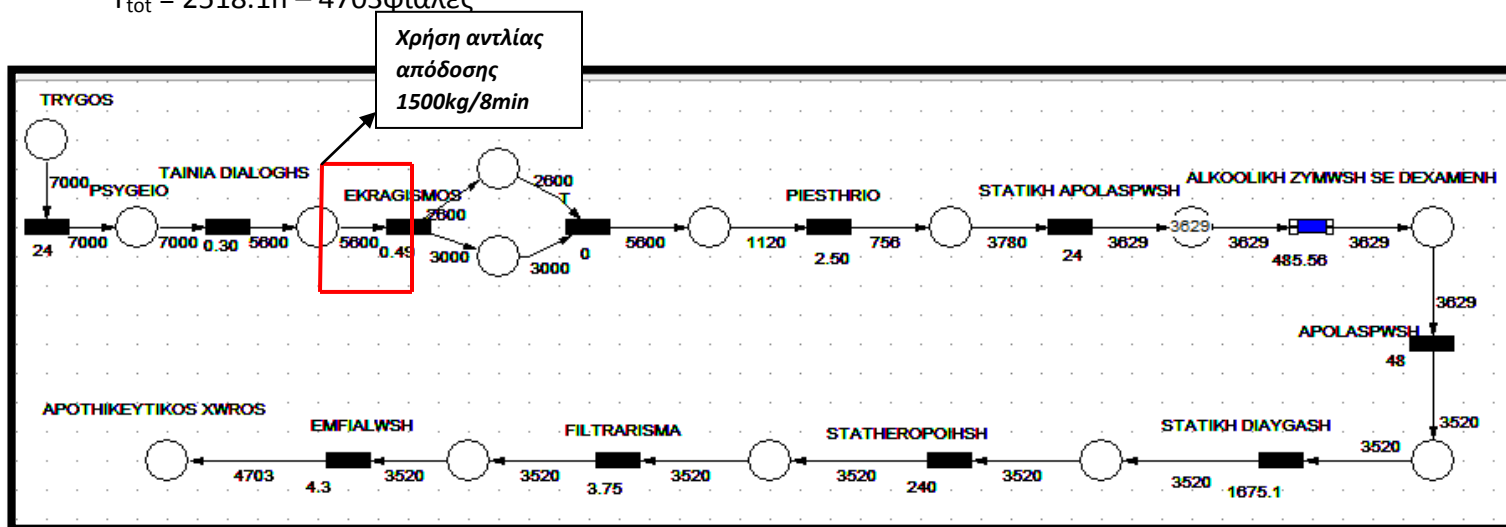
Εικόνα 5.26.-Σενάριο λειτουργίας με χρήση αυτόματης ταινίας διαλογής

- **6^η Περίπτωση: : Προσθήκη αυτόματης ταινίας διαλογής τύπου (Vibrating sorting Delta TRV 25) + αντλίας αυξημένης παροχής κατά 50% (αλκοολική ζύμωση σε δεξαμενή)**

Λόγω της μεγάλης χρονικής απόκλισης που υπάρχει εξαιτίας της τυχαιότητας στις διαδικασίες αλκοολικής ζύμωσης και στατικής διαύγασης, εφαρμόζονται στο συγκεκριμένο σενάριο οι χρόνοι T_6 και T_8 της 4^{ης} περίπτωσης, ώστε να μπορέσει να υπάρξει σύγκριση μεταξύ των αλλαγών.

$$T_2 = 0.49h$$

$$T_{tot} = 2518.1h - 4703 \text{ φιάλες}$$

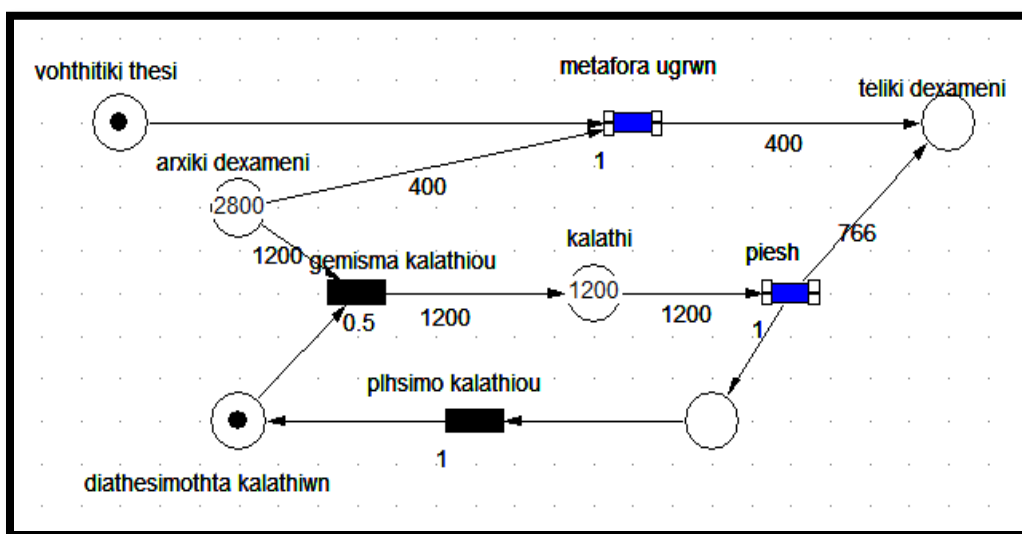


Εικόνα 5.27.-Σενάριο λειτουργίας με χρήση αυτόματης ταινίας διαλογής+ χρήση αντλίας αυξημένης παροχής

Σημείωση: Η διεργασία του διαχωρισμού υγρών-στερεών στο πιεστήριο είναι πολύ πιο πολύπλοκη απ' ό,τι έχει αποτυπωθεί σε όλα τα παραπάνω σενάρια και παρουσιάζεται

αναλυτικά στην εικόνα 5.28. Για λόγους απλούστευσης η συγκεκριμένη διαδικασία σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις αναπαριστάται ως μία μόνο μετάβαση, ισοδύναμης όμως αποδοτικότητας με αυτή του μοντέλου που ακολουθεί. Ουσιαστικά, χρησιμοποιείται ιεραρχική μοντελοποίηση δικτύων Petri, όπου κάποια κομμάτια του κυρίως μοντέλου αναλύονται στη συνέχεια σε επιμέρους πολύπλοκα δίκτυα. Τα συνολικά ποσοτικά χαρακτηριστικά της μετάβασης προκύπτουν από κατάλληλη προσομοίωση του νέου μοντέλου (πιεστήριο).

- Προσομοίωση της σύνθετης διαδικασίας του διαχωρισμού στο πιεστήριο με τη χρήση δύο διαθέσιμων καλαθιών



Εικόνα 5.28. – Προσομοίωση του διαχωρισμού στο πιεστήριο

- $m6^{(1)}$: Βοηθητική θέση, η χρήση της οποίας εξασφαλίζει πως η μεταφορά των υγρών από την αρχική δεξαμενή m_1 στην τελική δεξαμενή m_2 , πραγματοποιείται μόνο μία φορά κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, καταλήγοντας στη m_2 το 10% της αρχικής ποσότητας, χωρίς να περάσει από το πιεστήριο.
- Η μετάβαση «γέμισμα καλαθιού» διαρκεί μισή ώρα, το κάθε καλάθι έχει χωρητικότητα 1200kg, για το λόγο αυτό και τα βάρη εισόδου –εξόδου της είναι 1200.
- Η θέση «διαθεσιμότητα καλαθιού» εξασφαλίζει την δυνατότητα χρήσης ενός καλαθιού, άδειου και καθαρού, ενώ το Οινοποιείο συνολικά διαθέτει δύο καλάθια πίεσης.
- Η μετάβαση «μεταφορά υγρών» διαρκεί μία ώρα με βέλος εξόδου πολλαπλότητας την ποσότητα των καθαρών υγρών της m_1 ($400 = 10\% \cdot 4000\text{kg}$).

5.4.1. Σχολιασμός αποτελεσμάτων των εναλλακτικών σεναρίων

Για τις προσομοιώσεις των εναλλακτικών σεναρίων έγινε χρήση νέου εξοπλισμού, ο οποίος είναι καταγεγραμμένος στο κάθε μοντέλο της παραγράφου 5.4.:

1. Χρήση αντλίας kiser απόδοσης 1500kg/ 8min
2. Χρήση ταινίας διαλογής (μοντέλο Deltra TRV 25) απόδοσης 20-2500kg/h
3. Συνδυασμός των δύο παραπάνων

Τα βασικά σενάρια είναι κατά το δυνατόν ρεαλιστικά. Πρακτικά, αποφασίστηκε να μελετηθεί ως σημείο αναφοράς η καθημερινή ποσότητα που κατεργάζεται η μονάδα (7000kg), η οποία είναι δεδομένη, συγκεκριμένη και δεν εξαρτάται από τη χρήση μηχανικού εξοπλισμού.

Με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των εναλλακτικών σεναρίων με τα βασικά σενάρια λειτουργίας παρατηρήθηκε μία βελτίωση της τάξης 2-3% στο συνολικό χρόνο εκτέλεσης των γραμμών παραγωγής λευκής και ερυθρής οινοποίησης αντίστοιχα. Το γεγονός αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς η χρήση νέου εξοπλισμού έγινε σε διεργασίες (π.χ. εκραγισμός, μεταφορά στα βαρέλια), οι οποίες παρουσιάζουν πολύ μικρή χρονική διάρκεια σε σχέση με άλλες διεργασίες (π.χ. παλαίωση στα βαρέλια, στατική διαύγαση) πολύ μεγαλύτερης διάρκειας, οι οποίες περιορίζουν σημαντικά την απόδοση οποιασδήποτε αλλαγής σε μηχανολογικό εξοπλισμό της μονάδας και για τις οποίες δεν υπάρχει δυνατότητα να συμπιεστούν χρονικά (επι της ουσίας οι μεγάλες σε διάρκεια διαδικασίες εκτελούνται χωρίς τη χρήση εκτεταμένου μηχανολογικού εξοπλισμού και εμφανίζουν και σημαντική τυχαιότητα ανάλογα με τη χρονιά και τα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης που συγκεντρώνεται).

Πρακτικά, η συμβολή χρονικά της αντλίας στο κομμάτι μέχρι την αλκοολική ζύμωση της ημερήσιας παραγωγής, για όλα τα σενάρια, είναι πολύ μικρή. Συγκεκριμένα, η δοκιμή της αντλίας με αύξηση 50% της απόδοσης της υπάρχουσας αντλίας (1000kg/8min) οδήγησε σε μείωση κατά 30min του συνολικού χρόνου μέχρι και πριν τη διαδικασία της ζύμωσης.

Με τη χρήση της ταινίας διαλογής, παρατηρήθηκε ελάχιστη χρονική καθυστέρηση στο συνολικό χρόνο εκτέλεσης της γραμμής παραγωγής, περίπου αύξηση μισής ώρας. Η σημαντική διαφορά με τη χρήση αυτού του εξοπλισμού, ήταν η μείωση της τελικής ποσότητας των φιάλων. Το γεγονός αυτό οφείλεται, στο ότι κατά την διαλογή των σταφυλλιών στο αρχικό στάδιο, υποθέσαμε πως απορρίπτεται ένα ποσοστό 20% από την καθημερινή ποσότητα κατεργασίας, το οποίο αντιπροσωπεύει τα σταφύλια κακής ποιότητας. Το αποτέλεσμα μπορεί

να δίνει λιγότερες φιάλες, όμως αυξάνει σε σημαντικό ποσοστό την ποιότητα των τελικών προϊόντων, χωρίς να υπάρχει και κάποια σημαντική χρονοκαθυστέρηση. Η χρήση της ταινίας διαλογής θα έχει επίδραση και στην ποιότητα συνεπώς και στην τιμή πώλησης του τελικού προϊόντος, γεγονός που την καθιστά αναγκαία προϋπόθεση στην προσπάθεια που καταβάλει η οينوποιία για παραπέρα καταξίωση και αναγνώριση των προϊόντων της.

6° Κεφάλαιο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1.Ανακεφαλαίωση

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η λειτουργία της γραμμής παραγωγής ερυθρών και λευκών οίνων της Οινοποιίας Μανουσάκης. Αρχικά, γίνεται γενική αναφορά στην ελληνική οινοποιία σχετικά με την παραγωγή και την αμπελοκαλλιέργεια της, στην κατηγοριοποίηση των οίνων σε διεθνές επίπεδο, ενώ ακολουθούν σημαντικά στατιστικά στοιχεία της ευρωπαϊκής και παγκόσμιας οινοποιίας. Ακολουθεί η παρουσίαση και η ιστορία της συγκεκριμένης μονάδας οινοποίησης, ο διαθέσιμος μηχανολογικός εξοπλισμός και αμπελώνας της, καθώς επίσης και το πλήθος των τελικών προϊόντων που υπάρχουν διαθέσιμα στην εγχώρια και ξένη αγορά.

Σε επόμενο στάδιο παρουσιάζεται η διαδικασία οινοποίησης με αναλυτική περιγραφή της ακολουθίας των επιμέρους διεργασιών που πραγματοποιούνται για την παραγωγή κάθε είδος οίνου. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται μέσω διαγραμμάτων ροής, οι συνθήκες εκτέλεσης των διεργασιών και ο τρόπος λειτουργίας τους, η χρήση διαθέσιμων πόρων και οι αναλογίες τους στα διάφορα στάδια παραγωγής. Για τις ανάγκες της εργασίας, κατασκευάστηκαν δύο διαγράμματα ροής, αντιπροσωπεύοντας το καθένα την παραγωγή λευκού και ερυθρού οίνου αντίστοιχα.

Βάσει των διαγραμμάτων ροής και κάποιων επιπλέον πληροφοριών που έχουν συγκεντρωθεί, γίνεται η μοντελοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας με δίκτυα Petri. Δημιουργούνται δύο κύρια μοντέλα, αντίστοιχα των διαγραμμάτων ροής και πραγματοποιούνται οι προσομοιώσεις τους, καταγράφοντας τον συνολικό χρόνο εκτέλεσης της παραγωγικής διαδικασίας και του τελικού όγκου παραγωγής για τις δύο κατηγορίες οινοποίησης. Ακολουθεί η τροποποίηση επιλεγμένων παραμέτρων(π.χ. αύξηση παροχής αντλίας) και πρόσθεση νέων παραδοχών και εξετάζεται η επίδραση των αλλαγών αυτών στη διάρκεια των προσομοιώσεων. Τα αποτελέσματα καταγράφονται και σχολιάζονται αναλυτικά.

6.2.Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η παραγωγική διαδικασία στην οινοποιία Μανουσάκη. Για τις ανάγκες της εργασίας υλοποιήθηκαν 2 μοντέλα, για την διαδικασία παραγωγής λευκών και ερυθρών οίνων. Για τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ρεαλιστικές ποσοτικές πληροφορίες που προέκυψαν τόσο από επιτόπια παρατήρηση όσο και από συνεντεύξεις στελεχών της υπό μελέτη μονάδας. Έγιναν εκτεταμένες δοκιμές για να διασφαλιστεί πως οι χρόνοι κι οι ποσότητες που προκύπτουν από τις προσομοιώσεις προσεγγίζουν την πραγματική λειτουργία της μονάδας.

Τα αρχικά μοντέλα αποτέλεσαν τη βάση για τη μελέτη επιπλέον σεναρίων, που καταστρώθηκαν σε συνεργασία με τους υπεύθυνους της μονάδας και αφορούν στη χρήση νέου εξοπλισμού, τόσο για την μεταφορά ποσοτήτων πρώτων υλών εντός της μονάδας όσο και για τη χρήση τραπεζιού διαλογής. Από τις προσομοιώσεις προέκυψε πως οι συνατότητες περιορισμού του συνολικού χρόνου παραγωγής με χρήση άλλου εξοπλισμού είναι ελάχιστες, αφού οι πλέον χρονοβόρες διαδικασίες είναι μη ελαστικές και δεν εξαρτώνται από τη χρήση εξοπλισμού. Επιπλέον, η χρήση τραπεζιού διαλογής μειώνει την παραγόμενη ποσότητα, από την άλλη όμως βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα του τελικού προϊόντος.

6.3.Προτάσεις - Επεκτάσεις

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αποτελεί μία πολύ καλή «βάση» για την επέκταση της μελέτης που πραγματοποιήθηκε, εισάγοντας περισσότερα (ρεαλιστικά) στοιχεία που μπορούν να παραχωρηθούν από την οινοποιία Μανουσάκης και να χρησιμοποιηθούν για να εξεταστούν κάποια επιπλέον προβλήματα:

- Μελέτη αλλαγής της παραγωγικής διαδικασίας με την εισαγωγή νεότερων τεχνολογιών και μηχανημάτων,
- Εναλλακτικά (ρεαλιστικά) σενάρια λειτουργίας με τον υπάρχων εξοπλισμό, (άλλοι όγκοι παραγωγής)
- Έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας σε πραγματικό χρόνο,

- Μελέτη για την επέκταση σε νέες ποικιλίες με πιθανον διαφοροποίηση στον τρόπο επεξεργασίας
- Χρήση παλιών δεδομένων για την πρόβλεψη ζήτησης σε επόμενα έτη και τον καθορισμό του όγκου κάθε προϊόντος που θα παραχθεί.
- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη λειτουργία του εξοπλισμού.

Βιβλιογραφία

- [1] Γεώργιος Τσιναράκης – Διδακτορική διατριβή, *Μοντελοποίηση και μελέτη συστημάτων παραγωγής τυχαίας τοπολογίας με δίκτυα Petri, μία προσέγγιση ιεραρχικού ελέγχου*, Χανιά 2007
- [2] Zhou M.C. and DiCesare F., *Petri Net Synthesis for Discrete Event Control of Manufacturing Systems*, Kluwer Academic Publishers, 1993.
- [3] Peterson J. “Petri nets”, *Computing Surveys*, vol. 9, no. 3, pp. 223-252, September 1977
- [4] Desel J. and Juhas G., “What is a Petri Net? Informal Answers for the Informed Reader”, *Unifying Petri Nets*, Ehrig H., Juhas G., Padberg J. and Rozenberg G., Eds., Springer, pp. 1- 27, 2001.
- [5] Zimmerman A., διαθέσιμο στη διεύθυνση <http://pdv.cs.tu-berlin.de/~azi/petri.html>.
- [6] Murata T., “Petri Nets: Properties, Analysis and Applications”, in Proc. *IEEE*, vol. 77, no. 4, pp. 541 – 580, April 1989.
- [7] Jehng W. K., “Petri net models applied to analyze automatic sequential pressing systems”, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 120, pp. 115 – 125, 2002.
- [8] Jehng W. K., “Petri net models applied to analyze automatic sequential pressing systems”, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 120, pp. 115 – 125, 2002.

- [9] Hofestadt R., “A petri net application to model metabolic processes”, *Systems Analysis Modelling Simulation*, vol. 2, pp. 113 – 122, 1994.
- [10] Will J. and Heiner M., *Petri nets in Biology, Chemistry and Medicine –Bibliography-*, Τεχνική Έκθεση, Brandenburg University of Technology at Cottbus, 2002.
- [11] Desrochers A. and Al – Jaar R., *Applications of Petri Nets in Manufacturing Systems – Modeling, Control and Performance Analysis*, IEEE Press, 1995.
- [12] Levis A., *Discrete Event Systems*, Διαφάνειες, 2000.
- [13] Marsan A. M., Balbo G., Conte G., Donatelli S. and Franceschinis G., *Modeling with Generalized Stochastic Petri Nets*, Wiley, Series in Parallel Computing, 1995.
- [14] International Organisation of Vine and Wine <http://www.oiv.int/>
- [15] <http://www.nostoswines.com/el/index.php>
- [16] Σύνδεσμος Ελληνικού Οίνου <http://greekwinefederation.gr/gr/content/show/&tid=29>
- [23] Girault C. and Valk R., *Petri Nets for System Engineering*, Springer, 2002.
- [24] Valavanis K., “On the hierarchical Modeling, Analysis and Simulation of Flexible Manufacturing Systems with Extended Petri Nets”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 20, no. 1, pp. 94 – 110, 1990.
- [25] Jeng M. D. and DiCesare F., “A review of synthesis techniques for Petri nets with applications to Automated Manufacturing Systems”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 23, no. 1, pp. 301-312, 1993.
- [26] Βασίλης Κουϊκόγλου – Σημειώσεις μαθήματος: Προσομοίωση, Χανιά 2002
http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/simulation.pdf