



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

*Πρόβλεψη και προγραμματισμός της γραμμής
παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού της βιομηχανίας
Φάγε*

Παπανδρικοπούλου Βασιλική

A.M: 2008010106

Τριμελής επιτροπή:

- Δρ Τσιναράκης Γεώργιος, Ε.ΔΙ.Π, επιβλέπων καθηγητής
- Ιωαννίδης Ευστράτιος, επίκουρος καθηγητής, επιβλέπων καθηγητής
- Τσαφαράκης Στέλιος, Λέκτορας

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Τσιναράκη Γεώργιο για την επίβλεψη του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας και την άψογη συνεργασία την οποία είχαμε. Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της επιτροπής, κύριο Ιωαννίδη Ευστράτιο και τον κύριο Τσαφαράκη Στυλιανό για την εμφάνισή τους στην παρουσίαση της πτυχιακής μου εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συμφοιτητές μου για την συμπαράσταση και υποστήριξη τόσο κατά τη διάρκεια συγγραφής της διπλωματικής εργασίας όσο και κατά την παρουσίαση της. Συγκεκριμένα ευχαριστώ τον Θοδωρή, τη Χρύσα και τον Θανάση για την καθοδήγηση που μου παρείχαν και την ψυχολογική υποστήριξη που μου προσέφεραν καθώς και όλα τα υπόλοιπα άτομα που γνώρισα στα Χανιά. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της οικογένειάς μου για την ανοχή και υπομονή που μου παρείχαν. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τη μητέρα μου και τον αδερφό μου οι οποίοι στάθηκαν δίπλα μου σε όλες τις δυσκολίες που αντιμετώπισα το χρονικό διάστημα ενασχόλησής μου με την διπλωματική εργασία.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω προσωπικά τον κύριο Χάρη Κρομμύδα, διευθυντή παραγωγής του εργοστασίου της Φάγε, τον κύριο Νικόλαο Μπακόπουλο, υπεύθυνο προγραμματισμού παραγωγής, τον κύριο Δημήτρη Παππά, υπεύθυνο γραμμής παραγωγής και όλα τα μέλη της βιομηχανίας Φάγε με τα οποία είχα την χαρά να συνεργαστώ.

Περίληψη διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η γραμμή παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού της βιομηχανίας Φάγε. Πραγματοποιήθηκε μοντελοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας με χρήση δικτύων Petri. Κατά τη μοντελοποίηση κατασκευάστηκε ένα βασικό παραμετρικό σενάριο λειτουργίας σύμφωνα με το οποίο εξετάστηκαν τα εναλλακτικά σενάρια. Στο σύνολο εξετάστηκαν 108 διαφορετικά μοντέλα με τροποποιήσεις σε βασικά χαρακτηριστικά λειτουργίας (παροχή σωληνογραμμής, χρόνος ωρίμανσης γιαουρτιού στο σιλό, ταχύτητα επεξεργασίας των διαχωριστήρων). Με την ολοκλήρωση της μοντελοποίησης στη γραμμή παραγωγής ακολούθησε η μοντελοποίηση της συσκευασίας που αποτελεί ένα ξεχωριστό υποσύστημα. Ο συνδυασμός αυτών των δύο μοντελοποιήσεων δίνει τον συνολικό χρόνο που χρειάζεται ένα σιλό γιαουρτιού για να γίνει τελικό προϊόν.

Στη συνέχεια, στο δεύτερο μέρος της εργασίας πραγματοποιήθηκε πρόβλεψη με χρήση μαθηματικών μεθόδων. Εξετάστηκαν τρεις μέθοδοι πρόβλεψης και έπειτα έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων που έδωσαν. Σε συνεργασία με τα αρμόδια στελέχη της Φάγε επιλέχθηκαν τα κατάλληλα νούμερα τα οποία αντιστοιχούσαν σε μία μέθοδο πρόβλεψης, την εκθετική εξομάλυνση. Χρησιμοποιώντας εκθετική εξομάλυνση έγινε πρόβλεψη ζήτησης για το έτος 2014 έχοντας ως στοιχεία τις πωλήσεις των ετών 2011-2012-2013. Με βάσει ένα διάγραμμα εποχικότητας κατανεμήθηκαν οι πωλήσεις σε όλους τους μήνες και έπειτα εφαρμόστηκε η μέθοδος. Τα αποτελέσματα της μεθόδου παρουσιάστηκαν ως μηνιαίο πλάνο παραγωγής και αφού έγινε αναλυτικότερη επεξεργασία δόθηκαν ως πρόταση στην εταιρεία ως ημερήσιο πλάνο για όλο το έτος του 2014.

Στο τελευταίο τμήμα της εργασίας προτείνονται κάποιες ιδέες σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής και θέλοντας να επεκτείνουμε την πρόβλεψη προτείνουμε τη χρήση πιο πολύπλοκων μεθόδων έχοντας φυσικά τα απαραίτητα στοιχεία.

Περιεχόμενα

• Κεφάλαιο 1^ο – Εισαγωγή

1.1 Κίνητρα.....	15
1.2 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.....	16
1.3 Χρήση δικτύων Petri και προγραμματισμός.....	16
1.4 Συνεισφορά και στόχος διπλωματικής εργασίας.....	17
1.5 Δομή διπλωματικής εργασίας.....	18

• Κεφάλαιο 2^ο - Παρουσίαση Θεμελιωδών Εννοιών (Σχετική θεωρία)

2.1 Μοντελοποίηση.....	20
2.1.1 Η διαδικασία της μοντελοποίησης.....	21
2.2 Δίκτυα Petri.....	22
2.2.1 Δυνατότητες και εφαρμογές των δικτύων Petri	22
2.2.2 Συνήθη δίκτυα Petri.....	24
2.2.2.1 Δομικά στοιχεία δικτύων Petri.....	24
2.2.2.2 Μαθηματικός ορισμός συνήθων δικτύων Petri.....	26
2.2.2.3 Ετοιμότητα και ενεργοποίηση μεταβάσεων.....	26
2.2.2.4 Σημάνσεις δικτύων Petri.....	27
2.2.2.5 Βασικές δυναμικές καταστάσεις που μοντελοποιούνται με δίκτυα Petri.....	27
2.3 Επεκτάσεις δικτύων Petri.....	29
2.3.1 Χρονικά δίκτυα Petri.....	30
2.3.2 Επεκτάσεις τόξων στα δίκτυα Petri.....	31
2.3.3 Συνεχή δίκτυα Petri.....	31
2.3.4 Υβριδικά δίκτυα Petri.....	33
2.3 Προσομοίωση.....	35
2.4 Πρόβλεψη.....	37
2.4.1 Εισαγωγή στη πρόβλεψη.....	38
2.4.2 Διαδικασία πρόβλεψης.....	40
2.4.3 Μέθοδοι πρόβλεψης.....	42
2.4.4 Ανάλυση χρονοσειρών (Ποσοτικών μεθόδων).....	45
2.4.4.1 Απλός κινητός μέσος όρος (Moving average).....	46

2.4.4.2 Εκθετική εξομάλυνση (Simple exponential smoothing).....	47
2.4.4.3 Γραμμική παλινδρόμηση (Linear regression).....	48
2.5 Production Scheduling (Χρονικός Προγραμματισμός Παραγωγής).....	50

• Κεφάλαιο 3^ο - Η βιομηχανία ΦΑΓΕ

3.1 Παρουσίαση της εταιρείας.....	54
3.2 Σημεία σταθμοί στην ιστορία της ΦΑΓΕ.....	56
3.3 Παρουσίαση παραγωγικών εγκαταστάσεων.....	57
3.4 Παρουσίαση προϊόντων.....	60
3.4.1 Παραλαβή και τυποποίηση γάλακτος.....	61
3.4.2 Γκάμα γιαουρτιών και οικογένειες προϊόντων.....	62
3.5 Οικονομικά στοιχεία της εταιρείας.....	64

• Κεφάλαιο 4^ο - Η διαδικασία παραγωγής του στραγγιστού γιαουρτιού

4.1 Παρουσίαση της παραγωγικής διαδικασίας.....	77
4.2 Τα προϊόντα της ελληνικής αγοράς.....	81
4.2.1 Σύσταση και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.....	83
4.3 Ο προγραμματισμός της παραγωγής.....	88
4.4 Η διαδικασία της συσκευασίας.....	93
4.4.1 Τα στάδια της συσκευασίας.....	100
4.4.2 Οι μηχανές συσκευασίας.....	

• Κεφάλαιο 5^ο - Μοντελοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας με υβριδικά δίκτυα Petri και προσομοίωση των εναλλακτικών σεναρίων λειτουργίας

5.1 Βασικό μοντέλο λειτουργίας γραμμής παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού.....	100
5.1.1 Επεξήγηση βασικού σεναρίου λειτουργίας.....	101
5.1.2 Μοντέλο λειτουργίας γραμμής παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού.....	103
5.1.3 Ανάλυση όλων των σεναρίων λειτουργίας και παρουσίαση πίνακα προσομοιώσεων..	106
5.2 Προσομοίωση συστημάτων.....	103
5.2.1 Προσομοίωση γραμμής παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού.....	116

5.2.2 Προσομοίωση μηχανών συσκευασίας.....	120
• Κεφάλαιο 6 ⁰ – Πρόβλεψη παραγωγής για το έτος 2014	
6.1 Συνοπτική παρουσίαση της αγοράς γιαουρτιού στο εξωτερικό και στην Ελλάδα.....	122
6.2 Πρόβλεψη παραγωγής για το έτος 2014.....	126
6.2.1 Πωλήσεις total (2011-2013).....	127
6.2.2 Ανάλυση πρόβλεψης.....	135
6.2.3 Πλάνο παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού (μηνιαίο και ημερήσιο).....	144
• Κεφάλαιο 7 ⁰ – Συμπεράσματα και προτάσεις	
7.1 Ανακεφαλαίωση και συμπεράσματα.....	153
Βιβλιογραφία.....	156

Παράρτημα

Πίνακας Εικόνων

<u>Εικόνα 1:</u> Παράδειγμα δικτύου Petri α) πριν και β) μετά την ενεργοποίηση της μετάβασης του.....	27
<u>Εικόνα 2:</u> Αναπαράσταση με ΔΡ α) ακολουθίας γεγονότων, β) παραλληλίας, γ) αμοιβαίου αποκλεισμού και δ) συγχρονισμού.....	29
<u>Εικόνα 3:</u> Διάγραμμα ζήτησης.....	40
<u>Εικόνα 4:</u> Τύποι σφαλμάτων.....	41
<u>Εικόνα 5:</u> Εργοστάσιο παραγωγής γιαουρτιού, Μεταμόρφωση Αττικής.....	57
<u>Εικόνα 6:</u> Εργοστάσιο παραγωγής γιαουρτιού, Johnstown Νέας Υόρκης.....	57
<u>Εικόνα 7:</u> Εργοστάσιο παραγωγής γάλακτος, Μεταμόρφωση Αττικής.....	58
<u>Εικόνα 8:</u> Εργοστάσιο παραγωγής γιαουρτιού, Αμύνταιο Φλώρινας.....	58
<u>Εικόνα 9:</u> Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας.....	71
<u>Εικόνα 10:</u> Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας, παστερίωση-διαχωρισμός.....	72
<u>Εικόνα 11:</u> Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας, προσθήκη κρέμας-συσκευασία.....	73
<u>Εικόνα 12:</u> Η παραγωγική διαδικασία σε στάδια (συνοπτικά).....	80
<u>Εικόνα 13:</u> Οι συσκευασίες του πλήρες γιαουρτιού (5% λιπαρά).....	82
<u>Εικόνα 14:</u> Οι συσκευασίες του ημίπαχου γιαουρτιού (2% λιπαρά).....	83
<u>Εικόνα 15:</u> Οι συσκευασίες του άπαχου γιαουρτιού (0% λιπαρά).....	83
<u>Εικόνα 16:</u> Total 2% με ρόδι και βατόμουρο.....	84

<u>Εικόνα 17:</u> Total 2% με μέλι.....	84
<u>Εικόνα 18:</u> Total 2% με κεράσι.....	84
<u>Εικόνα 19:</u> Total 2% με πορτοκάλι και μανταρίνι.....	84
<u>Εικόνα 20:</u> Total 2% με μύρτιλο.....	84
<u>Εικόνα 21:</u> Total 2% με φράουλα.....	84
<u>Εικόνα 22:</u> Έντυπο ημερήσιου προγραμματισμού.....	92
<u>Εικόνα 23:</u> Απεικόνιση σταδίων συσκευασίας σε μηχανή gasti.....	93
<u>Εικόνα 24:</u> Στάδια 1-11 της μηχανής συσκευασίας.....	94
<u>Εικόνα 25:</u> Στάδιο 2, σταθμός εκκένωσης σκόνης.....	95
<u>Εικόνα 26:</u> Στάδιο 4, Στάδιο δοσολογίας πλήρωσης.....	96
<u>Εικόνα 27:</u> Στάδια 5-6-7-8, αποστείρωση-τοποθέτηση χάρτινων καπακίων και αποστείρωση-τοποθέτηση αλουμινίων.....	96
<u>Εικόνα 28:</u> Στάδιο 9-10, Έλεγχος στεγανότητας.....	97
<u>Εικόνα 29:</u> Μηχανή Oystar Hamba.....	98
<u>Εικόνα 30:</u> Μηχανή Oystar Gasti.....	98
<u>Εικόνα 31:</u> Παρουσίαση μοντέλου.....	101
<u>Εικόνα 32:</u> Βασικό σενάριο λειτουργίας.....	107
<u>Εικόνα 33:</u> Σενάριο λειτουργίας με μειωμένη παροχή σωληνογραμμής.....	108
<u>Εικόνα 34:</u> Σενάριο λειτουργίας με αυξημένη σωληνογραμμής.....	109
<u>Εικόνα 35:</u> Σενάριο λειτουργίας με βασική παροχή σωληνογραμμής και μεγαλύτερο χρόνο ωρίμανσης του	

γιαουρτιού στο σιλό.....	110
<u>Εικόνα 36:</u> Σενάριο λειτουργίας με μειωμένη παροχή σωληνογραμμής και μεγαλύτερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό.....	111
<u>Εικόνα 37:</u> Σενάριο λειτουργίας με αυξημένη παροχή σωληνογραμμής και μεγαλύτερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό.....	112
<u>Εικόνα 38:</u> Σενάριο λειτουργίας με βασική παροχή σωληνογραμμής και μικρότερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό.....	113
<u>Εικόνα 39:</u> Σενάριο λειτουργίας με μειωμένη παροχή σωληνογραμμής και μικρότερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό.....	114
<u>Εικόνα 40:</u> Σενάριο λειτουργίας με αυξημένη παροχή σωληνογραμμής και μικρότερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό.....	115
<u>Εικόνα 41:</u> Προσομοίωση συσκευασίας.....	120
<u>Εικόνα 42:</u> Μερίδιο αγοράς βάσει όγκου πωλήσεων για το έτος 2011.....	123
<u>Εικόνα 43:</u> Μερίδιο αγοράς βάσει όγκου πωλήσεων για το έτος 2012.....	123
<u>Εικόνα 44:</u> Μερίδιο αγοράς βάσει όγκου πωλήσεων για το έτος 2013.....	124
<u>Εικόνα 45:</u> Μερίδιο αγοράς βάσει αξίας πωλήσεων για το έτος 2011.....	125
<u>Εικόνα 46:</u> Μερίδιο αγοράς βάσει αξίας πωλήσεων για το έτος 2012.....	125
<u>Εικόνα 47:</u> Μερίδιο αγοράς βάσει αξίας πωλήσεων για το έτος 2013.....	126
<u>Εικόνα 48:</u> Διάγραμμα κατανομής εποχικότητας.....	128

Πίνακας Πινάκων

<u>Πίνακας 1:</u> Ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης.....	43
<u>Πίνακας 2:</u> Ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης.....	44
<u>Πίνακας 3:</u> Αιτιατικές μέθοδοι πρόβλεψης.....	45
<u>Πίνακας 4:</u> Οικονομικά αποτελέσματα 2010.....	63
<u>Πίνακας 5:</u> Οικονομικά αποτελέσματα 2011.....	65
<u>Πίνακας 6:</u> Οικονομικά αποτελέσματα 2012.....	66
<u>Πίνακας 7:</u> Οικονομικά αποτελέσματα 2013.....	67
<u>Πίνακας 8:</u> Συγκριτικά αποτελέσματα Κ.Α.Χ 2009-2010.....	69
<u>Πίνακας 9:</u> Συγκριτικά αποτελέσματα Κ.Α.Χ 2010-2011.....	69
<u>Πίνακας 10:</u> Συγκριτικά αποτελέσματα Κ.Α.Χ 2011-2012.....	70
<u>Πίνακας 11:</u> Συγκριτικά αποτελέσματα Κ.Α.Χ 2012-2013.....	70
<u>Πίνακας 12:</u> Πίνακας προϊόντων ελληνικής αγοράς.....	82
<u>Πίνακας 13:</u> Χαρακτηριστικά λειτουργίας μηχανών συσκευασίας.....	99
<u>Πίνακας 14:</u> Δεδομένα προσομοίωσης.....	103
<u>Πίνακας 15:</u> Διάρκειες προσομοιώσεων.....	119
<u>Πίνακας 16:</u> Χρόνοι προσομοίωσης συσκευασίας.....	121
<u>Πίνακας 17:</u> Πωλήσεις 5%, 200γρ, 2011.....	127
<u>Πίνακας 18:</u> Πωλήσεις 5%, 200γρ, 2012.....	129

<u>Πίνακας 19:</u> Πωλήσεις 5%, 200γρ, 2013.....	129
<u>Πίνακας 20:</u> Πωλήσεις 5%, 500γρ, 2011.....	130
<u>Πίνακας 21:</u> Πωλήσεις 5%, 500γρ, 2012.....	130
<u>Πίνακας 22:</u> Πωλήσεις 5%, 500γρ, 2013.....	130
<u>Πίνακας 23:</u> Πωλήσεις 5%, 1.000γρ, 2011.....	130
<u>Πίνακας 24:</u> Πωλήσεις 5%, 1.000γρ, 2012.....	131
<u>Πίνακας 25:</u> Πωλήσεις 5%, 1.000γρ, 2013.....	131
<u>Πίνακας 26:</u> Πωλήσεις 2%, 200γρ, 2011.....	131
<u>Πίνακας 27:</u> Πωλήσεις 2%, 200γρ, 2012.....	131
<u>Πίνακας 28:</u> Πωλήσεις 2%, 200γρ, 2013.....	132
<u>Πίνακας 29:</u> Πωλήσεις 2%, 500γρ, 2011.....	132
<u>Πίνακας 30:</u> Πωλήσεις 2%, 500γρ, 2012.....	132
<u>Πίνακας 31:</u> Πωλήσεις 2%, 500γρ, 2013.....	132
<u>Πίνακας 32:</u> Πωλήσεις 2%, 1.000γρ, 2011.....	133
<u>Πίνακας 33:</u> Πωλήσεις 2%, 1.000γρ, 2012.....	133
<u>Πίνακας 34:</u> Πωλήσεις 2%, 1.000γρ, 2013.....	133
<u>Πίνακας 35:</u> Πωλήσεις 2%, 135γρ, 2011.....	133
<u>Πίνακας 36:</u> Πωλήσεις 2%, 135γρ, 2012.....	134
<u>Πίνακας 37:</u> Πωλήσεις 2%, 135γρ, 2013.....	134

<u>Πίνακας 38:</u> Πωλήσεις 0%, 170γρ, 2011.....	134
<u>Πίνακας 39:</u> Πωλήσεις 0%, 170γρ, 2012.....	134
<u>Πίνακας 40:</u> Πωλήσεις 0%, 170γρ, 2013.....	135
<u>Πίνακας 41:</u> Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση $\alpha=0.15$	136
<u>Πίνακας 42:</u> Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση $\alpha=0.20$	136
<u>Πίνακας 43:</u> Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση $\alpha=0.25$	137
<u>Πίνακας 44:</u> Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση $\alpha=0.30$	138
<u>Πίνακας 45:</u> Συγκριτικός πίνακας μεθόδων.....	138
<u>Πίνακας 46:</u> Πρόβλεψη παραγωγής 2% 200γρ.....	139
<u>Πίνακας 47:</u> Πρόβλεψη παραγωγής 2% 500γρ.....	140
<u>Πίνακας 48:</u> Πρόβλεψη παραγωγής 2% 1.000γρ.....	140
<u>Πίνακας 49:</u> Πρόβλεψη παραγωγής 2% 135γρ.....	141
<u>Πίνακας 50</u> Πρόβλεψη παραγωγής 5% 200γρ.....	141
<u>Πίνακας 51:</u> Πρόβλεψη παραγωγής 5% 500γρ.....	142
<u>Πίνακας 52:</u> Πρόβλεψη παραγωγής 5% 1.000γρ.....	143
<u>Πίνακας 53:</u> Πρόβλεψη παραγωγής 0% 170γρ.....	143
<u>Πίνακας 54:</u> Πλάνο παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού total	144
<u>Πίνακας 55:</u> Συγκριτικός πίνακας όγκου πωλήσεων για την περίοδο Μάρτιος 2013-Μάρτιος 2014	145
<u>Πίνακας 56:</u> Συγκριτικός πίνακας αξίας πωλήσεων για την περίοδο Μάρτιος 2013-Μάρτιος 2014	145

<u>Πίνακας 57:</u> Πλάνο παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού total με συντελεστή ασφαλείας.....	146
<u>Πίνακας 58:</u> Τελικό πλάνο παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού.....	147
<u>Πίνακας 59:</u> Πλάνο παραγωγής Ιανουάριος 2014.....	148
<u>Πίνακας 60:</u> Πλάνο παραγωγής Φεβρουάριος 2014.....	148
<u>Πίνακας 61:</u> Πλάνο παραγωγής Μάρτιος 2014.....	149
<u>Πίνακας 62:</u> Πλάνο παραγωγής Απρίλιος 2014.....	149
<u>Πίνακας 63:</u> Πλάνο παραγωγής Μάιος 2014.....	149
<u>Πίνακας 64:</u> Πλάνο παραγωγής Ιούνιος 2014.....	150
<u>Πίνακας 65:</u> Πλάνο παραγωγής Ιούλιος 2014.....	150
<u>Πίνακας 66:</u> Πλάνο παραγωγής Αύγουστος 2014.....	150
<u>Πίνακας 67:</u> Πλάνο παραγωγής Σεπτέμβριος 2014.....	151
<u>Πίνακας 68:</u> Πλάνο παραγωγής Οκτώβριος 2014.....	151
<u>Πίνακας 69:</u> Πλάνο παραγωγής Νοέμβριος 2014.....	151
<u>Πίνακας 70:</u> Πλάνο παραγωγής Δεκέμβριος 2014.....	152

1^ο Κεφάλαιο

Εισαγωγή

1.1 Κίνητρα

Στο σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον με τον έντονο ανταγωνισμό και τις διαρκώς εντεινόμενες πιέσεις για περιορισμό των χρόνων και του κόστους παραγωγής, η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση των πόρων και των παραγωγικών δυνατοτήτων, είναι από τους πλέον καθοριστικούς παράγοντες για τη βιωσιμότητα των βιομηχανιών. Η μελέτη προβλημάτων από την περιοχή των βιομηχανικών συστημάτων και των συστημάτων παραγωγής αποτελεί ιδιαίτερα δημοφιλές αντικείμενο στην επιστημονική κοινότητα, αφού ακόμα και μικρές εξελίξεις μπορεί να οδηγήσουν σε τεράστια οφέλη. Σε αυτό συνεισφέρει η μεγάλη ποικιλία προβλημάτων σχετικών με συστήματα παραγωγής καθώς και το γεγονός ότι πολλά προβλήματα δεν μπορούν να επιλυθούν αναλυτικά λόγω ιδιαίτερα αυξημένης πολυπλοκότητας.

Ένα σημαντικό πρόβλημα προερχόμενο από τον κλάδο των συστημάτων παραγωγής είναι ο προγραμματισμός παραγωγής βιομηχανικών μονάδων. Η βελτίωση του προγράμματος παραγωγής σε μία βιομηχανία μπορεί να αποφέρει σημαντικά οφέλη στη λειτουργία της και να την ισχυροποιήσει σε αυτό το περιβάλλον αυξημένης ανταγωνιστικότητας που περιγράφεται. Η ύπαρξη σημαντικών αβεβαιοτήτων στις αγορές αλλά και στη λειτουργία μίας βιομηχανίας δυσχεραίνει τη προσπάθεια κατάρτισης ενός αποτελεσματικού προγράμματος παραγωγής. Για να περιοριστούν αυτά τα προβλήματα είναι συνήθης πρακτική η αξιοποίηση παλαιότερων αποτελεσμάτων στη προσπάθεια πρόβλεψης των μελλοντικών πωλήσεων χρησιμοποιώντας κατάλληλα μαθηματικά

μοντέλα. Επιπλέον μέσω της προσομοίωσης μπορεί να ελεγχθεί η εφικτότητα κάποιων λύσεων και να μελετηθεί η εμφάνιση κάποιων καταστάσεων. Η εφαρμογή των παραπάνω στην περίπτωση της βιομηχανίας Φάγε αποτέλεσαν το πρωταρχικό κίνητρο υλοποίησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

1.2 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μελέτη της μονάδας παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού της βιομηχανίας Φάγε που βρίσκεται στη Μεταμόρφωση Αττικής. Αρχικά καταγράφεται η λειτουργία της γραμμής παραγωγής και συγκεκριμένα τα στάδια, οι χρονικές διάρκειες, οι ροές πρώτων υλών και προϊόντων καθώς και η διαδικασία συσκευασίας. Στη συνέχεια γίνεται μοντελοποίηση της γραμμής παραγωγής του στραγγιστού γιαουρτιού και μέσω προσομοίωσης μελετώνται εναλλακτικά σενάρια παραγωγής. Λαμβάνοντας υπόψιν τους περιορισμούς (φυσικούς, τεχνολογικούς και χρηματικούς) που συναντώνται καθημερινά σε μία τέτοια γραμμή παραγωγής, προσεγγίζεται ο τρόπος λειτουργίας της σαν ένας συνδυασμός πολλών παραμέτρων που λαμβάνουν τιμές με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Στη συνέχεια επιχειρείται πρόβλεψη του όγκου παραγωγής για κάθε κατηγορία προϊόντος βασιζόμενη σε όγκους παραγωγής προηγούμενων ετών χρησιμοποιώντας κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα. Γίνεται χρήση διαφορετικών μοντέλων και με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν καθώς και εκτιμήσεις στελεχών της Φάγε επιλέγεται το πλέον κατάλληλο το οποίο παράγει τα πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα. Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα αυτά προτείνεται ένα μηνιαίο πλάνο παραγωγής για όλα τα προϊόντα και συσκευασίες.

1.3 Μέθοδος επίλυσης

Το βασικό εργαλείο που χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική εργασία για τη μοντελοποίηση της γραμμής παραγωγής του στραγγιστού γιαουρτιού, είναι τα δίκτυα Petri (ΔP) και οι επεκτάσεις τους. Τα ΔP συνδυάζουν ένα απλό γραφικό περιβάλλον, που αυξάνει σημαντικά τη δυνατότητα κατανόησης και 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 AP 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 στη συνέχεια της διπλωματικής εργασίας καθώς και στην ανάλυση του τρόπου μοντελοποίησης του συστήματος.

Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται μαθηματικά εργαλεία πρόβλεψης για τα προϊόντα στραγγιστού γιαουρτιού που παράγονται για το έτος 2014 αξιοποιώντας τα δεδομένα πωλήσεων της τελευταίας τριετίας. Από τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής υπολογίζονται οι μηνιαίες ποσότητες παραγωγής και βάσει αυτών γίνεται ο προγραμματισμός παραγωγής σε μηνιαίο και ημερήσιο επίπεδο.

1.4 Συνεισφορά και στόχος διπλωματικής εργασίας

Η ιδέα εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας ξεκίνησε στα πλαίσια της πρακτικής άσκησης η οποία πραγματοποιήθηκε στη γαλακτοβιομηχανία Φάγε την περίοδο Ιούλιο 2013-Οκτώβριο 2013. Η πρακτική άσκηση αποτέλεσε την πρώτη επαφή με ένα πραγματικό βιομηχανικό περιβάλλον το οποίο συντίθεται τόσο από ανθρώπους όσο και από μηχανήματα τα οποία αλληλεπιδρούν. Στα πλαίσια αυτά αντιμετωπίστηκαν στην πράξη θέματα σχετικά με τη διαχείριση της μονάδας παραγωγής της βιομηχανίας Φάγε, των προβλημάτων που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία της γαλακτοβιομηχανίας, των χαρακτηριστικών του συστήματος, των ενεργειών που πραγματοποιούνται και τέλος του χειρισμού που απαιτούν όλα τα παραπάνω για μια ομαλή λειτουργία. Μέσα από τη συναναστροφή και τη συνεργασία με στελέχη της εταιρείας εντοπίστηκε το συγκεκριμένο θέμα για μελέτη το οποίο παρουσιάζει τόσο ακαδημαϊκό όσο και πρακτικό ενδιαφέρον για την εταιρεία. Για το λόγο αυτό και για την παρουσίαση ενός αξιόλογου και ικανοποιητικού αποτελέσματος η Φάγε παρείχε αρκετά ευαίσθητα-απόρρητα στοιχεία τα οποία ήταν απαραίτητα για να υλοποιηθεί η εργασία αυτή. Τα στοιχεία αυτά αφορούσαν κυρίως παραγωγικές διαδικασίες, πωλήσεις προϊόντων, πρώτες ύλες, όγκους παραγωγής, έσοδα και έξοδα του Ομίλου, δυνατότητες αποθηκευτικών χώρων και συνταγές παραγωγής γιαουρτιών.

Λαμβάνοντας ως δεδομένα τη χωροθέτηση, τη διασύνθεση και τα λειτουργικά

χαρακτηριστικά των μηχανών σε συνδυασμό με τις παραγωγικές τους δυνατότητες θα δημιουργηθεί ένα μοντέλο λειτουργίας του εργοστασίου το οποίο θα αποτελέσει αντικείμενο μελέτης μέσω προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της πρόβλεψης που θα γίνει για τους όγκους παραγωγής για το 2014 θα χρησιμοποιηθούν για τον τελικό προγραμματισμό παραγωγής σε μηνιαία και ημερήσια βάση για το εργοστάσιο.

1.5 Δομή διπλωματικής εργασίας

Στο εισαγωγικό αυτό κεφάλαιο, παρουσιάστηκε το αντικείμενο που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία, η μέθοδος επίλυσης που χρησιμοποιείται και οι αντικειμενικοί στόχοι που τέθηκαν καθώς και τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

Στο κεφάλαιο δύο γίνεται εισαγωγή στις κύριες έννοιες των δικτύων Petri, η διασαφήνιση των οποίων είναι αναγκαία, αφού συνδέονται με το πρόγραμμα προσομοίωσης που χρησιμοποιείται στη διπλωματική εργασία. Επιπλέον, γίνεται ανάλυση των όρων scheduling, μοντελοποίηση, πρόβλεψη και προσομοίωση που αποτελούν αντικείμενα που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εταιρεία Φάγε. Κάνοντας μια ιστορική αναδρομή καταγράφεται η εξέλιξη της από την αρχή της δημιουργίας της μέχρι και σήμερα. Γίνεται ανάλυση των στόχων της εταιρείας, καταγραφή όλων των παραγόμενων προϊόντων του εργοστασίου της Μεταμόρφωσης και επισημαίνονται οι διαφορετικές οικογένειες προϊόντων που παράγονται τονίζοντας τις μεταξύ τους διαφοροποιήσεις. Ακόμα παρουσιάζονται οι εγκαταστάσεις του Ομίλου σε Ελλάδα και Αμερική. Το τελευταίο κομμάτι του τρίτου κεφαλαίου αφορά τα οικονομικά στοιχεία της εταιρείας αλλά και του Ομίλου με ποσά που έχουν βρεθεί στους ισολογισμούς και στους πίνακες καταστάσεων αποτελεσμάτων χρήσης (Κ.Α.Χ).

Το κεφάλαιο τέσσερα αναφέρεται κυρίως στην διαδικασία της παραγωγής του στραγγιστού γιαουρτιού total. Ξεκινώντας παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής όπου καλύπτει την παραγωγική διαδικασία από τη στιγμή της παραλαβής του γάλακτος μέχρι και την αποθήκευση των κυπέλλων. Δίνεται λεπτομερώς ο τρόπος με τον οποίο προγραμματίζεται καθημερινά η παραγωγή και στη συνέχεια αναλύονται όλα τα στάδια με τα χαρακτηριστικά τους (χρόνοι παραμονής, χωρητικότητες, ταχύτητες, παροχές). Έπειτα γίνεται αναφορά στη σύσταση των προϊόντων του στραγγιστού γιαουρτιού και καταγραφή όλης της γκάμας των προϊόντων που διανέμονται στο εγχώριο εμπόριο.

Κλείνοντας το κεφάλαιο αυτό εξετάζεται η διαδικασία της συσκευασίας και συγκεκριμένα οι μηχανές συσκευασίας που χρησιμοποιούνται μαζί με τα στάδια από τα οποία περνάει το προϊόν μέχρι να σφραγιστεί και να οδηγηθεί στην αποθήκευσή του.

Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στη δημιουργία του μοντέλου με δίκτυα Petri της γραμής παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού. Μετά την υλοποίηση του μοντέλου εισάγονται τα μαθηματικά δεδομένα που είναι αναγκαία για το στάδιο της προσομοίωσης. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται έλεγχος αποτελεσμάτων και αναλύεται βήμα-βήμα η διαδικασία της προσομοίωσης.

Με την ολοκλήρωση της προσομοίωσης ακολουθεί το έκτο κεφάλαιο το οποίο σχετίζεται με την ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης και την πρόβλεψη της παραγωγής για το έτος 2014. Λαμβάνοντας δεδομένα από τις πωλήσεις των προηγούμενων ετών και χρησιμοποιώντας μαθηματικά μοντέλα γίνεται η πρόβλεψη της παραγωγής και προτείνεται ένα μηνιαίο και στη συνέχεια ένα ημερήσιο πλάνο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής για τις οκτώ συσκευασίες στραγγιστού γιαουρτιού που παράγονται για το ελληνικό κοινό.

Η τελευταία ενότητα της παρούσας εργασίας σχετίζεται με τα συμπεράσματα που απορρέουν τόσο από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων όσο και από τα αποτελέσματα για την παραγωγή του 2014. Ανάλογα με την ευστάθεια τους προτείνονται πολιτικές προγραμματισμού και διαφορετικά σενάρια λειτουργίας. Γίνονται προτάσεις τροποποίησης στην λειτουργία της γραμμής παραγωγής (αν είναι εφικτές), ανασκόπηση για την συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας και τέλος προτείνονται κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις της παρούσας εργασίας.

2^ο Κεφάλαιο

Παρουσίαση Θεμελιωδών Εννοιών (Σχετική θεωρία)

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 και 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.

2.1.1 Η διαδικασία μοντελοποίησης

Ο σκελετός της διαδικασίας μοντελοποίησης αναπτύχθηκε από τους Bandler και Grinder και συνοψίζεται στα ακόλουθα 5 βήματα: [12]

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 μπορείς 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 και ανατροφοδοτεί τα προηγούμενα, οδηγώντας σε αρκετές επαναλήψεις τον αλγόριθμο μέχρι να μοντέλο να λάβει την οριστική του μορφή. Επιπλέον, η τελική μορφή αναθεωρείται οποτεδήποτε προκύψουν νέα δεδομένα, το μοντέλο αποδειχθεί ανεπαρκές για την περιγραφή καταστάσεων, επεκταθεί ή 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 συναντώνται 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 κι εφαρμογές των δικτύων Petri

Τα δίκτυα Petri (ΔP) 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 [11]-[14].

Τα ΔP 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. Ως γραφικό εργαλείο τα ΔP μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο απεικόνισης και 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 ΔP 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 και άλλων μαθηματικών μοντέλων που καθορίζουν τη συμπεριφορά των συστημάτων. Επειδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν από θεωρητικούς αλλά και από εφαρμοσμένους επιστήμονες, αποτελούν ισχυρό μέσο επικοινωνίας και συνεννόησης μεταξύ μελών των δύο αυτών ομάδων.

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 ΔP είναι η μοντελοποίηση, η ανάλυση συμπεριφοράς, η αξιολόγηση αποδοτικότητας, η επιβεβαίωση δομικών ιδιοτήτων, η προσομοίωση, η παρακολούθηση, ο χρονοπρογραμματισμός, ο εποπτικός έλεγχος και ο έλεγχος σε πραγματικό χρόνο συστημάτων. Τα ΔP μπορούν να εντοπίσουν παράγοντες που δρουν περιοριστικά στην απόδοση ενός συστήματος, προτείνοντας παράλληλα αλλαγές και βελτιώσεις που θα βοηθήσουν στη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς του. 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 ΔP προέρχονται από χώρους με εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά. Ένας από τους τομείς στον οποίο παρατηρείται μεγάλος αριθμός και ποικιλία εφαρμογών των ΔP είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και τα συστήματα επεξεργασίας πληροφορίας. Προβλήματα σχετικά με ηλεκτρονικούς υπολογιστές στα οποία χρησιμοποιούνται ΔP 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 και 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), εφαρμογές στην ιατρική και τη βιοτεχνολογία, μοντελοποίηση βιολογικών διαδικασιών (μεταβολικών διαδικασιών) και βιοχημεία, μοντελοποίηση οικολογικών διαδικασιών και περιβαλλοντικών θεμάτων.

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 αλληλεπιδρούν 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.

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. 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 σύνηθες δίκτυο Petri είναι ένα προσανατολισμένο γράφημα που ορίζεται από την πεντάδα στοιχείων: $\Delta P = \{P, T, I, O, m_0\}$, όπου $P = \{p_1, p_2, \dots, p_{np}\}$

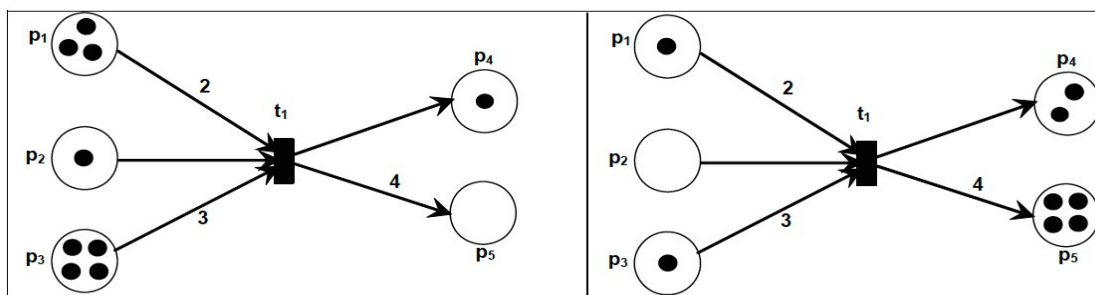
- είναι ένα πεπερασμένο και μη κενό σύνολο από θέσεις και
- ένα πεπερασμένο και μη κενό σύνολο από μεταβάσεις.
- Η τομή των συνόλων των θέσεων και των μεταβάσεων είναι το κενό σύνολο ($P \cap T = \emptyset$), ενώ η ένωση τους ορίζει το σύνολο V των κόμβων του δικτύου $P \cup T = V$
- Το $I: (P \times T) \rightarrow N$ είναι ο πίνακας συμβάντων εισόδου, που αντιστοιχεί στο σύνολο των τόξων με κατεύθυνση από θέσεις προς μεταβάσεις
- και το $O: (P \times T) \rightarrow N$ είναι ο πίνακας συμβάντων εξόδου, που αντιστοιχεί στο σύνολο των κατευθυνόμενων τόξων από μεταβάσεις προς θέσεις.
- είναι το σύνολο των τόξων ενός δικτύου Petri.
- Το σύνολο των τόξων ενός δικτύου Petri A , είναι $A = I \cup O$ και το N αναπαριστά το σύνολο των μη αρνητικών ακεραίων αριθμών.
- Ως m_0 συμβολίζεται η αρχική σήμανση του ΔP , 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 ΔP μια μετάβαση είναι σε ετοιμότητα (enabled) όταν όλες οι θέσεις εισόδου της περιέχουν τουλάχιστον μια τελεία. Δηλαδή, η $t \in T$ είναι σε ετοιμότητα αν $m(p_j) > 0$ για για κάθε $p_j \in P$ για

το οποίο ισχύει $I(p_j, t_i) = 1$. 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 δεν είναι 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 AP που προκαλείται από την ενεργοποίηση της μετάβασης του.



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

Μια μετάβαση χωρίς καμία θέση εισόδου ονομάζεται μετάβαση πηγής (source transition) 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 (sink transition) 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 AP 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 AP

συμβολίζεται με το γράμμα m κι είναι ένα διάνυσμα μεγέθους ίσου με τον αριθμό θέσεων του. Η αρχική σήμανση ενός ΔP 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 ΔP 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:

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

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 ΔP από m_i σε m_{i+1} σε 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 ΔP

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 ΔP ανταποκρίνονται στις ανάγκες μοντελοποίησης τους. Δύο επιπλέον καταστάσεις συνήθεις για τα συστήματα διακριτών γεγονότων είναι το αδιέξοδο και η σύγκρουση.

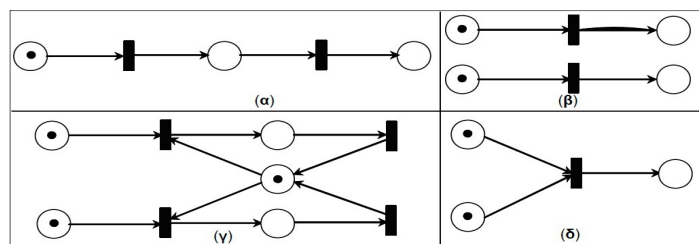
Η ακολουθία ή ακολουθιακή συμπεριφορά αναφέρεται σε ένα δίκτυο αποτελούμενο από δύο μεταβάσεις, όπου η θέση εξόδου της πρώτης αποτελεί τη θέση εισόδου της δεύτερης. Στην περίπτωση αυτή η δεύτερη μετάβαση δε μπορεί να ενεργοποιηθεί αν δεν προηγηθεί ενεργοποίηση της πρώτης. Η παραλληλία ή ταυτοχρονισμός 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 παρακάτω εικόνα.

Αδιέξοδο 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 σχεδιασμού, κι απαιτεί τον επανασχεδιασμό μέρους του συστήματος ή του μοντέλου του.



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 ΔP

Τα χρονικά ΔP χρησιμοποιούνται για την ποσοτική ανάλυση αποδοτικότητας και τον έλεγχο αξιοπιστίας συστημάτων στο πέρασμα του χρόνου. Στα χρονικά ΔP 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 ΔP 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 ΔP), να είναι τυχαίες μεταβλητές (π.χ. να ακολουθούν εκθετικές, ομοιόμορφες κτλ. κατανομές οπότε πρόκειται για στοχαστικά ΔP) 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 (□) 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 ΔP 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 ΔP , 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 (\longrightarrow), τα τόξα ενεργοποίησης έχουν διακεκομμένη γραμμή ($\text{-----}\rightarrow$) και τα τόξα παρεμπόδισης αναπαρίστανται ως βέλη με ένα μικρό κύκλο στο τέλος τους ($\text{-----}\bigcirc$).

Πρέπει να σημειωθεί πως στην περίπτωση που ένα ΔP είναι k -περιορισμένο, τα τόξα ενεργοποίησης και παρεμπόδισης μπορούν να αντικατασταθούν από ισοδύναμες δομές συνήθων ΔP . 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 Συνεχή ΔP

Τα συνεχή ΔP προκύπτουν από τα αντίστοιχα χρονικά ΔP μετατρέποντας τις σημάνσεις

τους από ακέραιους σε πραγματικούς αριθμούς. Όταν σε ένα σύστημα πρέπει να μοντελοποιηθούν ροές, είτε πρόκειται για συνεχείς (π.χ. ροές υγρών σε χημικά εργοστάσια) είτε πρόκειται για διακριτές ροές μεγάλης ταχύτητας (π.χ. μηχανές σε συστήματα μαζικής παραγωγής), εμφανίζεται στο μοντέλο με ΔP μεγάλος αριθμός τελειών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο αριθμός προσεγγίσιμων σημάνσεων να εκρήγνυται και η ανάλυση, ο καθορισμός των ιδιοτήτων και η προσομοίωση του μοντέλου να είναι δυσχερής. Η κατάσταση επιδεινώνεται, αν ο αριθμός τέτοιων θέσεων στο μοντέλο μεγαλώσει. Η δυσκολία στη διαχείριση ΔP με τέτοια χαρακτηριστικά οδήγησε στην περιγραφή συστημάτων διακριτών γεγονότων κατά προσέγγιση με πραγματικούς αριθμούς. Μια από τις τεχνικές που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της προσπάθειας αυτής είναι και τα συνεχή δίκτυα Petri.

Με τον όρο συνεχή δίκτυα Petri εμφανίζονται στη βιβλιογραφία δύο προσεγγίσεις, τα συνεχή ΔP σταθερής ταχύτητας (Continuous Constant Speed Petri Nets - CCSPN) και τα συνεχή ΔP μεταβλητής ταχύτητας (Continuous Variable Speed Petri Nets - CVSPN), με διαφορές μόνο στην ταχύτητα ενεργοποίησης των μεταβάσεων κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Η πρώτη προσέγγιση έχει ουσιαστικά ταυτιστεί με τον όρο συνεχή ΔP και χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Για την περιγραφή ενός συνεχούς ΔP χρησιμοποιείται η πεντάδα $CCSPN = \{P, T, I, O, V\}$. Τα P και T , είναι τα πεπερασμένα σύνολα θέσεων και μεταβάσεων, τα μέλη των οποίων είναι πλέον συνεχή και όχι διακριτά, ενώ τα I, O ορίζονται ως $I: (P \times T) \mathbf{R}^+ \rightarrow$ και $O: (P \times T) \rightarrow \mathbf{R}^+$, και είναι οι πίνακες συμβάντων εισόδου και εξόδου. Το V είναι το διάνυσμα που ορίζει τις μέγιστες ταχύτητες ενεργοποίησης των μεταβάσεων. Η μέγιστη ταχύτητα ενεργοποίησης μιας μετάβασης διαφέρει από τη στιγμιαία ταχύτητα ενεργοποίησης, αφού δεν είναι συνεχώς δυνατή η επίτευξη της μέγιστης ταχύτητας λόγω αλληλεπιδράσεων μεταξύ των τμημάτων του δικτύου. Η στιγμιαία ταχύτητα ενεργοποίησης εξαρτάται από τις τελείες στις θέσεις εισόδου και τις αντίστοιχες ταχύτητες των άλλων μεταβάσεων από τις οποίες δέχεται ή στις οποίες η μετάβαση στέλνει τελείες.

Η πιο βασική διαφορά μεταξύ συνεχών και συνήθων ΔP είναι η ερμηνεία της τιμής των τελειών. Στα συνεχή ΔP μια τελεία δεν είναι πλέον μια αυτόνομη οντότητα, αλλά μια πραγματική ποσότητα τεμαχίων τελείας. Οι τελείες που προστίθενται ή αφαιρούνται σε μια θέση εισόδου ή εξόδου μιας μετάβασης σε χρονικό διάστημα dt είναι $v_j w_j d_j$, όπου v_j είναι η ταχύτητα ενεργοποίησης της μετάβασης j για αυτό το χρονικό διάστημα και w_j είναι το βάρος του τόξου που κατευθύνεται από τη θέση στη μετάβαση ή αντίστροφα.

Οι συνεχείς θέσεις αντιπροσωπεύονται γραφικά από διπλούς κύκλους (\odot) κι οι μεταβάσεις από διπλές μπάρες (\square). Ακόμα, οι σημάνσεις των θέσεων στα συνεχή ΔΡ είναι πραγματικοί αριθμοί.

Λόγω της χρήσης πραγματικών αριθμών για την περιγραφή των σημάνσεων ενός συνεχούς ΔΡ, δε μπορεί να κατασκευαστεί ο γράφος προσεγγισιμότητας του, αφού προσεγγίζονται άπειρες καταστάσεις. Για την περιγραφή της συμπεριφοράς ενός συνεχούς ΔΡ δημιουργείται ο γράφος εξέλιξης (evolutions graph), ο οποίος έχει μορφή παρόμοια με ένα ΔΡ, όπου κάθε θέση αντιστοιχεί σε σταθερή κατάσταση ταχυτήτων, ενώ με κάθε μετάβαση συνδέεται μια σήμανση, η πραγματοποίηση της οποίας είναι υπεύθυνη για την αλλαγή της κατάστασης ταχυτήτων. Η τελική θέση του γράφου αντιπροσωπεύει τη μόνιμη κατάσταση ταχυτήτων. Ο γράφος εξέλιξης χρησιμοποιείται για τη μελέτη δομικών ιδιοτήτων του συνεχούς ΔΡ και για τον καθορισμό των P - και T - αναλλοίωτων του.

2.3.4 Υβριδικά δίκτυα Petri

Τα υβριδικά δίκτυα Petri (ΥΔΡ) χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν αλληλεπίδραση συνεχών και διακριτών μεταβλητών σε ένα σύστημα, όπως το κλείσιμο μιας βαλβίδας ρύθμισης της ροής στις σωληνώσεις ενός εργοστασίου ή τη βλάβη ενός χημικού αντιδραστήρα συνεχούς εισόδου-συνεχούς εξόδου. Τα υβριδικά ΔΡ, τα οποία προκύπτουν ως ένας συνδυασμός συνήθων και συνεχών ΔΡ, κληρονομούν όλα τα βασικά χαρακτηριστικά του αρχικού μοντέλου, όπως την ικανότητα να αναπαραστήσουν συμπεριφορές που περιλαμβάνουν παραλληλία, συγχρονισμό, συγκρούσεις και προαπαιτούμενα. Ακόμα, δεν απαιτούν εξαντλητική απαρίθμηση των προσεγγίσιμων καταστάσεων, μπορούν να περιγράψουν με πεπερασμένο τρόπο συστήματα με άπειρους χώρους καταστάσεων κι επιτρέπουν τη μοντελοποίηση με χρήση θεμελιωδών κυττάρων, μειώνοντας την πολυπλοκότητα του συνολικού μοντέλου.

Ένα υβριδικό χρονικό δίκτυο Petri περιγράφεται από την επτάδα $HTPN = \{P, T, I, O, h, \tau, m_o\}$. Το σύνολο θέσεων P χωρίζεται στα υποσύνολα των συνεχών θέσεων P_c και των διακριτών θέσεων P_d , για τα οποία ισχύει $P_c \cup P_d = P$ και $P_c \cap P_d = \emptyset$. Το σύνολο των μεταβάσεων T χωρίζεται στα υποσύνολα των συνεχών T_c και διακριτών μεταβάσεων T_d , για τα οποία ισχύει $T_c \cup T_d = T$ και $T_c \cap T_d = \emptyset$. Για τους πίνακες συμβάντων εισόδου και εξόδου I και O , ισχύουν οι σχέσεις

$$I : \begin{cases} P_d \times T \rightarrow \mathbb{N} \\ P_c \times T \rightarrow \mathbb{R}_0^+ \end{cases} \text{ και } O : \begin{cases} P_d \times T \rightarrow \mathbb{N} \\ P_c \times T \rightarrow \mathbb{R}_0^+ \end{cases}$$

Στην περίπτωση που μια διακριτή θέση p_i ενώνεται με συνεχή μετάβαση t_j με σύνηθες τόξο, απαιτείται η ύπαρξη δεύτερου τόξου μεταξύ των δύο στοιχείων με αντίστροφη φορά σε σχέση με το πρώτο για να εξασφαλιστεί πως ο αριθμός τελειών στη διακριτή θέση παραμένει ακέραιος. Δηλαδή, για $t_j \in T_c$ και $p_i \in P_d$, πρέπει να ισχύει:

$$I(p_i, t_j) = O(p_i, t_j)$$

Γενικά οι θέσεις εξόδου και εισόδου μιας διακριτής μετάβασης μπορούν να είναι συνεχείς ή διακριτές χωρίς περιορισμό. Το h συμβολίζει μια υβριδική συνάρτηση που δηλώνει για κάθε κόμβο του δικτύου είναι συνεχής ή διακριτός, $h: P \times T \rightarrow \{D, C\}$. Το $\tau: T \rightarrow R^+$ αποδίδει σε κάθε μετάβαση ένα θετικό πραγματικό αριθμό. Στις διακριτές μεταβάσεις ο αριθμός αυτός αντιστοιχεί στη χρονική καθυστέρηση d_j , ενώ στις συνεχείς εκφράζει τη μέγιστη ταχύτητα ενεργοποίησης της μετάβασης $V_j = 1 / d_j$. Το m_0 αναφέρεται στην αρχική σήμανση των θέσεων του δικτύου, η οποία είναι θετικός αριθμός ή το 0 για τις διακριτές θέσεις και μη αρνητικός πραγματικός αριθμός για τις συνεχείς θέσεις. Η σήμανση σε συνδυασμό με το διάνυσμα ταχυτήτων ενεργοποίησης μεταβάσεων περιγράφουν πλήρως την δυναμική κατάσταση του δικτύου.

Η ετοιμότητα και ενεργοποίηση διακριτών μεταβάσεων ακολουθεί τον ορισμό των συνήθων ΔΡ, δηλαδή απαιτείται για καθεμιά από τις θέσεις εισόδου της μετάβασης να ισχύει:

$$m(p_i) \geq I(p_i, t_j)$$

Για να τεθεί σε ετοιμότητα μια συνεχής μετάβαση t_j , πρέπει να ισχύουν οι ακόλουθες συνθήκες: αν η θέση εισόδου p_i είναι διακριτή, πρέπει να ισχύει η (1), ενώ αν η p_i είναι συνεχής, πρέπει είτε $m(p_i) \geq 0$, είτε η p_i να τροφοδοτείται με τελείες, δηλαδή η σήμανση της να είναι στιγμιαία μηδενική αλλά να τροφοδοτείται με τη διαφορά της ροής εισόδου και ροής εξόδου. Μια συνεχής μετάβαση σε ετοιμότητα είναι ισχυρά ενεργοποιημένη στην περίπτωση που η σήμανση κάθε συνεχούς θέσης εισόδου της p_i είναι θετική, ενώ σε διαφορετική περίπτωση ονομάζεται ασθενώς ενεργοποιημένη.

Μεταξύ συνεχών και διακριτών μεταβάσεων ορίζονται προτεραιότητες για την επίλυση συγκρούσεων. Αν η σύγκρουση είναι μεταξύ μιας συνεχούς και μιας διακριτής μετάβασης, η διακριτή έχει υψηλότερη προτεραιότητα. Στην περίπτωση σύγκρουσης μεταξύ πολλαπλών συνεχών μεταβάσεων με μια κενή κοινή θέση εισόδου p_i , οποιαδήποτε λύση κατά την οποία το άθροισμα των στιγμιαίων ταχυτήτων ενεργοποίησης των μεταβάσεων τροφοδοσίας της κοινής θέσης μείον το άθροισμα των στιγμιαίων ταχυτήτων ενεργοποίησης των μεταβάσεων από τις οποίες τροφοδοτείται

η θέση αυτή είναι ίσο με 0, είναι αποδεκτή. Αν η κοινή θέση εισόδου είναι διακριτή και περιέχει μια τελεία, κάθε λύση έτσι ώστε να ισχύει είναι αποδεκτή,

$$\sum_{j=1}^{\alpha} \frac{v_j}{V_j} \leq 1$$

όπου με v_j αναπαρίστανται οι στιγμιαίες ταχύτητες ενεργοποίησης των συνεχών μεταβάσεων που τροφοδοτούνται από τη διακριτή θέση και με V_j αναπαρίστανται οι μέγιστες ταχύτητες ενεργοποίησης των μεταβάσεων αυτών.

Η εξίσωση αλλαγής κατάστασης ενός υβριδικού χρονικού ΔΡ είναι:

$$m(t) = m_o + W(n(t) + \int_{u=0}^t v(u)du)$$

όπου W είναι ο πίνακας συμβάντων, το $n(t)$ αναπαριστά το πλήθος ενεργοποίησης των διακριτών μεταβάσεων από τον αρχικό χρόνο ως τη χρονική στιγμή t και το $v(t)$ αναπαριστά τη στιγμιαία ταχύτητα ενεργοποίησης των συνεχών μεταβάσεων τη χρονική στιγμή t . Στην παραπάνω εξίσωση είναι εμφανής ο διαχωρισμός στην εξέλιξη της κατάστασης των συνεχών από τα διακριτά στοιχεία του δικτύου.

2.3.5 Πλεονεκτήματα χρήσης ΔΡ

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. Τα στοιχεία αυτά οδήγησαν στην επιλογή του συγκεκριμένου εργαλείου ως εργαλείο υλοποίησης στην παρούσα διατριβή.

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 την ακολουθία 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 ΔP 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 ΔP), την αναπαράσταση συνεχών ή υβριδικών συστημάτων (συνεχή και υβριδικά ΔP), την πιο συμπυκνωμένη αναπαράσταση συστημάτων μέσω της σύνδεσης θέσεων με διαφορετικούς τύπους τελειών, όπου κάθε τύπος τελείας συνδέεται με διαφορετικές δομές δεδομένων (υψηλού επιπέδου ΔP όπως για παράδειγμα τα έγχρωμα ΔP), την αναπαράσταση μη βεβαίας γνώσης για την κατάσταση ενός συστήματος (ασαφή ΔP), τη δυνατότητα εξωτερικοί ελεγκτές να επηρεάσουν την εξέλιξη της κατάστασης των τελειών στο δίκτυο (ελεγχόμενα ΔP), την αναπαράσταση υποθετικού λόγου (ΔP με επεκτάσεις τόξων) και ΔP στα οποία ένα δίκτυο μπορεί να αποτελέσει τελεία ενός άλλου δικτύου (αντικειμενοστραφή ΔP). Επίσης τα ΔP 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 ΔP).

Η μεταβολή της κατάστασης σε ένα ΔP ορίζεται από τη ροή των τελειών μέσα σε αυτό. Αυτό σημαίνει πως μια περιορισμένη σε μέγεθος δομή ΔP μπορεί να αναπαραστήσει μεγάλο πλήθος διαφορετικών καταστάσεων καθώς κι αλλαγές των αρχικών χαρακτηριστικών του μοντέλου (m_0), 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 ΔP 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 ΔP περιγράφουν τις καταστάσεις των συστατικών του μερών ανεξάρτητα. Τα ΔP 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 AP 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 AP 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 AP εμφανίζουν σημαντικά πλεονεκτήματα κι έναντι των αλυσίδων Markov. Στα AP 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 AP 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 AP μπορεί να δημιουργηθεί αυτόματα μέσω του γράφου προσεγγισιμότητας του και να χρησιμοποιηθεί για παραπέρα ανάλυση αποδοτικότητας του συστήματος.

Επιπλέον πλεονέκτημα των AP 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 AP , αρκετά από τα οποία είναι ελεύθερα διαθέσιμα από το διαδίκτυο. Η χρήση AP σε συνδυασμό με προσεγγίσεις θεμελιωδών υποσυστημάτων, επιτρέπουν την εύκολη τροποποίηση, ανανέωση και επέκταση κομματιών των μοντέλων που έχουν υλοποιηθεί, χωρίς να απαιτείται αλλαγή ολόκληρου του μοντέλου.

2.4 Προσομοίωση

Προσομοίωση (simulation) είναι η μίμηση της λειτουργίας συστημάτων ή της εξέλιξης διαδικασιών μέσα στο χρόνο με τη βοήθεια υπολογιστή [10]. Διαδικασία ή σύστημα ονομάζεται

ένα σύνολο στοιχείων τα οποία εξελίσσονται και αλληλεπιδρούν σύμφωνα με κάποιους κανόνες. Οι κανόνες αυτοί εκφράζονται με μαθηματικές ή λογικές σχέσεις, και αποτελούν το μοντέλο του συστήματος. Κατάσταση είναι το σύνολο των μεταβλητών οι οποίες δίνουν την απαραίτητη πληροφορία για την περιγραφή του συστήματος. Η προσομοίωση αναπαριστά μιας διεργασία χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο και έχοντας ως στόχο την οικονομικότερη, ταχύτερη και λιγότερο επικίνδυνη απεικόνιση της πραγματικότητας σε υπολογιστικό περιβάλλον.

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 εξυπηρέτησεως πελατών (τράπεζες, νοσοκομεία, τηλεπικοινωνίες).
- στην αξιολόγηση αποφάσεων υπό αβεβαιότητα (χρηματιστήριο, επενδύσεις, marketing).

2.5 Πρόβλεψη

2.5.1 Εισαγωγή

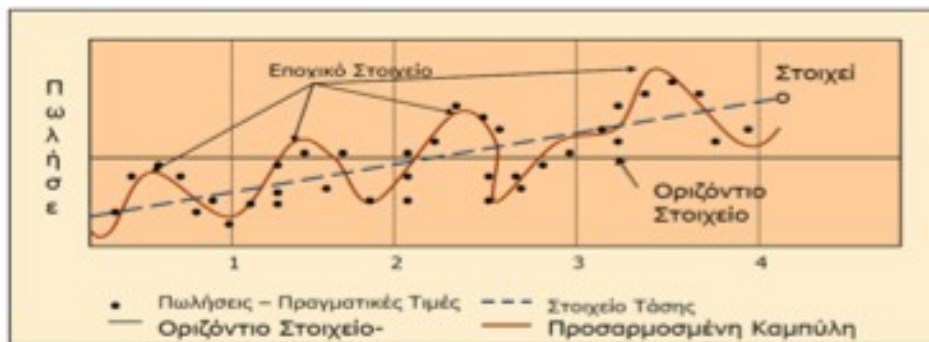
Ως πρόβλεψη θεωρείται η εκτίμηση μελλοντικών γεγονότων που θα χρησιμοποιήσει μια επιχείρηση για τον προγραμματισμό των σχεδίων της. Οι διαρκώς μεταβαλλόμενες επιχειρηματικές συνθήκες ως αποτέλεσμα του παγκόσμιου ανταγωνισμού και των ραγδαίων τεχνολογικών αλλαγών ασκούν πιέσεις στις επιχειρήσεις για όσο το δυνατόν πιο ακριβείς προβλέψεις. Οι προβλέψεις είναι αναγκαίες προκειμένου να καθορίζει μια επιχείρηση τους πόρους που θα χρειαστεί και τις ανάγκες της σε προσωπικό, να προγραμματίσει τους υπάρχοντες πόρους και δραστηριότητες και να αποκτήσει έγκαιρα τους πόρους που είναι αναγκαίοι για την παραγωγική της δραστηριότητα. Οι ακριβείς προβλέψεις επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να αξιοποιούν αποτελεσματικά τις δυνατότητες του εξοπλισμού, να διαχειρίζονται αποτελεσματικά το προσωπικό τους, να μειώνουν τους μέσους χρόνους και τα μέσα κόστη παραγωγής και να περιορίζουν το ύψος των αποθεμάτων πρώτων υλών και προϊόντων [5]-[9]. Πρέπει να σημειωθεί πως οποιαδήποτε μέθοδος πρόβλεψης και να

χρησιμοποιηθεί, τα αποτελέσματα που θα προκύψουν παρουσιάζουν αποκλίσεις από την πραγματικότητα αφού πολλοί τυχαίοι παράγοντες συμβάλουν σε αυτό. Το ζητούμενο μιας αποτελεσματικής μεθόδου πρόβλεψης είναι οι αποκλίσεις αυτές να είναι οι μικρότερες δυνατές κι η επιλογή της μεθοδολογίας που θα χρησιμοποιηθεί τελικά πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή.

Οι μέθοδοι πρόβλεψης μπορούν να βασιστούν είτε σε μαθηματικά μοντέλα με τη χρησιμοποίηση των διαθέσιμων ιστορικών στοιχείων, είτε σε ποιοτικές μεθόδους βασισμένες στην διοικητική εμπειρία των στελεχών της επιχείρησης, είτε σε συνδυασμό και των δύο. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν αναλυτικά κάποιες από τις πλέον δημοφιλείς μεθόδους πρόβλεψης, τα πλεονεκτήματα αλλά και οι περιορισμοί τους και τέλος θα πραγματοποιηθεί πρόβλεψη για την παραγωγή κυπέλλων σε διαφορετικές συσκευασίες γιαουρτιού χρησιμοποιώντας δεδομένα της βιομηχανίας Φάγε, τα οποία παραχωρήθηκαν από την εταιρεία για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Η πρόβλεψη που θα πραγματοποιηθεί στο κεφάλαιο αυτό αφορά τις πωλήσεις των προϊόντων στραγγιστού γιαουρτιού για το έτος 2014 και θα πραγματοποιηθεί σε δύο επίπεδα. Το ένα θα αφορά τις πωλήσεις σε τεμάχια, δηλαδή το πόσα κύπελλα ανά κωδικό εκτιμάται ότι θα πωληθούν κατά το έτος 2014 και το δεύτερο επίπεδο ασχολείται με την πρόβλεψη του όγκου της παραγωγής (κιλά) ανά κατηγορία λιπαρών, 0%, 2% και πλήρες γιαούρτι 5%. Η επιλογή αυτή έγινε γιατί κατά τη διάρκεια της τελευταίας 3ετίας έχουν τροποποιηθεί οι διαθέσιμες χωρητικότητες κάποιων συσκευασιών προϊόντων με αποτέλεσμα να υπάρχει μετατόπιση του κοινού σε άλλες συσκευασίες του ίδιου προϊόντος (όπως θα γίνει φανερό και στη συνέχεια δεν χρησιμοποιείται η ίδια γκάμα συσκευασιών για όλα τα διαθέσιμα προϊόντα ενώ ανάλογα με τις ανάγκες του κοινού όπως αυτές προκύπτουν από τις πωλήσεις, τροποποιούνται κάποιες διαθέσιμες συσκευασίες).

Η ζήτηση των προϊόντων στραγγιστού γιαουρτιού δεν θεωρείται σταθερή και ομαλά κατανομημένη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Παρατηρείται εποχικότητα στα προϊόντα κυρίως κατά την καλοκαιρινή περίοδο αλλά και αύξηση της ζήτησης σε περιόδους προσφορών. Το φαινόμενο αυτό όμως δεν μπορεί να εντοπιστεί με ακρίβεια κατά τη διαδικασία πρόβλεψης καθώς εμφανίζεται σε τυχαίες περιόδους και εξαρτάται άμεσα από τη στρατηγική που ακολουθούν οι ανταγωνίστριες εταιρίες του κλάδου. Πρακτικά, όταν μία γαλακτοβιομηχανία προσφέρει μειωμένη τιμή (εκπτώσεις - προσφορές) στα προϊόντα της, οι ανταγωνιστές αναγκάζονται με τη σειρά τους να ρίξουν τις τιμές στα αντίστοιχα προϊόντα που προσφέρουν για να περιοριστεί η μετακίνηση του καταναλωτικού κοινού και οι απώλειες που προκύπτουν από αυτή.

2.5.2 Διαδικασία πρόβλεψης



Εικόνα 3 : Διάγραμμα ζήτησης

Η πρόβλεψη είναι μια διαδικασία που αποτελείται από πέντε διαδοχικά στάδια. Ξεκινώντας, γίνεται ο καθορισμός του προβλήματος (problem definition), κατά τον οποίο εντοπίζεται και περιγράφεται το πρόβλημα. Ακολουθεί η συγκέντρωση των αναγκαίων πληροφοριών, όπου συλλέγονται πληροφορίες για το πρόβλημα, παράμετροι που επηρεάζουν και διάφορα στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπ'όψιν ενώ στη συνέχεια έπεται η προκαταρκτική ανάλυση δηλαδή μια μικρή εισαγωγή για το μοντέλο πρόβλεψης που θα χρησιμοποιηθεί. Τα δύο τελευταία σημεία έχουν να κάνουν με την επιλογή-προσαρμογή του μοντέλου πρόβλεψης στις ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη προβλήματος, την χρήση του μοντέλου πρόβλεψης και την τελική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν.

Το πρώτο στάδιο της πρόβλεψης τις περισσότερες φορές αποτελεί το πιο δύσκολο μέρος της διαδικασίας και ταυτόχρονα το πιο σημαντικό. Αυτό συμβαίνει διότι θα πρέπει να καταστούν σαφή και κατανοητά ορισμένα θέματα, όπως το πως θα χρησιμοποιηθούν οι προβλέψεις και από ποιους.

Το επόμενο βήμα, είναι η συγκέντρωση πληροφοριών (information gathering) χωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες. Τις πληροφορίες που αποτελούν στατιστικά, συνήθως αριθμητικά δεδομένα και εκείνες που σχετίζονται με την κρίση, την πείρα και την εμπειρία του προσωπικού που ασχολούνται με το αντικείμενο. Οι πληροφορίες είναι απαραίτητο να συλλεχθούν πριν ξεκινήσει η διαδικασία της πρόβλεψης και πρέπει να είναι σαφείς και κατατοπιστικές.

Στο τρίτο στάδιο βρίσκεται η προκαταρκτική ανάλυση (exploratory analysis) η οποία σχετίζεται με το είδος της πληροφορίας που μπορεί να προκύψει από τα ακατέργαστα ιστορικά δεδομένα. Αρχικά, γίνεται γραφική αναπαράσταση των δεδομένων και υπολογίζονται μια σειρά από βασικούς στατιστικούς δείκτες, όπως η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, ελάχιστο, μέγιστο και γραμμική τάση. Οι δείκτες αναδεικνύουν κάποια δευτερεύοντα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς

έτσι ώστε να προκύψει μια ολοκληρωμένη εικόνα των δεδομένων, δίνοντας απαντήσεις σε ερωτήματα όπως αν υπάρχουν λανθασμένα πρότυπα, αν υπάρχει σημαντική τάση ή εποχικότητα και αν υπάρχουν ασυνήθιστες τιμές (outliers). Η ανάλυση αυτή οδηγεί στην οικογένεια μοντέλων πρόβλεψης που αναμένεται να δώσει ικανοποιητικές προβλέψεις.

Τα δύο τελευταία στάδια είναι άμεσα συνδεδεμένα, καθώς στην ουσία επιλέγεται το μοντέλο και στη συνέχεια εφαρμόζεται και αξιολογείται με θετικά ή αρνητικά σχόλια. Στην επιλογή και την προσαρμογή του μοντέλου (choosing & fitting models) γίνεται η αναγνώριση και ο καθορισμός των παραμέτρων διάφορων ποσοτικών μοντέλων πρόβλεψης που έχουν επιλεγεί στο προηγούμενο βήμα. Σχολιάζονται όλες οι πιθανές εκδοχές πρόβλεψης που έχουν κηρυχθεί κατάλληλες για εφαρμογή και σταδιακά αποκλείονται καταλήγοντας σε μία όπου η χρήση της αποτελεί το τελικό βήμα της διαδικασίας. Το μοντέλο που επιλέχθηκε χρησιμοποιείται (using and evaluating a forecasting model) και καταγράφονται τα αποτελέσματά του, θετικά είτε αρνητικά. Αν κριθεί απαραίτητο και εφόσον ζητηθεί επαναλαμβάνονται κάποια βήματα της διαδικασίας για να βελτιστοποιηθούν τα αποτελέσματα.

Αφού ολοκληρωθεί η πρόβλεψη και καταγραφούν τα αποτελέσματα πραγματοποιείται μέτρηση του σφάλματος για να βρεθεί η απόκλιση των αποτελεσμάτων από την πραγματικότητα. Όσο πιο μικρές είναι οι αποκλίσεις αυτές, τόσο πιο καλή θεωρείται ότι είναι η μέθοδος πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκε, δεδομένου ότι είναι σε θέση να προσδιορίζει, με σχετικά μεγάλη ακρίβεια τις τιμές που εξετάζει. Αντίθετα, όσο περισσότερο απέχουν οι πραγματικές τιμές από τις προβλεπόμενες, τόσο λιγότερο αξιόλογη είναι η χρησιμοποιούμενη μέθοδος πρόβλεψης. Παρακάτω καταγράφονται οι πιο δημοφιλείς τύποι σφαλμάτων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ευστάθειας των τιμών με **F = πρόβλεψη** και **Act = πραγματική τιμή**.

ο Σφάλμα:	$e_t = Act - F$
ο Μέσο Σφάλμα:	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$
ο Μέσο Απόλυτο Σφάλμα:	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t $
ο Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα:	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$
ο Μέσο Ποσοστιαίο Σφάλμα:	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{Act - F}{Act} \right) 100$
ο Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα:	$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left \frac{F_t - Act_t}{Act_t} \right }{n} \cdot 100$

Εικόνα 4: Τύποι σφαλμάτων

2.5.3 Μέθοδοι Πρόβλεψης

Οι μέθοδοι πρόβλεψης κατηγοριοποιούνται σε ποιοτικές και ποσοτικές. Οι ποιοτικές μέθοδοι θεωρούνται υποκειμενικές, βασίζονται σε εκτιμήσεις-γνώμες ειδικών και περιλαμβάνουν το στοιχείο της προκατάληψης. Σε αντίθεση όμως με τις ποιοτικές, οι ποσοτικές μέθοδοι βασίζονται στη μαθηματική μοντελοποίηση, είναι αντικειμενικές και επαναλήψιμες. Διακρίνονται σε μεθόδους προεκβολής (ανάλυση χρονοσειρών), αιτιακές μεθόδους και τη μέθοδο της προσομοίωσης. Η ανάλυση χρονοσειρών στηρίζεται στην ιδέα ότι οι ιστορικές παρατηρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη μελλοντικών παρατηρήσεων και ασχολείται με την ανάλυση των ιστορικών δεδομένων σε παράγοντες όπως η τάση, η εποχικότητα, ο ανταγωνισμός, κλπ, στοιχεία που αναφέραμε παραπάνω. Οι αιτιακές μέθοδοι πρόβλεψης θεωρούν ότι η ζήτηση εξαρτάται από ορισμένους εξωτερικούς (μακροοικονομικούς) παράγοντες και παρουσιάζονται παρακάτω με την χρήση της ανάλυσης παλινδρόμησης. Η δυσκολία της μεθόδου έγκειται στο γεγονός πως η μεταβλητή για την οποία γίνεται η πρόβλεψη εξαρτάται με κάποιο τρόπο από ένα ή περισσότερα εξωγενή στοιχεία όπου δυσκολεύουν την εύρεση της κατάλληλης μαθηματικής σχέσης. Κατά μία γενική εικόνα τα αιτιατικά μοντέλα είναι περίπλοκα καθώς λαμβάνουν υπόψη τους πολλές παραμέτρους. Τέλος η μέθοδος της προσομοίωσης παρέχει την δυνατότητα εισαγωγής μιας σειράς υποθέσεων σχετικά με την πρόβλεψη και την δημιουργία κατάλληλου μοντέλου το οποίο κατά την εφαρμογή του μας δίνει τα επιθυμητά αποτελέσματα σε επίπεδο πρόβλεψης.

Για την καλύτερη κατανόηση των μεθόδων και τη διαδικασία που ακολουθείται για την επιλογή της κατάλληλης τεχνικής θα ακολουθήσει πίνακας όπου συνοψίζονται όλες οι τεχνικές και τα μοντέλα πρόβλεψης.

- **Ποιοτικές μέθοδοι**

Οι ποιοτικές μέθοδοι προβλέψεων ονομάζονται και «υποκειμενικές» μέθοδοι προβλέψεων, επειδή σε πολύ μεγάλο βαθμό στηρίζονται στην πείρα και στις υποκειμενικές εκτιμήσεις ανθρώπων μέσα και έξω από μια επιχείρηση. Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούνται συνήθως όταν δεν υπάρχουν επαρκή αριθμητικά δεδομένα, όταν δεν υπάρχουν καθόλου αριθμητικά δεδομένα, όταν ο διαθέσιμος χρόνος για τη διαμόρφωση προβλέψεων με αναλυτική τεχνική κρίνεται ανεπαρκής και για πολύ μακροχρόνιες προβλέψεις. Για παράδειγμα, η εισαγωγή ενός νέου προϊόντος ή μιας νέας υπηρεσίας αντιπροσωπεύουν επιχειρηματικές δραστηριότητες με πολύ

περιορισμένη έως ανύπαρκτη προηγούμενη πείρα. Σε τέτοιου είδους περιπτώσεις η χρήση μιας ποιοτικής μεθόδου πρόβλεψης είναι επιτακτική, καθώς δεν υπάρχουν στατιστικά στοιχεία ώστε να επιλεγεί κάποια από τις ποσοτικές μεθόδους προβλέψεων που υπάρχουν.

Ποιοτικές Μέθοδοι	Υποκειμενικές και βασισμένες σε εκτιμήσεις και γνώμες
1. Grass Roots	Η πρόβλεψη πραγματοποιείται από δεδομένα που προέρχονται από εκείνους που έρχονται σε άμεση επαφή με το αντικείμενο της πρόβλεψης, όπως πωλητές στην περίπτωση πρόβλεψης πωλήσεων ενός προϊόντος.
2. Έρευνα αγοράς	Συλλογή δεδομένων από διάφορους τρόπους (συνεντεύξεις, ερωτηματολόγιο,...) με στόχο τον έλεγχο συνθηκών της αγοράς. Θεωρείται μακροπρόθεσμη μέθοδος πρόβλεψης κυρίως για νέα προϊόντα.
3. Συμβούλιο τεχνικών	Ελεύθερη ανταλλαγή απόψεων σε συνελεύσεις. Οι συμμετέχοντες μπορεί να είναι στελέχη, πωλητές και πελάτες.
4. Ιστορική αναλογία	Σύνδεση του αντικειμένου πρόβλεψης με ένα παρόμοιο μέγεθος. Χρήσιμη για το σχεδιασμό νέων προϊόντων όπου η πρόβλεψη πραγματοποιείται σύμφωνα με το ιστορικό ενός παρόμοιου προϊόντος.
5. Μέθοδος Delphi	Μια ομάδα ειδικών απαντάει σε ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο τροποποιείται σύμφωνα με τα αποτελέσματα και αποστέλλεται ξανά με στόχο να δημιουργηθεί μία διαδικασία μάθησης για τα μέλη της ομάδας χωρίς πίεση από προϊστάμενους.

Πίνακας 1: Ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης

• Ποσοτικές μέθοδοι

Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία περιλαμβάνει τις ποσοτικές μεθόδους πρόβλεψης οι οποίες στηρίζονται σε μαθηματικά μοντέλα λειτουργίας. Ο τρόπος λειτουργίας των μεθόδων είναι συγκεκριμένος και αντικειμενικός με δυνατότητα εμφάνισης ομοίων αποτελεσμάτων κάτω από τις ίδιες συνθήκες χρήσης. Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι η χρήση στατιστικών αποτελεσμάτων βασισμένων σε παλιότερα κυρίως στοιχεία. Η οικογένεια αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για την εύρεση πιο άμεσων προβλέψεων, δεδομένα για επόμενες χρονικές περιόδους όπως εβδομάδα,

μήνας, χρόνος κ.τ.λ. Για παράδειγμα, αν καταγράψουμε τις ημερήσιες τιμές κλεισίματος μια συγκεκριμένης μετοχής στο ελληνικό χρηματιστήριο για χρονικό διάστημα 5 ετών, τότε έχουμε στη διάθεσή μας ένα στατιστικό αποτέλεσμα για τις τιμές που λάμβανε η μετοχή το χρονικό διάστημα αυτό. Αναλύοντας τα δεδομένα γίνεται πρόβλεψη για την τιμή που ενδεχομένως να λάβει η μετοχή στο άμεσο ακόλουθο χρονικό διάστημα.

Ποσοτικές μέθοδοι	Ανάλυση χρονοσειρών, αιτιατικές μέθοδοι και προσομοίωση
1.Μέθοδοι προεκβολής (Ανάλυση χρονοσειρών)	Θεωρεί ότι οι ιστορικές παρατηρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη μελλοντικών παρατηρήσεων.
2.Απλός κινητός μέσος	Απλός μέσος όρος των n παρατηρήσεων όπου κάθε σημείο έχει την ίδια βαρύτητα.
3.Σταθμισμένος κινητός μέσος	Ορισμένα σημεία (συνήθως πιο πρόσφατα) έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα στον υπολογισμό του μέσου όρου
4.Εκθετική εξομάλυνση	Η στάθμιση των δεδομένων μειώνεται εκθετικά σε σχέση με τον χρόνο δίνοντας μεγαλύτερη στάθμιση στις πιο πρόσφατες παρατηρήσεις.
5.Παλινδρόμηση	Προσαρμογή γραμμικής σχέσης σε συνάρτηση με τον χρόνο. Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων είναι η πιο συνηθισμένη τέτοια μέθοδος γραμμικής προσαρμογής.
6.Box-Jenkins	Περίπλοκη και ακριβής στατιστική μέθοδος που σχετίζει στατιστικά μοντέλα με τα δεδομένα και προσαρμόζει το μοντέλο στην χρονοσειρά με την χρήση Μπεζιανών κατανομών.
7.Χρονοσειρές Shinskin	Αποτελεσματική μέθοδος ανάλυσης χρονοσειρών σε εποχικότητα, τάση και τυχαιότητα. Απαιτεί δεδομένα τουλάχιστον τριών ετών και είναι πολύ αποτελεσματική στον εντοπισμό σημείων αλλαγής.
8.Εφαρμογή τάσεων	Προσαρμογή μαθηματικών γραμμών τάσης στα δεδομένα και προεκβολή στο μέλλον.

Πίνακας 2:Ποσοτικές μέθοδοι Πρόβλεψης

•Αιτιακές μέθοδοι

Τα αιτιακά μοντέλα βασίζονται σε μια αρκετά διαφορετική προσέγγιση για την δημιουργία πρόβλεψης. Θεωρούν ότι η μεταβλητή για την οποία θέλουμε να κάνουμε πρόβλεψη είναι εξαρτημένη με κάποιο τρόπο από μία ή περισσότερες παραμέτρους. Συνεπώς έγκειται μία μεγάλη

δυσκολία στην εύρεση της μαθηματικής σχέσης με την οποία επηρεάζεται η ζητούμενη μεταβλητή από τις παραμέτρους αυτές. Αν για παράδειγμα θεωρήσουμε ότι η ζήτηση για σίδηρο οπλισμού εξαρτάται: α) από τη χρηματική αξία των συμβάσεων για δημόσια έργα που υπογράφονται μεταξύ του ΥΠΕΧΩΔΕ και των κατασκευαστικών εταιρειών και β) από τον αριθμό των οικοδομικών αδειών που εκδίδονται από τις πολεοδομίες της χώρας, τότε βρίσκοντας τη μαθηματική τους σχέση μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης για την ζήτηση σε σίδηρο οπλισμού. Είναι προφανές ότι τα αιτιακά μοντέλα μπορεί να είναι πολύ περίπλοκα, ειδικά στην περίπτωση που λαμβάνονται υπόψη πολλές παράμετροι.

Αιτιατικές μέθοδοι	Προσπαθούν να εντοπίσουν τους παράγοντες και τον τρόπο που επηρεάζουν το αντικείμενο πρόβλεψης.
1. Παλινδρόμηση	Πολυμεταβλητή ανάλυση παλινδρόμησης παρόμοια με εκείνη των χρονοσειρών, που λαμβάνει υπόψη και εξωτερικές μεταβλητές.
2.Οικονομετρικά μοντέλα	Εφαρμογή εξαρτημένων εξισώσεων με σκοπό την περιγραφή ενός τομέα της οικονομίας.
3.Μοντέλα εισόδου/εξόδου	Εστιάζεται στις πωλήσεις κάθε βιομηχανίας προς άλλες εταιρίες και προβλέπει αλλαγές στις πωλήσεις μιας βιομηχανίας σύμφωνα με επικείμενες αλλαγές στις αγορές από άλλες βιομηχανίες.
4. Leading indicators	Εντοπισμός προϊόντων ή μεγεθών που έχουν την ίδια πορεία αλλά προηγούνται του μεγέθους πρόβλεψης
5. Προσομοίωση	Δυναμικά μοντέλα που παρέχουν την δυνατότητα εισαγωγής υποθέσεων σχετικά με εσωτερικές μεταβλητές και εξωτερικούς παράγοντες. Υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής του μοντέλου λαμβάνοντας υπόψη μειώσεις ή αυξήσεις στις τιμές που χρησιμοποιούνται.

Πίνακας 3:Αιτιατικές μέθοδοι Πρόβλεψης

2.5.4 Ανάλυση Χρονοσειρών (Ποσοτικών μεθόδων)

Τα μοντέλα πρόβλεψης με βάση χρονοσειρές αποσκοπούν στην πρόβλεψη του μέλλοντος με τη χρήση δεδομένων του παρελθόντος. Για παράδειγμα, μια εταιρεία μπορεί να χρησιμοποιήσει στοιχεία των ετήσιων πωλήσεων της για τα τελευταία τρία χρόνια προκειμένου να προβλέψει τις μελλοντικές πωλήσεις της τον επόμενο χρόνο. Τα μοντέλα πρόβλεψης με βάση χρονοσειρές υποθέτουν ότι η υπό εξέταση μεταβλητή θα ακολουθήσει το ίδιο υπόδειγμα κίνησης όπως και στο παρελθόν.

Για την πρόβλεψη της μελλοντικής τιμής μιας μεταβλητής μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι μέθοδοι όπως ο απλός μέσος, ο σταθμισμένος μέσος, η εκθετική εξομάλυνση, η γραμμική παλινδρόμηση κ.α. Μεθοδολογίες προερχόμενες από αυτή την ομάδα θα χρησιμοποιηθούν για τις ανάγκες της εργασίας αυτής.

2.5.4.1 Κινούμενος Μέσος (Moving Average)

Η πρόβλεψη χρονοσειρών με τη μέθοδο των κινητών μέσων εμπεριέχει τον υπολογισμό του μέσου όρου του δείγματος παρατηρήσεων, καθώς και τη χρήση αυτού του μέσου σαν πρόβλεψη για την επόμενη περίοδο. Ο αριθμός των παρατηρήσεων του δείγματος που συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό του μέσου προσδιορίζεται στην αρχή της διαδικασίας πρόβλεψης. Χρησιμοποιούμε τον όρο κινητός μέσος γιατί, καθώς κάθε νέα παρατήρηση γίνεται διαθέσιμη στο δείγμα, υπολογίζεται ένας νέος μέσος απορρίπτοντας την παλαιότερη παρατήρηση του δείγματος από τον μέσο και συμπεριλαμβάνοντας τη νεότερη. Καθώς υπολογίζεται κάθε νέος μέσος, γίνεται πρόβλεψη για την επόμενη περίοδο. Συνεπώς, κάθε πρόβλεψη χρησιμοποιεί τον ίδιο αριθμό παρατηρήσεων δείγματος από τη χρονοσειρά και περιλαμβάνει μόνο την πλέον πρόσφατη παρατήρηση. Η μέθοδος του κινητού μέσου όρου, σε αλγεβρική μορφή, διατυπώνεται ως εξής:

$$F_{t+1} = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=t-n}^{t-1} X_i \right) + \frac{1}{n} (X_t - X_{t-n}) = F_t + \frac{X_t}{n} - \frac{X_{t-n}}{n}$$

(2.1)

όπου t είναι η πιο πρόσφατη παρατήρηση και $t+1$ είναι η επόμενη περίοδος.

Ο απλός κινητός μέσος είναι πολύ χρήσιμος για να απομακρύνει την τυχαία μεταβλητότητα στην πρόβλεψη, όταν η ζήτηση δεν έχει τάση και εποχικότητα. Είναι πολύ σημαντικό να επιλεγεί το κατάλληλο διάστημα για τον κινητό μέσο. Όσο μεγαλύτερο είναι το επιλεγμένο διάστημα τόσο περισσότερο εξομαλύνεται το τυχαίο στοιχείο στην πρόβλεψη. Όταν όμως υπάρχει τάση στην ζήτηση, δηλαδή αυξάνεται ή μειώνεται σε συνάρτηση με το χρόνο, ο κινητός μέσος ενός μεγάλου διαστήματος θα εξομαλύνει και την τάση. Επομένως, ένα μικρότερο χρονικό διάστημα αν και θα παρουσιάζει μεγαλύτερη διακύμανση ακολουθεί μεγαλύτερη ακρίβεια την τάση της ζήτησης. Ένα μειονέκτημα της μεθόδου του απλού κινητού μέσου m -περιόδων είναι ότι για τον υπολογισμό των προβλέψεων δίνει ίση βαρύτητα σε κάθε παρατήρηση, ανεξάρτητα από το πόσο κοντά ή μακριά βρίσκεται σε σχέση με την προβλεπόμενη περίοδο.

2.5.4.2 Εκθετική Εξομάλυνση (Simple exponential smoothing)

Η εκθετική εξομάλυνση είναι μία από τις πιο γνωστές και ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνικές πρόβλεψης. Υποθέτει ότι οι πιο πρόσφατες παρατηρήσεις είναι πιθανό να έχουν μεγαλύτερη αξία και απαιτείται επομένως να δίνεται μεγαλύτερο βάρος σε αυτές κατά την διαδικασία της πρόβλεψης. Απλοποιεί τους υπολογισμούς της πρόβλεψης και έχει μικρές απαιτήσεις σε δεδομένα δίνοντας αυτοδιορθούμενες προβλέψεις καθώς διαθέτει μηχανισμό ενσωματωμένων προσαρμογών, ο οποίος ρυθμίζει τις τιμές αλλάζοντάς αυτές, προς την αντίθετη κατεύθυνση από εκείνη που κινήθηκαν τα λάθη προηγούμενων περιόδων.

$$F_{t+1} = aX_t + (1-a)F_t$$

(2.2)

όπου, t είναι η τρέχουσα περίοδος, τα F_{t+1} και F_t , είναι τιμές πρόβλεψης για την επόμενη και την τρέχουσα περίοδο και X_t είναι η τιμή που παρατηρήθηκε την τρέχουσα περίοδο. Το a ονομάζεται σταθερά εξομάλυνσης και παίρνει τιμές από 0 έως 1. Αφού η παραπάνω εξίσωση περιλαμβάνει μόνο μία σταθερά, το μοντέλο αυτό είναι μοντέλο εκθετικής εξομάλυνσης μιας παραμέτρου.

Ο όρος εξομάλυνση δηλώνει ότι η συμμετοχή κάθε προηγούμενης παρατήρησης μειώνεται κατά $(1-a)$. Προεκτείνοντας τον τύπο (6.2) και εκφράζοντας το F_t σε όρους της προηγούμενης παρατήρησης X_{t-1} και των τιμών της πρόβλεψης F_{t-1} , το ισοδύναμο για την πρόβλεψη της επόμενης περιόδου γίνεται:

$$F_{t+1} = aX_t + a(1-a)X_{t-1} + (1-a)^2 F_{t-1}$$

(2.3)

Η νέα αυτή εξίσωση είναι μοντέλο δευτεροβάθμιας εκθετικής εξομάλυνσης μιας παραμέτρου.

Τέλος, η εκθετική εξομάλυνση μιας παραμέτρου δίνει προβλέψεις που ακολουθούν το πρότυπο στα δεδομένα ενός δείγματος. Αυτό συμβαίνει γιατί η διαδικασία προσαρμόζει μόνο την επόμενη πρόβλεψη ως προς κάποιο ποσοστό του πιο πρόσφατου σφάλματος πρόβλεψης, και δεν μπορεί να προβλέψει αλλαγές στην κατεύθυνση της χρονοσειράς. Για να λυθεί το πρόβλημα της επιλογής εφαρμόζεται η ανάλυση ευαισθησίας στις ιστορικές χρονοσειρές, χρησιμοποιώντας διαφορετικές τιμές για τη σταθερά της εξομάλυνσης. Για κάθε τιμή πάνω από ένα εύρος τιμών,

προετοιμάζεται ένα πρότυπο πρόβλεψης με τη μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης και υπολογίζεται το κατάλληλο μέτρο της ακριβείας της πρόβλεψης. Στην πράξη, μελέτες που έγιναν, δείχνουν ότι οι τιμές από 0.05 έως 0.30 ταιριάζουν πολύ καλά στα πρότυπα της εκθετικής εξομάλυνσης. Τιμές της α που είναι μεγαλύτερες από 0.30 συνήθως δείχνουν ότι κάποιο εναλλακτικό μοντέλο πρόβλεψης θα είναι πιο κατάλληλο.

Γενικά, οι τεχνικές που χρησιμοποιούν εκθετική εξομάλυνση είναι ευρέως αποδεκτές για τους εξής λόγους:

1. Τα εκθετικά μοντέλα είναι ακριβή
2. Η εφαρμογή ενός εκθετικού μοντέλου είναι σχετικά εύκολη
3. Τα μοντέλα γίνονται κατανοητά από τους χρήστες
4. Οι ανάγκες σε υπολογιστική ισχύ είναι μικρές
5. Δεν απαιτείται χώρος αποθήκευσης δεδομένων λόγω μικρής χρήσης ιστορικών δεδομένων
6. Οι έλεγχοι αποτελεσματικότητας του μοντέλου υπολογίζονται εύκολα

2.5.4.3 Γραμμική Παλινδρόμηση

Η παλινδρόμηση ορίζεται ως η συναρτησιακή σχέση μεταξύ δύο συσχετισμένων μεταβλητών. Χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της μίας μεταβλητής δεδομένου των τιμών της άλλης. Η γραμμική παλινδρόμηση αναφέρεται στην ειδική περίπτωση της παλινδρόμησης όπου η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών (στη συγκεκριμένη περίπτωση χρόνος και ζήτηση) είναι γραμμική. Τα δεδομένα πρέπει πρώτα να απεικονιστούν γραφικά για να διαπιστωθεί αν η συσχέτιση των δύο μεταβλητών μπορεί να προσεγγιστεί γραμμικά.

Η ευθεία της γραμμικής παλινδρόμησης έχει τον τύπο

$$Y = a + bX \quad (2.4)$$

όπου,

- Y = εξαρτημένη μεταβλητή (Ζήτηση)
- a = σταθερά (αρχή της ευθείας)
- b = η κλίση της ευθείας
- X = η ανεξάρτητη μεταβλητή (Χρόνος)

Ο υπολογισμός των a και b γίνεται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Τα τέσσερα βήματα για τον υπολογισμό της πρόβλεψης είναι τα εξής:

Βήμα 1ο: Υπολογισμός b

Χρησιμοποιείται η σχέση (2.5)

$$b = \frac{\sum (xy) - n\bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum (x^2) - n\bar{x}^2}$$

Βήμα 2ο: Υπολογισμός a

Χρησιμοποιείται η σχέση (6.6)

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Βήμα 3ο: Αντικατάσταση a και b που υπολογίστηκαν από τις δύο προηγούμενες σχέσεις (2.5) & (2.6) στην αρχική σχέση (2.4)

Βήμα 4ο: Γίνεται χρήση της εξίσωσης που κατασκευάστηκε για να βρεθεί η πρόβλεψη για το y .

Στις παραπάνω σχέσεις είναι:

\bar{x} η μέση τιμή των x ,
 \bar{y} η μέση τιμή των y .

Η γραμμική παλινδρόμηση ενδείκνυται για μακροπρόθεσμες προβλέψεις και ολικό προγραμματισμό. Για παράδειγμα, η γραμμική παλινδρόμηση είναι πολύ χρήσιμη για την πρόβλεψη της ζήτησης μιας ομάδας προϊόντων. Παρ' ότι η ζήτηση για τα επιμέρους προϊόντα μπορεί να ποικίλει μέσα στην καθορισμένη χρονική περίοδο, η ζήτηση για τη συνολική ομάδα προϊόντων θα είναι ομαλή. Ο κύριος περιορισμός της μεθόδου αυτής είναι ότι υποθέτουμε πως τα δεδομένα του παρελθόντος και οι προβλέψεις βρίσκονται σε μια ευθεία γραμμή. Παρ' όλο που το γεγονός αυτό περιορίζει την εφαρμογή της μεθόδου γραμμικής παλινδρόμησης, ορισμένες φορές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τη χρήση μικρών χρονικών περιόδων.

Η γραμμική παλινδρόμηση χρησιμοποιείται για προβλέψεις με ανάλυση χρονοσειρών και προτιμάται όταν η εξαρτημένη μεταβλητή μεταβάλλεται με το χρόνο.

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί πως πρόβλεψη μπορεί να πραγματοποιηθεί με μία σειρά διαφορετικών μεθόδων οι οποίες επιλέγονται με βάση τα δεδομένα που υπάρχουν για επεξεργασία. Στην περίπτωση της Φάγε που μελετάται στα πλαίσια αυτής της εργασίας επειδή οι τιμές είναι περιορισμένες και κατά προσέγγιση για λόγους που ήδη έχουν αναφερθεί δε μπορεί να γίνει πρόβλεψη με μη γραμμικά, εκθετικά, λογαριθμικά και άλλα μοντέλα που πιθανώς να συντελούσαν σε αποτελέσματα με μεγαλύτερη ακρίβεια. Για το λόγο αυτό επιλέγονται γραμμικά μοντέλα στα οποία στη συνέχεια γίνεται προσπάθεια για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος και την δημιουργία μικρής απόκλισης από την πραγματικότητα (αν αυτό είναι εφικτό).

2.6 Production Scheduling (Χρονικός Προγραμματισμός Παραγωγής) [15]

Τα συστήματα παραγωγής μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες: τα συστήματα συνεχούς ροής (flow-shop), τα συστήματα παραγωγής κατά παραγγελία (job-shop) και τα συστήματα κατασκευής έργων (projects). Εκτός από το στρατηγικό πρόβλημα του μακροπρόθεσμου σχεδιασμού της δυναμικότητας αυτών των συστημάτων παραγωγής, τίθεται το πρόβλημα του βραχυπρόθεσμου προγραμματισμού των απαιτούμενων πόρων, δηλαδή του μηχανολογικού εξοπλισμού, του ανθρώπινου δυναμικού καθώς και των οικονομικών πόρων, ώστε τα συστήματα να εκπληρώνουν τους στόχους τους, ανταποκρινόμενα στη ζήτηση των προϊόντων τους.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται το ζήτημα του βραχυπρόθεσμου προγραμματισμού της παραγωγής και συγκεκριμένα η περίπτωση του συστήματος συνεχούς ροής (flow-shop).

Σε ένα σύστημα, ο προγραμματισμός της γραμμής παραγωγής επηρεάζει άμεσα τη ροή των οικονομικών εισροών στο σύστημα. Ο σωστός χρονικός προγραμματισμός της παραγωγής αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την αύξηση των οικονομικών εισροών στο σύστημα. Αντίθετα, οι μεγάλες καθυστερήσεις σε ένα συστήματα παραγωγής αποτελούν τροχοπέδη για τα οικονομικά αποτελέσματα. Σε γενικές γραμμές, οι αντικειμενικοί σκοποί του χρονικού προγραμματισμού της παραγωγής είναι:

1. η αποτελεσματική χρήση μηχανών και προσωπικού,
2. η ελαχιστοποίηση του χρόνου αναμονής, αποθήκευσης και χρόνου εκτέλεσης των ποικίλων εργασιών.

Το κοινό χαρακτηριστικό πολλών προβλημάτων που παρουσιάζονται κατά τον προγραμματισμό της παραγωγής είναι η επιτακτική ανάγκη για ορθή λήψη ανεξάρτητων-στοιχειωδών αποφάσεων, ο συνδυασμός των οποίων θα αποτελέσει τη βέλτιστη λύση στο πρόβλημα του προγραμματισμού.

Για την διευκόλυνση στη λήψη των σωστών αποφάσεων και συγκεκριμένα στις περιπτώσεις όπου η υπολογιστική πολυπλοκότητα θεωρείται ως κυρίαρχο χαρακτηριστικό του προβλήματος, έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές βελτιστοποίησης. Ο αριθμός των εφαρμογών της πληροφορικής και οι μέθοδοι που δημιουργούνται για την βελτιστοποίησή τους αυξάνεται σταθερά. Αυτό οφείλεται κυρίως στη διαρκή τεχνολογική εξέλιξη αλλά και στην αυξανόμενη προσδοκία για την ενίσχυση του οπλοστασίου της επιχειρησιακής έρευνας. Οι τεχνικές βελτιστοποίησης έκαναν την εμφάνισή τους και στο πεδίο του διοικητικού προγραμματισμού με την ευρεία χρήση μοντέλων γραμμικού προγραμματισμού.

Για την δημιουργία και την εφαρμογή τεχνικών βελτιστοποίησης, κάθε πρόβλημα χρονικού προγραμματισμού ορίζεται από μια σειρά παραμέτρων, όπως η διαθέσιμη δυναμικότητα του συστήματος, οι απαιτήσεις για παραγωγή, οι χρονικοί περιορισμοί διάφορων διαδικασιών. Οι παράμετροι αυτοί καθορίζονται από τη ζήτηση των προϊόντων και από τους τεχνολογικούς περιορισμούς που μπορεί να υφίστανται. Με βάση αυτές τις παραμέτρους ζητείται η καλύτερη δυνατή τιμή μιας συνάρτησης κόστους, δηλαδή η τιμή εκείνη που αντιστοιχεί στην καλύτερη δυνατή επιλογή των μεταβλητών απόφασης. Οι μεταβλητές απόφασης μπορεί να αφορούν το μέγεθος μιας παρτίδας παραγωγής, τη σειρά εκτέλεσης των παραγγελιών, την ανάθεση συγκεκριμένων παραγγελιών σε συγκεκριμένες μηχανές κλπ. Έτσι, από ένα σύνολο εφικτών προγραμμάτων, ζητείται το καλύτερο δυνατό σενάριο λειτουργίας, αν και συχνά ο καθορισμός του είναι ανέφικτος, οπότε το ζητούμενο είναι να βρεθεί ένα πρόγραμμα, το οποίο ικανοποιεί τόσο τους περιορισμούς του προβλήματος όσο και κάποια ελάχιστα κριτήρια που απαιτούνται από το χρήστη.

Ειδικότερα, για την επίλυση ενός προβλήματος χρονικού προγραμματισμού, απαιτούνται αρχικά πληροφορίες σχετικά με τις απαιτήσεις για την παραγωγή των προϊόντων. Αυτές μπορούν να προκύψουν από τις παραγγελίες των πελατών, εάν αυτές είναι ήδη γνωστές, ή από προβλέψεις για τις μελλοντικές παραγγελίες. Οι απαιτήσεις αυτές μεταφράζονται με τη σειρά τους σε απαιτήσεις για παραγωγικούς πόρους, μέσω των πινάκων υλικών και των φασεολογίων (bill of resources). Με τον τρόπο αυτό, προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά και ο αριθμός των μηχανών που απαιτούνται, οι διεργασίες και η σειρά που θα γίνουν, οι χρόνοι επεξεργασίας στις μηχανές και οι προθεσμίες παράδοσης των παραγγελιών. Σημαντικοί παράγοντες στο πρόβλημα του χρονικού

προγραμματισμού παραγωγής είναι οι περιορισμοί και οι κανόνες του συστήματος, που αφορούν στη δυναμικότητα του διαθέσιμου παραγωγικού εξοπλισμού, στις απαιτήσεις για τη συντήρηση και το στήσιμο των μηχανών, στην εκπλήρωση των απαιτήσεων που ορίζει η εκάστοτε τεχνολογία των μηχανημάτων και τα δεδομένα του προγράμματος παραγωγής για το συνολικό επίπεδο της παραγωγής, του ανθρώπινου δυναμικού και των αποθεμάτων. Τέλος, η συνάρτηση κόστους, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, αφορά στην εκπλήρωση δεδομένων κριτηρίων που μπορεί να αναφέρονται στην γρηγορότερη εξυπηρέτηση των πελατών, στο συνολικό κόστος παραγωγής, στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση της διαθέσιμης δυναμικότητας κλπ. Έτσι, ένα πρόγραμμα παραγωγής είναι καλύτερο από ένα άλλο αν το πρώτο ικανοποιεί σε μεγαλύτερο βαθμό τα κριτήρια που έχουν τεθεί (π.χ. ικανοποιούνται ταχύτερα οι παραγγελίες), σύμφωνα με την τιμή που παίρνει αντίστοιχα η συνάρτηση κόστους.

Για τον προγραμματισμό της τρέχουσας γραμμής παραγωγής οι χρονικοί περιορισμοί απλοποιούνται αρκετά καθώς η πρώτη ύλη, δηλαδή το γάλα, υπάρχει σε μεγάλες ποσότητες και θεωρείται άφθονη. Συνεπώς δεν δημιουργούνται ελλείματα κατά την παραγωγή και δεδομένου ότι εξετάζεται η εγχώρια παραγωγή η πιθανότητα δημιουργίας ελλείματος και αργοπορία κατά την παράδοση των παραγγελιών θεωρείται μηδενική. Επιπρόσθετα περιορισμοί αποθήκευσης των προϊόντων δεν υπάρχουν καθώς εξετάζεται μία από τις τρεις γραμμές παραγωγής που λειτουργεί η βιομηχανία και ο κεντρικός χώρος αποθήκευσης των παραγγελιών ξεπερνάει τα 6.000.0000 κύπελλα, νούμερο το οποίο δεν καλύπτεται ποτέ από την εγχώρια παραγωγή. Οι μόνοι περιορισμοί που απασχολούν την παραγωγική διαδικασία σχετίζονται με την λειτουργία των διαχωριστήρων και συγκεκριμένα με την πιθανότητα παρουσίας κάποιας βλάβης. Η παραγωγή είναι προγραμματισμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να συσκευάζει και με λιγότερους διαχωριστήρες σε μεγαλύτερο όμως χρονικό διάστημα.

Η επίλυση μεγάλων προβλημάτων προγραμματισμού εργασιών σε τακτικό επίπεδο απαιτεί την ανάπτυξη συνθετότερων και ευφυέστερων μοντέλων, τυπικά παραδείγματα των οποίων είναι τα μοντέλα χρονοδρομολόγησης (scheduling) και προγραμματισμού διαδρομής (routing). Προβλήματα βραχυπρόθεσμου ορίζοντα, είναι δυνατό να αντιστοιχούν σε μοντέλα με τεράστιο αριθμό περιορισμών, εξαιρετικά υψηλή πολυπλοκότητα και μη γραμμικότητα. Πολλές από τις μεταβλητές είναι δυνατό να είναι διακριτές (ακέραιες ή δυαδικές), οπότε η επίλυση καθίσταται περαιτέρω δυσχερής. Μοντέλα αυτού του είδους, που βασίζονται σε διακριτές μεταβλητές, κατατάσσονται στην κατηγορία των προβλημάτων συνδυαστικής βελτιστοποίησης. Οι μεταβλητές των προβλημάτων συνδυαστικής βελτιστοποίησης αντιπροσωπεύουν αποφάσεις «ναι/όχι» ή άλλη πιθανή εκλογή διακριτών εναλλακτικών.

3^ο Κεφάλαιο

Η βιομηχανία ΦΑΓΕ

3.1 Παρουσίαση της εταιρείας

Η Φάγε αποτελεί την πρώτη βιομηχανία επεξεργασίας γάλακτος στην ελληνική παραγωγή [3]-[4]. Η ιστορία της ξεκινά το 1926, με το πρώτο γαλακτοπωλείο της στην Αθήνα να γίνεται αμέσως γνωστό για το νόστιμο, κρεμώδες και μοναδικό στο είδος του, γιαούρτι. Το γαλακτοπωλείο αυτό ιδρύθηκε από την οικογένεια του Αθανάσιου Φιλίππου, παππού του σημερινού Διευθύνοντος Συμβούλου και του Προέδρου του Διοικητικού Συμβουλίου της Φάγε. Το 1954, υπό την καθοδήγηση του πατέρα του και ιδρυτή της Φάγε, Αθανάσιου Φιλίππου, ο Ιωάννης Φιλίππου συνέβαλε στην δημιουργία του πρώτου δικτύου για την χονδρική πώληση γιαουρτιού στην Ελλάδα. Λίγα χρόνια αργότερα, το 1964 ιδρύεται το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής γιαουρτιού της εταιρείας, στο Γαλάτσι, υπό καθοδήγηση των δυο αδελφών Φιλίππου, Ιωάννη και Κυριάκο.

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1970, η Φάγε δραστηριοποιούνταν κυρίως στην μικρής κλίμακας παραγωγή και τη διανομή ελληνικού παραδοσιακού γιαουρτιού. Κατά την περίοδο αυτή, τα καταστήματα λιανικής πώλησης πουλούσαν το γιαούρτι χύμα, και πολύ συχνά ο καταναλωτής αγνοούσε τον παραγωγό. Ωστόσο, το 1975, όταν το εργοστάσιο γιαουρτιού της Φάγε μεταφέρθηκε από το Γαλάτσι στη Μεταμόρφωση, ήταν η πρώτη εταιρεία που εισήγαγε τα επώνυμα προϊόντα γιαουρτιού στην ελληνική αγορά. Τα προϊόντα αυτά, τα οποία έφεραν το σήμα Φάγε, πωλούνταν σε μικρότερα και σφραγισμένα κύπελλα, με όμορφα σχεδιασμένη συσκευασία - πολύ σχετική με αυτή που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα. Η επερχόμενη επιτυχία της καινοτομίας αυτής ήταν κάτι το απρόβλεπτο και κανείς δεν είχε υπολογίσει την επιρροή της ελληνικής και διεθνής αγοράς για τα επόμενα χρόνια.

Η Φάγε ξεκίνησε ως τοπικός παραγωγός γαλακτοκομικών προϊόντων στην Αθήνα, όμως επεκτάθηκε πολύ γρήγορα τόσο σε όλη την Ελλάδα, όσο και διεθνώς. Ξεκίνησε τις εξαγωγές γιαουρτιού στο Ηνωμένο Βασίλειο, το 1983 και στη συνέχεια ακολούθησε η Ιταλία και πολλές άλλες χώρες. Κατά την παρουσίαση των προϊόντων της στην αγορά της Αγγλίας στις αρχές του 1981 απέκτησε φανατικό κοινό, το οποίο ώθησε την οικογένεια να ιδρύσει το 2005 την θυγατρική της εταιρεία, Fage UK. Η ίδια επιτυχία επαναλαμβάνεται και στην Ιταλία όπου τα προϊόντα ΦΑΓΕ λανσάρονται για πρώτη φορά το 1983 από το υποκατάστημα της Ιταλίας, με το όνομα Ellenika. 21 χρόνια αργότερα, ερχόμενοι στο 2004 η θυγατρική εταιρεία της Φάγε στην Ιταλία μετονομάζεται σε Fage ITALIA. Μετά από αυτές τις δύο χώρες οι εξαγωγές εξαπλώθηκαν σε όλη την Ευρώπη αλλά και τον κόσμο σε χώρες όπως η Ιαπωνία, η Κίνα, η Αυστραλία, το Χονγκ-Κονγκ και η Σιγκαπούρη. Τα προϊόντα της Φάγε πωλούνται στα καλύτερα καταστήματα τροφίμων και είναι συνώνυμο της αγνότητας, μοναδικότητας και αυθεντικότητας. Η εταιρεία σήμερα αριθμεί πάνω από 35 διαφορετικές χώρες σε όλο τον πλανήτη, στις οποίες εξάγει τα προϊόντα της.

Εκτός από το γιαούρτι η Φάγε έχει επίσης επεκταθεί και σε άλλες κατηγορίες γαλακτοκομικών προϊόντων και έχει γίνει μία από τις κορυφαίες ελληνικές εταιρείες παραγωγής με τεράστιο ποσοστό προτίμησης στην ελληνική αγορά. Διαθέτει ένα ευρύ φάσμα επώνυμων γαλακτοκομικών προϊόντων, όπως τα επιδόρπια γάλακτος, το γάλα, την κρέμα γάλακτος, και το τυρί.

Το 2006, η τρίτη γενιά της οικογένειας Φιλίππου ανέλαβε τη διοίκηση της Φάγε, συνεχίζοντας την διεθνή ανάπτυξή της. Παράλληλα με τις εξαγωγές της Φάγε στην Ευρώπη, το 1998 ξεκινούν και οι εξαγωγές στην Αμερική. Τον Ιούνιο του 2000 η Φάγε ιδρύει την θυγατρική της Fage U.S.A. Corp. με σκοπό την τοποθέτηση και την ανάπτυξη του Total στην Αμερικάνικη αγορά. Η αυξανόμενη ζήτηση για το Total οδηγεί τον Φεβρουάριο του 2005 στην ίδρυση της Fage USA Dairy Industry Inc. με απώτερο σκοπό την δημιουργία μονάδας παραγωγής στη Νέα Υόρκη. Τον Απρίλιο του 2008 η Φάγε ξεκινάει την λειτουργία ενός νέου εργοστασίου για την παραγωγή του Total στις Η.Π.Α, επενδύοντας \$100,000,000. Το εργοστάσιο της Αμερικής, στο Johnstown της Νέας Υόρκης, αποτελεί τη μεγαλύτερη μονάδα παραγωγής του Ομίλου από πλευράς παραγωγικής δυναμικότητας.

Η Φάγε σήμερα απολαμβάνει τον τίτλο του ηγέτη στην αγορά του γιαουρτιού στην Ελλάδα και το κεντρικό εργοστάσιό της είναι ένα από τα πιο σύγχρονα εργοστάσια παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων στην Ευρώπη. Χάρη στις υψηλού επιπέδου τεχνικές μεθόδους η Φάγε έχει δυνατότητα παραγωγής 500.000.000 κύπελλα ανά έτος, και έχει στη διάθεσή της αποθήκη-

ψυγείο με χωρητικότητα 4.000 παλετών, πλήρως εξοπλισμένο με συστήματα αυτοματισμού. Αποτελεί τον «πρεσβευτή» της ελληνικής γαλακτοβιομηχανίας στο εξωτερικό μιας και εξάγεται σε 5 ηπείρους και το απολαμβάνουν καταναλωτές σε όλο τον κόσμο. Η ασυμβίβαστη αρχή των ιδρυτών της Φάγε παραμένει ίδια δηλώνοντας ότι: **«Δεν θα φτιάχναμε ποτέ ένα προϊόν που δεν θα δίναμε στα παιδιά μας»!**

3.2 Σημεία-σταθμοί στην ιστορία της Φάγε

- 1926: Γαλακτοπωλείο Αθανάσιου Φιλίππου, στην οδό Πατησίων 213
- 1954: Ξεκινά η οργάνωση του πρώτου δικτύου χονδρικής πώλησης γιαουρτιού και η δραστηριοποίηση της οικογενειακής επιχείρησης
- 1964: Ιδρύεται βιοτεχνία παραγωγής γιαουρτιού (και ειδών ζαχαροπλαστικής) στο Γαλάτσι
- 1975: Μεταφορά της Φάγε στο εργοστάσιο της Μεταμόρφωσης, όπου παράγεται το πρώτο ελληνικό τυποποιημένο και επώνυμο γιαούρτι, το Total
- 1983: Έναρξη εξαγωγών. Πρώτη χώρα, η Αγγλία\
- 1991: Είσοδος στην κατηγορία των τυροκομικών
- 1993: Είσοδος στην κατηγορία του γάλακτος
- 2008: Έναρξη λειτουργίας του εργοστασίου παραγωγής γιαουρτιού στην Αμερική

3.3 Παρουσίαση παραγωγικών εγκαταστάσεων

Η Φάγε έχει τέσσερα ιδιόκτητα εργοστάσια, τρία στην Ελλάδα και ένα στις Ηνωμένες Πολιτείες. Το μεγαλύτερο εργοστάσιο της στην Ελλάδα δεσπόζει στην Εθνική Οδό Αθηνών - Λαμίας και είναι εντυπωσιακό σε σχεδιασμό και κατασκευή. Είναι μία από τις πιο σύγχρονες εγκαταστάσεις παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων στην Ευρώπη και παγκοσμίως και έχει λάβει το Βραβείο Εφαρμοσμένης Αρχιτεκτονικής για την αρμονική ένταξη του κτιρίου στο περιβάλλον. Η παραγωγική αυτή μονάδα χρησιμοποιεί εξελιγμένα τεχνολογικά συστήματα για την παραγωγή γιαουρτιού και λοιπών γαλακτοκομικών προϊόντων.

Το εργοστάσιο παραγωγής γάλακτος της Φάγε βρίσκεται στο Αμύνταιο της Φλώρινας. Οι γραμμές παραγωγής είναι πλήρως αυτοματοποιημένες και ταυτόχρονα υπάρχει κεντρικός έλεγχος και λειτουργία της παραγωγής από κεντρικό PLC (Programmable Logic Controller).

Το τρίτο εργοστάσιο εξειδικεύεται στην παραγωγή τυριού. Διαθέτει μία πρότυπη εργοστασιακή μονάδα για την παραγωγή ημίσκληρων τυριών και βρίσκεται στα Τρίκαλα Θεσσαλίας.

Στον ελλαδικό χώρο οι εργαζόμενοι του Ομίλου Φάγε ανέρχονται σε εκατοντάδες. Αναλυτικότερα, ξεκινώντας από το κεντρικό εργοστάσιο της Μεταμόρφωσης όπου απασχολούνται καθημερινά 530 εργαζόμενοι και συνεχίζοντας στην περιφέρεια με το εργατικό δυναμικό του εργοστασίου στο Αμύνταιο να ανέρχεται σε 72 υπαλλήλους και στα Τρίκαλα σε 52 αντίστοιχα. Για την καλύτερη διάθεση των προϊόντων υπάρχουν και 7 εμπορικά καταστήματα για χονδρικό εμπόριο που απασχολούν ακόμα 43 υπαλλήλους. Φτάνοντας στο σύνολο, το εργατικό προσωπικό της εταιρείας αποτελείται από 702 άτομα, αριθμός αρκετά μεγάλος για μια ελληνική εταιρεία παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων.

Στο εξωτερικό και συγκεκριμένα στην εργοστασιακή μονάδα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής το εργοστάσιο βρίσκεται στο βιομηχανικό πάρκο Johnstown, 320 χιλιόμετρα βόρεια της πόλης της Νέας Υόρκης. Η Φάγε έχει επενδύσει σε μία σύγχρονη εγκατάσταση, υψηλού βαθμού αυτοματοποίησης, που επιτρέπει την παραγωγή υψηλής ποιότητας γιαουρτιού με βάση την αυθεντική ελληνική συνταγή. Για την υπόλοιπη Ευρώπη υπάρχουν εγκαταστάσεις σε διάφορες πόλεις που αποτελούν κυρίως εμπορικούς σταθμούς ανεφοδιασμού και παραρτήματα εμπορίας, διαφήμισης και προώθησης του ομίλου.

Φωτογραφίες από τα εργοστάσια



Εικόνα 5: Εργοστάσιο παραγωγής γιαουρτιού, Μεταμόρφωση Αττικής.



Εικόνα 6: Εργοστάσιο παραγωγής γιαουρτιού, Johnstown Νέας Υόρκης.



Εικόνα 7: Εργοστάσιο παραγωγής γιαουρτιού, Μεταμόρφωση Αττικής.



Εικόνα 8: Εργοστάσιο παραγωγής γάλακτος, Αμύνταιο Φλώρινας.

3.4 Παρουσίαση προϊόντων

Η παρούσα διπλωματική εργασία προσομοιάζει και βελτιστοποιεί τη γραμμή παραγωγής του γιαουρτιού. Στην ενότητα αυτή θα πραγματοποιηθεί μια σύντομη αναφορά στις βασικές κατηγορίες προϊόντων της βιομηχανίας Φάγε και στη συνέχεια θα ακολουθήσει η περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας από τη συλλογή του γάλακτος μέχρι τη συσκευασία και αποθήκευση των τελικών προϊόντων.

Η εταιρεία παράγει 9 βασικά προϊόντα γιαουρτιού τα οποία ορίζουν τρεις μεγάλες οικογένειες: το στραγγιστό, το set και το stirred. Η κάθε οικογένεια έχει ξεχωριστή διαδικασία παραγωγής με προϊόντα που διαφέρουν μεταξύ τους (σύσταση, δομή, υφή). Οι ενέργειες όμως που πραγματοποιούνται στο αρχικό επίπεδο παραγωγής, δηλαδή πριν το γάλα γίνει γιαούρτι, είναι κοινές για όλα τα παραγόμενα και θα αναλυθούν στην επόμενη παράγραφο.

Πριν ξεκινήσει η περιγραφή αναφέρονται τα εννέα προϊόντα γιαουρτιού της Φάγε.

- Total (στραγγιστό)
- Fruyo (στραγγιστό)
- Split cup (στραγγιστό)
- Αγελαδίτσα (set)
- Family (stirred)
- Junior (stirred)
- Velvet (stirred)
- Έδεσμα (stirred)
- Χύμα στραγγισμένο γιαούρτι

3.4.1 Παραλαβή και τυποποίηση γάλακτος

Το βασικό στοιχείο επεξεργασίας στη βιομηχανία Φάγε για την παραγωγή του γιαουρτιού είναι το γάλα. Η βιομηχανία δεν διαθέτει δικές της φάρμες παραγωγής γάλακτος έτσι ώστε να μπορεί μόνη της να παράγει το γάλα που χρειάζεται και στη συνέχεια να το επεξεργάζεται. Για αυτό το λόγο η τροφοδοσία του γάλακτος και η προμήθεια του γίνεται κατά κύριο λόγο από εξωτερικούς συνεργάτες. Οι εξωτερικοί συνεργάτες της Φάγε χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στους προμηθευτές του εγχώριου γάλακτος, που την αποτελούν αγρότες της ελληνικής γης και στους προμηθευτές του εξωτερικού, που είναι αγρότες της Ευρωπαϊκής Ένωσης κυρίως από τη Γαλλία και τη Γερμανία. Αφού γίνει η παραλαβή του γάλακτος από τις φάρμες στη συνέχεια δρομολογείται η μεταφορά του στο εργοστάσιο της Μεταμόρφωσης. Εκεί γίνεται η παραλαβή του μέσα από τα βυτία και ακολουθεί ο έλεγχος για να διασφαλιστεί η ποιότητα και οι προδιαγραφές που απαιτούνται. Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας είναι η προσωρινή αποθήκευση του γάλακτος στα σιλό τυποποίησης και στη συνέχεια ανάλογα με τον τύπο γιαουρτιού που θα παράχθει ακολουθούν διαφορετικές διαδικασίες.

Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας της γραμμής παραγωγής του γιαουρτιού συνοψίζουμε όλες τις παραπάνω διεργασίες σε μία με τον τίτλο διαδικασία παραλαβής και τυποποίησης του γάλακτος.

3.4.2 Γκάμα γιαουρτιών και οικογένειες προϊόντων

Το στραγγιστό γιαούρτι

Η πρώτη και η πιο σημαντική κατηγορία της γαλακτοβιομηχανίας για την οποία θα γίνει λόγος σε αυτή την εργασία είναι το στραγγιστό γιαούρτι. Τα προϊόντα της κατηγορίας αυτής με βάση την παραπάνω αναφορά είναι το Total, το Fruyo, η κατηγορία split cup και το στραγγιστό γιαούρτι που πωλείται σε μεγάλες συσκευασίες. Η διαδικασία παραλαβής και τυποποίησης που ακολουθείται είναι αυτή που αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Στη συνέχεια το γάλα έχοντας παστεριωθεί και εμβολιαστεί με καλλιέργεια τοποθετείται στα σιλό αποθήκευσης για 6 με 8 ώρες περίπου μέχρι να πήξει. Μετά από αυτό το χρονικό διάστημα και αφού γίνει λήψη δείγματος για να εντοπιστεί αν το προϊόν είναι έτοιμο ακολουθεί η ανάδευσή του για κάποια λεπτά και στη συνέχεια το προϊόν οδηγείται στους διαχωριστήρες για να περάσει τη διαδικασία του στραγγίσματος. Το στράγγισμα στην καθημερινότητα “ξεχωρίζει το υγρό από το στερεό τμήμα”, έτσι και στη γραμμή

παραγωγής το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής αποδίδει δύο μέρη προϊόντων. Το βασικό, αλλά μικρότερο σε ποσότητα είναι το βαρύ και στερεό μέρος του μείγματος που ονομάζεται πήγμα και αποτελεί περίπου το $\frac{1}{4}$ του συνολικού προϊόντος που εισχώρησε στους διαχωριστήρες. Το υπόλοιπο μέρος, τα $\frac{3}{4}$ δηλαδή, είναι ορός που δεν αξιοποιείται και απλά συμπυκνώνεται σε μικρότερες ποσότητες.

Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας παραγωγής του στραγγιστού γιαουρτιού είναι η άντληση του από τις μηχανές συσκευασίας. Ανάλογα με το τελικό προϊόν που θα συσκευαστεί γίνεται άντληση από διαφορετική μηχανή. Οι μηχανές του στραγγιστού συσκευάζουν total, fruyo, split cup και στραγγιστό μεγάλων ποσοτήτων.

Για το total και το στραγγιστό των μεγάλων ποσοτήτων η γραμμή παραγωγής τελειώνει με την συσκευασία του προϊόντος. Στα υπόλοιπα δύο όμως ακολουθούν διαφοροποιήσεις. Το fruyo επειδή αποτελεί φρουτοπαρασκεύασμα κατά την άντλησή του αναμειγνύεται με ένα φρούτο, επεξεργασμένο κατάλληλα, έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια ομοιόμορφη μάζα προϊόντος και στην συνέχεια να συσκευαστεί με την ίδια διαδικασία.

Το τελευταίο προϊόν, το split-cup, επειδή η συσκευασία του αποτελείται από δύο μέρη, κατά την άντληση του γιαουρτιού γίνεται και ταυτόχρονη άντληση του φρουτοπαρασκευάσματος που το συνοδεύει. Το φρουτοπαρασκεύασμα τοποθετείται σε αντίστοιχη υποδοχή που έχει το κύπελλο και συσκευάζεται και αυτό με τον ίδιο τρόπο.

Εκτός όμως από την διαφορά στο είδος της συσκευασίας υπάρχει και διαφορά στα λιπαρά του γιαουρτιού. Κατά τον διαχωρισμό λοιπόν λαμβάνεται γιαούρτι μηδενικής περιεκτικότητας σε λιπαρές ύλες. Τα λιπαρά προστίθενται ξεχωριστά από μια συνοδευτική διαδικασία. Έτσι λοιπόν πρώτα αντλείται το γιαούρτι με ή χωρίς τα λιπαρά, στη συνέχεια αναμειγνύεται με φρούτο ή συνοδεύεται αντίστοιχα για το split-cup και έπειτα συσκευάζεται για να είναι έτοιμο για αποθήκευση.

Η διαδικασία παραγωγής του στραγγιστού γιαουρτιού έχει τελειώσει με τις διαφορές να σημειώνονται στο κομμάτι της συσκευασίας του, ανάλογα με την παραγωγή που έχει οριστεί (total, fruyo, split-cup, χύμα, 2% σε λιπαρά, 5% σε λιπαρά).

Γιαούρτι τύπου set

Στην κατηγορία αυτή ανήκει το γιαούρτι “Αγελαδίτσα” με κύριο χαρακτηριστικό, την ωρίμανση του γιαουρτιού μέσα στο κύπελλο όπου συσκευάζεται. Η διαφορά του από την προηγούμενη κατηγορία εντοπίζεται στην γεύση, την όψη και την υφή που έχει ως γιαούρτι αλλά και στη διαδικασία παραγωγής που πραγματοποιείται για την παρασκευή του. Ξεκινώντας την παραγωγή του set εφαρμόζεται η διαδικασία παραλαβής και τυποποίησης του γάλακτος όπως και πριν. Στη συνέχεια το γάλα παστεριώνεται, εμβολιάζεται με μαγιά και προστίθενται τα λιπαρά διότι και σε αυτή την κατηγορία το γάλα αποβουτυρώνεται πριν χρησιμοποιηθεί. Με την ολοκλήρωση των ενεργειών λαμβάνεται δείγμα από το πήγμα του γιαουρτιού έτσι ώστε να εξεταστεί το σιλό και να μπορέσει να συνεχιστεί η παραγωγική διαδικασία. Αφού δοθεί η έγκριση από το τμήμα του χημείου το προϊόν αντλείται από τις μηχανές συσκευασίας και τοποθετείται στα κύπελλα της αντίστοιχης κατηγορίας. Στο σημείο αυτό στην προηγούμενη περιγραφή η παραγωγική διαδικασία σταματούσε, όμως στο γιαούρτι τύπου set ακολουθεί μια περίοδος επώασης του πηγματος σε κατάλληλους διαμορφωμένους αποθηκευτικούς χώρους - ψυγεία με το όνομα πήχτρες. Το προϊόν ομογενοποιείται και πήζει για περίπου μια εβδομάδα και έπειτα βγαίνει έτοιμο για κατανάλωση.

Γιαούρτι τύπου stirred

Στην τρίτη και τελευταία μεγάλη οικογένεια με τον χαρακτηρισμό γιαούρτι τύπου stirred ανήκουν τα προϊόντα Family, Junior, Velvet και Έδεσμα. Όπως και στις προηγούμενες κατηγορίες έτσι και εδώ η διαδικασία παραλαβής και τυποποίησης του γάλακτος είναι η ίδια. Αφού πραγματοποιηθούν αυτές οι διαδικασίες το επόμενο στάδιο που ακολουθεί είναι η θερμική επεξεργασία (παστερίωση) και στη συνέχεια η ταχεία ψύξη του προϊόντος. Με το πέρας των εργασιών το προϊόν τοποθετείται στα σιλό, όπου προστίθεται η αντίστοιχη ποσότητα καλλιέργειας και κρέμας και παραμένει εκεί για 6 έως 8 ώρες μέχρι να πήξει. Το τελικό στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας του stirred γιαουρτιού είναι η ανάδευση του μείγματος και η προσθήκη των αντίστοιχων φρουτοπαρασκευασμάτων. Το μείγμα αναμειγνύεται και με τη σειρά του οδηγείται στις μηχανές άντλησης προϊόντος. Όπως και στους προηγούμενους τύπους γιαουρτιού έτσι και εδώ το τελικό προϊόν συσκευάζεται, τοποθετείται η ανάλογη ημερομηνία λήξης και έπειτα οδηγείται στους αντίστοιχους θαλάμους αποθήκευσης (ψυγεία).

3.5 Οικονομικά στοιχεία της Φάγε

Στα πλαίσια της άρτιας λειτουργίας της γαλακτοβιομηχανίας Φάγε, η εταιρεία είναι υποχρεωμένη να εξάγει ετήσιο ισολογισμό όπου θα φανερώνονται όλες οι οικονομικές ενέργειες που έχουν γίνει για κάθε προηγούμενο έτος. Ο ισολογισμός αποτελεί έναν λογιστικό πίνακα στον οποίο εμφανίζονται τα περυσιακά στοιχεία, οι υποχρεώσεις και οι απαιτήσεις της κάθε εταιρείας.

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν οι ισολογισμοί για τα έτη 2010-2011-2012 και 2013. Οι πίνακες δεν περιλαμβάνουν ποσά σε αξία νομίσματος αλλά αναπαριστούν ποσοστά που αναλογούν σε συγκεκριμένες χρηματικές ποσότητες δεδομένου ότι το 100% είναι οι πωλήσεις της εταιρείας. Στο τέλος του κεφαλαίου θα παρουσιαστεί ένας συγκριτικός πίνακας όλων των ετών (2010-2013) για να υπάρξει μια ξεκάθαρη εικόνα για την πορεία της εταιρείας και την ανάπτυξη που παρουσιάζει. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί είναι πως η βιομηχανία επεξεργασίας γάλακτος Φάγε αποτελεί τμήμα του Ομίλου, ο οποίος αποτελείται από ορισμένες μικρότερες εταιρείες σε Ελλάδα και εξωτερικό. Οι παρακάτω οικονομικοί πίνακες αφορούν στοιχεία του Ομίλου.

2010

Κύκλος εργασιών.....	100,0%
Κόστος πωλήσεων.....	(57,9)
Μικτά κέρδη.....	42,1
Έξοδα διοίκησης και διάθεσης.....	(32,9)
Λοιπά έσοδα.....	0,1
Λοιπά έξοδα.....	(0,6)
Κέρδη από εξαγορά Ομολογιών 2015.....	-
Καθαρά χρηματοοικονομικά έσοδα/(έξοδα).....	(6,3)
Αντίλογισμός προστίμων.....	-
Ζημία απομείωσης.....	(0,1)
Κέρδη/(ζημιά) από παράγωγα.....	(0,3)
Καθαρές (ζημίες) /κέρδη από συναλλαγματικές διαφορές.....	1,0
Αναλογία ζημιών από συγγενείς εταιρείες αποτιμώμενες με τη μέθοδο της καθαρής θέσης.....	-
Φόροι εισοδήματος.....	(0,9)
Καθαρά κέρδη.....	2,1%

Πίνακας 4: Οικονομικά αποτελέσματα 2010

Κύκλος εργασιών: Οι πωλήσεις το 2010 ανήλθαν σε €338,6 εκατομμύρια, μια μείωση €23,5 εκατομμυρίων ή 7,5% σε σύγκριση με τις καθαρές πωλήσεις €315,1 εκατομμυρίων το 2009.

Οι κύριοι λόγοι που είχαν θετικό αντίκτυπο στις πωλήσεις του ομίλου σε αξία ήταν:

- κατά πρώτον, οι πωλήσεις του Ομίλου επηρεάστηκαν θετικά από τη σημαντική αύξηση σε όγκο και αξία των πωλήσεων της εταιρείας στην αμερικάνικη αγορά, κατά 70% σε όγκο και 66,7% σε αξία
- κατά δεύτερον, η ενίσχυση του αμερικανικού δολλαρίου Η.Π.Α. έναντι του ευρώ είχε επίσης θετική επίπτωση στις καθαρές πωλήσεις του ομίλου. Η θετική επίδραση στις πωλήσεις ήταν €6,4 εκατομμύρια.

Οι παράγοντες αυτοί αντισταθμίστηκαν εν μέρει από τη μείωση του 15,3% των πωλήσεων του ομίλου σε όγκο στην εγχώρια ελληνική αγορά. Η μείωση των πωλήσεων του ομίλου σε αξία στην εγχώρια αγορά ήταν 12,1%. Η οικονομική κρίση στην Ελλάδα και η επιβολή μέτρων λιτότητας από το ΔΝΤ με τις αρνητικές συνέπειες που επιφέρουν στην καταναλωτική συμπεριφορά αποτελούν τους κύριους λόγους της μείωσης σε όγκο στην εγχώρια αγορά.

Μικτά κέρδη: Τα μικτά κέρδη του 2010 ήταν €142,7 εκατομμύρια αύξηση €16 εκατομμυρίων ή 12,6% από €126,7 εκατομμύρια το 2009. Τα μικτά κέρδη ως ποσοστό πωλήσεων ήταν 42,1% επί του συνολικού.

Έξοδα διοίκησης & διάθεσης: Τα έξοδα διοίκησης και διάθεσης το 2010 ήταν €111,3 εκατομμύρια αύξηση €11,9 εκατομμυρίων ή 12% σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά.

Οι κύριοι λόγοι για την αύξηση των €11,9 εκατομμυρίων στα έξοδα διοίκησης και διάθεσης ήταν:

- πρώτον, τα κόστη διαφήμισης του ομίλου τα οποία αυξήθηκαν κατά €6,7 εκατομμύρια και αφορούσαν την προώθηση των προϊόντων στην αμερικάνικη αγορά
- δεύτερον, η μισθοδοσία που αφορούσε τις γενικές και διοικητικές υπηρεσίες και τις υπηρεσίες πωλήσεων της εταιρείας
- και τρίτον, η καταβληθείσα αμοιβή σε μετόχους και μέλη οικογενειών που αυξήθηκε κατά €1,4 εκατομμύρια.

Καθαρά χρηματοοικονομικά έσοδα/(έξοδα): Τα έξοδα της κατηγορίας αυτής ήταν αυξημένα κατά €8,4 εκατομμύρια και οι λόγοι σχετίζονταν με την αύξηση του συνολικού χρέους του Ομίλου κατά €34,7 εκατομμύρια και στη συνέχεια στην πρόωρη εξαγορά ορισμένων ομολόγων καθώς και στις διάφορες αποπληρωμές δανείων που εκκρεμούσαν.

Καθαρά κέρδη/(ζημιές): Τα καθαρά κέρδη για το 2010 ήταν €7,2 εκατομμύρια, σε σχέση με τα

καθαρά κέρδη €2,7 εκατομμυρίων για το 2009. Η αύξηση αυτή οφείλεται κυρίως στην βελτίωση του μικτού περιθωρίου.

2011

	<u>2011</u>
Κύκλος εργασιών.....	100,0%
Κόστος πωλήσεων	(60,3)
Μικτά κέρδη	39,7
Έξοδα διοίκησης και διάθεσης.....	(31,9)
Λοιπά έσοδα εκμετάλλευσης.....	0,2
Λοιπά έξοδα εκμετάλλευσης	(0,1)
Λειτουργικό κέρδος.....	7,9
Καθαρά χρηματοοικονομικά έσοδα/(έξοδα).....	(5,2)
Ζημία απομείωσης	-
Ζημία από παράγωγα.	(0,1)
Καθαρές (ζημίες) /κέρδη από συναλλαγματικές διαφορές	-
Κέρδη προ φόρων εισοδήματος.....	2,6
Φόροι εισοδήματος	(1,7)
Καθαρά κέρδη	<u>0,9%</u>

Πίνακας 5: Οικονομικά αποτελέσματα 2011

Κύκλος εργασιών: Ο όγκος των πωλήσεων του ομίλου για τη χρήση που έληξε 31 Δεκεμβρίου 2011 αυξήθηκε κατά 3,8% σε σύγκριση με το 2010. Οι πωλήσεις ανέρχονταν στα €385,2 καταγράφοντας αύξηση €46,6 εκατομμυρίων σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά. Η αύξηση οφείλεται κυρίως στην αξία των εξαγωγών και των διεθνών πωλήσεων του ομίλου. Οι πωλήσεις στην Ελλάδα σημείωσαν και άλλη μείωση όμως η ενίσχυση του δολλαρίου έναντι του ευρώ μετρίασε αυτό το παράγοντα μείωσης.

Μικτά κέρδη: Τα μικτά κέρδη ως ποσοστό επί των πωλήσεων σημείωσαν μερική μείωση της τάξεως των €10 εκατομμυρίων και οι δύο βασικοί λόγοι ήταν η διαφορά νομίσματος (ευρώ-δολλάριο) και η αύξηση της τιμής του γάλακτος που αποτελεί την πρώτη ύλη για όλα τα παραγόμενα.

Έξοδα διοίκησης & διάθεσης: Τα έξοδα διοίκησης και διάθεσης για το έτος 2011 αυξήθηκαν κατά €11,5 εκατομμύρια και όπως και το προηγούμενο έτος ο κύριος λόγος ήταν οι διάφορες προωθητικές ενέργειες και διαφημιστικές δαπάνες που έγιναν για την αμερικάνικη αγορά.

Καθαρά χρηματοοικονομικά έσοδα/(έξοδα): Τα καθαρά χρηματοοικονομικά έξοδα μειώθηκαν κατά €1,6 εκατομμύρια και η μείωση σχετίζεται με την εξαγορά των ομολόγων που είχε πραγματοποιηθεί την προηγούμενη χρονιά.

Καθαρά κέρδη: Τα καθαρά κέρδη του έτους αυτού ήταν €3,6 εκατομμύρια. Σε σύγκριση με την χρονιά του 2010 παρατηρείται μείωση περίπου στο 50%.

2012

Κύκλος εργασιών.....	100,0%
Κόστος πωλήσεων.....	<u>(57,1)</u>
Μικτά κέρδη.....	42,9
Έξοδα διοίκησης και διάθεσης.....	(31,0)
Λοιπά έσοδα εκμετάλλευσης.....	0,1
Λοιπά έξοδα εκμετάλλευσης.....	<u>(0,3)</u>
Λειτουργικό κέρδος.....	11,7
Καθαρά χρηματοοικονομικά έσοδα/(έξοδα).....	(5,4)
Ζημία απομείωσης.....	—
Ζημία από παράγωγα.....	(0,1)
Καθαρές (ζημίες)/κέρδη από συναλλαγματικές διαφορές.....	(0,3)
Κέρδη προ φόρων εισοδήματος.....	5,9
Φόροι εισοδήματος.....	<u>12,4</u>
Καθαρά κέρδη.....	18,3%

Πίνακας 6: Οικονομικά αποτελέσματα 2012

Κύκλος εργασιών: Οι πωλήσεις που καταγράφηκαν για το έτος 2012 αντιστοιχούν στο ποσό των \$550,1 εκατομμύρια και είναι προσανξημένες κατά 2% σε σχέση με την περασμένη χρονιά. Όπως και τις προηγούμενες χρονιές έτσι και το έτος 2012 η αμερικάνικη αγορά έδειξε την συμπάθειά της στο ελληνικό γιαούρτι και σημείωσε αύξηση του όγκου των πωλήσεων. Σημαντική αύξηση όμως παρουσιάστηκε και στην αγορά του Ηνωμένου Βασιλείου και της Ιταλίας. Αντίθετα η ελληνική αγορά συνέχισε την καθοδική της πορεία στις πωλήσεις σημειώνοντας ποσοστό 26,9%.

Μικτά κέρδη: Το μικτό κέρδος και για το 2012 αυξήθηκε κατά 10,1%. Οι κύριοι λόγοι δημιουργίας αυτής της αύξησης ήταν η πλεονεκτική θέση του ευρώ έναντι του δολλαρίου και η μείωση που έγινε στην τιμή του γάλακτος για την παραγωγή γιαουρτιού στην αμερικάνικη αγορά.

Καθαρά χρηματοοικονομικά έσοδα/(έξοδα): Τα χρηματοοικονομικά έξοδα αυξήθηκαν στο 5,4% συγκριτικά με το 2011 με κύριο λόγο την ύπαρξη υψηλότερων κεφαλαιοκρατικών δαπανών του ομίλου.

Έξοδα διοίκησης & διάθεσης: Τα έξοδα του τομέα αυτού εξαιτίας της μείωσης ζήτησης του προϊόντος στην ελληνική αγορά, κατά 1/4 σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά, μειώθηκαν κατά 0,6%. Παρουσιάστηκαν λιγότερα έξοδα για τη διανομή των προϊόντων στην εγχώρια αγορά.

Καθαρά κέρδη: Τα καθαρά κέρδη για το έτος 2012 αυξήθηκαν κατά \$5,1 εκατομμύρια γεγονός στο οποίο συνέλαβε η αύξηση του όγκου πωλήσεων στις ξένες αγορές.

2013

Κύκλος εργασιών.....	100,0%
Κόστος πωλήσεων.....	<u>(62,1)</u>
Μικτά κέρδη.....	37,9
Έξοδα διοίκησης και διάθεσης.....	(32,0)
Λοιπά έσοδα εκμετάλλευσης.....	0,1
Λοιπά έξοδα εκμετάλλευσης.....	<u>(0,3)</u>
Λειτουργικό κέρδος.....	5,7
Καθαρά χρηματοοικονομικά έσοδα/(έξοδα).....	(7,5)
Ζημία απομείωσης.....	—
Ζημία από παράγωγα.....	(0,1)
Καθαρές (ζημίες)/κέρδη από συναλλαγματικές διαφορές.....	(0,3)
Κέρδη προ φόρων εισοδήματος.....	1,6
Φόροι εισοδήματος.....	<u>1,1</u>
Καθαρά κέρδη.....	2,7%

Πίνακας 7: Οικονομικά αποτελέσματα 2013

Κύκλος εργασιών: Το 2013 ο όγκος των πωλήσεων αυξήθηκε κατά 4,5% αγγίζοντας το ποσό των \$574,8 εκατομμυρίων (συνολικά κέρδη). Οι αυξήσεις των πωλήσεων σε Αμερική, Αγγλία και Ιταλία άγγιξαν το 6,9%, 5,2% και 51,5% αντίστοιχα. Στην Ελλάδα για τέταρτη συνεχόμενη χρονιά η μείωση της ζήτησης στην αγορά συνεχίζεται με ποσοστό κοντά στο 4%.

Μικτά κέρδη: Τα μικτά κέρδη για το έτος 2013, που έκλεισε την 31^η Δεκεμβρίου ανήλθαν στα \$217.9 εκατομμύρια σημειώνοντας μείωση \$18 εκατομμυρίων ή 7,6%. Ο κύριος λόγος της μείωσης ήταν η αύξηση της τιμής για την πρώτη ύλη, γάλα, σε Αγγλία και Ελλάδα.

Καθαρά χρηματοοικονομικά έσοδα/(έξοδα): Τα έξοδα της εταιρείας παρουσίασαν και αυτή τη χρονιά ανοδική πορεία κλείνοντας στα \$43 εκατομμύρια και καταγράφοντας αύξηση \$13,6

εκατομμυρίων. Ο Όμιλος απαρτίζεται από καινούριες μονάδες παραγωγής οι οποίες λόγω του μεγέθους ανεβάζουν τα έξοδα σε σχέση με τις προηγούμενες χρονιές.

Έξοδα διοίκησης & διάθεσης: Τα διοικητικά έξοδα και το έτος 2013 σημείωσαν αύξηση 7,7% και έκλεισαν στα \$183,8 εκατομμύρια, αυξημένα κατά \$13,1 εκατομμύρια σε σχέση με το 2012.

Καθαρά κέρδη: Τα κέρδη για το 2013 παρουσίασαν καθοδική πορεία σημειώνοντας ζημία \$15,6 εκατομμυρίων συγκριτικά με τα κέρδη της χρονιάς του 2012. Οι παράγοντες που συντέλεσαν σε αυτό το αποτέλεσμα συνδέονται κυρίως με την μείωση των μικτών κερδών και την αύξηση των εξόδων του ομίλου για διαφήμιση και χρηματοοικονομικές-διοικητικές λειτουργίες.

Συνοψίζοντας όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία απορρέει το συμπέρασμα πως ο Όμιλος στον οποίο εμπεριέχεται η βιομηχανία Φάγε διατηρεί μια σταθερή πορεία και προβαίνει σε ενέργειες για τη δημιουργία καινούριων μονάδων παραγωγής που βασίζονται στις ξένες αγορές. Επενδύει στο αμερικάνικο έδαφος και προωθείται μέσω της κατασκευής θυγατρικών εταιρειών στις χώρες της Ευρώπης. Προσπαθώντας να διατηρήσει την άριστη ποιότητα των προϊόντων του δεν αλλοιώνει την πρώτη ύλη που χρησιμοποιεί προτιμώντας β' διαλογής γάλα, το οποίο κοστίζει λιγότερο ώστε να μειώσει τα έξοδά του.

Λαμβάνοντας υπόψιν την οικονομική κρίση που πλήττει το ελληνικό κράτος γίνεται προσπάθεια για μείωση των τιμών σε διάφορα προϊόντα του Ομίλου και ταυτόχρονα δημιουργούνται ευκαιρίες για αγορές μέσω των προσφορών που πραγματοποιούνται σε διάφορες περιόδους συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση του ελληνικού εμπορίου και στην προτίμηση των ελληνικών προϊόντων. Στο τέλος της ενότητας παρουσιάζεται και ο συγκριτικός πίνακας της κατάστασης αποτελεσμάτων χρήσης για τα πέντε τελευταία χρόνια λειτουργίας του Ομίλου.

	Year ended December 31,	
	2010	2009
	(in percentages)	
Sales.....	100.0%	100.0%
Cost of sales.....	(57.9)	(59.8)
Gross profit.....	42.1	40.2
Selling, general and administrative expenses	(32.9)	(31.6)
Other income	0.1	0.2
Other expenses	(0.6)	(0.5)
Gain from repurchase of 2015 Senior Notes	-	0.7
Financial income/(expenses), net.....	(6.3)	(4.2)
Reversal of fines.....	-	1.2
Impairment loss	(0.1)	(0.1)
Gain/(loss) on derivatives	(0.3)	-
Foreign exchange (losses)/gains, net	1.0	(0.2)
Share of losses of associate accounted under the equity method	-	-
Income taxes.....	(0.9)	(4.9)
Net profit	2.1%	0.8%

Πίνακας 8: Συγκριτικά αποτελέσματα KAX 2009-2010

	Year ended December 31,	
	2011	2010
Sales.....	100.0%	100.0%
Cost of sales	(60.3)	(57.9)
Gross profit.....	39.7	42.1
Selling, general and administrative expenses	(31.9)	(32.9)
Other income	0.2	0.1
Other expenses	(0.1)	(0.6)
Profit from operations	7.9	8.7
Financial income/(expenses), net.....	(5.2)	(6.3)
Impairment loss.....	-	(0.1)
Loss on derivatives.....	(0.1)	(0.3)
Foreign exchange (losses)/gains, net	-	1.0
Profit before income taxes	2.6	3.0
Income taxes.....	(1.7)	(0.9)
Net profit	0.9%	2.1%

Πίνακας 9: Συγκριτικά αποτελέσματα KAX 2010-2011

	Twelve months ended December 31,	
	2012	2011
Sales	100.0%	100.0%
Cost of sales	(57.1)	(60.3)
Gross profit	42.9	39.7
Selling, general and administrative expenses	(31.0)	(31.9)
Other income	0.1	0.2
Other expenses	(0.3)	(0.1)
Profit from operations	11.7	7.9
Financial income/(expenses), net	(5.4)	(5.2)
Impairment gain/(loss)	-	-
(Loss)/gain on derivatives	(0.1)	(0.1)
Foreign exchange (losses)/gains, net	(0.3)	-
Profit before income taxes	5.9	2.6
Income tax benefit/(expense)	12.4	(1.7)
Net profit	18.3%	0.9%

Πίνακας 10: Συγκριτικά αποτελέσματα ΚΑΧ 2011-2012

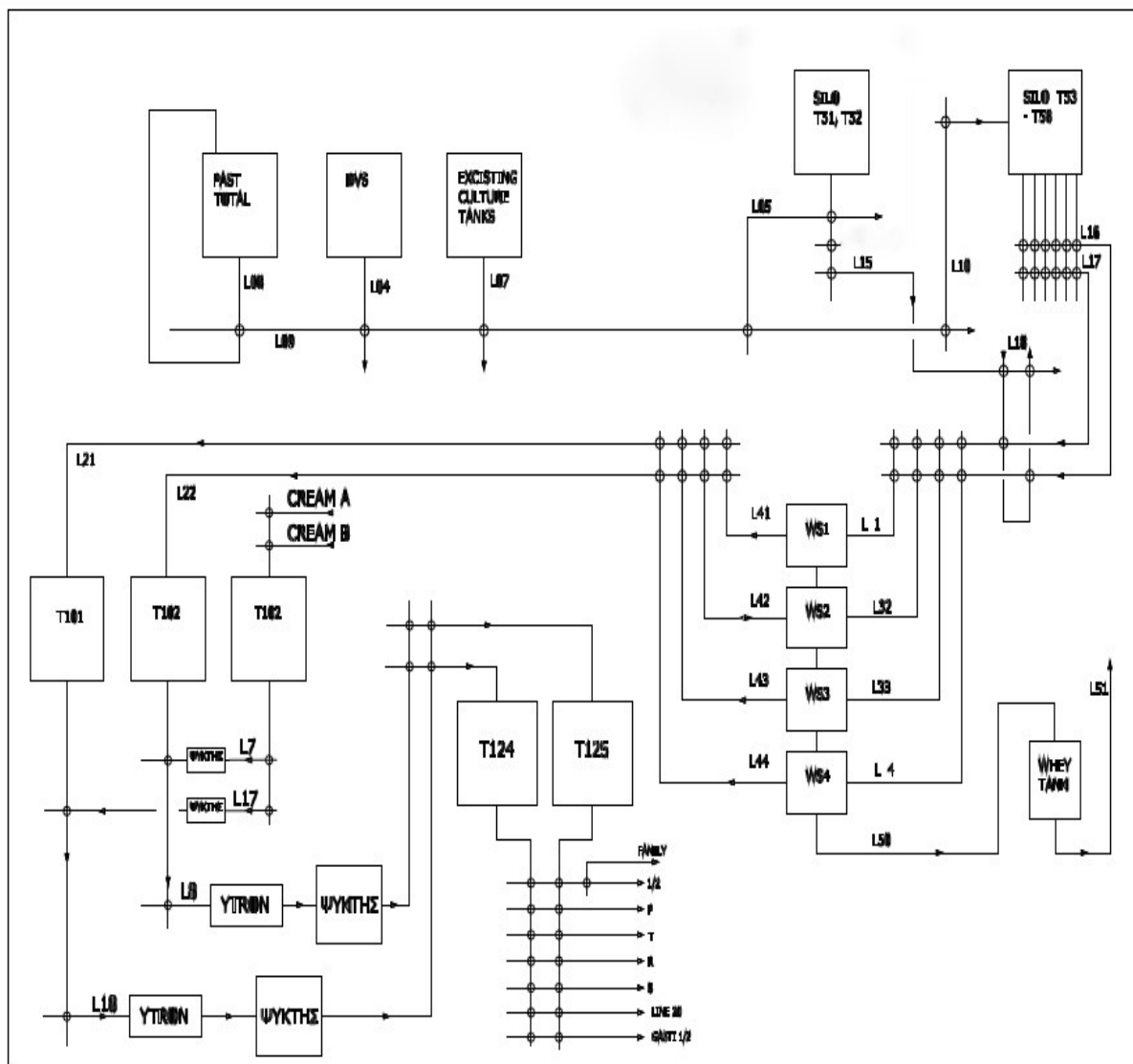
	Year ended December 31,	
	2013	2012
Sales	100.0%	100.0%
Cost of sales	(62.1)	(57.1)
Gross profit	37.9	42.9
Selling, general and administrative expenses	(32.0)	(31.0)
Other income	0.1	0.1
Other expenses	(0.3)	(0.3)
Profit from operations	5.7	11.7
Financial income/(expenses), net	(7.5)	(5.4)
(Loss)/gain on derivatives	-	(0.1)
Foreign exchange (losses)/gains, net	(0.1)	(0.3)
Gain from sale of investment in an associate	0.3	-
Profit/(loss) before income taxes	(1.6)	5.9
Income tax benefit/(expense)	(1.1)	12.4
Net profit/(loss)	(2.7)%	18.3%

Πίνακας 11: Συγκριτικά αποτελέσματα ΚΑΧ 2012-2013

4^ο Κεφάλαιο

Μελέτη της παραγωγικής διαδικασίας του total

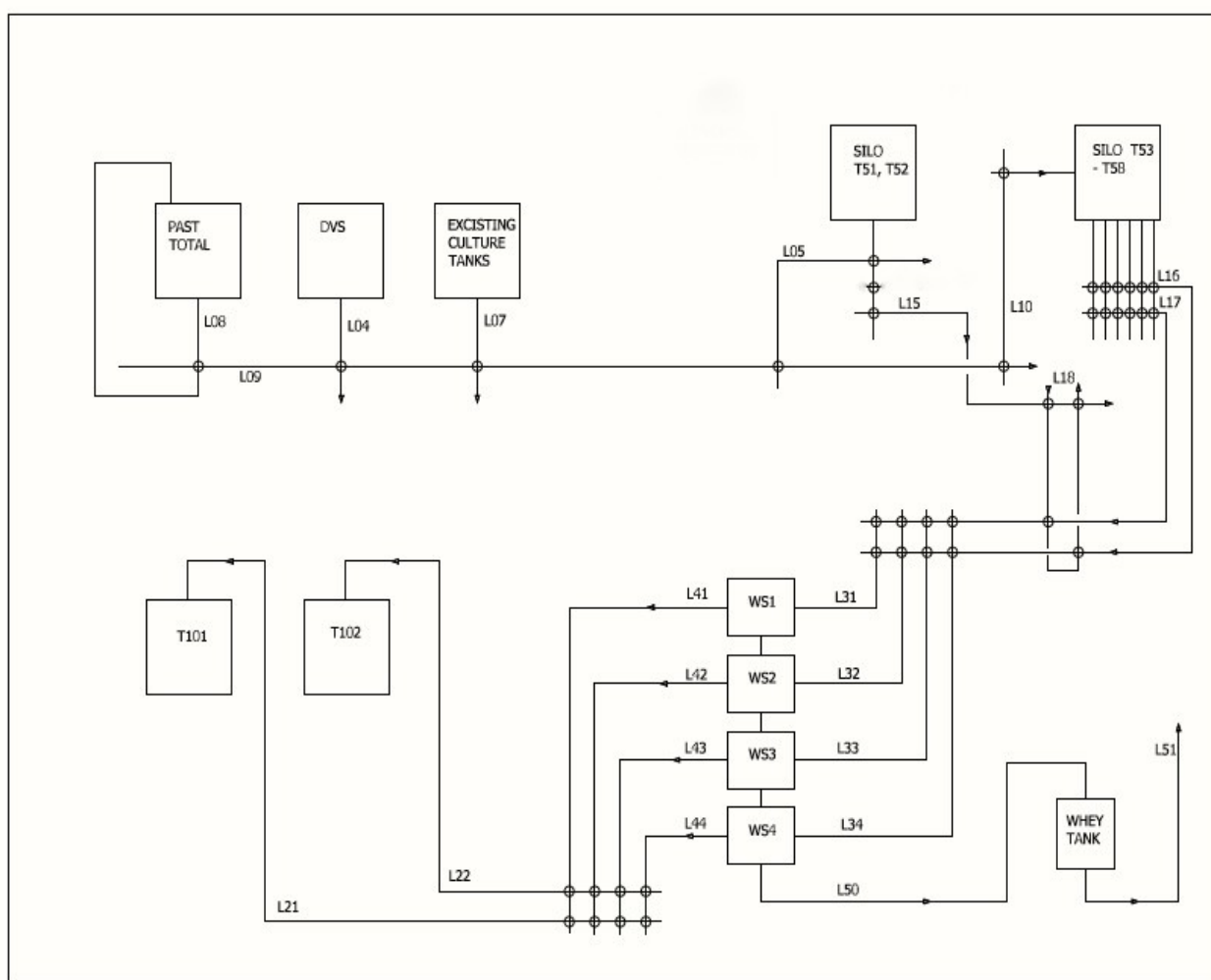
4.1 Παρουσίαση της παραγωγικής διαδικασίας



Εικόνα 9: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας

Το παραπάνω διάγραμμα απεικονίζει πλήρως τα βασικά σημεία της παραγωγικής διαδικασίας του στραγγιστού γιαουρτιού. Είναι μια απεικόνιση του τρόπου λειτουργίας της μέσα από ένα δίκτυο σωληνογραμμών συνδεδεμένων με δεξαμενές, διαχωριστήρες και μηχανές συσκευασίας, εναλλάκτες θερμότητας, αντλίες και βαλβίδες. Το παρών διάγραμμα κατασκευάστηκε σε περιβάλλον AutoCAD και αντιπροσωπεύει πλήρως την παραγωγική διαδικασία που εφαρμόζεται καθημερινά με όλα τα στάδια λειτουργίας της.

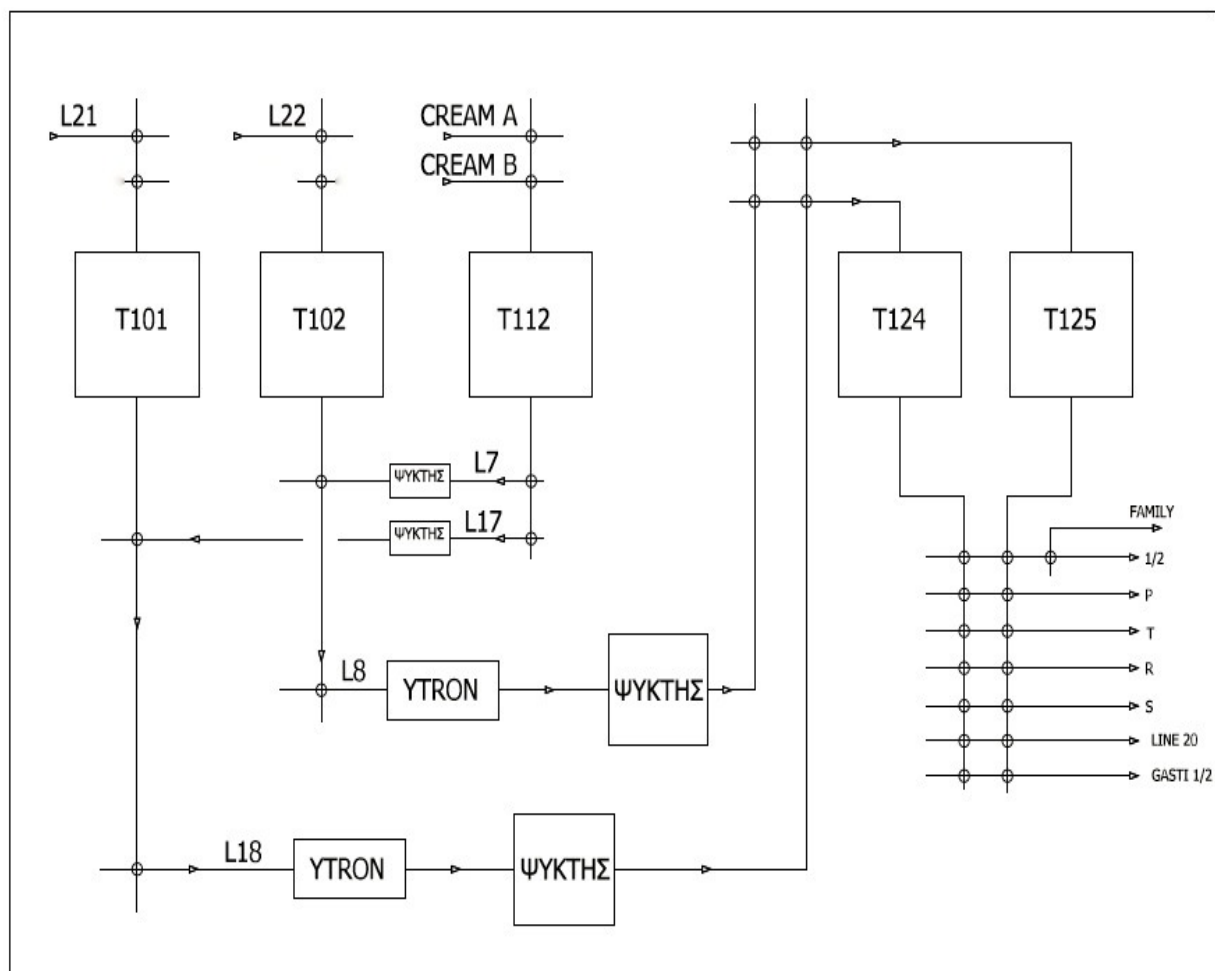
Για την καλύτερη κατανόηση και επεξήγηση του τρόπου λειτουργίας της γραμμής παραγωγής χωρίζουμε το κυρίως διάγραμμα σε δύο μικρότερα έτσι ώστε να φαίνονται πιο αναλυτικά τα συστήματα που δομούν την γραμμή παραγωγής.



Εικόνα 10: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας, παστερίωση - διαχωρισμός.

Στο πρώτο τμήμα του διαγράμματος απεικονίζεται η παραγωγική διαδικασία από την αρχή λειτουργίας της μέχρι και το στάδιο των διαχωριστήρων. Όπως αναφέραμε και στα εισαγωγικά της διπλωματικής εργασίας η γραμμή παραγωγής αποτελείται από πολλά και διαφορετικά συστήματα που ενώνοντάς τα δημιουργούν την ενιαία γραμμή της παραγωγικής διαδικασίας.

Στην εικόνα εμφανίζονται τα αρχικά στάδια της γραμμής παραγωγής ξεκινώντας με την παστερίωση του γάλακτος. Η παστερίωση πραγματοποιείται στην πρώτη δεξαμενή μεταξύ των σωληνογραμμών L08 και L09. Το επόμενο τμήμα που ακολουθεί είναι η προσθήκη της μαγιάς στις δύο ακόλουθες δεξαμενές μεταξύ των σωληνογραμμών L09, L04 και L07. Από το σημείο αυτό και μετά το μείγμα οδηγείται μέσω της L05 και της L10 στα σιλό αποθήκευσης όπου παραμένει 6 με 8 ώρες περίπου. Μετά το χρονικό διάστημα αυτό οι βαλβίδες ανοίγουν και τα σιλό αδειάζουν μέσω των σωληνογραμμών L15 - L18 και οδηγούν το πηγμένο γιαούρτι στους τέσσερις διαχωριστήρες. 4 γραμμές εισέρχονται στους διαχωριστήρες και 5 εξέρχονται καθώς υπάρχει και μια νέα γραμμή, η L50 η οποία αποβάλλει τον ορό κατά την διαδικασία του διαχωρισμού. Το πηγμένο είναι πλέον έτοιμο και το 0% προϊόν που ρέει στις L21 και L22 οδηγείται σε δύο νέες δεξαμενές.



Εικόνα 11: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας, προσθήκη κρέμας – συσκευασία.

Στο δεύτερο μέρος του διαγράμματος το γιαούρτι οδηγείται στη διαδικασία της προσθήκης των λιπαρών και στη συνέχεια ακολουθεί η συσκευασία του στα αντίστοιχα κύπελλα. Κατά την έξοδο του προϊόντος από τους διαχωριστήρες παραλαμβάνεται γιαούρτι περιεκτικότητας 0% σε λιπαρές ύλες. Αν η παρτίδα που έχει ορίσει το τμήμα της παραγωγής αποτελείται από κύπελλα 0% τότε το γιαούρτι οδηγείται μέσω των σωληνογραμμών στην απευθείας συσκευασία του, αν όμως η παρτίδα αφορά προϊόντα που περιέχουν λιπαρά τότε η διαδικασία διαφοροποιείται.

Στην περίπτωση αυτή λοιπόν, υπάρχουν δύο δεξαμενές αποθήκευσης του έτοιμου προϊόντος, η T01 και T02. Μέσω των σωληνογραμμών L21, L22, L7 και L17 το γιαούρτι αναμειγνύεται με την κρέμα που βρίσκεται στην δεξαμενή T112. Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε λιπαρά που επιθυμείτε να έχει η παρτίδα ορίζεται και η αντίστοιχη ποσότητα της κρέμας που θα αναμειχθεί. Με την ολοκλήρωση και αυτής της διαδικασίας το προϊόν περνάει από έναν ομογενοποιητή (ytron) και στη συνέχεια από ταχεία ψύξη με τελικό προορισμό τις μηχανές συσκευασίας. Εκεί υπάρχουν δυο δεξαμενές αποθήκευσης και επτά μηχανές άντλησης του τελικού προϊόντος. Ανάλογα και πάλι με την ημερήσια παραγωγή και την παρτίδα που έχει προγραμματίσει να παρασκευάσει η παραγωγή αντλείται προϊόν από την αντίστοιχη μηχανή συσκευασίας. Οι μηχανές κατηγοριοποιούνται δεδομένου του προϊόντος που θα συσκευάσουν και του κυπέλλου που χρησιμοποιείται για τη συσκευασία. Έτσι έχουμε μηχανή total 0%, 2% και 5% για τα κύπελλα των 170, 200, 500 και 1.000 γραμμαρίων αντίστοιχα, μηχανές family γιαουρτιού, μηχανή για split-cup κύπελλα και τέλος η μηχανή για την συσκευασία frugo.

Το τμήμα παραγωγής γιαουρτιού της βιομηχανίας Φάγε αποτελείται από τις γραμμές παραγωγής γιαουρτιού των τριών οικογενειών προϊόντων που έχουν ήδη παρουσιαστεί. Στην παρούσα διπλωματική εργασία αντικείμενο μελέτης θα αποτελέσει η γραμμή παραγωγής της οικογένειας γιαουρτιών total, η οποία βρίσκεται στην Μεταμόρφωση Αττικής. Το total αποτελεί το μακροβιότερο προϊόν γιαουρτιού της Φάγε που συνετέλεσε στην καθιέρωσή της σε παγκόσμιο επίπεδο στην κατηγορία του στραγγιστού γιαουρτιού.

Στη συνέχεια γίνεται αναλυτική παρουσίαση τόσο των σταδίων παραγωγής του total όσο και του τρόπου αλλά και των παραγωγικών χαρακτηριστικών των εγκαταστάσεων. Οι πληροφορίες που παρουσιάζονται (χωρητικότητες, ρυθμοί, παροχές, εναλλακτικές, κτλ) έχουν συλλεχθεί με συνεντεύξεις του αρμόδιου προσωπικού, με καταγραφές της ίδιας της εταιρείας που τέθηκαν στην διάθεσή μας καθώς και με επιτόπου καταγραφή και παρουσίαση στο χώρο παραγωγής.

Η διαδικασία παραγωγής του στραγγιστού γιαουρτιού αποτελείται από κάποια βασικά στάδια

τα οποία απεικονίζονται στα τρία παραπάνω διαγράμματα. Αρχικά, το πρώτο στάδιο είναι η παραλαβή του γάλακτος και η τυποποίηση του. Κατά την τυποποίηση το γάλα περνάει από αποβουτύρωση, δηλαδή την απομάκρυνση των λιπαρών στοιχείων που περιέχει, και από έλεγχο έτσι ώστε να πληρούνται οι απαραίτητες προδιαγραφές που απαιτούνται. Με την ολοκλήρωση της τυποποίησης η διαδικασία της παραλαβής και του ελέγχου τελειώνει και το γάλα εισέρχεται στη γραμμή της παραγωγής για να ξεκινήσει η επεξεργασία του.

Η σωληνογραμμή του στραγγιστού γιαουρτιού έχει παροχή περίπου $28 \text{ m}^3/\text{h}$ χωρίς να παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις. Ο ρυθμός αυτός παραμένει σταθερός καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας και καθορίζει το χρόνο στον οποίο θα γεμίσει το σιλό. Με την εισαγωγή του γάλακτος στην παραγωγική διαδικασία ξεκινάει η παστερίωση, η οποία εξαιτίας του σταθερού ρυθμού και της δεδομένης χωρητικότητας της δεξαμενής (50 τόνοι), μπορεί να υπολογιστεί. Η διάρκεια της παστερίωσης για ένα σιλό γάλακτος υπολογίζεται στα 105 με 107 λεπτά συνολικά (1,75 περίπου της ώρας). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται στους 95°C για ορισμένα δευτερόλεπτα, και σε αυτό το χρονικό διάστημα έχουν σκοτωθεί όλοι οι επιβλαβείς μικροοργανισμοί που πιθανόν να υπήρχαν στο γάλα χωρίς όμως αυτό να χάνει τα θρεπτικά του συστατικά. Σχεδόν ταυτόχρονα με το στάδιο αυτό γίνεται η προσθήκη της μαγιάς. Είναι δύο διεργασίες που γίνονται παράλληλα και η διάρκεια τους θεωρείται αμελητέα λαμβάνοντας υπόψιν τον συνολικό χρόνο παραγωγής του γιαουρτιού.

Με την ολοκλήρωση της παστερίωσης και την προσθήκη της μαγιάς η διαδικασία της παραγωγής περνάει στο επόμενο στάδιο όπου είναι η ωρίμανση του γιαουρτιού. Η χωρητικότητα των σιλό αποθήκευσης είναι 50 τόνοι, και η Φάγε έχει στη διάθεσή της 8 δεξαμενές ιδίων δυνατοτήτων. Ο χρόνος που θα χρειαστεί μια δεξαμενή για να γεμίσει είναι 105-107 λεπτά καθώς τα δεδομένα παραμένουν ίδια με το προηγούμενο στάδιο παραγωγής (σταθερή παροχή και ίδιος όγκος σιλό). Από τη στιγμή που θα τοποθετηθεί το μίγμα (γάλα και μαγιά) στο σιλό, το γιαούρτι ηρεμεί-ωριμάζει για 6 με 8 ώρες περίπου. Ο χρόνος αυτός είναι συγκεκριμένος και δεν μπορεί να έχει μεγάλες αποκλίσεις. Το γιαούρτι είναι ένα ευπαθές προϊόν που δεν αφήνει περιθώρια για καθυστερήσεις διότι αν κάτι παρεκκλίνει από την κανονική ροή της διαδικασίας τότε καταστρέφεται όλο το σιλό των 50 τόνων. Σε αυτό το χρονικό διάστημα δεν υπάρχει κάποια επιπλέον επεξεργασία του μίγματος, παρά μόνο η τακτική λήψη δειγμάτων έτσι ώστε να παρακολουθείτε η εξέλιξη της ωρίμανσης και να ελέγχεται η σύσταση του μίγματος. Όταν το δείγμα που λάβει ο ποιοτικός έλεγχος είναι σύμφωνο με τις προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά που έχουν οριστεί τότε δίνεται εντολή για να ξεκινήσει η διαδικασία του αδειάσματος του σιλό.

Ταυτόχρονα με την έναρξη του αδειάσματος γίνεται και το σπάσιμο του γιαουρτιού. Το γιαούρτι βρίσκεται σε ηρεμία για αρκετές ώρες με αποτέλεσμα η σύσταση του να μην είναι ομοιόμορφη και να παρατηρείται σχηματισμός δύο μερών. Όπως ισχύει σε όλα τα ρευστά έτσι και εδώ το βαρύτερο μέρος του μίγματος βρίσκεται στον πάτο της δεξαμενής και το πιο ελαφρύ συγκεντρώνεται κοντά στην επιφάνεια. Για να γίνει ομοιόμορφο το μίγμα και να υπάρχει ενιαία σύσταση πρέπει να αναδευθεί. Η διεργασία αυτή πραγματοποιείται στις 5.530 rad/sec και δεν σταματάει μέχρι να αδειάσει όλο το σιλό.

Το κάθε σιλό αδειάζει με τη χρήση τουλάχιστον ενός διαχωριστήρα. Στο παραγωγικό δίκτυο της Φάγε, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα ροής, υπάρχουν τέσσερις διαχωριστήρες που μπορούν να τεθούν σε ταυτόχρονη λειτουργία. Οι διαχωριστήρες αντλούν το προϊόν από μια παράλληλη διάταξη 6 βοηθητικών σωληνογραμμών που με την κατάλληλη συνδεσμολογία καταλήγουν σε δύο μεγαλύτερες σωληνογραμμές. Δεδομένου της παροχής των σωληνογραμμών του κάθε διαχωριστήρα, που κυμαίνεται στα 8,5-9,5 m³/h, του αποθηκευτικού χώρου της δεξαμενής που αδειάζει (50 τόνοι) και των διαχωριστήρων που βρίσκονται σε λειτουργία για την συγκεκριμένη παραγωγή, υπολογίζεται το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να αδειάσει το σιλό. Επειδή τα δεδομένα δεν είναι σταθερά και εξαρτώνται από μια σειρά λειτουργιών που σχετίζονται με φυσικούς περιορισμούς και με την εκάστοτε ημερήσια παραγωγή που έχει οριστεί, το χρονικό διάστημα για να αδειάσει το σιλό δεν είναι σταθερό και ίδιο σε όλες τις περιπτώσεις. Για το λόγο αυτό θα δημιουργηθούν σενάρια λειτουργίας των διαχωριστήρων προσεγγίζοντας τον χρόνο που χρειάζεται η κάθε περίπτωση ξεχωριστά. Τα σενάρια στη συνέχεια θα μοντελοποιηθούν για να γίνει η απεικόνισή τους στο περιβάλλον της προσομοίωσης.

Αρχικά για να γίνει σωστή προσέγγιση της διαδικασίας του αδειάσματος του σιλό πρέπει να διατηρηθεί σταθερός ένας από τους συντελεστές. Για τις περιπτώσεις που ακολουθούν θεωρείται σταθερή η παροχή των σωληνογραμμών και εξετάζονται οι δυο ακραίες τιμές λειτουργίας και η μέση τιμή τους. Επιπλέον εναλλάσσονται οι διαχωριστήρες, άδειασμα σιλό με έναν διαχωριστήρα, με δύο, με τρεις και τέλος με τέσσερις προκύπτοντας έτσι 12 διαφορετικές χρονικές τιμές.

- 1^η περίπτωση λειτουργίας στα 8,5 m³/h

- ☐ 1 διαχωριστήρας, άδειασμα σιλό σε 5 ώρες και 41 λεπτά
- ☐ 2 διαχωριστήρες, άδειασμα σιλό σε 2 ώρες και 51 λεπτά
- ☐ 3 διαχωριστήρες, άδειασμα σιλό σε 1 ώρα και 54 λεπτά
- ☐ 4 διαχωριστήρες, άδειασμα σιλό σε 1 ώρα και 25 λεπτά

- 2^η περίπτωση λειτουργίας στα 9 m³/h

- ☐ 1 διαχωριστήρας, άδειασμα σιλό σε 5 ώρες και 22 λεπτά
- ☐ 2 διαχωριστήρες, άδειασμα σιλό σε 2 ώρες και 41 λεπτά
- ☐ 3 διαχωριστήρες, άδειασμα σιλό σε 1 ώρα και 48 λεπτά
- ☐ 4 διαχωριστήρες, άδειασμα σιλό σε 1 ώρα και 21 λεπτά

- 3^η περίπτωση λειτουργίας στα 9,5 m³/h

- ☐ 1 διαχωριστήρας, άδειασμα σιλό σε 5 ώρες και 32 λεπτά
- ☐ 2 διαχωριστήρες, άδειασμα σιλό σε 2 ώρες και 33 λεπτά
- ☐ 3 διαχωριστήρες, άδειασμα σιλό σε 1 ώρα και 42 λεπτά
- ☐ 4 διαχωριστήρες, άδειασμα σιλό σε 1 ώρα και 17 λεπτά

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί πως η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του γιαουρτιού είναι το γάλα, το οποίο έχει δικό του ειδικό βάρος. Συνεπώς δεν μπορούν να εξισωθούν οι μονάδες βάρους με τις μονάδες του όγκου όπως γίνεται με το στοιχείο του νερού και υπάρχει διαφοροποίηση κατά την μετατροπή. Όλα τα παραπάνω στοιχεία έγιναν χρησιμοποιώντας αυτή την αλλαγή και θεωρώντας το ειδικό βάρος του γάλακτος στο 1.034 (δεδομένο από την εταιρεία). Μετατρέποντας λοιπόν τους 50 τόνους γάλακτος σε λίτρα μπορεί να υπολογιστεί η χρονική διάρκεια για γέμισμα-άδειασμα σιλό και για την λειτουργία των διαχωριστήρων.

Τα παραπάνω δεδομένα αποτελούν πιθανά σενάρια λειτουργίας της γραμμής παραγωγής. Μελετώντας τα αναλυτικά διακρίνεται μια μεγάλη απόκλιση μεταξύ των ακραίων τιμών που εμφανίζονται, αλλά και μια διασπορά γύρω από συγκεκριμένες τιμές. Για την απλοποίηση του συστήματος και την στήριξή του σε πραγματικές και εφικτές λειτουργίες κάποια από το παραπάνω σενάρια απορρίπτονται. Τα κριτήρια και οι λόγοι που κρίνουν τα σενάρια ακατάλληλα για εφαρμογή θα αναλυθούν σε επόμενη παράγραφο.

Συνεχίζοντας την παραγωγική διαδικασία, το επόμενο στάδιο είναι ο διαχωρισμός του γιαουρτιού. Το μίγμα που παραλαμβάνεται μετά την ωρίμανση δεν αποτελεί καθαρό προϊόν γιαουρτιού καθώς δεν έχει στραγγιστεί για να διώξει όλα τα υγρά που περιέχει. Για να γίνει η διαδικασία αυτή απαιτείται διαχωρισμός του μίγματος με τη βοήθεια της βαρυτικής δύναμης. Ο

διαχωρισμός για να γίνει σε φυσιολογικές συνθήκες απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα το οποίο καθυστερεί την παραγωγική διαδικασία με αποτέλεσμα να επιφέρει ζημιά στη βιομηχανία. Για να περιοριστεί ο χρόνος του διαχωρισμού σε σύντομο χρονικό διάστημα και χωρίς να υπάρξει προσθήκη επιπρόσθετων ουσιών, χρησιμοποιούνται 4 σύγχρονοι φυγοκεντρικοί διαχωριστήρες υψηλών δυνατοτήτων. Οι διαχωριστήρες με την δημιουργία της φυγοκεντρικής δύναμης και των μεγάλων γωνιακών ταχυτήτων που αναπτύσσουν καταφέρνουν με φυσικό τρόπο να διασπών τη σύσταση του μίγματος σε στερεό και υγρό μέρος. Το υγρό μέρος είναι όξινο και ονομάζεται ορός, ενώ το στερεό αποτελεί γιαούρτι το οποίο μπορεί να καταναλωθεί. Από το ένα λίτρο μίγματος λαμβάνονται 700 γραμμάρια ορού και 300 γραμμάρια γιαούρτι περιεκτικότητας 0% σε λιπαρές ύλες (ποσοστό 70-30). Τα δυο αυτά προϊόντα αμέσως μετά τον διαχωρισμό αντλούνται από διαφορετικές σωληνογραμμές συνεχίζοντας την ροή τους, με τον ορό να συμπιέζεται καθώς τα ποσοστά του σε ένα σιλό είναι πολύ υψηλά η (33 τόνοι), και το γιαούρτι να συνεχίσει την παραγωγική του διαδικασία.

Το προϊόν που βγαίνει από τους διαχωριστήρες όπως αναφέρθηκε δεν περιέχει καθόλου λιπαρές ουσίες. Συνεπώς, μετά το διαχωρισμό του φυλάσσεται σε δυο δεξαμενές περιεκτικότητας 4 τόνων η κάθε μία και αναλόγως με την ημερήσια παραγωγή που έχει οριστεί είτε προστίθεται κρέμα (λιπαρές ύλες) και στη συνέχεια γίνεται η συσκευασία είτε το γιαούρτι οδηγείται απευθείας στην συσκευασία. Η κρέμα αποτελεί τις λιπαρές ύλες του γάλακτος που γίνεται γιαούρτι. Πριν το γάλα παστεριωθεί και ξεκινήσει η διαδικασία της παραγωγής, αποβουτυρώνεται για να φύγουν τα λιπαρά στοιχεία. Τα προϊόντα της αποβουτύρωσης είναι άπαχο γάλα και κρέμα 33% σε λιπαρά. Συνεπώς η κρέμα αυτή δεν αποσύρεται αλλά χρησιμοποιείται λίγο πριν το τέλος για να προστεθούν λιπαρά στο γιαούρτι. Η Φάγε παράγει προϊόντα με περιεκτικότητα σε λιπαρά 2% και 5%. Για να γίνει η ανάμειξη με την κρέμα, η οποία είναι 33% σε λιπαρά πρέπει να υπολογιστεί η σωστή ποσότητα που θα αναμειχθεί για να δώσει τελικό προϊόν 2% ή 5 % αντίστοιχα.

Η ανάμειξη της κρέμας με το πήγμα γίνεται μέσα σε μια δεξαμενή με μια αργή διαδικασία ανάδευσης. Εκεί για την παραγωγή ενός σιλό τοποθετείται κρέμα 2.255kg για την παρασκευή total 5% και 1.010kg για total 2%. Αφού γίνει ανάμειξη και ομογενοποίηση το προϊόν είναι έτοιμο και οδηγείται σε δυο τελικές δεξαμενές χωρητικότητας 4.400 κιλών συνολικά. Αυτό είναι το τελευταίο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Το προϊόν δρομολογείται για τη συσκευασία του στα κύπελλα. Ανάλογα με το είδος της παραγωγής που έχει οριστεί, το γιαούρτι αντλείται από τις αντίστοιχες μηχανές συσκευασίας. Οι μηχανές συσκευασίας που χρησιμοποιούνται για το στραγγιστό γιαούρτι total είναι επτά και η διαφοροποίησή τους έγκειται στο βάρος του καθαρού προϊόντος που εισάγεται σε κάθε κύπελλο. Οι μηχανές συσκευάζουν 170, 200, 500 και χίλια 1.000

γραμμάρια καθαρού προϊόντος. Υπάρχει και μία επιπλέον μηχανή με διαφορετική διάταξη η οποία συσκευάζει τα split-cup κύπελλα χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο φρουτοπαρασκεύασμα σε κάθε παραγωγή και τέλος δύο μηχανές για family και frigo συσκευασία.

Η παραγωγική διαδικασία έχει τελειώσει. Τα κύπελλα σφραγίζονται με το κατάλληλο αλουμινόφυλλο και καταγράφεται η ημερομηνία και η ώρα της παραγωγής. Ακολουθεί η ομαδική παραλαβή των κυπέλλων σε παλέτες πολλών τεμαχίων και η αποθήκευσή τους στο ψυγείο. Ο χώρος στον οποίο αποθηκεύονται τα έτοιμα προϊόντα είναι μια τεράστια αποθήκη, εφοδιασμένη με ένα αυτόματο σύστημα γερανού για τη μεταφορά και τη διάταξη των προϊόντων. Ο χώρος αυτός δεδομένου των διαστάσεων του έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης 8.000.000 κυπέλλων, όμως σε κανονικές συνθήκες καθημερινά φυλλάσσονται 5.000.000-6.000.000 κύπελλα γιαουρτιού. Οι τιμές αυτές της αποθήκευσης αφορούν την εγχώρια διακίνηση των προϊόντων της ΦΑΓΕ. Οι εξαγωγές παρασκευάζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όμως ακολουθούν άλλο δίκτυο αποθήκευσης και διανομής εξαιτίας των διαφόρων τροποποιήσεων που γίνονται κατά τη συσκευασία.

Η λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας χωρίζεται σε τρία οκτάωρα λειτουργίας της εργοστασιακής μονάδας. Σε αυτό το χρονικό διάστημα η παραγωγή λειτουργεί για δύο 8ωρα, δηλαδή παράγονται κύπελλα γιαουρτιού για 16 ώρες, και τις υπόλοιπες 8 ώρες πραγματοποιείται εκτενής καθαρισμός σε όλο το εργοστάσιο και κυρίως σε όλο το μήκος της γραμμής παραγωγής. Ο καθαρισμός των σωληνογραμμών, των δεξαμενών, των διαχωριστήρων, των σιλό αποθήκευσης και όσων ακόμα εξαρτημάτων χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγική διαδικασία γίνεται αυτόματα από το CIP σύστημα που εφαρμόζει η βιομηχανία Φάγε και συμβάλει στην σωστή λειτουργία του εργοστασίου. Όλες οι μονάδες του Ομίλου ακολουθούν την ίδια πολιτική καθαρισμού της γραμμής παραγωγής τους καθώς είναι ιδιαίτερα σημαντικό να μην υπάρχουν μικροοργανισμοί και βακτήρια στις σωληνογραμμές και σε όλο τον εργοστασιακό εξοπλισμό.

Συνοψίζοντας όλη την παραγωγική διαδικασία και λαμβάνοντας υπόψιν το μέγεθος των αριθμών που έχει προαναφερθεί και τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η παραγωγή των προϊόντων, η Φάγε δικαίως αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες γαλακτοβιομηχανίες της Ευρώπης, με ημερήσιες παραγωγές εκατομμυρίων και δίκτυο διανομής προϊόντων σε δεκάδες χώρες.

Περιγραφικά λοιπόν η παραγωγική διαδικασία του στραγγιστού γιαουρτιού αποτελείται από εννέα στάδια παραγωγής.



Εικόνα 12: Η παραγωγική διαδικασία σε στάδια (συνοπτικά)

4.2 Τα προϊόντα της ελληνικής αγοράς

Η βιομηχανία Φάγε παράγει δεκάδες προϊόντα γιαουρτιού ορισμένα εκ των οποίων συσκευάζονται μόνο για αγορές του εξωτερικού. Στη ενότητα αυτή θα αναφερθούν ονομαστικά όλα τα προϊόντα γιαουρτιού που παράγονται για την ελληνική αγορά και θα αναλυθούν τα παραγώμενα της γραμμής παραγωγής του στραγγιστού στο οποίο γίνεται και η προσομοίωση του συστήματος.

Στην αρχή του κεφαλαίου κατατάξαμε τα βασικά προϊόντα και αναφέρθηκαν οι τρεις οικογένειες γιαουρτιού με τις οποίες ασχολείται η βιομηχανία. Ο πίνακας που ακολουθεί περιέχει ονομαστικά τα προϊόντα που διανέμονται στο ελληνικό εμπορικό δίκτυο με το σύνολο αυτών να ανέρχεται στα 36 διαφορετικά προϊόντα.

ΓΙΑΟΥΡΤΙΑ ΛΕΥΚΑ SET

ΑΓΕΛΑΔΙΤΣΑ 0% 200gr.
ΑΓΕΛΑΔΙΤΣΑ 0% 3 x 200gr.
ΑΓΕΛΑΔΙΤΣΑ 2% 200gr.
ΑΓΕΛΑΔΙΤΣΑ 2% 3 x 200gr.
ΑΓΕΛΑΔΙΤΣΑ 4% 200gr.
ΑΓΕΛΑΔΙΤΣΑ 4% 3 x 200gr.

ΓΙΑΟΥΡΤΙΑ ΠΑΙΔΙΚΑ

JUNIOR ΛΕΥΚΟ 150gr.
JUNIOR ΦΡΑΟΥΛΑ 150gr.
JUNIOR ΜΠΑΝΑΝΑ 150gr.
JUNIOR ΚΑΡΑΜΕΛΑ 150gr.
JUNIOR ΚΕΡΑΣΙ 150gr.
JUNIOR ΡΟΔΑΚΙΝΟ 150gr.
JUNIOR ΜΠΙΣΚΟΤΟ 150gr.
JUNIOR ΕΠΙΔΟΡΠΙΟ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΚΑΟ 2x150gr.

ΓΙΑΟΥΡΤΙΑ ΛΕΥΚΑ STIRRED

VELVET 2% 2 x 200gr.

ΓΙΑΟΥΡΤΙ ΜΕ ΦΡΟΥΤΑ

FRUYO ΡΟΔΑΚΙΝΟ 1,5% 2x170gr.
FRUYO ΦΡΑΟΥΛΑ 1,5% 2x170gr.
FRUYO ΚΕΡΑΣΙ 1,5% 2x170gr.
FRUYO ΑΝΑΝΑΣ 1,5% 2x170gr.
FRUYO ΑΝΑΝΑΣ-ΜΠΑΝΑΝΑ-ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΑ 1,5% 2x170gr.

FRUYO BANANIA 1,5% 2x170gr.
FRUYO MYRTILIO 1,5% 2x170gr.

ΓΙΑΟΥΡΤΙΑ ΛΕΥΚΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΕΝΑ

TOTAL 0% 170gr.
TOTAL 0% 3 x 170gr.
TOTAL 2% 200gr.
TOTAL 2% 3 x 200gr.
TOTAL 2% 500gr.
TOTAL 2% 1 kg.
TOTAL 200gr.
TOTAL 3 x 200gr.
TOTAL 500gr
TOTAL 1 kg.
TOTAL 2% ΜΕ ΜΕΛΙ 2x170gr.
TOTAL 2% ΜΕ ΦΡΑΟΥΛΑ 2x170gr.
TOTAL 2% ΜΕ ΚΕΡΑΣΙ 2x170gr.
TOTAL 2% ΜΕ ΜΥΡΤΙΛΟ 2x170gr.
TOTAL 2% ΜΕ ΡΟΔΙ – ΒΑΤΟΜΟΥΡΟ 2x170gr.
TOTAL 2% ΜΕ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ - ΜΑΝΤΑΡΙΝΙ 2x170gr.
FAMILY 8% 1 kg.
ΓΙΑΟΥΡΤΙ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΕΝΟ ΜΕ ΑΝΘΟΓΑΛΛΑ 10 kg
ΓΙΑΟΥΡΤΙ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΕΝΟ ΜΕ ΑΝΘΟΓΑΛΛΑ 5 kg
ΕΔΕΣΜΑ 5 kg

Πίνακας 12: Πίνακας προϊόντων ελληνικής αγοράς

4.2.1 Σύσταση και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά

Στον πίνακα καταγράφονται επτά προϊόντα στραγγιστού γιαουρτιού. Όλα ανήκουν στην ίδια κατηγορία και παρασκευάζονται με τον ίδιο τρόπο. Οι διαφορές που σημειώνουν εντοπίζονται στην συσκευασία, δηλαδή το καθαρό βάρος του προϊόντος, στην περιεκτικότητα που έχει το κάθε κύπελλο στα λιπαρά και για την κατηγορία split-cup υπάρχει μία ακόμα διαφορά στο φρουτοπαρασκεύσμα που συνοδεύει το γιαούρτι. Τέσσερις συσκευασίες βάρους, 170, 200, 500, 1.000 γραμμάρια, τρεις περιεκτικότητες σε λιπαρές ύλες, 0%, 2%, 5% και έξι διαφορετικά φρούτα.

Το πλήρες γιαούρτι total περιέχει 5% κρέμα και συσκευάζεται σε κύπελλα 200, 500 και 1.000 γραμμαρίων καθώς και σε πολυσυσκευασία των 3x200.



Εικόνα 13: Οι συσκευασίες του πλήρες γιαουρτιού (5% λιπαρά)

Το ημίπαχο γιαούρτι total συγκεντρώνει 2% λιπαρά, συσκευάζεται και αυτό στα ίδια κύπελλα με το πλήρες και πολυσυσκευασία των 3x200.



Εικόνα 14: Οι συσκευασίες του ημίπαχου γιαουρτιού (2% λιπαρά)

Το άπαχο γιαούρτι, 0% σε λιπαρά συσκευάζεται σε κύπελλα 170 γραμμαρίων. Είναι το μοναδικό προϊόν που έχει αυτή τη συσκευασία και η επιλογή αυτή έγινε καθαρά για εμπορικούς λόγους εξαιτίας της σύστασης του που είναι πιο συμπαγής. Στην αγορά της Ελλάδας το προϊόν αυτό δεν έχει ιδιαίτερη απήχηση στους καταναλωτές και για αυτό το λόγο συναντάται μόνο σε ατομικές συσκευασίες.



Εικόνα 15: Οι συσκευασίες του άπαχου γιαουρτιού (0% λιπαρά)

Οι συσκευασίες split-cup ή αλλιώς total γεύσεις στην ελληνική αγορά συναντώνται σε κύπελλα total 2% και σε συσκευασίες 200 γραμμαρίων (170 γρ. προϊόν +30 γρ. συνοδευτικό). Η ποσότητα του γιαουρτιού που περιέχει το κύπελλο είναι 170 γραμμάρια γιαούρτι και τα υπόλοιπα 30 γραμμάρια είναι το φρουτοπαρασκεύασμα που το συνοδεύει. Το φρουτοπαρασκεύασμα δεν είναι κοινό για όλες τις συσκευασίες και εξαρτάται άμεσα από την αγορά στην οποία διοχετεύεται το προϊόν. Στην Ελλάδα συναντώνται έξι διαφορετικοί κωδικοί split-cup γιαουρτιού, που αποτελούν έξι διαφορετικές γεύσεις.



Εικόνα 16: total 2% με ρόδι & βατόμουρο



Εικόνα 17: total 2% με μέλι



Εικόνα 18: total 2% με κεράσι



Εικόνα 19: total 2% με πορτοκάλι & μανταρίνι



Εικόνα 20: total 2% με μύρτιλο



Εικόνα 21: total 2% με φράουλα

Το κάθε προϊόν που συσκευάζεται στη βιομηχανία Φάγε αποτελεί ένα ξεχωριστό προϊόν με δικό του κωδικό, σύσταση και δομή. Στην ενότητα αυτή θα εξεταστεί η σύνθεση του κάθε κυπέλλου και θα καταγραφούν τα συστατικά του.

Ξεκινώντας τη διαδικασία αναλύουμε το πλήρες γιαούρτι total. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη ενότητα τα λιπαρά του είναι 5% και η σύστασή του αποτελείται από συμπυκνωμένο άπαχο γάλα αγελάδος, ανθόγαλα, άπαχο γάλα αγελάδος και μαγιά γιαουρτιού. Τα θρεπτικά συστατικά στην ποσότητα των 100 γραμμαρίων είναι :

- ενέργεια 96 kcal
- πρωτεΐνες 9 gr
- υδατάνθρακες 3,8 gr
- λιπαρά 5gr

Στη συνέχεια το ημίπαχο γιαούρτι total συγκεντρώνει 2% λίπος. Έχει ακριβώς τα ίδια συστατικά με το πλήρες με την μόνη διαφορά στην κρέμα που προστίθεται, η οποία είναι λιγότερων λιπαρών ουσιών. Τα θρεπτικά συστατικά σε ποσότητα 100 γραμμαρίων είναι :

- ενέργεια 73 kcal
- πρωτεΐνες 9,9 gr
- υδατάνθρακες 3,8 gr
- λιπαρά 2 gr

Τέλος το άπαχο γιαούρτι total δεν περιέχει καθόλου λιπαρές ύλες. Η σύστασή του δεν διαφέρει από τα δύο προηγούμενα η διαφορά που εντοπίζεται είναι στην υφή του προϊόντος που δεν είναι τόσο ρευστή εξαιτίας της μη ύπαρξης κρέμας, δηλαδή λιπαρών ουσιών. Τα θρεπτικά συστατικά στην ποσότητα των 100 γραμμαρίων διαφοροποιούνται λίγο και περιλαμβάνουν :

- ενέργεια 57 kcal
- πρωτεΐνες 10,3 gr
- υδατάνθρακες 4 gr
- λιπαρά 0 gr

Στο total με γεύσεις διαφορές ως προς το γιαούρτι δεν υπάρχουν. Είναι ακριβώς το ίδιο προϊόν με την διαφορά να εντοπίζεται στο συνοδευτικό του κυπέλλου. Όπως φαίνεται και στις παραπάνω φωτογραφίες η συσκευασία split-cup αποτελείται από δύο διαφορετικά μέρη, το γιαούρτι και το φρουτοπαρασκεύασμα. Έτσι το κύριο προϊόν της συσκευασίας είναι ημίπαχο γιαούρτι 2%

και συνοδευτικό προϊόν.

Για το split-cup με μέλι η σύσταση είναι 80% στραγγιστό γιαούρτι και 20% μίγμα μελιού Ελλάδας και Βουλγαρίας. Τα θρεπτικά συστατικά στην ποσότητα των 100 γραμμαρίων είναι:

- ενέργεια 124 kcal
- πρωτεΐνες 8 gr
- υδατάνθρακες 19,5 gr
- λιπαρά 1,6 gr

Το split-cup με φράουλα έχει την ίδια αναλογία γιαουρτιού και φρουτοπαρασκευάσματος (80%-20%) με το γλύκισμα της φράουλας να αποτελείται από ζάχαρη, άμυλο, φυδική αρωματική ύλη και 40% ποσότητα φράουλας. Τα θρεπτικά συστατικά στην ποσότητα στα 100 γραμμάρια είναι:

- ενέργεια 98 kcal
- πρωτεΐνες 8 gr
- υδατάνθρακες 12,9 gr
- λιπαρά 1,6 gr

Το split-cup με μύρτιλο δομείται και αυτό από την αναλογία 80%-20%. Το γλύκισμα του μύρτιλου περιέχει ζάχαρη, άμυλο, συμπυκνωμένο χυμό λεμονιού, φυσικές αρωματικές ύλες και 40% ποσότητα μύρτιλο. Τα θρεπτικά συστατικά στα 100 γραμμάρια είναι:

- ενέργεια 95 kcal
- πρωτεΐνες 8 gr
- υδατάνθρακες 12,9 gr
- λιπαρά 1,6 gr

Το split-cup ρόδι-βατόμουρο ακολουθεί τη σύσταση 80% γιαούρτι και 20% γεύση. Το γλύκισμα των φρούτων είναι ζάχαρη με βατόμουρο 20%, άμυλο, χυμό ροδιού από συμπυκνωμένο χυμό 15%, χυμό βατόμουρο από συμπυκνωμένο χυμό, φυσική αρωματική ύλη και συμπυκνωμένο χυμό λεμονιού. Τα θρεπτικά συστατικά στην ποσότητα των 100 γραμμαρίων είναι:

- ενέργεια 98 kcal
- πρωτεΐνες 8 gr
- υδατάνθρακες 12,9 gr

- λιπαρά 1,6 gr

Το τελευταίο split-cup με γεύση κεράσι έχει και αυτό σύσταση 80% γιαούρτι και 20% γεύση. Το γλύκισμα των φρούτων αποτελείται από ζάχαρη, βατόμουρο 20%, άμυλο, χυμό ροδιού από συμπυκνωμένο χυμό 15%, χυμό βατόμουρο από συμπυκνωμένο χυμό, φυσική αρωματική ύλη και συμπυκνωμένο χυμό λεμονιού. Τα θρεπτικά συστατικά στην ποσότητα των 100 γραμμαρίων είναι:

- ενέργεια 96 kcal
- πρωτεΐνες 8 gr
- υδατάνθρακες 12,3 gr
- λιπαρά 1,6 gr

4.3 Ο προγραμματισμός της παραγωγής

Έχοντας ολοκληρώσει τη διαδικασία της παραγωγής το αμέσως επόμενο σημαντικό βήμα είναι η σωστή διαχείριση των προϊόντων που έχουν παραχθεί, με άλλα λόγια ο σωστός προγραμματισμός της παραγωγής. Στόχος είναι η παραγωγή μιας ποσότητας που θα μπορεί να διοχετευτεί άμεσα στην καταναλωτική αγορά και σε περίπτωση δημιουργίας αποθέματος λόγω κακής εκτίμησης της τρέχουσας κατάστασης ή υπερβάλλουσας ζήτησης του προϊόντος να μην δημιουργηθεί πρόβλημα. Κατά τη δημιουργία αποθέματος εξαιτίας της φύσης του προϊόντος η παραγωγή δεν μπορεί να μείνει πολύ καιρό στις αποθήκες και έπειτα να διανεμηθεί στην αγορά. Συνεπώς σε πολλές περιπτώσεις κρίνεται ακατάλληλη και καταστρέφεται δημιουργώντας ζημία στα οικονομικά της εταιρείας. Στην περίπτωση του ελλείμματος μπορεί να μην υπάρχει οικονομική δυσχέρεια από μεριάς οικονομικών στοιχείων όμως υπάρχει η δυσχέρεια του καταναλωτή ο οποίος μένει ανικανοποίητος και καταφεύγει σε ανταγωνιστικά προϊόντα.

Για τη βιομηχανία της Φάγε ο προγραμματισμός της παραγωγής καθορίζεται με βάσει ορισμένους συντελεστές. Οι προβλέψεις της προηγούμενης χρονιάς, το τρέχων απόθεμα και το απόθεμα ασφαλείας που έχει ορίσει το τμήμα των πωλήσεων ώστε να μην δημιουργείται έλλειμμα είναι οι συντελεστές που “ορίζουν την συνάρτηση του προγραμματισμού”. Το αρμόδιο τμήμα κατά τον προγραμματισμό της παραγωγής φροντίζει ώστε να παραχθεί μία ποσότητα η οποία καλύπτει πλήρως τις ανάγκες των πωλήσεων (σε Ελλάδα και σε εξωτερικό), κλείνει την κάθε εβδομάδα έχοντας εξασφαλίσει ένα ικανοποιητικό απόθεμα ασφαλείας (safe stock) και τέλος αξιοποιεί πλήρως όλο το τρέχων απόθεμα (back stock) που υπάρχει στις αποθήκες.

Για την καλύτερη οργάνωση της παραγωγής ο προγραμματισμός πραγματοποιείται σε δύο επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο αφορά τον ημερήσιο προγραμματισμό και το δεύτερο τον εβδομαδιαίο προγραμματισμό που γίνεται σε βάθος τριών εβδομάδων. Πρώτα θα παρουσιαστεί ο άμεσος ή καθημερινός προγραμματισμός της παραγωγής, στη συνέχεια θα αναλυθεί ο έμμεσος για τις 3 ακόλουθες εβδομάδες και τέλος θα δοθεί παράδειγμα για να γίνει κατανοητή η διαδικασία αλλά και για να επισημανθούν τα προβλήματα που υπάρχουν καθημερινά όταν συμπληρώνεται το αντίστοιχο έντυπο του ημερήσιου προγραμματισμού.

Η διαδικασία της παραγωγής χωρίζεται σε εβδομάδες και το προϊόν που παράγεται καθημερινά μπορεί να διοχετευτεί στην αγορά μετά από επτά ημέρες καθώς περνάει πάντα από τη διαδικασία του ποιοτικού ελέγχου και παραμένει στις αποθήκες. Συνεπώς ότι παράγεται την τρέχουσα ημέρα δεν μπορεί να διοχετευτεί άμεσα στο καταναλωτικό κοινό. Αν για παράδειγμα η παραγωγή τοποθετείται στην 34^η εβδομάδα και η ημέρα είναι Τετάρτη, το προϊόν που παράγεται αυτή τη μέρα θα βγει στο εμπόριο από την 35^η εβδομάδα και μετά. Για την ημέρα Τετάρτη ο αρμόδιος που προγραμματίζει τη παραγωγή λαμβάνει μια πρόβλεψη η οποία αφορά τις πωλήσεις των τριών επόμενων εβδομάδων (εβδομάδα 35,36 και 37) συμπεριέχοντας και την εποχικότητα της κάθε περιόδου. Για να προγραμματιστεί λοιπόν η τρέχουσα παραγωγή δημιουργείται η εξίσωση των τριών όρων το stock της εβδομάδας που υπάρχει, τις προβλέψεις των πωλήσεων και το απόθεμα ασφαλείας που ορίζεται κάθε περίοδο.

Σχετικά με τον βραχυπρόθεσμο προγραμματισμό ο κορμός παραμένει ίδιος όμως ο σκοπός σε αυτή την περίπτωση είναι κυρίως ο σωστός καταμερισμός της παραγωγής ώστε να αξιοποιούνται σωστά οι μηχανές και να παράγονται οι παραγγελίες του εξωτερικού τη κατάλληλη χρονική στιγμή. Οι παραγγελίες για την Ευρώπη παράγονται στο εργοστάσιο της Μεταμόρφωσης συνεπώς ο συντονισμός όλων των παραγγελιών και η παράδοσή τους εντός του διαστήματος που έχει οριστεί είναι ένας σημαντικός παράγοντας που λαμβάνεται υπόψιν κατά τον εβδομαδιαίο προγραμματισμό. Για να ρυθμιστεί καλύτερα η λειτουργία του εργοστασίου οι ημέρες που παραγγέλνουν οι ξένοι συνεργάτες είναι καθορισμένες και συγκεκριμένες χωρίς όμως αυτό να τηρείται πάντα. Δεδομένου όμως ότι υπάρχει μια σωστή λειτουργία η παραγωγή των προϊόντων του εξωτερικού είναι αυτή που επίγει να παραχθεί άμεσα καθώς υπάρχει περιορισμός και στην ημερομηνία παράδοσης αλλά και χρονική καθυστέρηση λόγω της μεταφοράς στις αντίστοιχες χώρες. Ο λόγος για τον οποίο προέχει αυτή η παραγωγή είναι πως το γιαούρτι έχει διάρκεια ζωής 56 ημέρες. Τις πρώτες 7 ημέρες της ζωής του βρίσκεται στο εργοστάσιο και ελέγχεται από τον ποιοτικό έλεγχο και αναλόγως τον προορισμό της κάθε παραγγελίας ο κύκλος ζωής μικραίνει και δεν επιτρέπει χρονικές καθυστερήσεις. Άτυπα δημιουργείται μια σειρά προτεραιότητας για την

ικανοποίηση και των ξένων καταναλωτών. Προκειμένου λοιπόν να αξιοποιηθούν πλήρως και σωστά όλοι οι παραγωγικοί συντελεστές κατανέμεται η παραγωγή με τέτοιο τρόπο ώστε να μην δημιουργείται έλλειμμα ή καθυστέρηση στην παράδοση της παραγγελίας.

Για παράδειγμα έστω ότι πρέπει να βγει ο προγραμματισμός της παραγωγής για την σημερινή ημέρα. Ο υπεύθυνος του προγραμματισμού αρχικά θα λάβει ένα έντυπο στο οποίο καταγράφονται όλοι οι κωδικοί που παρασκευάζονται και θα πρέπει να το συμπληρώσει. Η διαδικασία που ακολουθεί για να βγάλει την παραγωγή της εβδομάδας είναι αρχικά να ανατρέξει στις αντίστοιχες πωλήσεις και χρησιμοποιώντας τον τύπο να κάνει του υπολογισμούς έχοντας όμως στο νου του ότι κάποιες ημέρες θα πρέπει να παραχθούν τα προϊόντα των υπολοίπων χωρών και οι μηχανές να λειτουργούν με σταθερό ρυθμό καθ'όλη τη βδομάδα. Έτσι αν πρέπει να παραχθούν 200.000 κύπελλα total 2% δεν θα κατανέμει την παραγωγή ομοιόμορφα σε 40.000 κύπελλα ημερησίως διότι πιθανολογεί πως την Πέμπτη και την Παρασκευή θα πρέπει να ολοκληρωθούν και οι παραγγελίες του εξωτερικού. Η παραγωγή θα κυλήσει προγραμματίζοντας παραπάνω αριθμό κυπέλλων τις πρώτες ημέρες της εβδομάδας, 60.000-70.000 κύπελλα, που προορίζονται για το ελληνικό εμπόριο και τις υπόλοιπες μέρες που θα έχουν απομείνει λιγότερα τεμάχια θα προστεθούν και οι λοιπές παραγγελίες του εξωτερικού.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία που ειπώθηκαν για τον τρόπο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής καταγράφηκαν σε συνέντευξη από τον αρμόδιο του προγραμματισμού της παραγωγής. Ο τρόπος σκέψης μπορεί να βασίζεται σε μαθηματικά, στοιχεία από το παρελθόν και τους κανόνες λειτουργίας που έχει θεσπίσει η εταιρεία, όμως για να μην δημιουργηθούν ελλείμματα ή πλεονάσματα ο σωστός προγραμματισμός χρειάζεται εμπειρία, κριτική ικανότητα και σωστή λήψη αποφάσεων.

ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ						
					Σιλό :	
					Γάλα:	
ΗΜ. ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ:					Κρέμα:	
ΚΩΔ.	ΕΙΔΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΥΠΕΛΛΩΝ			
			ΕΛΛΑΔΑ (κουτ.)	ΕΞΑΓΩΓΕΣ (κουτ.)	ΠΑΡΤΙΔΕΣ	ΠΑΡ/ΣΕΙΣ
1129	ΑΓΕΛΑΔΙΤΣΑ 0% 200gr	1,000				
1139	ΑΓΕΛΑΔΙΤΣΑ 0% NO BARCODE	10,000				
1126	ΑΓΕΛΑΔΙΤΣΑ 2% 200gr	1,000				
1136	ΑΓΕΛΑΔΙΤΣΑ 2% NO BARCODE	10,000				
1123	ΑΓΕΛΑΔΙΤΣΑ 4% 200gr	1,000				
1133	ΑΓΕΛΑΔΙΤΣΑ 4% NO BARCODE	10,000				
1594	TOTAL 0% 170gr	10,000				
1574	TOTAL 0% 500gr	1,000				
1630	TOTAL 0% 1kg	1,000				
1524	TOTAL 2% 200gr	75,000				
1515	TOTAL 2% 500gr	1,000				
1525	TOTAL 2% 1kg	1,000				
1556	TOTAL 200gr	80,000				
1550	TOTAL 500gr	1,000				
1557	TOTAL 1kg	1,000				
3243	FAMILY 8%	3,000				
3305	ΕΔΕΣΜΑ 5kg					
3329	ΣΤΡΑΓΙΣΤΟ ΜΕ ΑΝΘΟΓΑΛΑ 10kg	1,000				
3330	ΣΤΡΑΓΙΣΤΟ ΜΕ ΑΝΘΟΓΑΛΑ 5kg	1,000				
2304	TOTAL ΜΕΛΙ 170gr	1,000				2315, 2312, 2309
2310	TOTAL 2% ΜΕΛΙ 170g	1,000				2313
2320	TOTAL 2% ΦΡΑΟΥΛΑ 170g	1,000				2322

2351	TOTAL 2% ΠΟΡΤΟΚ. ΜΑΝΤ. 170g	1,000				
2330	TOTAL 2% ΚΕΡΑΣΙ 170g	1,000				2329
2265	TOTAL 2% ΜΥΡΤΙΛΟ 170g	1,000				2325
2302	TOTAL 2% ΡΟΔΙ-BATOM 170g	1,000				2342
2244	TOTAL 0% ΦΡΑΟΥΛΑ 170g	1,000				
2338	TOTAL 0% ΡΟΔΙ-BATOM 170g	1,000				
2282	TOTAL 0% ΜΥΡΤΙΛΟ 170g	1,000				
2258	TOTAL 0% ΜΕΛΙ 170g	1,000				2238
2240	TOTAL 0% ΚΕΡΑΣΙ 170g	1,000				
5605	VELVET 2%	11,000				
3265	TZATZIKI TOTAL 150g	1,000				3266, 8240
3501	FRUYO ΦΡΑΟΥΛΑ 170g	1,000				3584
3502	FRUYO ΚΕΡΑΣΙ 170g	1,000				3587
3503	FRUYO ΒΑΝΙΛΙΑ 170g	1,000				3582
3504	FRUYO ΡΟΔΑΚΙΝΟ 170g	1,000				3583
3506	FRUYO ΑΝΑΝΑΣ 170g	1,000				
3507	FRUYO ΜΠΙΑΝ.-ΑΝΑΝΑΣ 170g	1,000				
3509	FRUYO ΜΥΡΤΙΛΟ 170g	1,000				
3533	FRUYO 0% VANILLA 170g	1,000				8201
3531	FRUYO 0% STRAWBERRY 170g	1,000				8202
3532	FRUYO 0% CHERRY 170g	1,000				8203
3534	FRUYO 0% PEACH 170g	1,000				8204

3534	FRUYO 0% PEACH 170g	1,000				8204
3538	FRUYO 0% BLUEBERRY 170g	1,000				8205
3536	FRUYO 0% PINEAPPLE 170g	1,000				8207
3540	FRUYO 0% LEMON 170g	1,000				
3541	FRUYO 0% COFFEE 170g	1,000				
5143	ΜΟΥΣ ΣΟΚΟΛΑ	11,000				5170, 5171
5102	RISOLATTE 170 gr	5,700				
5106	KAPAMEΛΕ 125gr	17,000				5176, 5175
4605	JUNIOR ΡΟΔΑΚΙΝΟ 150gr	8,000				
4607	JUNIOR ΜΠΙΣΚΟΤΟ 150gr					
4613	JUNIOR ΚΕΡΑΣΙ 150gr					
4611	JUNIOR ΛΕΥΚΟ 150gr					
4603	JUNIOR ΦΡΑΟΥΛΑ 150gr					
4610	JUNIOR ΜΠΑΝΑΝΑ 150gr					
4614	JUNIOR ΚΑΡΑΜΕΛΑ 150gr					
4616	JUNIOR ΚΑΚΑΟ 150gr	14,000				
1380	ΔΡΟΣΑΤΟ 450gr	8,250				
7483	FLAIR COTTAGE 225gr	12,500				
7480	FLAIR 8,5kg	200				

Εικόνα 22: Έντυπο ημερήσιου προγραμματισμού

4.4 Η διαδικασία της συσκευασίας

Η αποθήκευση του παραγόμενου προϊόντος στα κύπελλα συσκευασίας αποτελεί το τελικό στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Η εργασία αυτή πραγματοποιείται από μηχανές συσκευασίας υψηλών δυνατοτήτων, οι οποίες είναι πλήρως αυτοματοποιημένες και ανεξάρτητες. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι συγκεκριμένος και ελέγχεται από έναν κεντρικό υπολογιστή που βρίσκεται ενσωματωμένος σε κάθε μηχανή.

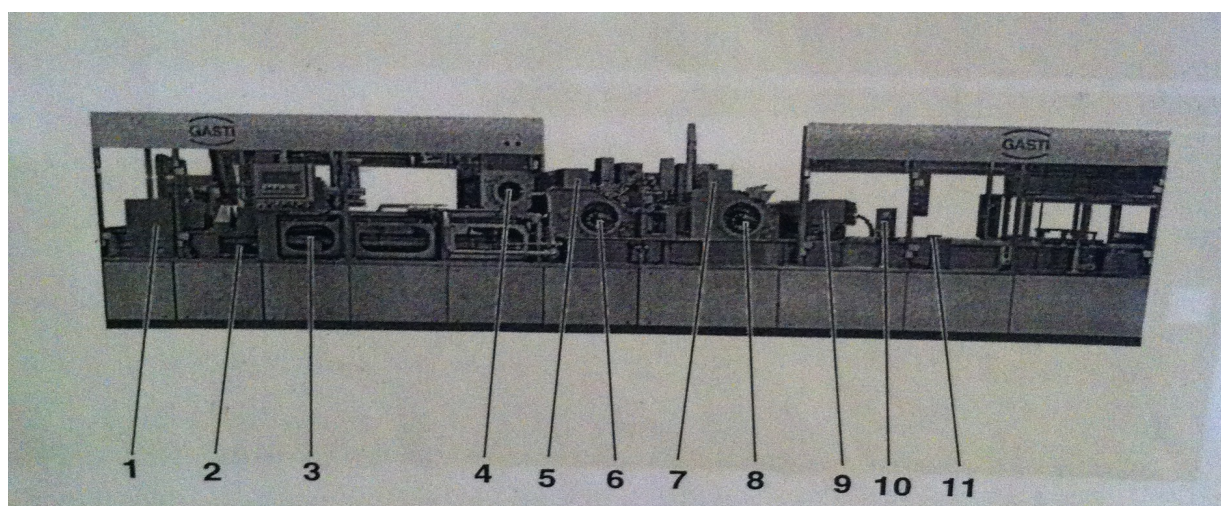
Για την γραμμή παραγωγής που αναλύεται στην παρούσα διπλωματική εργασία οι μηχανές συσκευασίας που χρησιμοποιούνται, είναι επτά στο σύνολο τους και ανήκουν σε δυο κατηγορίες, τη μηχανή *gasti* (υπάρχουν 4 στο σύνολο) και τη μηχανή *hamba* (υπάρχουν 3 στο σύνολο). Αυτό απεικονίζεται και στο διάγραμμα ροής όπου υπάρχουν επτά γραμμές εξόδου για το τελικό προϊόν. Οι μηχανές συσκευασίας έχουν κοινό τρόπο λειτουργίας και μπορούν να αποτελούν μια “ανεξάρτητη μικρή γραμμή παραγωγής” συγκεκριμένων διεργασιών. Οι διαφορές τους εντοπίζονται σε θέματα δυναμικότητας παραγωγής, δηλαδή στον αριθμό των κυπέλλων που μπορεί να συσκευάζει μία μηχανή στη μονάδα του χρόνου και σε άλλες λεπτομέρειες όπως ο χρόνος

ολοκλήρωσης του κάθε σταδίου, το μέγεθος της δεξαμενής πρώτης ύλης (γιαούρτι προς συσκευασία) και η ικανότητα για συσκευασία πολλαπλών συσκευασιών (multipack) κυπέλλων.

Για την κάλυψη της ζήτησης στα προϊόντα ευρείας κατανάλωσης χρησιμοποιούνται οι πιο σύγχρονες μηχανές συσκευασίας δηλαδή οι gasti, οι οποίες έχουν αρκετά υψηλότερες προδιαγραφές και η μέγιστη δυναμικότητά συσκευασίας τους ανέρχεται στα 290 κύπελλα/min. Ο τρόπος λειτουργίας των μηχανών είναι σε μεγάλο βαθμό κοινός και η διαδικασία συσκευασίας ενός κυπέλλου αποτελείται από τα ίδια βήματα.

4.4.1 Τα στάδια της συσκευασίας

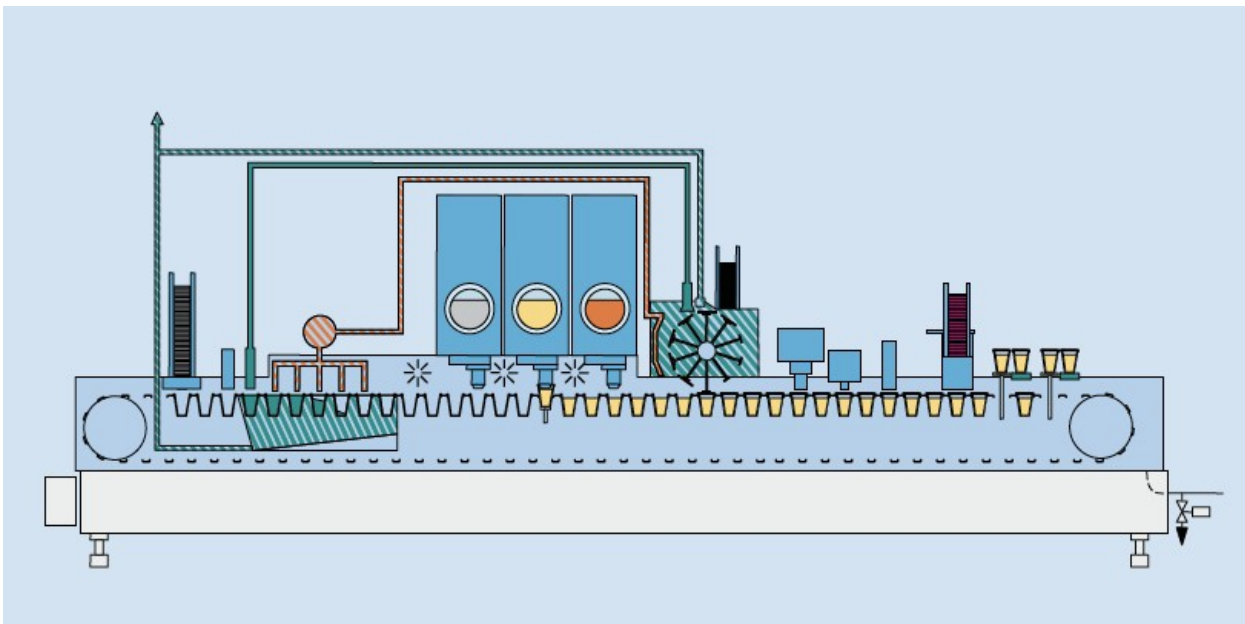
Ξεκινώντας την ανάλυση παρουσιάζεται μια εικόνα στην οποία απεικονίζονται με αριθμούς τα βασικά στάδια για τη συσκευασία ενός κυπέλλου.



Εικόνα 23: Απεικόνιση σταδίων συσκευασίας σε μηχανή gasti

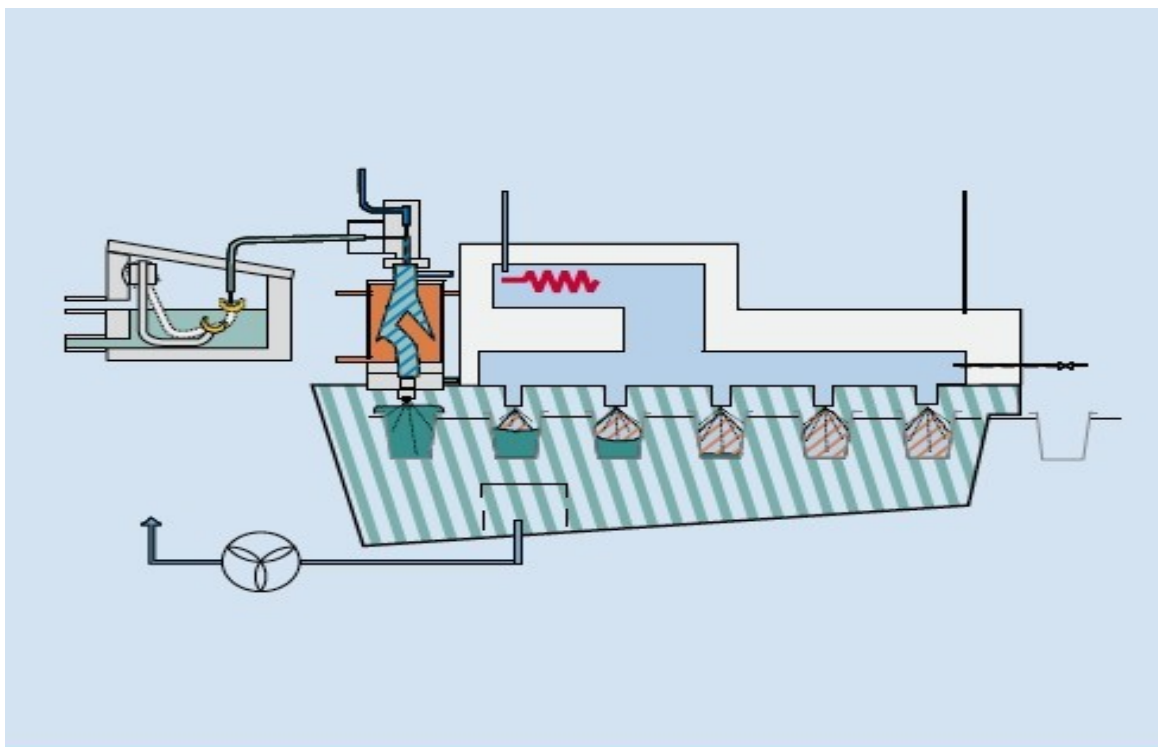
1. Διάταξη διαχωρισμού κυπέλλων
2. Σταθμός εκκένωσης σκόνης
3. Αποστείρωση με υπεροξείδιο και στέγνωμα κυπέλλων
4. Σταθμός δοσολογίας πλήρωσης
5. Αποστείρωση με υπεροξείδιο και στέγνωμα χάρτινων καπακίων

6. Διάταξη τοποθέτησης χάρτινων καπακίων
7. Αποστείρωση με υπεροξείδιο και στέγνωμα αλουμινίων
8. Εφαρμοστής αλουμινίων
9. Θέση θερμής πίεσης εμβόλων κεφαλών
10. Έλεγχος στεγανότητας κυπέλλων
11. Κωδικοποίηση



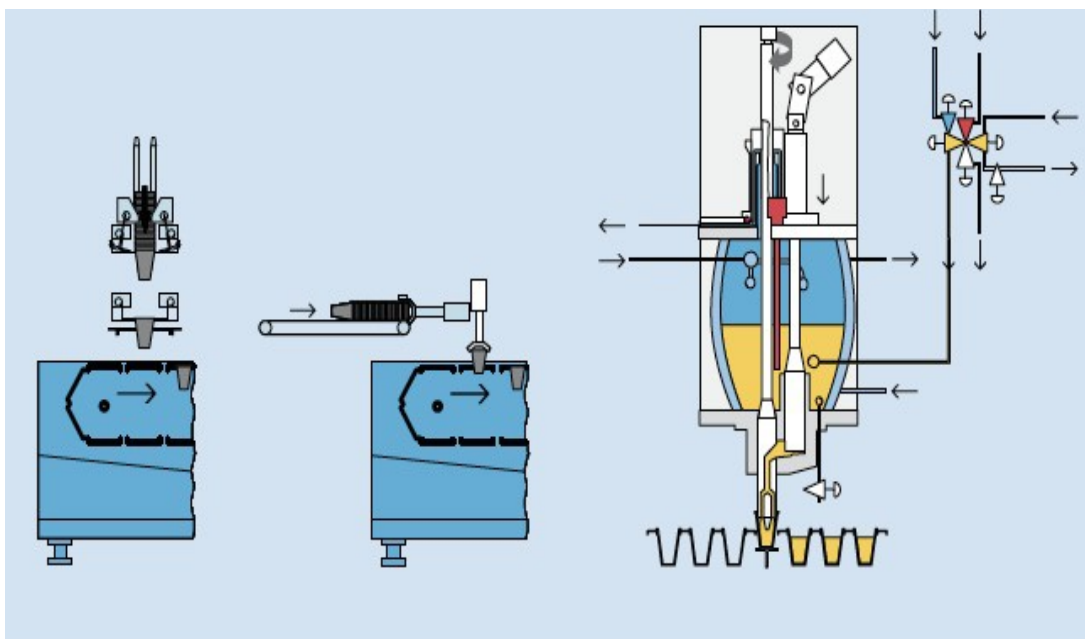
Εικόνα 24: Στάδια 1-11 της μηχανής συσκευασίας

Η συσκευασία των κυπέλλων ξεκινά με το πρώτο στάδιο όπου είναι η διάταξη των κυπέλλων σε μια στοίβα τοποθετημένη στα αριστερά της εικόνας. Η συλλογή των κυπέλλων γίνεται με τρόπο fifo, δηλαδή το κύπελλο που μπήκε πρώτο θα είναι και αυτό που θα εξέλθει πρώτο από τη στοίβα και θα εισαχθεί στην παραγωγική διαδικασία και στο επόμενο στάδιο. Μετά από την είσοδο του κυπέλλου στην “μίνι γραμμή παραγωγής ” ακολουθεί ο δεύτερος σταθμός που είναι η εκκένωση του κυπέλλου από τη σκόνη. Πρόκειται για την απομάκρυνση τυχόν υπολειμμάτων που μπορεί να υπάρχουν στο κύπελλο και γίνεται με καθαρό αέρα ο οποίος ασκείται με μεγάλη πίεση στο εσωτερικό μέρος του άδειου τεμαχίου.

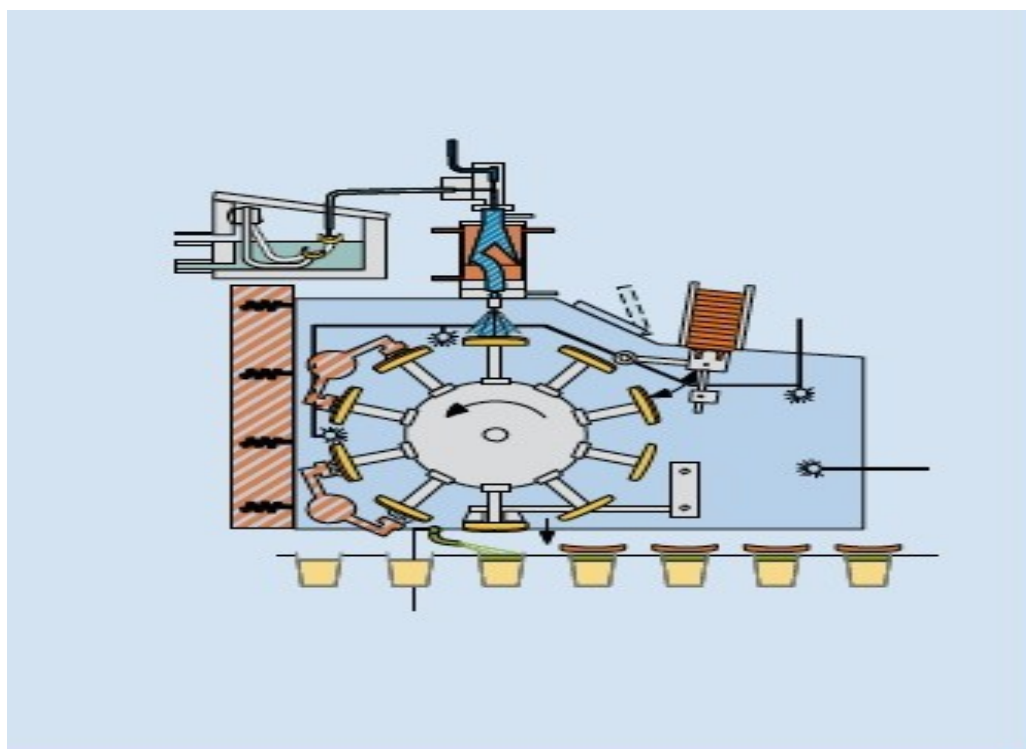


Εικόνα 25: Στάδιο 2, σταθμός εκκένωσης σκόνης

Το επόμενο στάδιο συνδέεται και αυτό με τον καθαρισμό του κύπελλου και συγκεκριμένα με την απολύμανσή του. Χρησιμοποιώντας μία δραστική ουσία το κύπελλο αποστειρώνεται από τους κακόβουλους μικροοργανισμούς που τυχόν να έχουν παραμείνει σε αυτό και στη συνέχεια στεγνώνεται ακαριαία για να οδηγηθεί στον επόμενο σταθμό, δηλαδή στο γέμισμα. Η αποστείρωση γίνεται με ισχυρό υπεροξείδιο το οποίο καταστρέφει βακτήρια και μύκητες αλλά δεν διαβρώνει το πλαστικό της συσκευασίας. Το κύπελλο όντας καθαρό είναι έτοιμο να γεμίζει με γιαούρτι, συγκεκριμένης ποσότητας, και έπειτα να οδηγηθεί στην τοποθέτηση του χάρτινου καπακίου και του αλουμινόφυλλου που του αντιστοιχεί. Τα χάρτινα καπάκια και τα αλουμινόφυλλα αποστειρώνονται και αυτά με τον ίδιο τρόπο πριν την τοποθέτησή τους στο κύπελλο (στάδια 5-8).



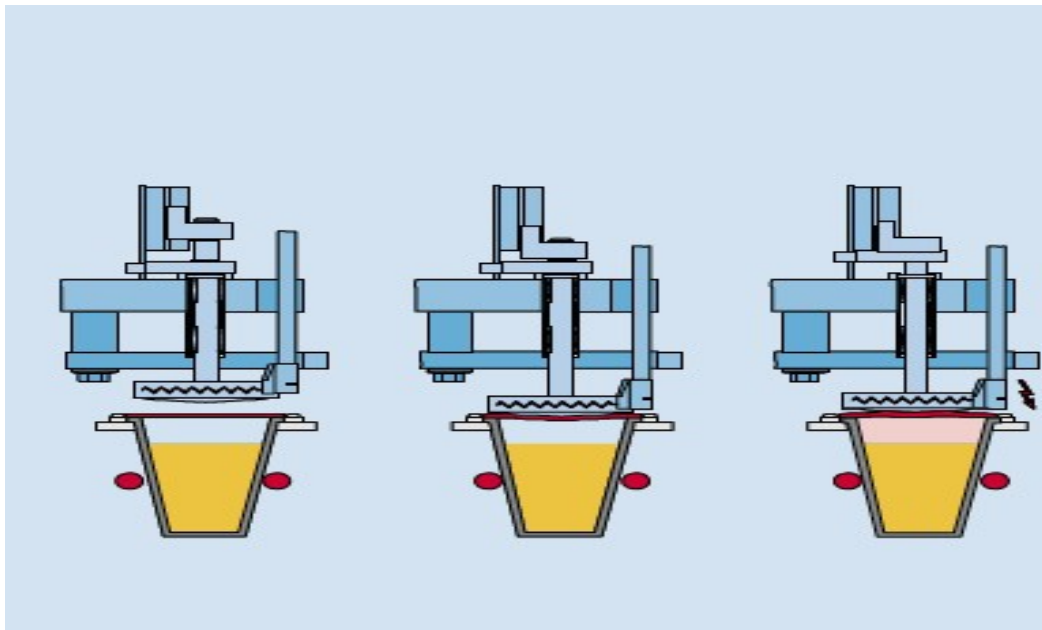
Εικόνα 26: Στάδιο 4, σταθμός δοσολογίας πλήρωσης



Εικόνα 27: Στάδια 5-6-7-8, αποστείρωση-τοποθέτηση χάρτινων καπακίων & αποστείρωση-τοποθέτηση αλουμινίων

Τα τρία τελευταία στάδια της μικρής αυτής παραγωγικής διαδικασίας έχουν να κάνουν με τον τρόπο που σφραγίζεται και ελέγχεται η στεγανότητα του κυπέλλου. Συγκεκριμένα από το στάδιο 8 όπου γίνεται η εφαρμογή του αλουμινοφύλλου μέχρι και την κωδικοποίηση, στο κύπελλο ελέγχεται

η εκτροπή του καπακιού, με τη δημιουργία υπερπίεσης στο χώρο κεφαλής. Η διαδικασία αυτή γίνεται με θερμικό τρόπο και συγκεκριμένα με την θέρμανση του άνω χώρου στο κύπελλο. Αν η τιμή που καταγραφεί τοποθετείται εντός των τιμών που γίνονται ανεκτές το κύπελλο συνεχίζει στο τελικό στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας και την κωδικοποίηση του από το laser με την καταχώρηση της ημερομηνίας λήξης στο άνω μέρος του αλουμινόφυλλου. Σε αντίθετη περίπτωση όπου παρουσιαστεί κάποια διαφοροποίηση στη μέτρηση το κύπελλο αποσύρεται αυτόματα από τη παραγωγή και καταστρέφεται.



Εικόνα 28 : Στάδιο 9-10, έλεγχος στεγανότητας

4.4.2 Οι μηχανές συσκευασίας

Στην προηγούμενη ενότητα οι μηχανές συσκευασίας παρομοιάστηκαν με αυτόνομες γραμμές παραγωγής μικρότερου μήκους. Σκοπός της παραγράφου αυτής είναι η ανάλυση των μηχανών συσκευασίας τόσο από πλευράς ανεξάρτητου τμήματος παραγωγής όσο και από πλευράς κομματιού της συνολικής γραμμής παραγωγής του στραγγιστού γιαουρτιού.

Για να κατανοηθεί καλύτερα ο τρόπος λειτουργίας των μηχανών και για να εντοπιστούν τα στάδια που αναφέρθηκαν προηγουμένως επισυνάπτονται δύο φωτογραφίες, μία της μηχανής *gasti* και άλλη μία για τη μηχανή *hamba*.



Εικόνα 29: Μηχανή Oystar Hamba



Εικόνα 30: Oystar Gasti

Η αρχή λειτουργίας των μηχανών σχετίζεται με την ποσότητα του γιαουρτιού που εισέρχεται σε ένα κύπελλο και στη συνέχεια σφραγίζεται για να συσκευαστεί και να προωθηθεί αγορά. Η διαδικασία αυτή απαρτίζεται από αρκετές επιμέρους μικροδιαδικασίες οι οποίες έχουν να κάνουν

με τον έλεγχο και την αποστείρωση του κυπέλλου προς αποφυγή παθογόνων μικροοργανισμών που μπορεί να μολύνουν το προϊόν.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει συνοπτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά λειτουργίας των δύο τύπων μηχανών. Τα νούμερα που καταγράφονται αποτελούν τα μέγιστα επίπεδα παραγωγής. Η συνολική ποσότητα των κυπέλλων που θα συσκευάσουν οι μηχανές αποτελεί την ημερήσια παραγωγή της βιομηχανίας και αντιστοιχεί στον αριθμό των τεμαχίων που θα παραχθούν στις 16 ώρες λειτουργίας των μηχανών.

Προϊόν	Μηχανή	τεμ/min	τεμ/hr
Total 0%,2%,5% 170gr, 200gr	Gasti P,R,T	290	17.000-18.000
Total 0%,2%,5% 500gr	Hamba C & Gasti D	125	7.000
Total 0%,2%,5% 1000gr	Hamba C & Gasti D	105	6.000
Split-cup	Gasti S	130	7.800
Family (1kg)	Hamba	42	2.500

Πίνακας 13: Χαρακτηριστικά λειτουργίας μηχανών συσκευασίας

5^ο Κεφάλαιο

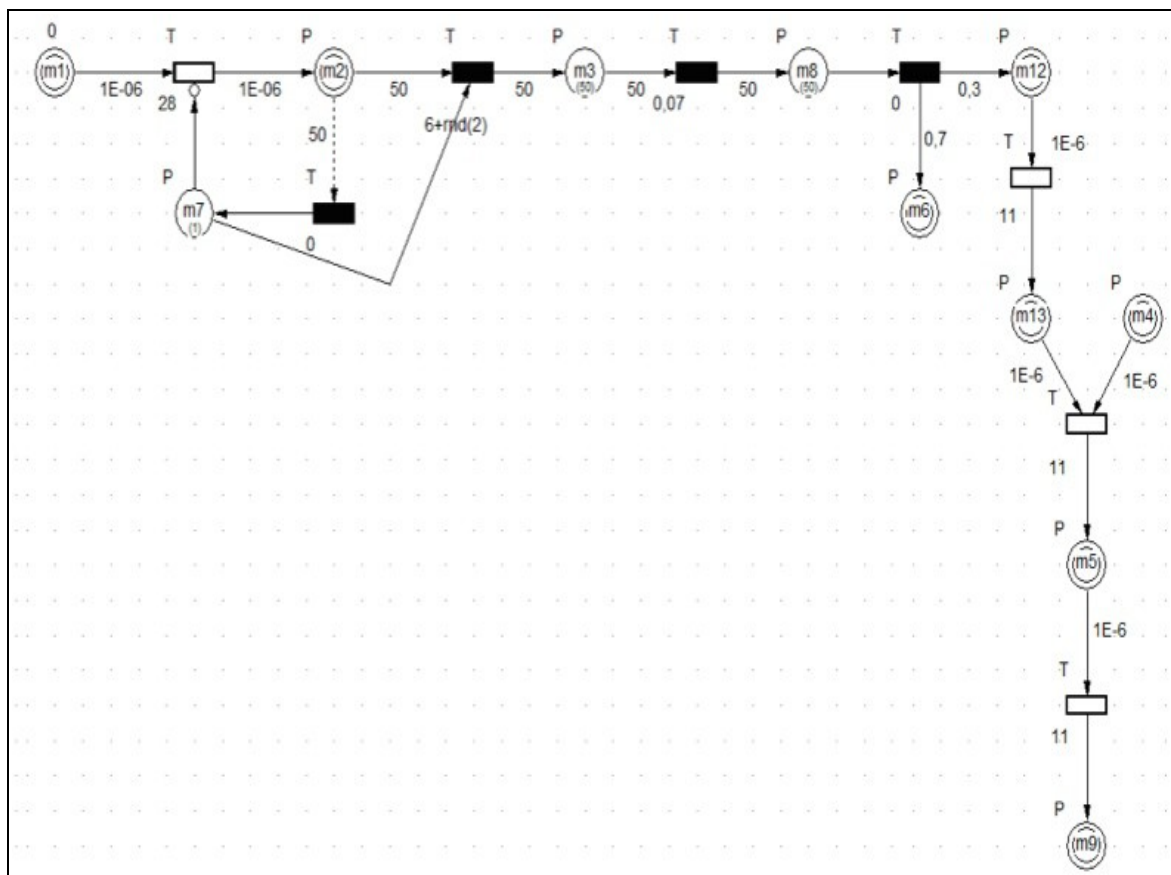
Μοντελοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας με υβριδικά δίκτυα Petri και προσομοίωση των εναλλακτικών σεναρίων λειτουργίας.

5.1 Μοντελοποίηση εργασιών που αφορούν την παραγωγή του στραγγιστού γιαουρτιού με υβριδικά δίκτυα Petri

Σε αυτή την ενότητα υλοποιούνται τα μοντέλα των επιμέρους εργασιών που απαρτίζουν την γραμμή παραγωγής της βιομηχανίας Φάγε στο τμήμα του στραγγιστού γιαουρτιού χρησιμοποιώντας χρονικά δίκτυα Petri. Η υλοποίηση και η προσομοίωση στη συνέχεια των μοντέλων πραγματοποιήθηκε με χρήση του λογισμικού μοντελοποίησης και προσομοίωσης χρονικών και συνεχών δικτύων Petri Visual Object Net++ [16]. Αρχικά υλοποιείται το μοντέλο της παραγωγικής διαδικασίας στο οποίο ορίζονται οι δομικές σχέσεις και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οντοτήτων του συστήματος καθώς και τα στάδια της παραγωγής, η ακολουθία και ο τρόπος διασύνδεσης των σταδίων αυτών, οι πρώτες ύλες που συμμετέχουν και τα προϊόντα που παράγονται από κάθε στάδιο καθώς και πιθανοί συντελεστές πολλαπλότητας με βάση τους οποίους γίνεται η ανάμειξη των πρώτων υλών ή προκύπτουν τα προϊόντα. Επιπλέον δημιουργείται μηχανισμός αναπαράστασης των συνθηκών (π.χ πίεσης και θερμοκρασίας) που πρέπει να επιτευχθούν για να εκτελεστούν οι επιμέρους εργασίες. Στη συνέχεια προστίθενται οι ποσοτικές παράμετροι του μοντέλου, που κατά κύριο λόγο αναφέρονται στις χρονικές καθυστερήσεις μη συνεχών διαδικασιών και τις ταχύτητες εκτέλεσης συνεχών διαδικασιών στο σύστημα. Για την πιο ολοκληρωμένη μελέτη της συμπεριφοράς του συστήματος παραγωγής υπό διαφορετικές συνθήκες, εκτελούνται προσομοιώσεις εναλλακτικών σεναρίων στα οποία τροποποιούνται τιμές αλλά και η φύση συγκεκριμένων ποσοτικών παραμέτρων (μέσω της εισαγωγής τυχαιότητας), έτσι ώστε να

εξεταστούν τόσο οι πλέον συχνά συναντούμενες περιπτώσεις όσο και ακραίες αλλά ρεαλιστικές συνθήκες λειτουργίας του συστήματος (πχ αυξημένη παραγωγική διαδικασία, βλάβη διαχωριστήρα, καθυστέρηση ή πρόωρο πήξιμο του γιαουρτιού κ.τ.λ.). Η γνώση της συμπεριφοράς του συστήματος σε ακραίες περιπτώσεις λειτουργίας μπορεί να φανεί πολύ χρήσιμη για την αντιμετώπιση αυτών των καταστάσεων στο πραγματικό σύστημα παραγωγής χωρίς τους κινδύνους που συνεπάγεται για το ίδιο το σύστημα.

5.1.1 Μοντέλο λειτουργίας γραμμής παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού



Εικόνα 31: Παρουσίαση Μοντέλου

Το μοντέλο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής του στραγγιστού γιαουρτιού αποτελείται από εννέα επιμέρους εργασίες, οι οποίες έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά στο κεφάλαιο 4. Η κατασκευή του μοντέλου βασίστηκε στο διάγραμμα ροής που έχει εξεταστεί σε προηγούμενες ενότητες και τα δεδομένα λειτουργίας για το κάθε υποσύστημα (δεξαμενή, μηχανή, διαχωριστήρα, αποθήκες, κ.τ.λ) που την αποτελεί δόθηκαν από τους αρμόδιους κάθε τμήματος της παραγωγής σε συνεργασία με τον διευθυντή του εργοστασίου. Στην εικόνα 31 παρουσιάζεται το μοντέλο της παραγωγικής διαδικασίας που υλοποιήθηκε σύμφωνα με το διάγραμμα ροής του στραγγιστού

γιαουρτιού και απεικονίζει τα δεδομένα για τις συνθήκες λειτουργίας της γραμμής παραγωγής με δεδομένα παροχής 28 m³/h, ταχύτητα διαχωριστήρων από 8,5 έως 9,5 m³/h, με τη λειτουργία ενός μέχρι και τεσσάρων διαχωριστήρων, χρόνο ωρίμανσης από 6 έως 8 ώρες και σταθερό ποσοστό διαχωρισμού (70%-30%).

Ο πίνακας επεξηγεί τη σημασία των θέσεων (πόρων που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγική διαδικασία) και των μεταβάσεων (ενεργειών που εκτελούνται για το μετασχηματισμό των πρώτων υλών σε τελικά προϊόντα) στο μοντέλο με δίκτυα Petri του συστήματος. Στην επόμενη στήλη παρουσιάζονται οι τιμές λειτουργίας των μεταβάσεων στο σενάριο βάσης και οι χωρητικότητες των θέσεων, οι οποίες ορίζουν στην πράξη περιορισμούς κατά την προσομοίωση.

Όνομα κόμβου	Τύπος κόμβου	Σημασία κόμβου	Εύρος τιμών
T ₁	Συνεχής μετάβαση	Παροχή σωληνογραμμής	28m ³ /h
T ₂	Διακριτή μετάβαση	Ωρίμανση	6+rnd(2)
T ₃	Διακριτή μετάβαση	Ολοκλήρωση της διαδικασίας γεμίσματος σιλό και διακοπή παροχής	-
T ₄	Διακριτή χρονική μετάβαση	Ανάδευση του γάλακτος	0,07% (4-5min)
T ₅	Διακριτή μετάβαση	Διαχωρισμός του ορού από το γιαούρτι	-
T ₆	Συνεχής μετάβαση	Μεταφορά γιαουρτιού σε δεξαμενή αποθήκευσης	11m ³ /h
T ₇	Συνεχής μετάβαση	Ανάμειξη κρέμας και γιαουρτιού	11m ³ /h
T ₈	Συνεχής μετάβαση	Μεταφορά προϊόντος στις μηχανές συσκευασίας	11m ³ /h
m ₁	Συνεχής θέση	Δεξαμενή για την παραλαβή γάλακτος	50tn
m ₂	Συνεχής θέση	Σιλό ωρίμανσης γιαουρτιού	50tn
m ₃	Διακριτή θέση	Δεξαμενή ωρίμανσης	50tn
m ₄	Συνεχής θέση	Δεξαμενή κρέμας	2.200kg
m ₅	Συνεχής θέση	Ψύκτης και ομογενοποιητής	-
m ₆	Συνεχής θέση	Δεξαμενή ορού	35tn

m ₇	Διακριτή θέση	Θέση ελέγχου για την διακοπή της παροχής γάλακτος μετά το γέμισμα του σιλό	50tn
m ₈	Διακριτή θέση	Προϊόν ανάδευσης έτοιμο προς διαχωρισμό	50tn
m ₉	Συνεχής θέση	Μηχανές συσκευασίας	-
m ₁₂	Συνεχής θέση	Δεξαμενή πήγματος	15tn
m ₁₃	Συνεχής θέση	Δεξαμενή γιαουρτιού 0%	2.200kg

Πίνακας 14: Δεδομένα προσομοίωσης

5.1.2 Επεξήγηση βασικού σεναρίου λειτουργίας

Στο σενάριο αυτό έχουν προστεθεί οι ποσοτικές παράμετροι όπως έχουν καταγραφεί από μετρήσεις αλλά και από συνεντεύξεις που έγιναν με στελέχη και εργαζομένους της Φάγε. Πρόκειται για το σενάριο βάσης, στο οποίο οι ποσοτικές παράμετροι έχουν τις πλέον συνηθισμένες τιμές και πιθανές διακυμάνσεις. Ξεκινώντας από τη θέση m₁ με την παραλαβή του τυποποιημένου γάλακτος γίνεται η έναρξη της παραγωγικής διαδικασίας με την διεργασία της παστερίωσης. Η θέση αυτή είναι συνεχής, απεικονίζοντας μια δεξαμενή χωρητικότητας 50 τόνων γάλακτος με τη διάρκεια της διαδικασίας της παστερίωσης να λαμβάνεται αμελητέα εξαιτίας της ελάχιστης χρονικής διάρκειας που απαιτείται για να ολοκληρωθεί (λιγότερο από ένα λεπτό στους 96°C περίπου). Στη συνέχεια ενεργοποιείται η μετάβαση T₁ και οι 50 τόνοι γάλακτος μεταφέρονται με ταχύτητα ίση με την παροχή της σωληνογραμμής (28m³/h). Κατά τη μεταφορά του γάλακτος δια μέσω της σωληνογραμμής προστίθεται μια πολύ μικρή ποσότητα μαγιάς, (5 κιλά περίπου) η οποία είναι ικανή για να δημιουργήσει γιαούρτι. Εξαιτίας του μικρού βάρους που έχει σε σχέση με τους 50 τόνους προϊόντος θεωρείται αμελητέα και δεν αυξάνει την ποσότητα του γάλακτος. Η διαδικασία αυτή γίνεται χωρίς χρονική καθυστέρηση, καθώς πραγματοποιείται κατά τη μεταφορά του γάλακτος από το σιλό παστερίωσης στο σιλό ωρίμανσης (θέση m₂). Το σιλό ωρίμανσης αναπαριστάται από τη θέση m₂ όπου δηλώνεται με την ύπαρξη μιας δεξαμενής 50 τόνων.

Στο επόμενο στάδιο, που αναπαρίσταται από τη μετάβαση T₂, η οποία δεν είναι άμεση και σημειώνεται με μαύρο χρώμα, γίνεται το γέμισμα του σιλό. Η χρονική καθυστέρηση που συνδέεται με την T₂ είναι ίση με το χρόνο που απαιτείται για να γεμίσει το σιλό και να ωριμάσει. Λαμβάνοντας υπόψιν την παροχή της σωληνογραμμής και την ποσότητα του γιαουρτιού πλέον όπου υπάρχει, υπολογίζεται η χρονική καθυστέρηση της διαδικασίας, η οποία εκτιμάται στα 107 λεπτά (μετάβαση T₂). Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής, το υπό κατεργασία προϊόν βρίσκεται στη θέση m₃ που αντιπροσωπεύει τη δεξαμενή στην οποία θα γίνει η ωρίμανση. Η

διαδικασία πηξίματος του γιαουρτιού δεν έχει σταθερή διάρκεια αλλά κυμαίνεται μεταξύ 6 και 8 ωρών. Το γεγονός αυτό δηλώνεται στη μετάβαση T2, η χρονική καθυστέρηση της οποίας έχει μοντελοποιηθεί σαν μια τυχαία μεταβλητή στο διάστημα 6-8 ώρες ($6+rnd2$).

Παρατηρώντας το δίκτυο και λίγο πριν την ολοκλήρωση της διαδικασίας ωρίμανσης υπάρχει μία διακλάδωση (εναλλακτική πορεία της ροής). Το σημείο αυτό παρουσιάζει τη θέση m7 και τη μετάβαση T3 οι οποίες λειτουργούν ως on/off για τη διαδικασία του γεμίσματος της δεξαμενής ωρίμανσης (m2). Στα σημεία αυτά υπάρχουν δύο τόξα με διαφορετική μορφή από τα υπόλοιπα, ένα τόξο ενεργοποίησης και ένα τόξο παρεμπόδισης (βλέπε επεκτάσεις δικτύων Petri). Το τόξο ενεργοποίησης επιτρέπει την T3 μετάβαση η οποία σηματοδοτεί τη διαδικασία της ολοκλήρωσης για το γέμισμα του σιλό και παράλληλα την διακοπή της παροχής ενώ στη θέση m7 γίνεται έλεγχος για να σταματήσει η παροχή του γάλακτος κατά την διαδικασία του γεμίσματος του σιλό.

Μετά την ολοκλήρωση της ωρίμανσης του γιαουρτιού (θέση m3) ακολουθεί η διαδικασία της ανάδευσης με χρονική διάρκεια 0,07 της ώρας που αναπαρίσταται από τη μετάβαση T4. Η ανάδευση του γιαουρτιού διαρκεί 4' με 5' λεπτά και η λειτουργία της γίνεται σε υψηλό ρυθμό στροφών για να γίνει το σπάσιμο του μίγματος και να ομογενοποιηθεί το προϊόν. Στη συνέχεια η ανάδευση συνεχίζεται σε μικρότερο αριθμό στροφών μέχρι να αδειάσει όλο το σιλό της ωρίμανσης και το προϊόν της ανάδευσης να είναι έτοιμο προς διαχωρισμό, αναπαράσταση από τη θέση m8. Η θέση αυτή δηλώνει την έναρξη της διαδικασίας του διαχωρισμού με την ενεργοποίηση ενός, δύο, τριών ή και τεσσάρων διαχωριστήρων. Η επιλογή αυτή δεν είναι εμφανής στο διάγραμμα όμως στην επόμενη παράγραφο εξηγείται ο τρόπος λειτουργίας και το σενάριο της επιλογής των διαχωριστήρων.

Η απεικόνιση της διαδικασίας του διαχωρισμού αναπαριστάται από τη μετάβαση T5. Σε σχέση με την πραγματικότητα, έχει επιλεγεί μια απλοποιημένη αναπαράσταση, κατά την οποία χρησιμοποιείται μια μόνο μετάβαση με ταχύτητα λειτουργίας τη συνολική παροχή των ενεργών κάθε φορά διαχωριστήρων. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας θεωρήθηκαν όλα τα πιθανά σενάρια λειτουργίας (108 στο σύνολό τους τα οποία παρουσιάζονται στη συνέχεια) και καταγράφηκαν οι αντίστοιχες διάρκειες προσομοίωσης. Για κάθε σενάριο, εξαιτίας της ύπαρξης μεταβάσεων με μη σταθερές διάρκειες (τυχειότητα), εκτελέστηκαν σεν 5 επαναλήψεων και υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους με όλες τις παραμέτρους ίδιες.

Κατά το διαχωρισμό του πηγματος, ποσοστό 70% της συνολικής ποσότητας απομακρύνεται ως ορός ενώ το υπόλοιπο 30% είναι προϊόν γιαουρτιού. Ο ορός δεν χρησιμοποιείται σε κάποιο άλλο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας και απλά διοχετεύεται σε μεγάλες δεξαμενές για συμπύκνωση 2 επιπέδων και εξαγωγή σε χώρες της Ευρώπης. Με την ολοκλήρωση του διαχωρισμού οι 50 τόνοι

γιαουρτιού έχουν “μοιραστεί” σε 35 τόνους ορό που είναι διαθέσιμοι στη θέση m_6 , και σε 15 τόνους πήγμα που βρίσκονται στη θέση m_{12} . Το πήγμα στην ουσία είναι άπαχο γιαούρτι, με 0% περιεκτικότητα σε λιπαρές ύλες το οποίο ανάλογα με την περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο ή να εμπλουτιστεί με λιπαρά για την παραγωγή των άλλων τύπων γιαουρτιού.

Η μετάβαση T_6 δηλώνεται με λευκό χρώμα καθώς πρόκειται για χρονική μετάβαση που περιγράφει την ταχύτητα που έχουν οι διαχωριστήρες που βρίσκονται σε λειτουργία στο κάθε σενάριο λειτουργίας που εξετάζεται. Όπως ήδη αναφέρθηκε η παροχή υπολογίζεται αθροιστικά. Οι θέσεις m_4 και m_{13} απεικονίζουν δυο δεξαμενές αποθήκευσης. Η πρώτη περιέχει την κρέμα που προστίθεται στο γιαούρτι για να παραχθούν τα προϊόντα 2% και 5% και η δεύτερη είναι το άπαχο γιαούρτι που παράγεται από την διαδικασία του διαχωρισμού (0%). Η ανάμειξη των δύο προϊόντων γίνεται εντός της σωληνογραμμής που υπάρχει και απεικονίζεται με τη μετάβαση T_7 . Η μετάβαση αυτή ορίζεται με ταχύτητα η οποία στην πραγματικότητα αποτελεί το 1/3 της αρχικής παροχής που υπήρχε στη σωληνογραμμή (στα προηγούμενα στάδια, γεγονός που οφείλεται στη σαφώς πιο στέρεη φύση του γιαουρτιού). Τα επόμενα κομμάτια του μοντέλου που έχει υλοποιηθεί αποτελούνται από τη θέση m_5 που αναπαριστά έναν ψύκτη και έναν ομογενοποιητή μέσα από τους οποίους διοχετεύεται το πήγμα για την καλύτερη ανάμειξη της κρέμας με το άπαχο γιαούρτι. Η μετάβαση T_8 δηλώνει τη μεταφορά του γιαουρτιού στις μηχανές συσκευασίας σωληνογραμμής!!!!) ενώ το τελευταίο δομικό στοιχείο του μοντέλου είναι η θέση m_9 συμβολίζει την άντληση του έτοιμου τελικού προϊόντος από τις μηχανές συσκευασίας.

Από το βασικό μοντέλο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής που περιγράφηκε παραπάνω, στη συνέχεια εξετάζεται ένας αριθμός από εναλλακτικά σενάρια που προκύπτουν μεταβάλλοντας συγκεκριμένα επιμέρους χαρακτηριστικά του τα οποία έχουν φυσική σημασία. Τέτοια σενάρια μπορεί να αφορούν μεταβολή επιμέρους ταχυτήτων (πχ εκτέλεσης κάποιων διεργασιών λόγω δυσλειτουργίας εξοπλισμού ή τη μεταβολή που προκαλεί η χρήση πιο γρήγορων μηχανών για κάποιες διαδικασίες). Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα σενάρια που εξετάζονται σε έναν ενιαίο πίνακα και τονίζονται οι μεταξύ τους διαφοροποιήσεις, ενώ προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα από τις μεταβολές στις διάρκειες των προσομοιώσεων που προκαλούν οι αλλαγές αυτές.

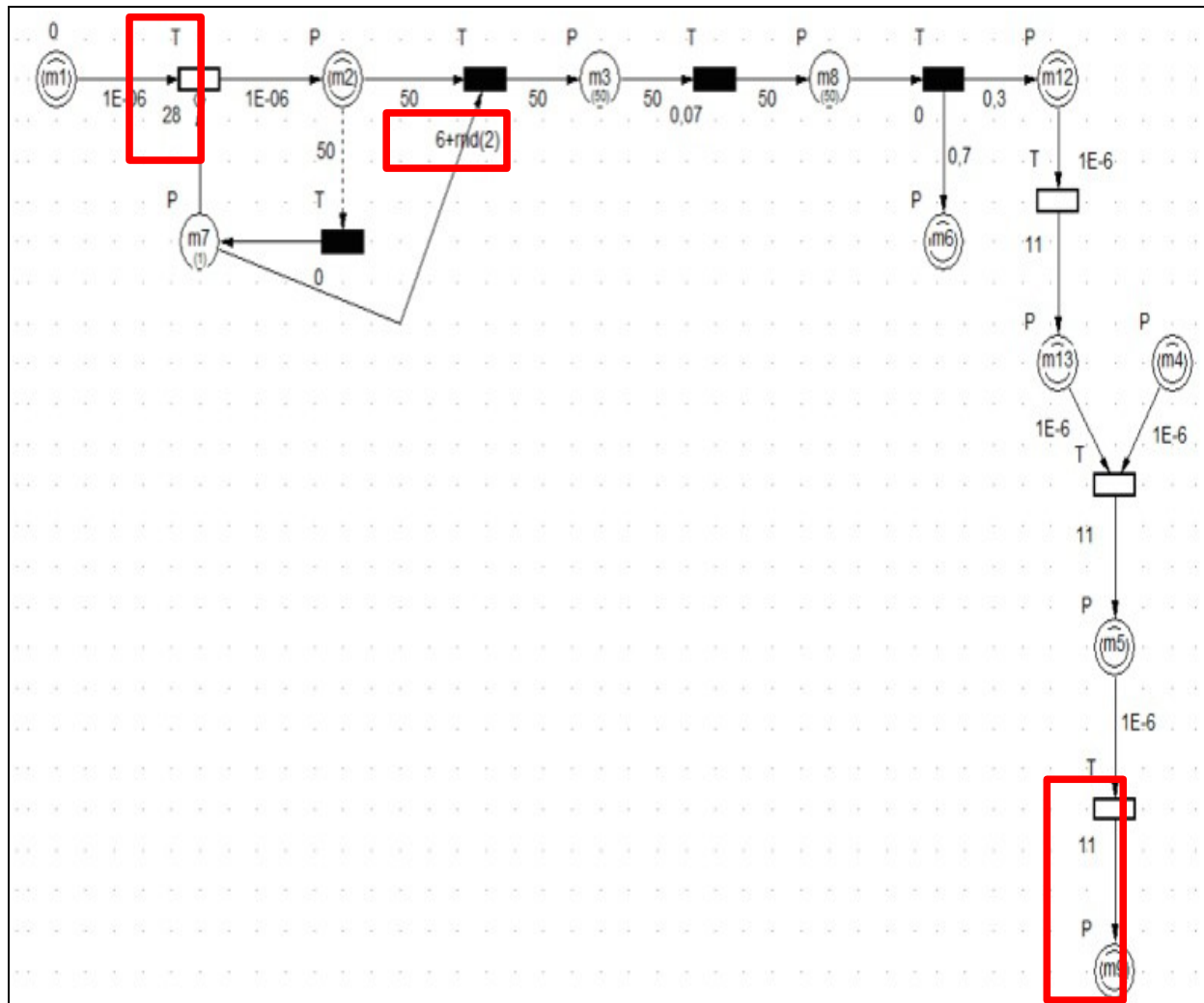
5.1.3 Ανάλυση των σεναρίων λειτουργίας και παρουσίαση του πίνακα των προσομοιώσεων.

Όπως αναφέρεται και σε προηγούμενες παραγράφους για την καταγραφή όλων των σεναρίων και τη σωστή μελέτη της γραμμής παραγωγής τροποποιήθηκαν ορισμένοι συντελεστές της παραγωγικής διαδικασίας με στόχο την κάλυψη όλων των πιθανών συνθηκών λειτουργίας που μπορούν να παρουσιαστούν σε μία ημερήσια παραγωγή. Οι συντελεστές που τροποποιήθηκαν αφορούν την παροχή της σωληνογραμμής, το χρόνο της παραμονής του γιαουρτιού στο σιλό ωρίμανσης, την επιλογή του αριθμού των διαχωριστήρων που θα λειτουργούν και θα διαχωρίζουν το μίγμα και τέλος τη παροχή στην οποία θα λειτουργούν οι διαχωριστήρες κατά την λειτουργία του διαχωρισμού.

Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα σενάρια λειτουργίας ομαδοποιημένα με βάση την χρονική παραμονή στο σιλό επεξεργασίας, την παροχή της σωληνογραμμής και τη λειτουργία των διαχωριστήρων. Στις εικόνες που θα ακολουθήσουν εμφανίζονται τα τμήματα στα οποία έχουν γίνει οι τροποποιήσεις και συγκεκριμένα παρουσιάζεται το κομμάτι όπου έχει μεταβληθεί ο συντελεστής με έντονο κόκκινο χρώμα σε σχήμα ορθογωνίου.

Περίπτωση 1^η, βασικό σενάριο λειτουργίας

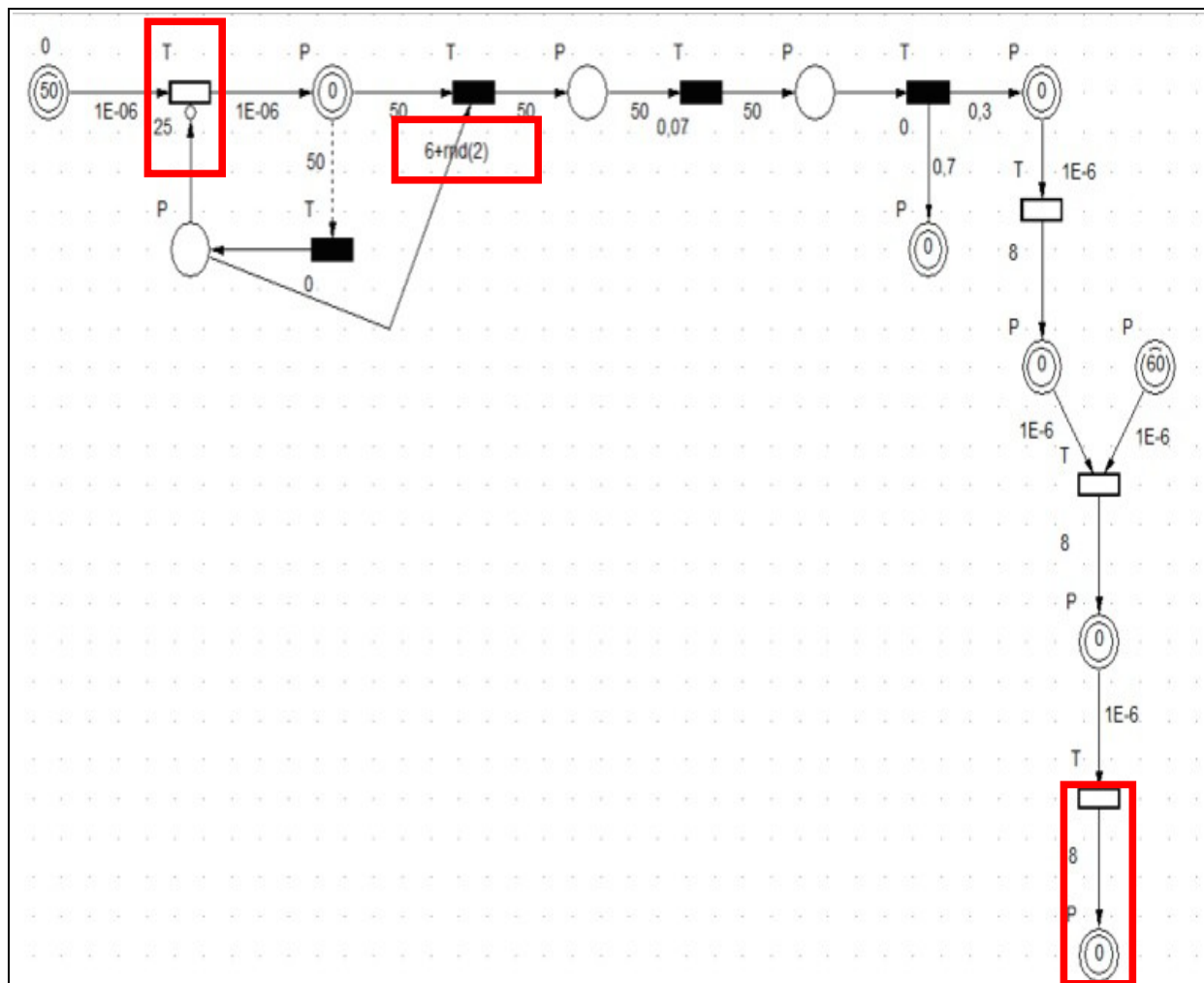
1. παροχή $28\text{m}^3/\text{h}$
2. χρόνος ωρίμανσης $6+\text{rnd}(2)$
3. λειτουργία διαχωριστήρων από $8,5\text{-}9,5\text{ rad/sec}$



Εικόνα 32: Βασικό σενάριο λειτουργίας

Περίπτωση 2^η, σενάριο λειτουργίας με μειωμένη παροχή σωληνογραμμής

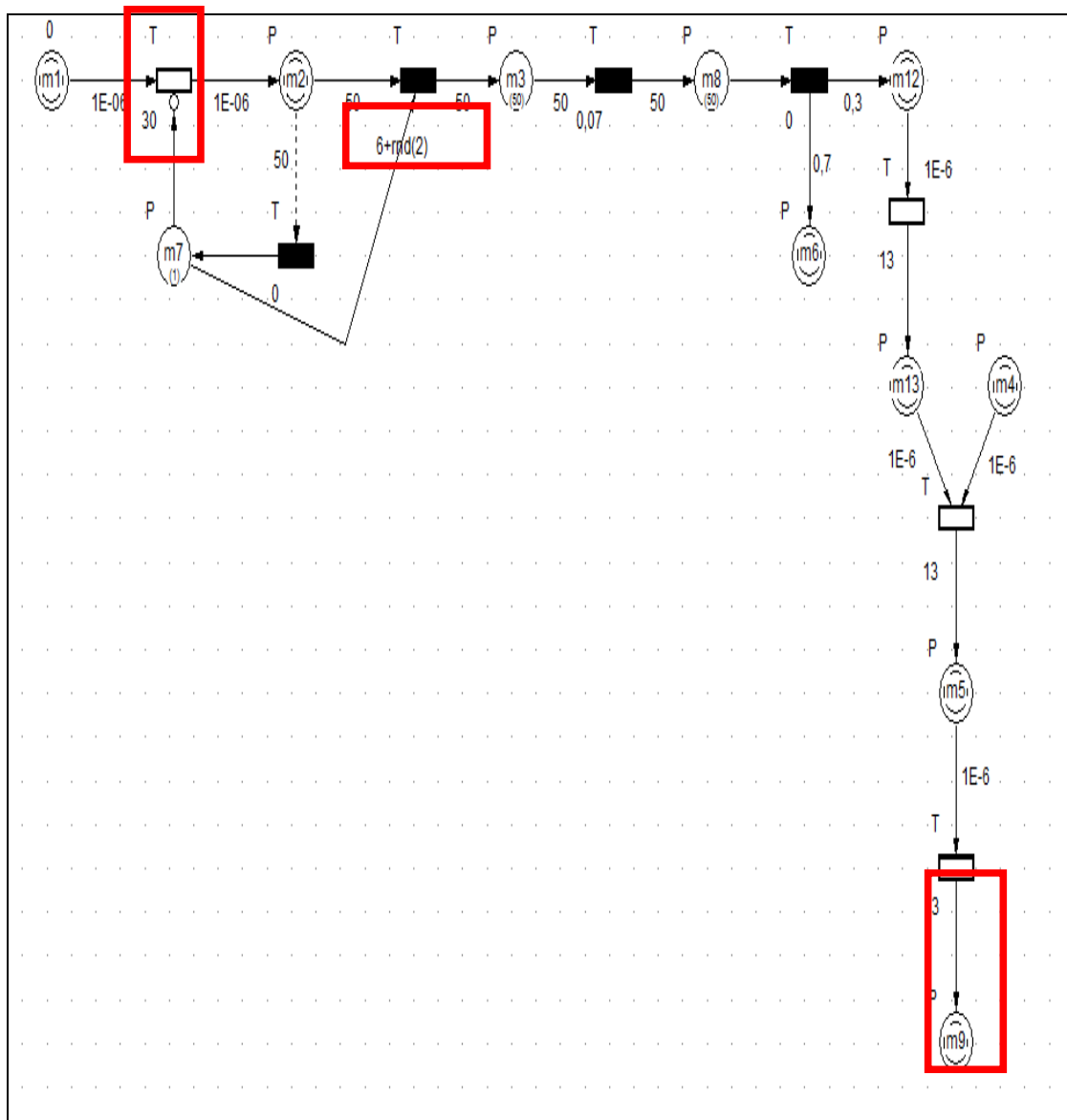
1. παροχή $25\text{m}^3/\text{h}$
2. χρόνος ωρίμανσης $6+\text{rnd}(2)$
3. λειτουργία διαχωριστήρων από $8,5\text{-}9,5\text{ rad/sec}$



Εικόνα 33: Σενάριο λειτουργίας με μειωμένη παροχή σωληνογραμμής

Περίπτωση 3^η, σενάριο λειτουργίας με αυξημένη παροχή σωληνογραμμής

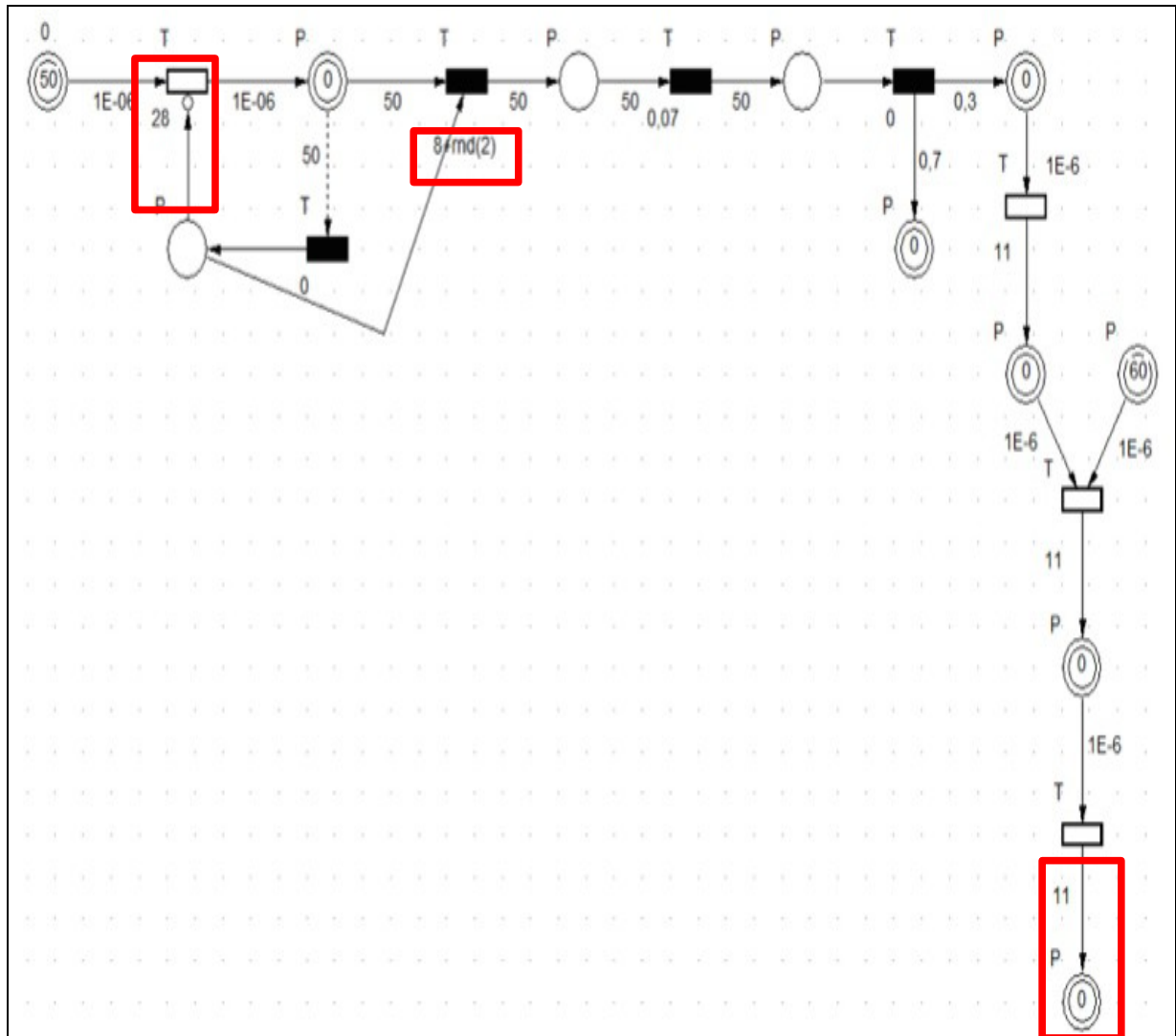
1. παροχή $30\text{m}^3/\text{h}$
2. χρόνος ωρίμανσης $6+\text{rnd}(2)$
3. λειτουργία διαχωριστήρων από $8,5\text{-}9,5\text{ rad/sec}$



Εικόνα 34: Σενάριο λειτουργίας με αυξημένη παροχή σωληνογραμμής

Περίπτωση 4^η, σενάριο λειτουργίας με βασική παροχή σωληνογραμμής και μεγαλύτερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό

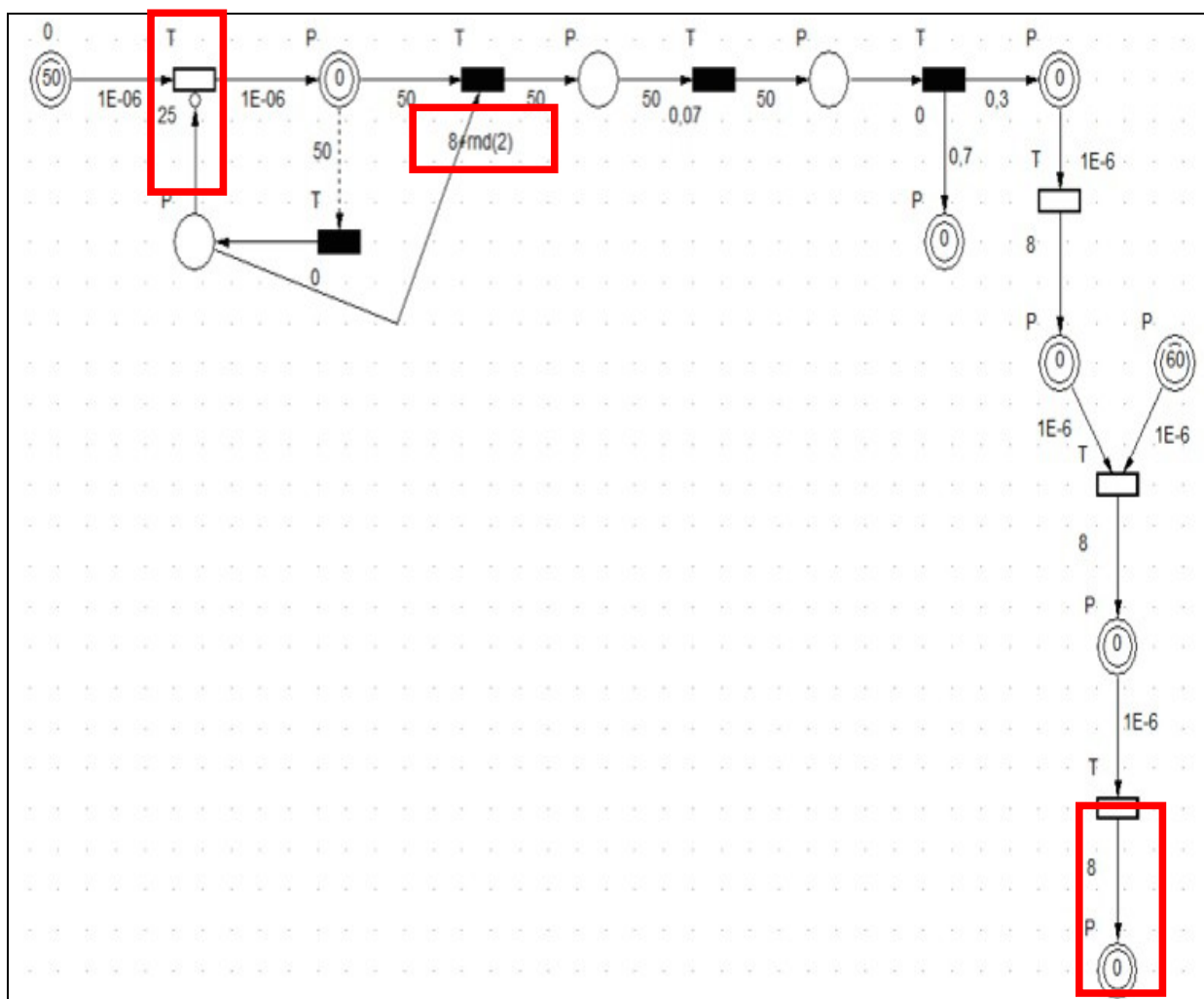
1. παροχή $28m^3/h$
2. χρόνος ωρίμανσης $8+rnd(2)$
3. λειτουργία διαχωριστήρων από $8,5-9,5 \text{ rad/sec}$



Εικόνα 35: Σενάριο λειτουργίας με βασική παροχή σωληνογραμμής και μεγαλύτερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό

Περίπτωση 5^η, σενάριο λειτουργίας με μειωμένη παροχή σωληνογραμμής και μεγαλύτερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό

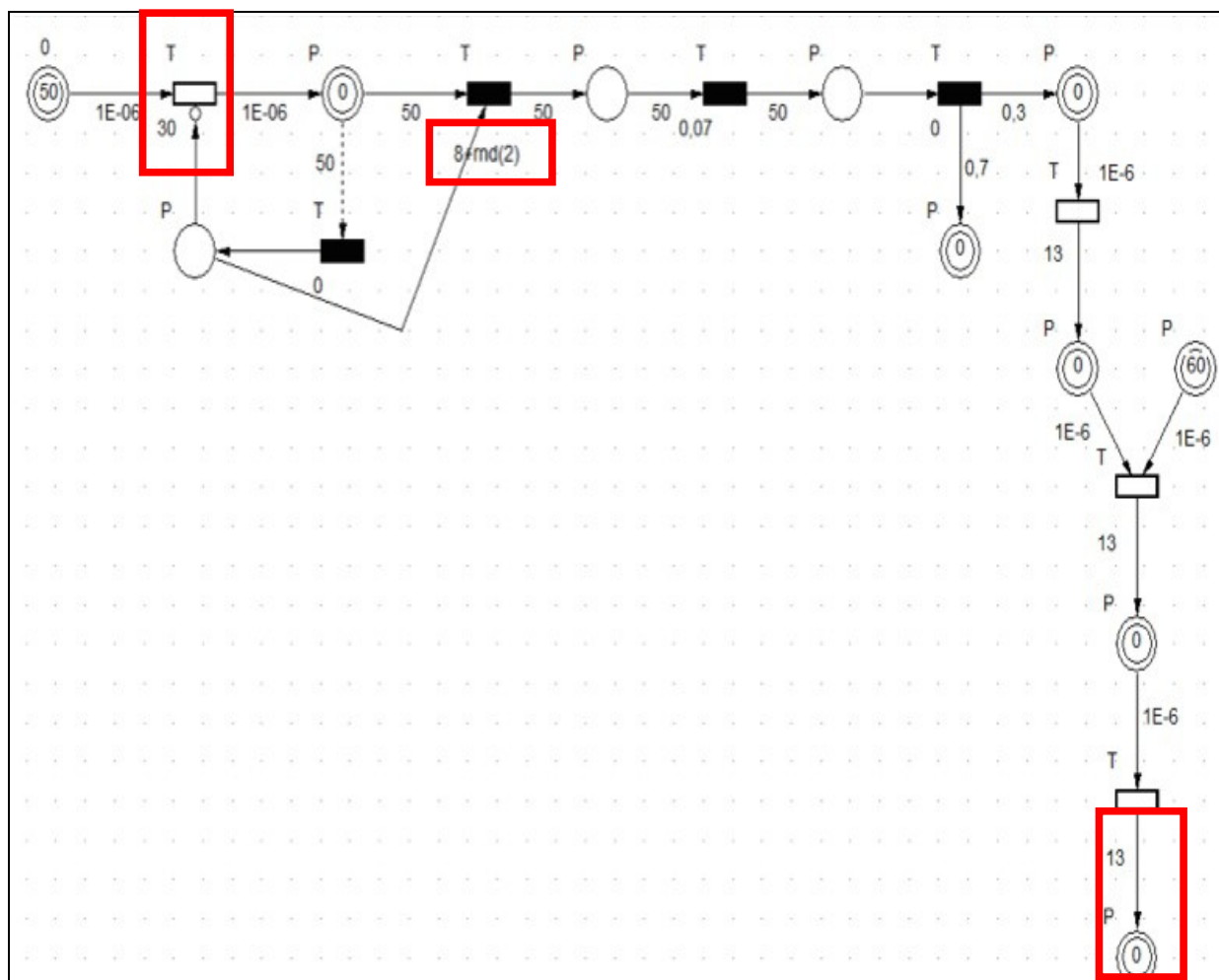
1. παροχή $25m^3/h$
2. χρόνος ωρίμανσης $8+rnd(2)$
3. λειτουργία διαχωριστήρων από $8,5-9,5 \text{ rad/sec}$



Εικόνα 36: Σενάριο λειτουργίας με μειωμένη παροχή σωληνογραμμής και μεγαλύτερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό

Περίπτωση 6^η, σενάριο λειτουργίας με αυξημένη παροχή σωληνογραμμής και μεγαλύτερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό

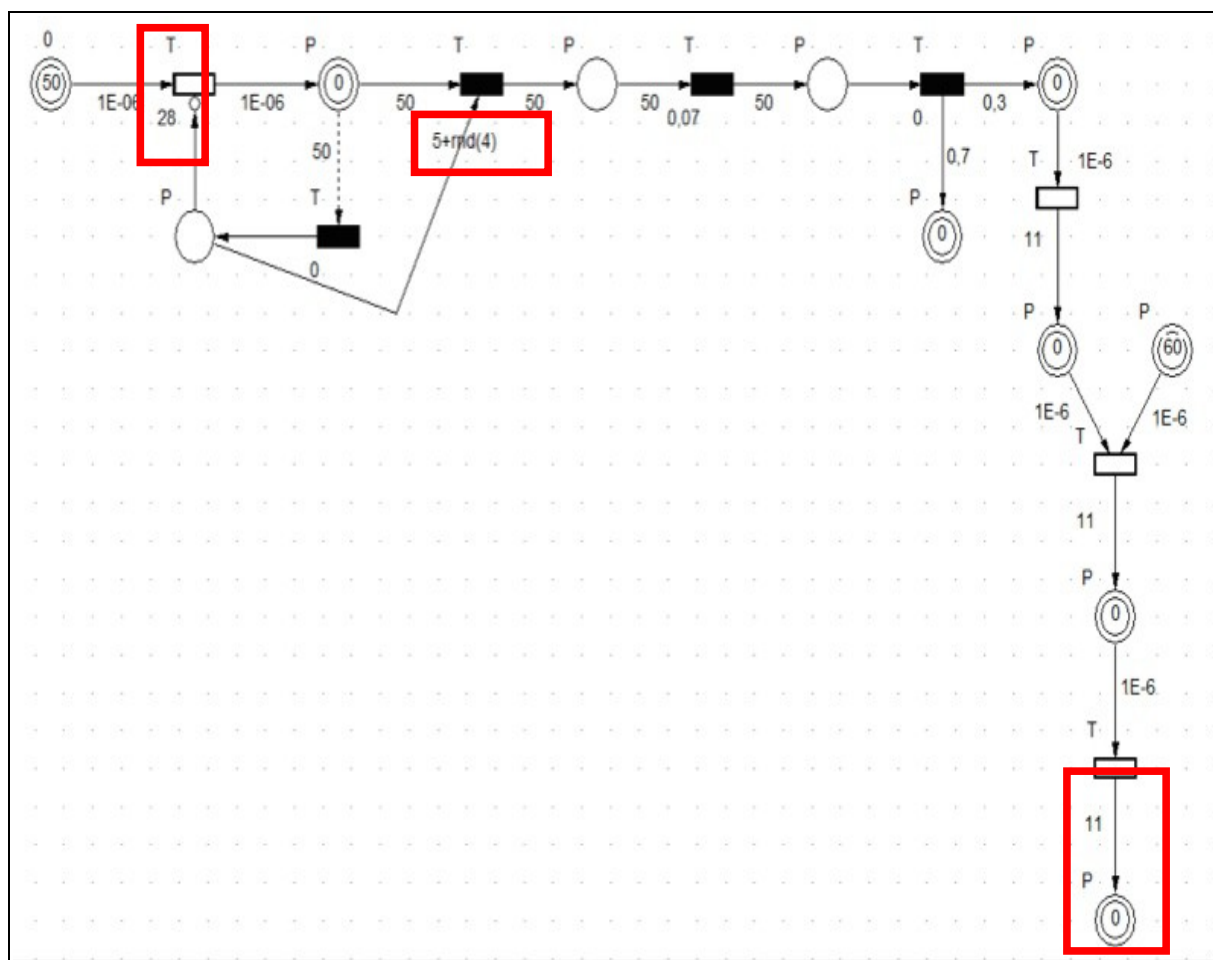
1. παροχή $30\text{m}^3/\text{h}$
2. χρόνος ωρίμανσης $8+\text{rnd}(2)$
3. λειτουργία διαχωριστήρων από $8,5\text{-}9,5\text{ rad/sec}$



Εικόνα 37: Σενάριο λειτουργίας με αυξημένη παροχή σωληνογραμμής και μεγαλύτερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό

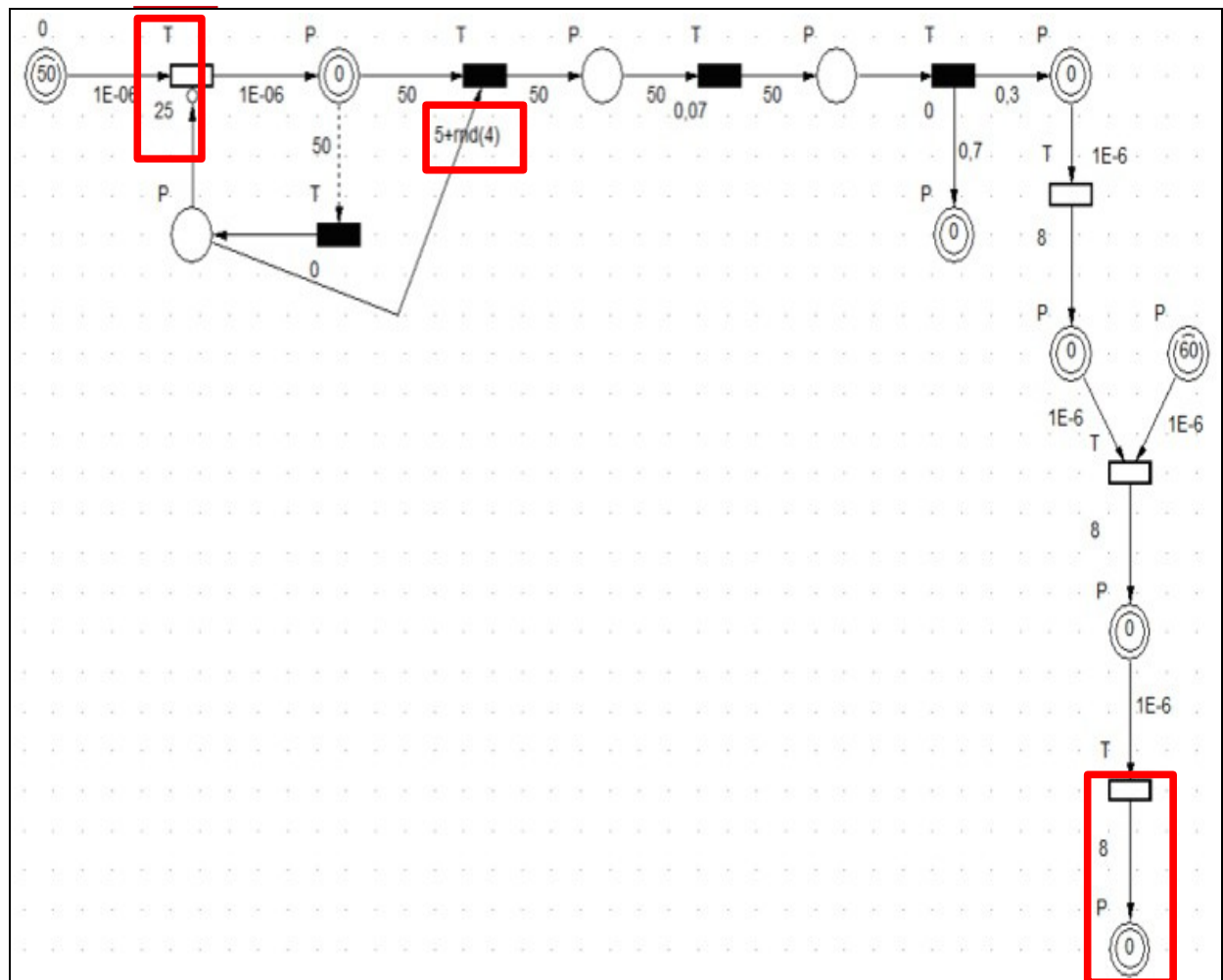
Περίπτωση 7^η, σενάριο λειτουργίας με βασική παροχή σωληνογραμμής και μικρότερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό

1. παροχή $28m^3/h$
2. χρόνος ωρίμανσης $5+rnd(4)$
3. λειτουργία διαχωριστήρων από $8,5-9,5 \text{ rad/sec}$



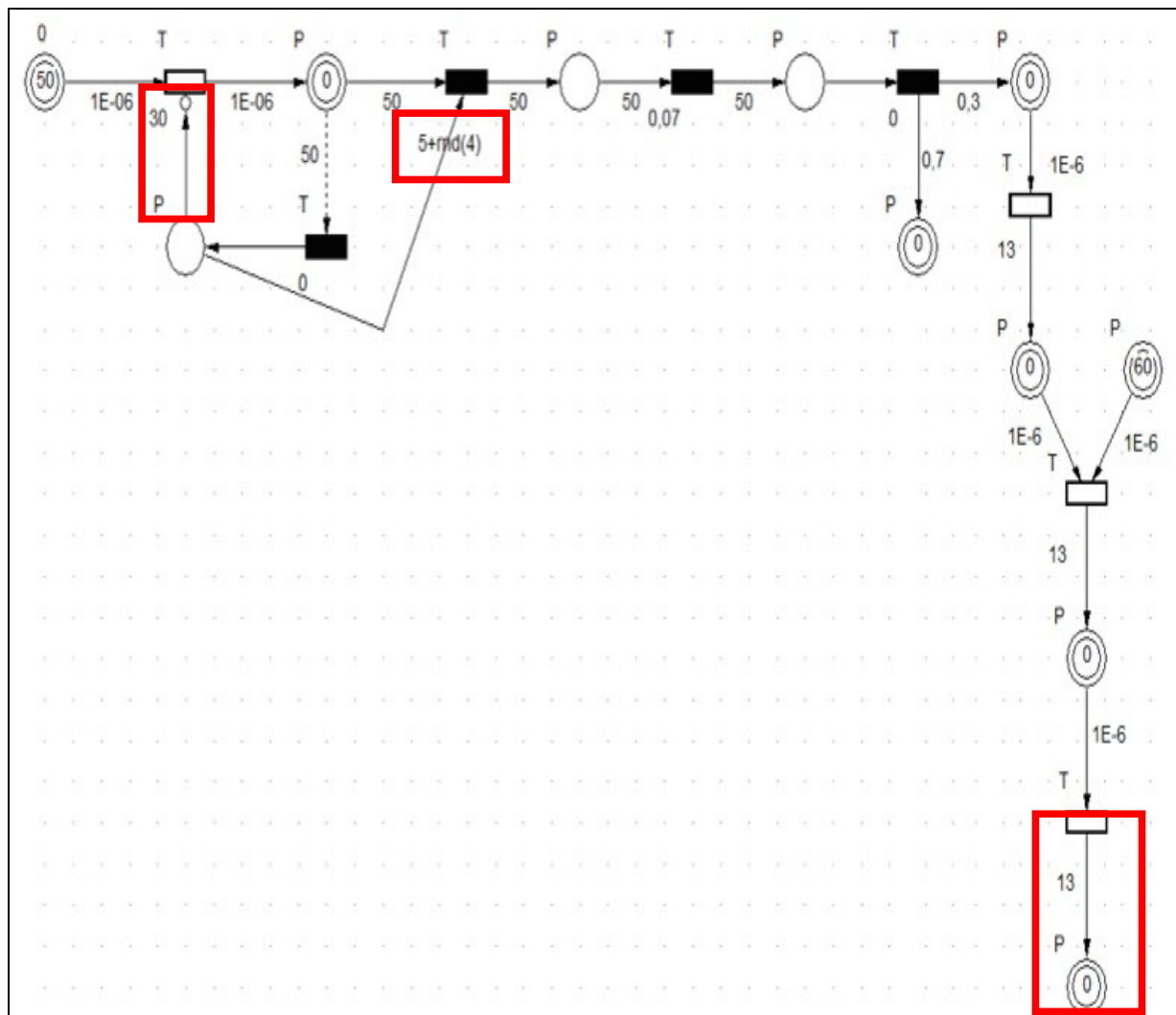
Εικόνα 38: Σενάριο λειτουργίας με βασική παροχή σωληνογραμμής και μικρότερο χρόνο ωρίμανσης του γιαουρτιού στο σιλό

1. παροχή 25m³/h
2. χρόνος ωρίμανσης 5+rnd(4)
3. λειτουργία διαχωριστήρων από 8,5-9,5 rad/sec



114 από 158

1. παροχή 30m³/h
2. χρόνος ωρίμανσης 5+rnd(4)
3. λειτουργία διαχωριστήρων από 8,5-9,5 rad/sec



115 από 158

5.2 Προσομοίωση συστημάτων

5.2.1 Προσομοίωση γραμμής παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού

Η προσομοίωση των συστημάτων παράγει αποτελέσματα που αφορούν τη διάρκεια εκτέλεσης ενός συνόλου εργασιών κάτω από δεδομένες συνθήκες και με ορισμένες σχέσεις εξάρτησης μεταξύ των εργασιών αυτών και των οντοτήτων που συνθέτουν ένα σύστημα. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση της μονάδας παραγωγής του στραγγιστού γιαουρτιού η ακολουθία εκτέλεσης των εργασιών είναι δεδομένη, σταθερή και χωρίς περιθώρια σημαντικών καθυστερήσεων. Η διαδικασία παραγωγής είναι πλήρως αυτοματοποιημένη με το ανθρώπινο στοιχείο να έχει κατά κύριο λόγο εποπτικό ρόλο και να επεμβαίνει σε έκτακτες μόνο περιπτώσεις βλαβών ή σε άλλες μη αναμενόμενες καταστάσεις. Για το λόγο αυτό, οι περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψιν κατά τη μοντελοποίηση και προσομοίωση του συστήματος είναι χωροταξικοί, ποσοτικοί και χρονικοί χωρίς να δεσμεύουν ανθρώπους και άλλους πόρους. Για παράδειγμα οι ταχύτητες επεξεργασίας των μηχανών συσκευασίας, ο αποθηκευτικός χώρος των σιλό, οι παροχές των σωληνογραμμών, οι γωνιακές ταχύτητες λειτουργίας των διαχωριστήρων κ.τ.λ.

Με την προσομοίωση του τρόπου λειτουργίας της γραμμής παραγωγής και των διαδικασιών που την απαρτίζουν επαληθεύεται η χρονική διάρκεια που απαιτείται για την παραγωγή ενός σιλό γιαουρτιού και κατ' επέκταση για τον άρτιο τρόπο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής. Η συμφωνία του αποτελέσματος της προσομοίωσης με τη μέση διάρκεια που έχει καταγραφεί από την εταιρεία πιστοποιεί σε μεγάλο βαθμό την ορθότητα της διαδικασίας μοντελοποίησης και τη σωστή επιλογή και ορισμό των επιμέρους ποσοτικών παραμέτρων. Σε σχέση με αυτό στο σενάριο βάσης, στη συνέχεια, μεταβάλλονται συγκεκριμένες χρονικές παράμετροι για τις οποίες, στις προσομοιώσεις που ακολουθούν δίνονται νέες ντετερμινιστικές τιμές, και τιμές από περιοχή προκαθορισμένου εύρους. Στην πράξη αυτό γίνεται για να μελετηθεί η ευαισθησία του αποτελέσματος της προσομοίωσης με τη μεταβολή των τιμών κάποιων παραμέτρων (δηλαδή τροποποιώντας ελαφρά μια παράμετρο, πως μεταβάλλεται το συνολικό αποτέλεσμα) και να εντοπιστεί ποιες από αυτές είναι οι πλέον κρίσιμες. Επιπλέον, μέσα από τη διαδικασία αυτή μπορούν να μελετηθούν ακραία ή και πρακτικά ανεφάρμοστα σενάρια, έτσι ώστε να είναι δυνατή η αποτελεσματική αντίδραση στην ακραία περίπτωση εμφάνισης τους. Κάποια από τα σενάρια αυτά στην πράξη δε μπορούν να εμφανιστούν εξαιτίας καθαρά λειτουργικών περιορισμών, αφού για παράδειγμα οι χρονικές καθυστερήσεις για την ωρίμανση του γιαουρτιού δεν μπορούν να ξεπεράσουν συγκεκριμένο αριθμό ωρών παραμονής στο σιλό ωρίμανσης. Η δυνατότητα εισαγωγής τυχαιότητας στις τιμές ποσοτικών χρονικών παραμέτρων, είτε με τον ορισμό ενός εύρους τιμών

είτε με τον ορισμό ενός προτύπου κατανομής που ακολουθούν κάποιες διάρκειες, είναι μια επιπλέον επιλογή που παρέχουν τα δίκτυα Petri η οποία δεν υπάρχει στα διαγράμματα GANTT και στον αλγόριθμο PERT και έτσι αναβαθμίζει τις δυνατότητες μελέτης αλλά και την πληρότητα και ρεαλιστικότητα των αποτελεσμάτων που προκύπτουν.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας με τις επαναλήψεις και τα διαφορετικά σενάρια λειτουργίας που δημιουργήθηκαν κατά την προσομοίωση για τη λειτουργία της γραμμής παραγωγής του στραγγιστού γιαουρτιού. Η πρώτη στήλη αριθμεί τα σενάρια λειτουργίας, στη συνέχεια εμφανίζεται ο αριθμός των διαχωριστήρων που χρησιμοποιείται κατά τον διαχωρισμό και έπειτα συγκεντρώνονται οι τρεις παράγοντες στους οποίους γίνονται οι τροποποιήσεις. Η τελευταία στήλη του πίνακα εμφανίζει την χρονική διάρκεια της κάθε προσομοίωσης με μονάδα μέτρησης την ώρα.

Σενάριο λειτουργίας	Αριθμός διαχωριστήρων	Συνολική ταχύτητα διαχωρισμού	Παροχή σωληνογραμμής	Χρόνος ωρίμανσης	Διάρκεια προσομοίωσης
Σενάριο 1 ⁰	1	8,5	28	6+rnd2	11,5
Σενάριο 2 ⁰	2	17	28	6+rnd2	9,3
Σενάριο 3 ⁰	3	25,5	28	6+rnd2	9,4
Σενάριο 4 ⁰	4	34	28	6+rnd2	9,5
Σενάριο 5 ⁰	1	9	28	6+rnd2	10,5
Σενάριο 6 ⁰	2	18	28	6+rnd2	10,5
Σενάριο 7 ⁰	3	27	28	6+rnd2	9
Σενάριο 8 ⁰	4	36	28	6+rnd2	10
Σενάριο 9 ⁰	1	9,5	28	6+rnd2	9,9
Σενάριο 10 ⁰	2	19	28	6+rnd2	10,3
Σενάριο 11 ⁰	3	28,5	28	6+rnd2	10,7
Σενάριο 12 ⁰	4	38	28	6+rnd2	9,3
Σενάριο 13 ⁰	1	8,5	25	6+rnd2	9,8
Σενάριο 14 ⁰	2	17	25	6+rnd2	10
Σενάριο 15 ⁰	3	25,5	25	6+rnd2	10,6
Σενάριο 16 ⁰	4	34	25	6+rnd2	11,1
Σενάριο 17 ⁰	1	9	25	6+rnd2	11
Σενάριο 18 ⁰	2	18	25	6+rnd2	9,7
Σενάριο 19 ⁰	3	27	25	6+rnd2	9,8
Σενάριο 20 ⁰	4	36	25	6+rnd2	10,3
Σενάριο 21 ⁰	1	9,5	25	6+rnd2	11,1
Σενάριο 22 ⁰	2	19	25	6+rnd2	10,4
Σενάριο 23 ⁰	3	28,5	25	6+rnd2	9,8

Σενάριο 24 ⁰	4	38	25	6+rnd2	9,2
Σενάριο 25 ⁰	1	8,5	30	6+rnd2	11,3
Σενάριο 26 ⁰	2	17	30	6+rnd2	10,5
Σενάριο 27 ⁰	3	25,5	30	6+rnd2	10,9
Σενάριο 28 ⁰	4	34	30	6+rnd2	10,8
Σενάριο 29 ⁰	1	9	30	6+rnd2	11,5
Σενάριο 30 ⁰	2	18	30	6+rnd2	9,8
Σενάριο 31 ⁰	3	27	30	6+rnd2	10,5
Σενάριο 32 ⁰	4	36	30	6+rnd2	8,9
Σενάριο 33 ⁰	1	9,5	30	6+rnd2	10,4
Σενάριο 34 ⁰	2	19	30	6+rnd2	10,6
Σενάριο 35 ⁰	3	28,5	30	6+rnd2	9
Σενάριο 36 ⁰	4	38	30	6+rnd2	10,1
Σενάριο 37 ⁰	1	8,5	28	8+rnd2	12,1
Σενάριο 38 ⁰	2	17	28	8+rnd2	11,4
Σενάριο 39 ⁰	3	25,5	28	8+rnd2	11,1
Σενάριο 40 ⁰	4	34	28	8+rnd2	12,9
Σενάριο 41 ⁰	1	9	28	8+rnd2	12,9
Σενάριο 42 ⁰	2	18	28	8+rnd2	12,2
Σενάριο 43 ⁰	3	27	28	8+rnd2	11,8
Σενάριο 44 ⁰	4	36	28	8+rnd2	11,3
Σενάριο 45 ⁰	1	9,5	28	8+rnd2	13,6
Σενάριο 46 ⁰	2	19	28	8+rnd2	13
Σενάριο 47 ⁰	3	28,5	28	8+rnd2	11,6
Σενάριο 48 ⁰	4	38	28	8+rnd2	10,9
Σενάριο 49 ⁰	1	8,5	25	8+rnd2	12,6
Σενάριο 50 ⁰	2	17	25	8+rnd2	12,5
Σενάριο 51 ⁰	3	25,5	25	8+rnd2	11,9
Σενάριο 52 ⁰	4	34	25	8+rnd2	12,8
Σενάριο 53 ⁰	1	9	25	8+rnd2	13,3
Σενάριο 54 ⁰	2	18	25	8+rnd2	12
Σενάριο 55 ⁰	3	27	25	8+rnd2	12,4
Σενάριο 56 ⁰	4	36	25	8+rnd2	13,1
Σενάριο 57 ⁰	1	9,5	25	8+rnd2	13,8
Σενάριο 58 ⁰	2	19	25	8+rnd2	12,5
Σενάριο 59 ⁰	3	28,5	25	8+rnd2	12,6
Σενάριο 60 ⁰	4	38	25	8+rnd2	12,8
Σενάριο 61 ⁰	1	8,5	30	8+rnd2	12,3
Σενάριο 62 ⁰	2	17	30	8+rnd2	11,3
Σενάριο 63 ⁰	3	25,5	30	8+rnd2	12,7
Σενάριο 64 ⁰	4	34	30	8+rnd2	11,6
Σενάριο 65 ⁰	1	9	30	8+rnd2	13,3
Σενάριο 66 ⁰	2	18	30	8+rnd2	11,6
Σενάριο 67 ⁰	3	27	30	8+rnd2	11,1
Σενάριο 68 ⁰	4	36	30	8+rnd2	11
Σενάριο 69 ⁰	1	9,5	30	8+rnd2	13,2

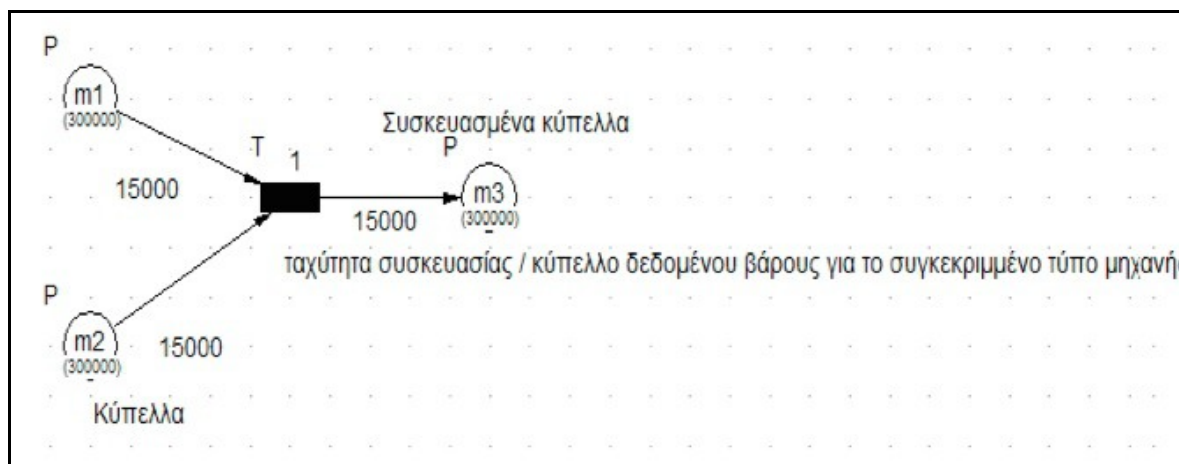
Σενάριο 70 ⁰	2	19	30	8+rnd2	11,6
Σενάριο 71 ⁰	3	28,5	30	8+rnd2	11,5
Σενάριο 72 ⁰	4	38	30	8+rnd2	12
Σενάριο 73 ⁰	1	8,5	28	5+rnd4	10,9
Σενάριο 74 ⁰	2	17	28	5+rnd4	9
Σενάριο 75 ⁰	3	25,5	28	5+rnd4	10
Σενάριο 76 ⁰	4	34	28	5+rnd4	9,8
Σενάριο 77 ⁰	1	9	28	5+rnd4	11,6
Σενάριο 78 ⁰	2	18	28	5+rnd4	10,5
Σενάριο 79 ⁰	3	27	28	5+rnd4	9
Σενάριο 80 ⁰	4	36	28	5+rnd4	11,1
Σενάριο 81 ⁰	1	9,5	28	5+rnd4	9,1
Σενάριο 82 ⁰	2	19	28	5+rnd4	8,2
Σενάριο 83 ⁰	3	28,5	28	5+rnd4	10,3
Σενάριο 84 ⁰	4	38	28	5+rnd4	11
Σενάριο 85 ⁰	1	8,5	25	5+rnd4	9,2
Σενάριο 86 ⁰	2	17	25	5+rnd4	8,5
Σενάριο 87 ⁰	3	25,5	25	5+rnd4	8,2
Σενάριο 88 ⁰	4	34	25	5+rnd4	9,4
Σενάριο 89 ⁰	1	9	25	5+rnd4	12,4
Σενάριο 90 ⁰	2	18	25	5+rnd4	9
Σενάριο 91 ⁰	3	27	25	5+rnd4	11,3
Σενάριο 92 ⁰	4	36	25	5+rnd4	11,5
Σενάριο 93 ⁰	1	9,5	25	5+rnd4	13
Σενάριο 94 ⁰	2	19	25	5+rnd4	8,9
Σενάριο 95 ⁰	3	28,5	25	5+rnd4	11,2
Σενάριο 96 ⁰	4	38	25	5+rnd4	11,4
Σενάριο 97 ⁰	1	8,5	30	5+rnd4	11,9
Σενάριο 98 ⁰	2	17	30	5+rnd4	12
Σενάριο 99 ⁰	3	25,5	30	5+rnd4	11
Σενάριο 100 ⁰	4	34	30	5+rnd4	8,5
Σενάριο 101 ⁰	1	9	30	5+rnd4	9,7
Σενάριο 102 ⁰	2	18	30	5+rnd4	11,5
Σενάριο 103 ⁰	3	27	30	5+rnd4	11,9
Σενάριο 104 ⁰	4	36	30	5+rnd4	11,1
Σενάριο 105 ⁰	1	9,5	30	5+rnd4	11,6
Σενάριο 106 ⁰	2	19	30	5+rnd4	8
Σενάριο 107 ⁰	3	28,5	30	5+rnd4	10
Σενάριο 108 ⁰	4	38	30	5+rnd4	11,5

Πίνακας 15: Διάρκειες προσομοιώσεων

5.2.1 Προσομοίωση μηχανών συσκευασίας

Με το πέρας της παραγωγικής διαδικασίας η προσομοίωση της γραμμής παραγωγής ολοκληρώνεται και ακολουθεί το στάδιο της συσκευασίας. Το τμήμα αυτό αποτελεί διαφορετικό μέρος της γραμμής παραγωγής και για αυτό το λόγο η προσομοίωσή του εξετάζεται ξεχωριστά ως ανεξάρτητο μοντέλο. Η μοντελοποίηση και εδώ γίνεται με Petri Visual Object Net++ χρησιμοποιώντας τις ίδιες αρχές λειτουργίας του προγράμματος.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η μοντελοποίηση των μηχανών συσκευασίας με τις θέσεις m_1 και m_2 να δηλώνουν την ποσότητα του γιαουρτιού που αντλείται για την συσκευασία και τα κύπελλα στα οποία τοποθετείται η συγκεκριμένη ποσότητα αντίστοιχα. Η ταχύτητα της μετάβασης γίνεται χρησιμοποιώντας τις ονομαστικές ταχύτητες της κάθε μηχανής οι οποίες διαφοροποιούνται για κάθε τύπου κυπέλλου. Στο τρίτο και τελευταίο κομμάτι της συσκευασίας το οποίο αναπαριστάται από τη θέση m_3 δηλώνεται ο αριθμός των συσκευασμένων-έτοιμων κυπέλλων για τον συγκεκριμένο τύπο μηχανής. Η διαδικασία της συσκευασίας έχει ολοκληρωθεί με τους χρόνους της προσομοίωσης να κυμαίνονται σε ποικίλα πλαίσια ανάλογα με τον τύπο του κάθε προϊόντος. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας καταγραφής των χρόνων για κάθε μηχανή συσκευασίας ξεχωριστά.



Εικόνα 41 : Προσομοίωση συσκευασίας

Προϊόν (Κύπελλο συσκευασίας)	Μηχανή Συσκευασίας	τεμ/min	τεμ/hr	Ποσότητα προς συσκευασία	Διάρκεια Προσομοίωσης
Total 0% 170gr	Gasti P,R,T	250	15.000	15tn	5,3h (5h 18')
Total 2% 200gr	Gasti P,R,T	290	18.000	16,010tn	4,4 h (4h 24')
Total 5% 200gr	Gasti P,R,T	290	18.000	17,255tn	4,7h (4h 42')
Total 2% 500gr	Hamba C & Gasti D	125	7.000	16,010tn	4,5h (4h 30')
Total 5% 500gr	Hamba C & Gasti D	125	7.000	17,255tn	4,9h (4h 54')
Total 2% 1000gr	Hamba C & Gasti D	105	6.000	16,010tn	2,6h (2h 36')
Total 5% 1000gr	Hamba C & Gasti D	105	6.000	17,255tn	2,8h (2h 48')
Split-cup	Gasti S	130	7.800	16,010tn	5,2h (5h 12')

Πίνακας 16: Χρόνοι προσομοίωσης συσκευασίας

Συνδυάζοντας τις διάρκειες προσομοιώσεων του πρώτου σταδίου (παραγωγή γιαουρτιού) και του δεύτερου σταδίου (συσκευασία) προκύπτει η συνολική διάρκεια μετατροπής των πρώτων υλών σε τελικά προϊόντα. Δεδομένου ότι οι συνολικές ώρες εργασίας δεν μπορούν να υπερβούν τις 16 μέσα σε ένα 24ωρο από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων μπορούν να εντοπιστούν προβληματικές καταστάσεις που στην πράξη πρέπει να αντιμετωπιστούν ώστε να μην καταστραφεί το προϊόν. Για παράδειγμα συνδυάζοντας το σενάριο 57 με τη συσκευασία γιαουρτιού 0% 170 γραμμάρια προκύπτει το πρόβλημα που περιγράφεται. Παρατηρείται ότι στα σενάρια βάσης 11 και 12 τα οποία αναπαριστούν το 90% των συνολικών περιπτώσεων παραγωγής γιαουρτιού, οι διάρκειες παραγωγής είναι 10,7 και 9,3 ώρες, επομένως με οποιοδήποτε χρόνο συσκευασίας και αν συνδυαστούν βρισκόμαστε εντός των επιτρεπτών περιοχών τιμών. Το ίδιο ισχύει για την πλειοψηφία των σεναρίων που προσομοιώθηκαν συνεπώς εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία της

μονάδας.

6° ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Πρόβλεψη παραγωγής για το έτος 2014

6.1 Συνοπτική παρουσίαση της αγοράς γιαουρτιού στο εξωτερικό και στην Ελλάδα

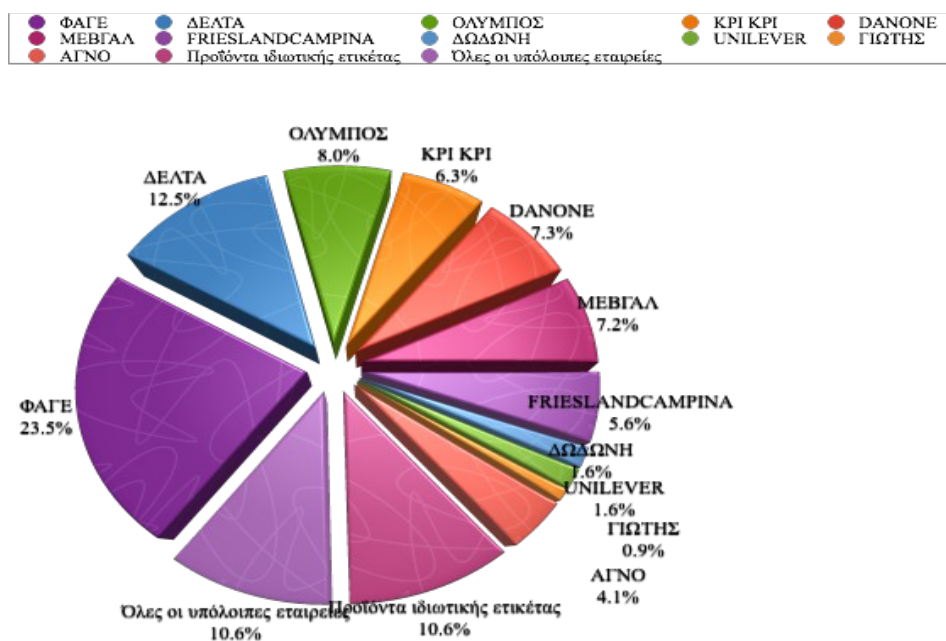
Το ελληνικό γιαούρτι είναι ένα προϊόν μεγάλης φήμης και ευρείας κατανάλωσης τόσο στη χώρα του αλλά κυρίως στο εξωτερικό [17]. Στα εισαγωγικά κεφάλαια της εργασίας τονίστηκε πως η Φάγε έχει εργοστάσια παραγωγής ελληνικού γιαουρτιού στο εξωτερικό και συγκεκριμένα στην Αμερική. Η κίνηση αυτή για το άνοιγμα σε μία άλλη ήπειρο έγινε καθώς οι πωλήσεις και οι απαιτήσεις των καταναλωτών ήταν τεράστιες και η διαδικασία του εμπορίου δεν μπορούσε να τις καλύψει. Η μονάδα παραγωγής που υπάρχει είναι συγκρίσιμη με αυτή του εργοστασίου της Μεταμόρφωσης και ο όγκος παραγωγής τοποθετείται στα ίδια επίπεδα.

Η κατά κεφαλήν κατανάλωση γιαουρτιού στο εξωτερικό έχει υπερδιπλασιαστεί και σχεδόν ένα στα τρία άτομα καταναλώνει γιαούρτι. Η Φάγε κατά το πρώτο τρίμηνο του έτους 2014 αύξησε τις πωλήσεις της στο εξωτερικό κατά 20% σε σχέση με το αντίστοιχο διάστημα το 2013. Συγκεκριμένα στην Ιταλία το ελληνικό γιαούρτι σημείωσε ανοδικές πωλήσεις της τάξεως του 83,3%, στο Ηνωμένο Βασίλειο 37,85 και στις ΗΠΑ 23,2%. Σε αντίθεση με τον δυτικό κόσμο στην Ελλάδα τα γεγονότα έχουν διαφοροποιηθεί εξαιτίας της κρίσης. Η αξία της αγοράς του γιαουρτιού έχει υποχωρήσει με τα ποσοστά των πωλήσεων να μεταφράζονται ως 249,091 εκ. ευρώ από 267.74 εκ. ευρώ που ήταν το έτος 2011. Την ίδια πτωτική πορεία είχε και ο όγκος των πωλήσεων από

61,277 εκ. κιλά το 2011 σε 58,6 εκ. κιλά και συνεχίζεται η ίδια τάση ακόμα και σήμερα.

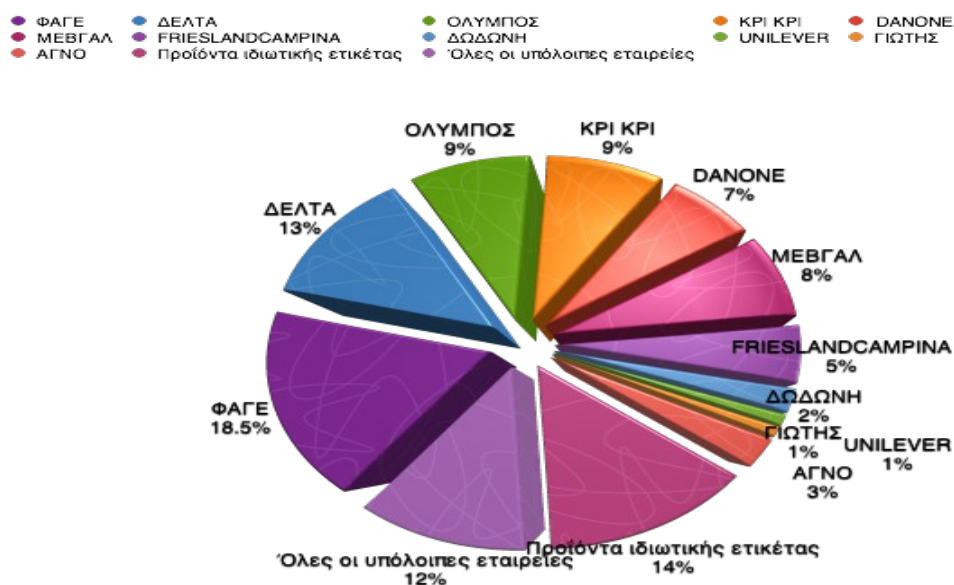
Η πτωτική αυτή τάση έχει άμεση επίπτωση στις επιχειρήσεις του κλάδου και προκαλεί ανατροπές στα επιμέρους μερίδια της αγοράς. Το γιαούρτι είναι ένα προϊόν που παράγεται από πολλές εταιρείες οι περισσότερες από τις οποίες δραστηριοποιούνται αρκετά χρόνια στην εγχώρια αγορά στραγγιστού γιαουρτιού. Για την πιο ολοκληρωμένη περιγραφή της κατάστασης της αγοράς κατά την τριετία 2011-2013 παρουσιάζονται στη συνέχεια μία σειρά από διαγράμματα όπου αποτυπώνονται τα μερίδια αγοράς των εταιριών όσο αφορά τον όγκο και την αξία πωλήσεων.

Μερίδιο αγοράς βάσει όγκου πωλήσεων 2011



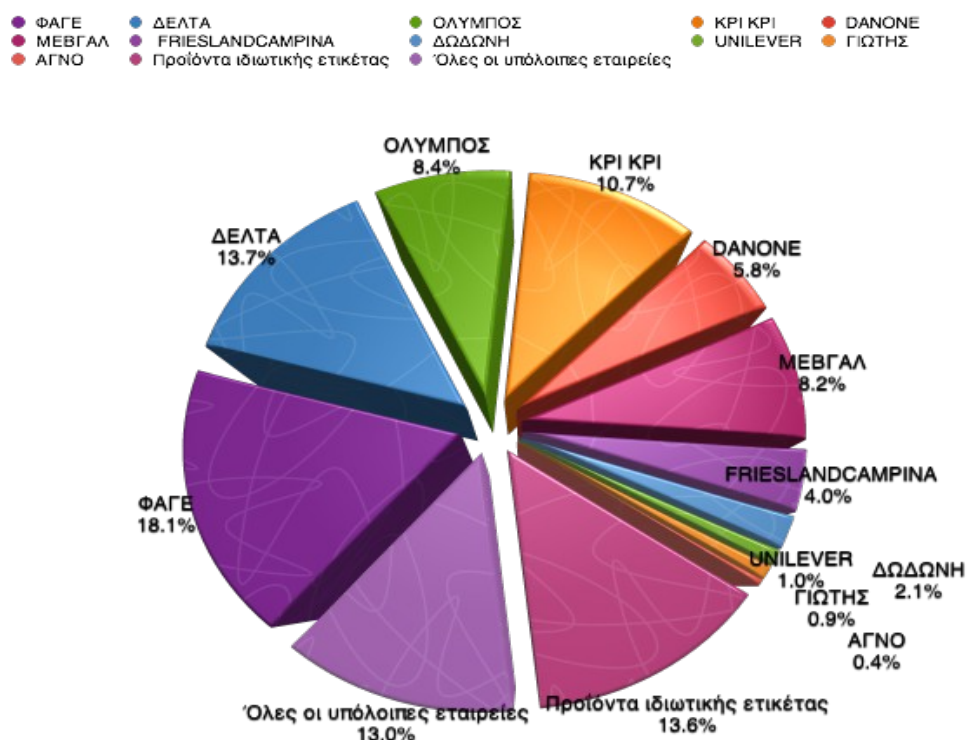
Εικόνα 42: Μερίδιο αγοράς βάσει όγκου πωλήσεων 2011

Μερίδιο αγοράς βάσει όγκου πωλήσεων 2012



Εικόνα 43: Μερίδιο αγοράς βάσει όγκου πωλήσεων 2012

Μερίδιο αγοράς όγκου πωλήσεων 2013



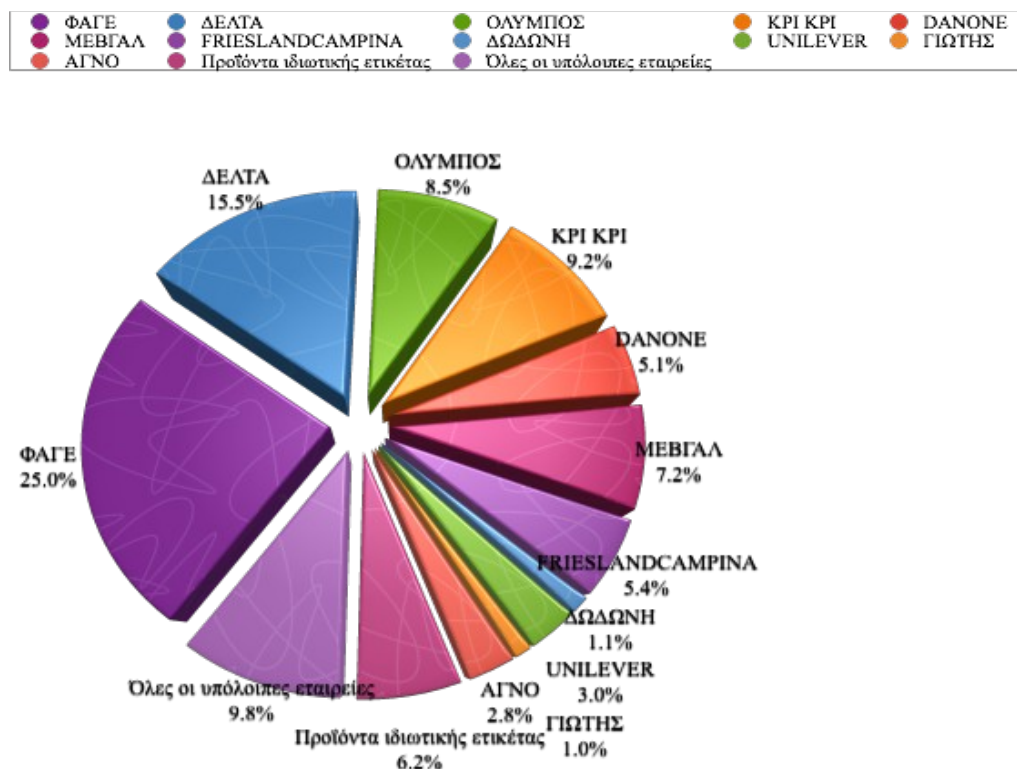
Εικόνα 44: Μερίδιο αγοράς βάσει όγκου πωλήσεων 2013

Παρατηρώντας τα μερίδια αγοράς και την πορεία των εταιρειών συμπεραίνουμε πως η κρίση έχει επηρεάσει σημαντικά τον κλάδο της ελληνικής γαλακτοβιομηχανίας όπως και τους περισσότερους βιομηχανικούς κλάδους στην Ελλάδα. Ο περιορισμός της αγοραστικής δύναμης έχει οδηγήσει σε σημαντικές διαφοροποιήσεις των μεριδίων αγοράς. Μεγάλος κερδισμένος είναι τα προϊόντα ιδιωτικής ετικέτας, τα οποία έχουν ισχυροποιήσει σημαντικά τη θέση τους έχοντας κερδίσει 3 μονάδες τα τελευταία τρία χρόνια (10,6-13,6). Η καλή σχέση ποιότητας-τιμής των προϊόντων αυτών σε συνδυασμό με τα περιορισμένα έξοδα προβολής τους τα κάνουν πιο προσιτά σε μεγάλο μέρος του αγοραστικού κοινού. Η χωροθέτησή τους στα σημεία πώλησης μαζί με ομοειδή επώνυμα προϊόντα τα καθιστά δημοφιλή μεταξύ πολλών καταναλωτών.

Κατα την τριετία 2011-2013 δεν παρατηρούνται μεγάλες ανακατατάξεις των μεριδίων αγοράς των βασικών εταιριών που δραστηριοποιούνται στη συγκεκριμένη αγορά. Η Φάγε εξακολουθεί να ηγείται ενώ τη θέση τους έχουν ισχυροποιήσει ελαφρά οι εταιρείες Danone, Δωδώνη και Όλυμπος.

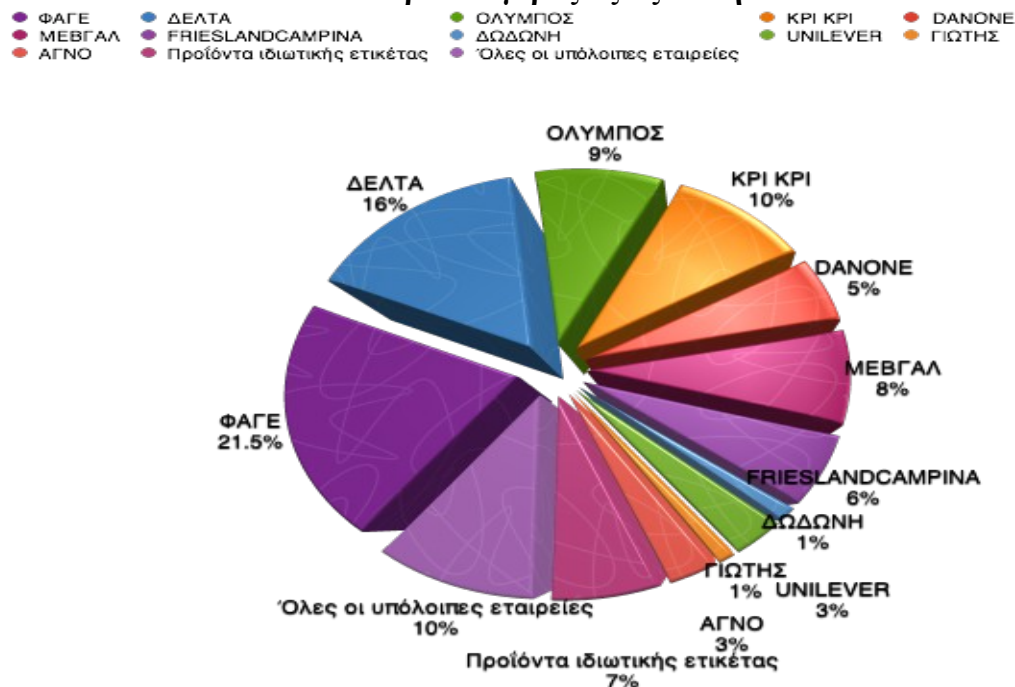
Ακολουθούν 3 διαγράμματα τα οποία αναπαριστούν το μερίδιο της αγοράς σε αξία πωλήσεων για τα έτη 2011-2013.

Μερίδιο αγοράς αξίας πωλήσεων 2011



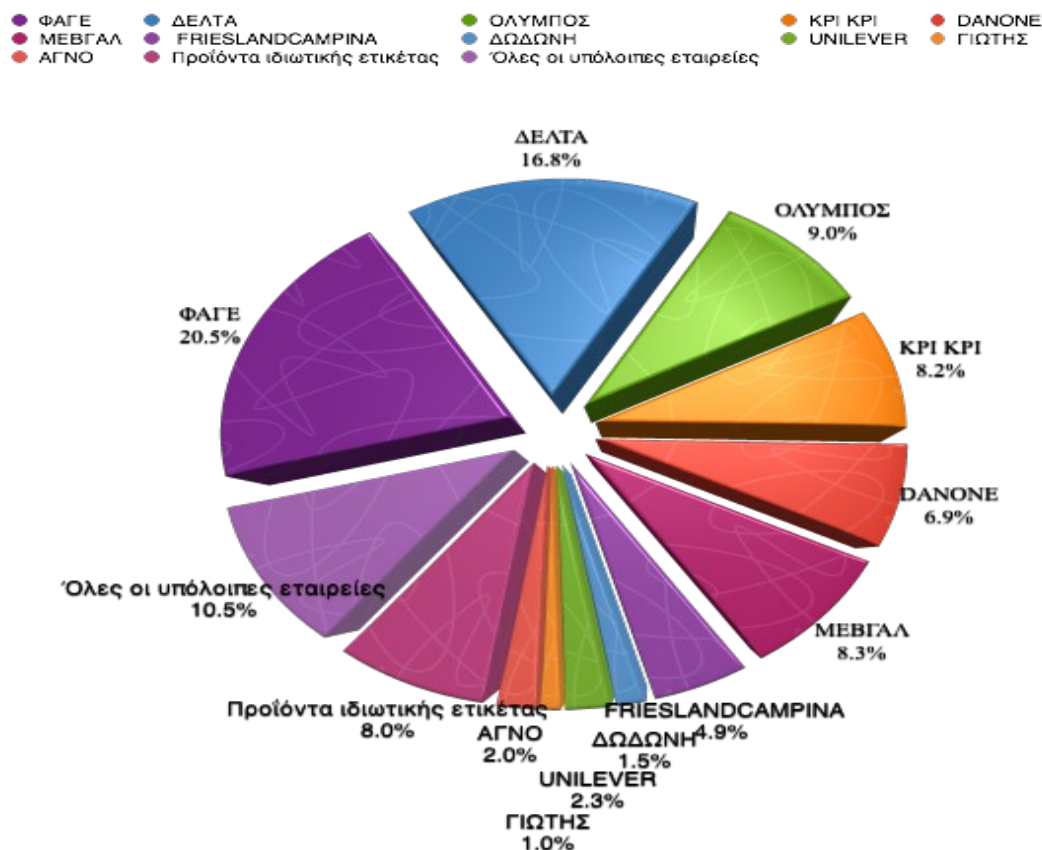
Εικόνα 45: Μερίδιο αγοράς αξίας πωλήσεων 2011

Μερίδιο αγοράς αξίας πωλήσεων 2012



Εικόνα 46: Μερίδιο αγοράς αξίας πωλήσεων 2012

Μερίδιο αγοράς αξίας πωλήσεων 2013



Εικόνα 47: Μερίδιο αγοράς αξίας πωλήσεων 2013

6.2 Πρόβλεψη παραγωγής 2014

Ο επόμενος κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η πρόβλεψη των πωλήσεων των τριών κυριότερων τύπων γιαουρτιού και των επιμέρους εναλλακτικών συσκευασιών αυτών για την εταιρεία Φάγε για το έτος 2014. Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενα τμήματα της εργασίας η πρόβλεψη θα γίνει σε δυο επίπεδα. Αρχικά θα γίνει πρόβλεψη του συνολικού όγκου παραγωγής ανά κατηγορία λιπαρών, δηλαδή θα προβλεφθούν τρεις αριθμοί για τους τύπους 0%, 2% και 5% αντίστοιχα για το έτος 2014 και στη συνέχεια θα υπάρχει πρόβλεψη ανά κωδικό κυπέλλου με την καταγραφή 11 αποτελεσμάτων.

Οι προβλέψεις βασίζονται σε δεδομένα που διατέθηκαν από τη Φάγε και αφορούν τα τρία τελευταία έτη, δηλαδή τις χρονολογίες 2011-2012-2013. Κατά την περίοδο αυτή η ελληνική οικονομία έζησε μια πρωτοφανή κρίση η οποία είχε σημαντικές συνέπειες στο σύνολο των τομέων της. Η κρίση αυτή είχε ως αποτέλεσμα σημαντικές αλλαγές στη ζωή και τις συνήθειες των

ανθρώπων, γεγονός που αποτυπώθηκε σε μεγάλο βαθμό τόσο στις καταναλωτικές τους συνήθειες όσο και στην καταναλωτική τους δύναμη. Οι συνέπειες αυτής της κρίσης έφτασαν μέχρι και τον κλάδο των τροφίμων που χαρακτηρίζεται από μικρότερη ευελιξία και ελαστικότητα όσον αφορά το ύψος του. Έτσι, το εμπόριο και οι πωλήσεις παρουσίασαν σημαντικά πτωτική πορεία με αποτέλεσμα τον περιορισμό και της παραγωγικής διαδικασίας πολλών βιομηχανιών συμπεριλαμβανομένης και της μονάδας γιαουρτιού της Φάγε. Χωρίς να έχει ξεπεραστεί η κρίση, το τρέχον έτος εμφανίζονται σημάδια μερικής ανάκαμψης τα οποία ακόμα δεν μπορούν να γενικευτούν καθώς η Φάγε έχει επενδύσει μεγάλα κεφάλαια σε ξένες αγορές και η ελληνική εικόνα δεν είναι ακόμα ξεκάθαρη. Το γεγονός αυτό θα επηρεάσει σε κάποιο βαθμό την πρόβλεψη αφού η χρήση βασίζεται σε χρονοσειρές και τα δεδομένα αναφέρονται σε μια περίοδο με σταθερά πτωτική πορεία. Για το λόγο αυτό θα προταθούν μέτρα που μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τις συνέπειες αυτού του γεγονότος προσφέροντας μια μεγαλύτερη ασφάλεια στο πρόγραμμα παραγωγής που θα προκύψει με βάση την επιχειρούμενη πρόβλεψη.

Η εταιρεία Φάγε είναι ενήμερη (και επιτρέπει τόσο την παρουσίαση όσο και την επεξεργασία) για τα δεδομένα που έχουν χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας για την υλοποίηση της πρόβλεψης πωλήσεων και θα παρουσιαστούν αναλυτικά στη συνέχεια οι σχετικοί πίνακες και τα συνολικά διαγράμματα.

6.2.1 Πωλήσεις Total (2011-2013)

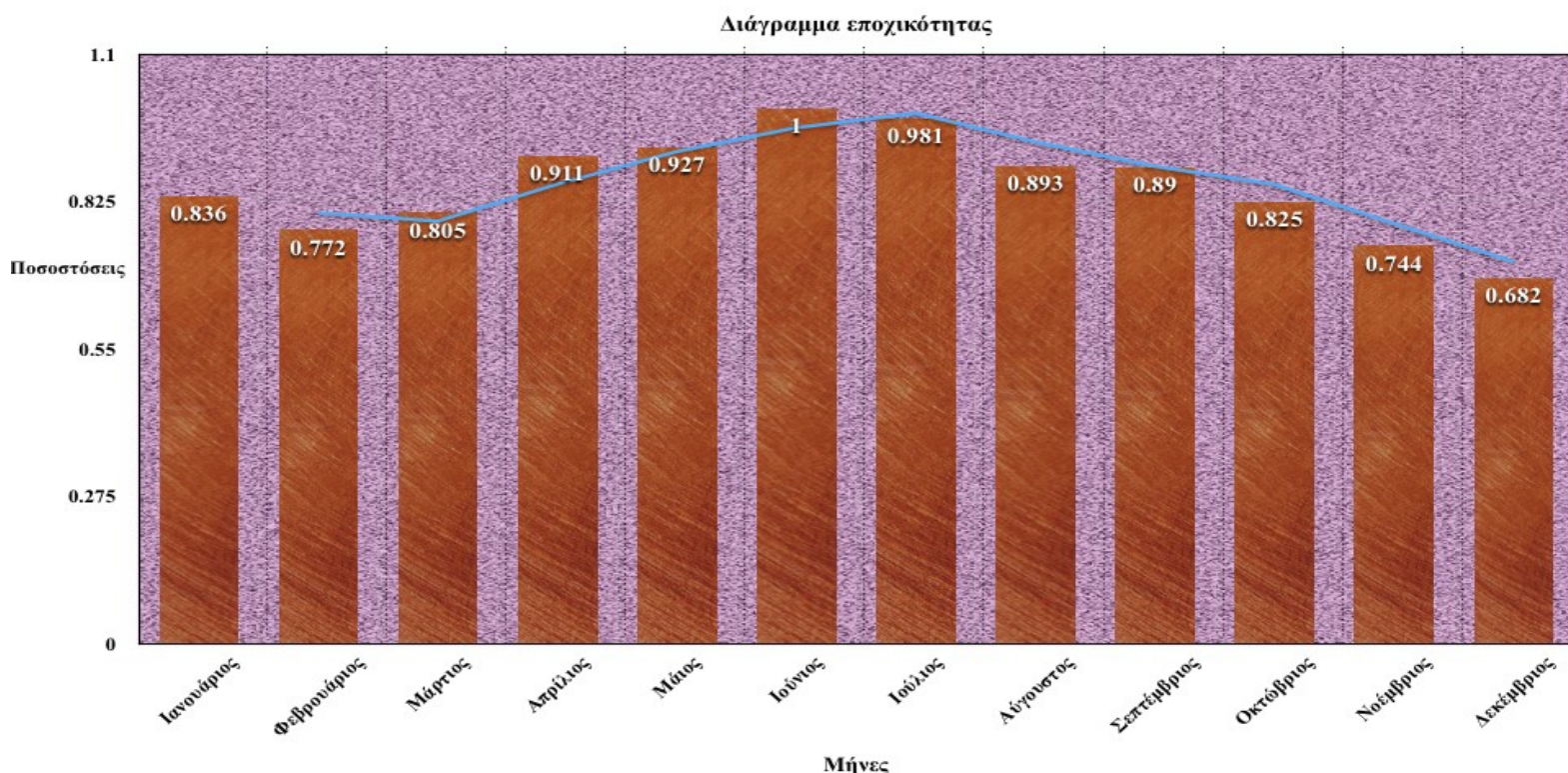
Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 200gr για το έτος 2011

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουστ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβρ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
318,315	293,994	306,491	346,691	352,822	380,614	373,354	339,824	338,745	313,946	283,117	259,667
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 17: Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 200gr για το έτος 2011

Ο παραπάνω πίνακας όπως και οι υπόλοιποι που ακολουθούν παρουσιάζουν τις πωλήσεις συγκεκριμένων προϊόντων ανά μήνα. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι ετήσιες παραγωγές των προϊόντων και μια κατανομή εποχικότητας με τον μήνα του Ιουνίου να βρίσκεται στην κορυφή (μεγαλύτερες πωλήσεις μέσα στο έτος –χρησιμοποιήθηκε σαν μήνας αναφοράς). Η

συγκεκριμένη κατανομή δεν είναι αυθαίρετη αλλά προέκυψε με τη συνεργασία στελεχών της ΦΑΓΕ επιφορτισμένων με τα συγκεκριμένα καθήκοντα, καθώς δε μπορούσαν να δοθούν οι πραγματικές μηνιαίες πωλήσεις της εταιρείας. Θεωρώντας τις ποσοστώσεις σταθερές για τα τρία έτη που προηγήθηκαν (2011 -2013) αλλά και για το 2014 και έχοντας στη διάθεση μας τις συνολικές ετήσιες παραγωγές προέκυψαν τα ακόλουθα στοιχεία για τις πωλήσεις.



Εικόνα 48: Διάγραμμα κατανομής εποχικότητας

Επειδή η Φάγε θεωρεί ευαίσθητα τα δεδομένα των πωλήσεων δεν μας δόθηκαν με ακρίβεια οι πωλήσεις των προϊόντων ανά μήνα ή ανά δεκαπενθήμερο. Σε συνεργασία όμως με τα αρμόδια στελέχη της εταιρείας έγινε μια κατανομή της συνολικής παραγωγής ανά προϊόν και ανά μήνα, η οποία προσεγγίζει ικανοποιητικά την πραγματικότητα και αποτελείται από πραγματικά στοιχεία βάσει παραγόντων εποχικότητας, ανταγωνισμού και διαφήμισης. Ο μήνας τον οποίο παρουσιάζεται η μέγιστη παραγωγή λόγω του συνδυασμού των παραγόντων που προαναφέρθηκαν είναι ο Ιούνιος και οι πωλήσεις των υπόλοιπων μηνών έχουν προκύψει σαν ποσοστώσεις αυτού του μήνα αναφοράς. Βάσει των συντελεστών αυτών προέκυψαν και οι αντίστοιχες μηνιαίες παραγωγές σε χιλιάδες τεμάχια. Αθροίζοντας τελικά όλες τις μηνιαίες παραγωγές προκύπτει η συνολική παραγωγή του τρέχοντος έτους με τους μήνες Μάιο και Σεπτέμβριο να παρουσιάζουν τις αμέσως υψηλότερες πωλήσεις. Ο Μάιος αποτελεί την έναρξη της καλοκαιρινής περιόδου με τις

παραγγελίες της επαρχίας και των νησιών να αυξάνονται σημαντικά κι ο Σεπτέμβρης σηματοδοτεί τόσο την έναρξη των σχολείων όσο και την επιστροφή από τις διακοπές. Σε γενικά πλαίσια, παρατηρείται αύξηση ζήτησης λόγω της εποχικότητας του γιαουρτιού τους καλοκαιρινούς μήνες με τους συντελεστές να ανεβαίνουν σημαντικά και τους παράγοντες του ανταγωνισμού και της διαφήμισης να επηρεάζουν την αγορά σε διαφορετικές χρονικές περιόδους μέσα στο έτος.

Κατ' αντιστοιχία ακολούθως παρουσιάζονται οι πίνακες για τα έτη 2011, 2012 και 2013 που αφορούν όλα τα προϊόντα του στραγγιστού γιαουρτιού και τις συσκευασίες 170, 200, 500 και 1.000 γραμμάρια. Η δεύτερη γραμμή του πίνακα δηλώνει το ποσοστό που αντιστοιχεί σε κάθε μήνα και η τρίτη αναφέρεται στη μηνιαία παραγωγή (τεμάχια) του συγκεκριμένου προϊόντος.

Για να καταγραφεί η παραγωγή κάθε μήνα έπρεπε να ακολουθηθεί μία συγκεκριμένη διαδικασία κατά την οποία αθροίζοντας τις επιμέρους ποσοστώσεις προκύπτει ένα συνολικό άθροισμα (10.26653). Στη συνέχεια γίνεται η διαίρεση του αριθμού αυτού με την ετήσια παραγωγή και έτσι προκύπτει η μέγιστη μηνιαία ζήτηση που αντιστοιχεί στον μήνα του Ιουνίου. Έχοντας όλες τις ποσοστώσεις και πολλαπλασιάζοντας κάθε φορά με την μέγιστη ζήτηση προκύπτουν και οι υπόλοιπες μηνιαίες παραγωγές κάθε προϊόντος και κατασκευάζονται διαδοχικά όλοι οι πίνακες.

Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 200gr για το έτος 2012

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουστ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβρ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
218,229	201,556	210,123	237,683	241,886	260,940	255,963	232,975	232,236	215,234	194,098	178,022
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 18: Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 200gr για το έτος 2012

Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 200gr για το έτος 2013

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουστ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβρ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
201,304	185,922	193,826	219,249	223,126	240,701	236,110	214,906	214,224	198,540	179,044	164,214
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 19: Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 200gr για το έτος 2013

Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 500gr για το έτος 2011

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουσ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβρ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
86,067	79,491	82,869	93,739	95,397	102,911	100,948	91,882	91,590	84,885	76,550	70,209
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 20: Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 500gr για το έτος 2011

Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 500gr για το έτος 2012

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουσ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβρ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.0000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
74,025	68,369	71,275	80,624	82,050	88,513	86,825	79,027	78,776	73,009	65,840	60,386
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 21: Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 200gr για το έτος 2012

Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 500gr για το έτος 2013

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουσ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβρ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
82,644	76,330	79,574	90,012	91,603	98,819	96,934	88,229	87,949	81,510	73,506	67,417
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 22: Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 200gr για το έτος 2013

Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 1.000gr για το έτος 2011

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουσ.	Σεπτ.	Οκτωβ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.0000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
81,397	75,178	78,374	88,653	90,221	97,328	95,471	86,897	86,621	80,280	72,397	66,400
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 23: Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 1.000gr για το έτος 2011

Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 1.000gr για το έτος 2012

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουστ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβρ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
67,405	62,255	64,901	73,413	74,712	80,597	79,059	71,959	71,731	66,479	59,951	54,986
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 24: Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 1.000gr για το έτος 2012

Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 1.000gr για το έτος 2013

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουστ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβ.	Δεκεμβρ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.0000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
68,235	63,021	65,700	74,317	75,632	81,589	80,033	72,845	72,614	67,298	60,689	55,663
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 25: Πωλήσεις για total 5% συσκευασία 1.000gr για το έτος 2013

Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 200gr για το έτος 2011

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουστ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβρ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
3,167,62	2,925,60	3,049,95	3,449,99	3,511,00	3,787,56	3,715,32	3,381,65	3,370,92	3,124,14	2,817,36	2,584,00
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 26: Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 200gr για το έτος 2011

Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 200gr για το έτος 2012

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουστ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
2,543,972	2,349,600	2,449,472	2,770,750	2,819,74	3,041,85	2,983,84	2,715,86	2,707,24	2,509,050	2,262,670	2,075,256
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 27: Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 200gr για το έτος 2012

Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 200gr για το έτος 2013

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
2,144,891	1,981,011	2,065,215	2,336,093	2,377,40	2,564,67	2,515,75	2,289,81	2,282,55	2,115,44	1,907,717	1,749,704
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 28: Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 200gr για το έτος 2013

Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 500gr για το έτος 2011

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγους.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβρ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
65,728	60,706	63,2867	71,588	72,854	78,592	77,093	70,169	69,947	64,826	58,460	53,618
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 29: Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 500gr για το έτος 2011

Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 500gr για το έτος 2012

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγους.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
62,388	57,621	60,071	67,950	69,151	74,598	73,175	66,604	66,392	61,532	55,489	50,893
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 30: Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 500gr για το έτος 2012

Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 500gr για το έτος 2013

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγους.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
73,786	68,148	71,045	80,363	81,784	88,226	86,544	78,771	78,521	72,773	65,627	60,191
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 31: Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 500gr για το έτος 2013

Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 1.000gr για το έτος 2011

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγους.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
92,759	85,671	89,313	101,027	102,814	110,913	108,797	99,026	98,712	91,485	82,502	75,668
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 32: Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 1.000gr για το έτος 2011

Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 1.000gr για το έτος 2012

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγους.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
92,834	85,741	89,386	101,110	102,898	111,003	108,886	99,107	98,792	91,560	82,569	75,730
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 33: Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 500gr για το έτος 2012

Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 1.000gr για το έτος 2013

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγους.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
136,976	126,510	131,887	149,186	151,824	163,783	160,660	146,231	145,767	135,095	121,829	111,738
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 34: Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 1.000gr για το έτος 2013

Πωλήσεις για total 2% συσκευασία split-cup 135gr για το έτος 2011

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγους.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
876,532	809,561	843,972	954,669	971,552	1,048,080	1,028,090	935,759	932,788	864,500	779,609	715,035
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 35: Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 135gr για το έτος 2011

Πωλήσεις για total 2% συσκευασία split-cup 135gr για το έτος 2012

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουσ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
692,609	639,691	666,881	754,351	767,691	828,161	812,366	739,408	737,061	683,102	616,023	564,999
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 36: Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 135gr για το έτος 2012

Πωλήσεις για total 2% συσκευασία split-cup 135gr για το έτος 2013

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουσ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
754,131	696,511	726,117	821,356	835,881	901,723	884,524	805,086	802,531	743,778	670,742	615,185
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 37: Πωλήσεις για total 2% συσκευασία 135gr για το έτος 2013

Πωλήσεις για total 0% συσκευασία 170 gr για το έτος 2011

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουσ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
476,249	439,861	458,558	518,703	527,876	569,456	558,595	508,428	506,815	469,711	423,587	388,502
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 38: Πωλήσεις για total 0% συσκευασία 170gr για το έτος 2011

Πωλήσεις για total 0% συσκευασία 170 gr για το έτος 2012

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουσ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
391,948	362,001	377,389	426,888	434,437	468,657	459,718	418,432	417,104	386,568	348,608	319,733
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 39: Πωλήσεις για total 0% συσκευασία 170gr για το έτος 2012

Πωλήσεις για total 0% συσκευασία 170 gr για το έτος 2013

Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αυγουσ.	Σεπτ.	Οκτωβρ.	Νοεμβρ.	Δεκεμβ.
0.83632	0.77242	0.80525	0.91087	0.92698	1.00000	0.98092	0.89283	0.88999	0.82484	0.74384	0.68223
353,166	326,182	340,047	384,648	391,451	422,285	414,231	377,029	375,832	348,318	314,114	288,097
τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια	τεμάχια

Πίνακας 40: Πωλήσεις για total 0% συσκευασία 170gr για το έτος 2013

6.2.2 Ανάλυση πρόβλεψης

Αφού καταγράφηκαν οι πωλήσεις για τα τρία έτη στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση της πρόβλεψης για κάθε τύπο συσκευασίας. Η διαδικασία που πραγματοποιήθηκε ήταν συγκεκριμένη με τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν να δίνουν διαφορετικά νούμερα μεταξύ τους. Οι αποκλίσεις ήταν σημαντικές και για αυτό το λόγο δεν μπορούσαν να γίνουν δεκτές όλες οι τιμές. Το μικρό δείγμα, η ιδιαιτερότητα στις τιμές που μας διατέθηκαν και η διαφορετική προσέγγιση της κάθε μεθόδου μας ανάγκασαν σε συνεργασία με στελέχη του αντίστοιχου τμήματος της Φάγε να αποκλείσουμε κάποια αποτελέσματα και να καταλήξουμε στη χρήση της μεθόδου της εκθετικής εξομάλυνσης με το συντελεστή του α να ισούται με 0,15, η οποία θεωρήθηκε πως δίνει τα πλέον ρεαλιστικά αποτελέσματα από τις μεθόδους που δοκιμάστηκαν. Για λόγους πληρότητας της εργασίας στη συνέχεια παρουσιάζεται ενδεικτικά ένας συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων των τριών μεθόδων. Ο πίνακας αφορά την συσκευασία total 2% 200 γραμμάρια αλλά αντίστοιχοι πίνακες δημιουργήθηκαν για όλα τα προϊόντα και συσκευασίες.

Εκθετική εξομάλυνση με $\alpha=0.10$

Μήνες	Τεμάχια ανά μήνα βάσει πρόβλεψης	Αθροιστικά τεμάχια από αρχή του χρόνου	Τεμάχια/σιλό
Ιανουάριος	6.158.027,67	6.158.027,67	246,825
Φεβρουάριος	5.687.523,91	11.845.551,58	
Μάρτιος	5.929.276,71	17.774.828,29	
Απρίλιος	6.706.973,27	24.481.801,56	
Μάιος	6.825.582,18	31.307.383,74	

Ιούνιος	7.363.225,35	38.670.609,09	
Ιούλιος	7.222.785,56	45.893.394,65	
Αύγουστος	6.574.118,85	52.467.513,5	
Σεπτέμβριος	6.553.252,19	59.020.765,69	
Οκτώβριος	6.073.492,72	65.094.258,41	
Νοέμβριος	5.477.096,22	70.571.354,63	
Δεκέμβριος	5.023.437,51	75.594.792,14	
	75.594.792,13		

Πίνακας 41: Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση με $\alpha=0.10$

Εκθετική εξομάλυνση με $\alpha=0.20$

Μήνες	Τεμάχια ανά μήνα βάσει πρόβλεψης	Αθροιστικά τεμάχια από αρχή του χρόνου	Τεμάχια/σιλό
Ιανουάριος	6.329.684,85	6.329.684,85	246,825
Φεβρουάριος	5.846.065,63	12.175.750,38	
Μάρτιος	6.094.557,37	18.270.307,75	
Απρίλιος	6.893.932,5	25.164.240,25	
Μάιος	7.015.847,68	32.180.087,93	
Ιούνιος	7.568.477,83	39.748.565,76	
Ιούλιος	7.424.123,24	47.172.689	
Αύγουστος	6.757.374,72	53.930.063,72	
Σεπτέμβριος	6.735.926,4	60.665.990,12	
Οκτώβριος	6.242.793,46	66.908.783,58	
Νοέμβριος	5.629.772,19	72.538.555,77	
Δεκέμβριος	5.163.467,59	77.702.023,46	
	77.702.023,46		

Πίνακας 42: Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση με $\alpha=0.20$

Εκθετική εξομάλυνση με $\alpha=0.25$

Μήνες	Τεμάχια ανά μήνα βάσει πρόβλεψης	Αθροιστικά τεμάχια από αρχή του χρόνου	Τεμάχια/σιλό
Ιανουάριος	6.429.277,23	6.429.277,23	246,825
Φεβρουάριος	5.938.048,66	12.367.325,89	
Μάρτιος	6.190.450,22	18.557.776,11	
Απρίλιος	7.002.402,85	25.560.178,96	
Μάιος	7.126.236,27	32.686.415,23	
Ιούνιος	7.687.561,6	40.373.976,83	
Ιούλιος	7.540.935,7	47.914.912,53	
Αύγουστος	6.863.696,44	54.778.608,97	
Σεπτέμβριος	6.841.910,65	61.620.519,62	
Οκτώβριος	6.341.018,68	67.961.538,3	
Νοέμβριος	5.718.352,02	73.679.890,32	
Δεκέμβριος	5.244.710,5	78.924.600,81	
	78.924.600,81		

Πίνακας 43: Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση με $\alpha=0.25$ **Εκθετική εξομάλυνση με $\alpha=0.30$**

Μήνες	Τεμάχια ανά μήνα βάσει πρόβλεψης	Αθροιστικά τεμάχια από αρχή του χρόνου	Τεμάχια/σιλό
Ιανουάριος	6.538.045,46	6.538.045,46	246,825
Φεβρουάριος	6.038.506,47	12.576.551,93	
Μάρτιος	6.295.178,06	18.871.729,99	
Απρίλιος	7.120.867,03	25.992.597,02	
Μάιος	7.246.795,41	33.239.392,43	
Ιούνιος	7.817.617,05	41.057.009,48	
Ιούλιος	7.668.510,59	48.725.520,07	
Αύγουστος	6.979.814,03	55.705.334,1	

Σεπτέμβριος	6.957.659,67	62.662.993,77	
Οκτώβριος	6.448.293,79	69.111.287,56	
Νοέμβριος	5.815.093,08	74.926.380,64	
Δεκέμβριος	5.333.438,65	80.259.819,29	
	80.259.819,29		

Πίνακας 44: Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση με $\alpha=0.30$

	Κινούμενος μέσος όρος	Εκθετική εξομάλυνση με $\alpha=0.10$	Εκθετική εξομάλυνση με $\alpha=0.20$	Εκθετική εξομάλυνση με $\alpha=0.25$	Εκθετική εξομάλυνση με $\alpha=0.30$
Πρόβλεψη για total 2% 200γρ	90.990.066,33	75.594.792,13	77.702.023,46	78.924.600,81	80.259.819,29

Πίνακας 45: Συγκριτικός πίνακας μεθόδων

Ο Πίνακας 45 συγκεντρώνει τη συνολική ζήτηση σε αριθμό τεμαχίων με χρήση των διαφορετικών μεθόδων. Συγκρίνοντας τα νούμερα παρατηρείται σημαντική απόκλιση μεταξύ των αποτελεσμάτων που φτάνει το 20%.

Πρόβλεψη παραγωγής 2% 200γρ

Μήνες	Τεμάχια ανά μήνα βάσει πρόβλεψης	Αθροιστικά τεμάχια από αρχή του χρόνου	Τεμάχια/σιλό	Αθροιστικά σιλό βάσει πρόβλεψης	Αριθμός σιλό ανά μήνα	Πραγματική παραγωγή	Αριθμός σιλό από αρχή χρόνου
Ιανουάριος	6,239,268.95	6,239,268.95	246,825	25.27810	26	6,417,450	26
Φεβρουάριος	5,762,557.96	12,001,826.92		48.62484	23	12,094,425	49
Μάρτιος	6,007,500.14	18,009,327.06		72.96395	24	18,018,225	73
Απρίλιος	6,795,456.65	24,804,783.72		100.49542	28	24,929,325	101
Μάιος	6,915,630.35	31,720,414.08		128.513781	28	31,840,425	129
Ιούνιος	7,460,365.74	39,180,779.82		158.73910	30	39,245,175	159
Ιούλιος	7,318,073.92	46,498,853.75		188.38794	30	46,649,925	189

Αύγουστος	6,660,849.52	53,159,703.28		215.37406	27	53,314,200	216
Σεπτέμβριος	6,639,707.58	59,799,410.86		242.27452	27	59,978,475	243
Οκτώβριος	6,153,618.76	65,953,029.63		267.20563	25	66,149,100	268
Νοέμβριος	5,549,354.15	71,502,383.78		289.68858	22	71,579,250	290
Δεκέμβριος	5,089,710.43	76,592,094.22		310.30930	21	76,762,575	311
	76,592,094.22						

Πίνακας 46: Πρόβλεψη παραγωγής 2% 200γρ

Πρόβλεψη παραγωγής 2% 500γρ

Μήνες	Τεμάχια ανά μήνα βάσει πρόβλεψης	Αθροιστικά τεμάχια από αρχή του χρόνου	Τεμάχια/σιλό	Αθροιστικά σιλό βάσει πρόβλεψης	Αριθμός σιλό ανά μήνα	Πραγματική παραγωγή	Αριθμός σιλό από αρχή χρόνου
Ιανουάριος	72,151.71	72,151.71	98,730	0.73079	1	98,730	1
Φεβρουάριος	66,638.96	138,790.67		1.40575	1	197,460	2
Μάρτιος	69,471.50	208,262.17		2.10941	1	296,190	3
Απρίλιος	78,583.53	286,845.71		2.90535	0	296,190	3
Μάιος	79,973.24	366,818.95		3.71537	1	394,920	4
Ιούνιος	86,272.63	453,091.58		4.58919	1	493,650	5
Ιούλιος	84,627.15	537,718.73		5.44635	1	592,380	6
Αύγουστος	77,026.92	614,745.66		6.22653	1	691,110	7
Σεπτέμβριος	76,782.43	691,528.09		7.00423	1	789,840	8
Οκτώβριος	71,161.24	762,689.33		7.72500	0	789,840	8
Νοέμβριος	64,173.44	826,862.78		8.37499	1	888,570	9
Δεκέμβριος	58,858.06	885,720.85		8.97114	0	888,570	9
	885,720.85						

Πίνακας 47: Πρόβλεψη παραγωγής 2% 500γρ

Πρόβλεψη παραγωγής 2% 1.000γρ

Μήνες	Τεμάχια ανά μήνα βάσει πρόβλεψης	Αθροιστικά τεμάχια από αρχή του χρόνου	Τεμάχια/σιλό	Αθροιστικά σιλό βάσει πρόβλεψης	Αριθμός σιλό ανά μήνα	Πραγματική παραγωγή	Αριθμός σιλό από αρχή χρόνου
Ιανουάριος	130,353.21	130,353.21	49,365	2.64059	3	148,095	3
Φεβρουάριος	120,393.58	250,746.80		5.07944	3	296,190	6
Μάρτιος	125,511.01	376,257.81		7.62195	2	394,920	8
Απρίλιος	141,973.30	518,231.12		10.49794	3	543,015	11
Μάιος	144,484.02	662,715.14		13.42479	3	691,110	14
Ιούνιος	155,864.84	818,579.98		16.58219	3	839,205	17
Ιούλιος	152,892.02	971,472.01		19.67936	3	987,300	20
Αύγουστος	139,161.04	1,110,633.05		22.49839	3	1,135,395	23
Σεπτέμβριος	138,719.33	1,249,352.39		25.30846	3	1,283,490	26
Οκτώβριος	128,563.78	1,377,916.17		27.91281	2	1,382,220	28
Νοέμβριος	115,939.25	1,493,855.42		30.26142	3	1,530,315	31
Δεκέμβριος	106,336.19	1,600,191.61		32.41550	2	1,629,045	33
	1,600,191.61						

Πίνακας 48: Πρόβλεψη παραγωγής 2% 1.000γρ

Πρόβλεψη παραγωγής 2% 135γρ

Μήνες	Τεμάχια ανά μήνα βάσει πρόβλεψης	Αθροιστικά τεμάχια από αρχή του χρόνου	Τεμάχια/σιλό	Αθροιστικά σιλό βάσει πρόβλεψης	Αριθμός σιλό ανά μήνα	Πραγματική παραγωγή	Αριθμός σιλό από αρχή χρόνου
Ιανουάριος	749,041.53	749,041.53	365,666	2.04843	3	1,096,998	3
Φεβρουάριος	691,811.05	1,440,852.59		3.940351	1	1,462,664	4
Μάρτιος	721,217.04	2,162,069.63		5.91268	2	2,193,996	6
Απρίλιος	815,813.40	2,977,883.04		8.143724	3	3,290,994	9
Μάιος	830,240.59	3,808,123.64		10.41421	2	4,022,326	11
Ιούνιος	895,637.58	4,703,761.22		12.86354	2	4,753,658	13

Ιούλιος	878,555.06	5,582,316.29		15.26616	3	5,850,656	16
Αύγουστος	799,653.44	6,381,969.74		17.45300	2	6,581,988	18
Σεπτέμβριος	797,115.30	7,179,085.04		19.63290	2	7,313,320	20
Οκτώβριος	738,758.99	7,917,844.03		21.65321	2	8,044,652	22
Νοέμβριος	666,215.34	8,584,059.38		23.47513	2	8,775,984	24
Δεκέμβριος	611,033.84	9,195,093.22		25.14615	2	9,507,316	26
	9,195,093.22						

Πίνακας 49: Πρόβλεψη παραγωγής 2% 135γρ

Πρόβλεψη παραγωγής 5% 200γρ

Μήνες	Τεμάχια ανά μήνα βάσει πρόβλεψης	Αθροιστικά τεμάχια από αρχή του χρόνου	Τεμάχια/ σιλό	Αθροιστικά σιλό βάσει πρόβλεψης	Αριθμός σιλό ανά μήνα	Πραγματική παραγωγή	Αριθμός σιλό από αρχή χρόνου
Ιανουάριος	191,046.59	191,046.59	253,050	0.75497	1	253,050	1
Φεβρουάριος	176,449.69	367,496.29		1.45226	1	506,100	2
Μάρτιος	183,949.83	551,446.12		2.17919	1	759150	3
Απρίλιος	208,077.08	759,523.20		3.00147	1	1,012,200	4
Μάιος	211,756.80	971,280.01		3.83829	0	1,012,200	4
Ιούνιος	228,436.61	1,199,716.62		4.74102	1	1,265,250	5
Ιούλιος	224,079.63	1,423,796.26		5.62654	1	1,518,300	6
Αύγουστος	203,955.40	1,627,751.67		6.43252	1	1,771,350	7
Σεπτέμβριος	203,308.04	1,831,059.71		7.23596	1	2,024,400	8
Οκτώβριος	188,423.98	2,019,483.70		7.98057	0	2,024,400	8
Νοέμβριος	169,921.38	2,189,405.09		8.65206	1	2,277,450	9
Δεκέμβριος	155,847.08	2,345,252.17		9.26793	1	2,530,500	10
	2,345,252.17						

Πίνακας 50: Πρόβλεψη παραγωγής 5% 200γρ

Πρόβλεψη παραγωγής 5% 500γρ

Μήνες	Τεμάχια ανά μήνα βάσει πρόβλεψης	Αθροιστικά τεμάχια από αρχή του χρόνου	Τεμάχια/σιλό	Αθροιστικά σιλό βάσει πρόβλεψης	Αριθμός σιλό ανά μήνα	Πραγματική παραγωγή	Αριθμός σιλό από αρχή χρόνου
Ιανουάριος	75,663.05	75,663.05	101,220	0.74751	1	101,220	1
Φεβρουάριος	69,882.02	145,545.08		1.43790	1	202,440	2
Μάρτιος	72,852.41	218,397.50		2.15765	1	303,660	3
Απρίλιος	82,407.89	300,805.40		2.97179	0	303,660	3
Μάιος	83,865.23	384,670.63		3.80034	1	404,880	4
Ιούνιος	90,471.19	475,141.82		4.69414	1	506,100	5
Ιούλιος	88,745.63	563,887.45		5.57090	1	607,320	6
Αύγουστος	80,775.52	644,662.98		6.36892	1	708,540	7
Σεπτέμβριος	80,519.14	725,182.13		7.16441	1	809,760	8
Οκτώβριος	74,624.38	799,806.51		7.90166	0	809,760	8
Νοέμβριος	67,296.52	867,103.04		8.56651	1	910,980	9
Δεκέμβριος	61,722.46	928,825.50		9.17630	1	1,012,200	10
	928,825.50						

Πίνακας 51: Πρόβλεψη παραγωγής 5% 500γρ

Πρόβλεψη παραγωγής 5% 1.000γρ

Μήνες	Τεμάχια ανά μήνα βάσει πρόβλεψης	Αθροιστικά τεμάχια από αρχή του χρόνου	Τεμάχια/σιλό	Αθροιστικά σιλό βάσει πρόβλεψης	Αριθμός σιλό ανά μήνα	Πραγματική παραγωγή	Αριθμός σιλό από αρχή χρόνου
Ιανουάριος	63,429.28	63,429.28	50,610	1.25329	2	101,220	2
Φεβρουάριος	58,582.96	122,012.24		2.41083	1	151830	3
Μάρτιος	61,073.08	183,085.33		3.61757	1	202,440	4
Απρίλιος	69,083.56	252,168.89		4.98259	1	253,050	5
Μάιος	70,305.26	322,474.16		6.37174	2	354,270	7
Ιούνιος	75,843.12	398,317.28		7.87032	1	404,880	8

Ιούλιος	74,396.56	472,713.84		9.34032	2	506,100	10
Αύγουστος	67,715.12	540,428.97		10.67830	1	556,710	11
Σεπτέμβριος	67,500.19	607,929.16		12.01203	2	657,930	13
Οκτώβριος	62,558.54	670,487.71		13.24812	1	708,540	14
Νοέμβριος	56,415.50	726,903.22		14.36283	1	759,150	15
Δεκέμβριος	51,742.70	778,645.93		15.38521	1	809,760	16
	778,645.93						

Πίνακας 52: Πρόβλεψη παραγωγής 5% 1.000γρ

Πρόβλεψη παραγωγής 0% 170γρ

Μήνες	Τεμάχια ανά μήνα βάσει πρόβλεψης	Αθροιστικά τεμάχια από αρχή του χρόνου	Τεμάχια/σιλό	Αθροιστικά σιλό βάσει πρόβλεψης	Αριθμός σιλό ανά μήνα	Πραγματική παραγωγή	Αριθμός σιλό από αρχή χρόνου
Ιανουάριος	164,208.61	164,208.61	284,446	0.57729	1	284,446	1
Φεβρουάριος	151,662.26	315,870.87		1.11047	1	568,892	2
Μάρτιος	158,108.78	473,979.65		1.66632	0	568,892	2
Απρίλιος	178,846.67	652,826.33		2.29508	1	853,338	3
Μάιος	182,009.47	834,835.80		2.93495	0	853,338	3
Ιούνιος	196,346.12	1,031,181.92		3.62522	1	1,137,784	4
Ιούλιος	192,601.20	1,223,783.13		4.30233	1	1,422,230	5
Αύγουστος	175,304.00	1,399,087.14		4.91863	0	1,422,230	5
Σεπτέμβριος	174,747.58	1,573,834.72		5.53298	1	1,706,676	6
Οκτώβριος	161,954.42	1,735,789.14		6.10235	1	1,991,122	7
Νοέμβριος	146,051.04	1,881,840.18		6.61580	0	1,991,122	7
Δεκέμβριος	133,953.87	2,015,794.06		7.08673	1	2,275,568	8
	2,015,794.06						

Πίνακας 53: Πρόβλεψη παραγωγής 0% 170γρ

6.2.3 Πλάνο παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού total (μηνιαίο και ημερήσιο)

Πλάνο παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού total

A/A	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτεμ.	Οκτωβ.	Νοεμ.	Δεκεμβρ.
2% 200γρ	26	23	24	28	28	30	30	27	27	25	22	21
2% 500γρ	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
2% 1.000γρ	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2
2% 135γρ	3	1	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2
5% 200γρ	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
5% 500γρ	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
5% 1.000γρ	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1
0% 170γρ	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1

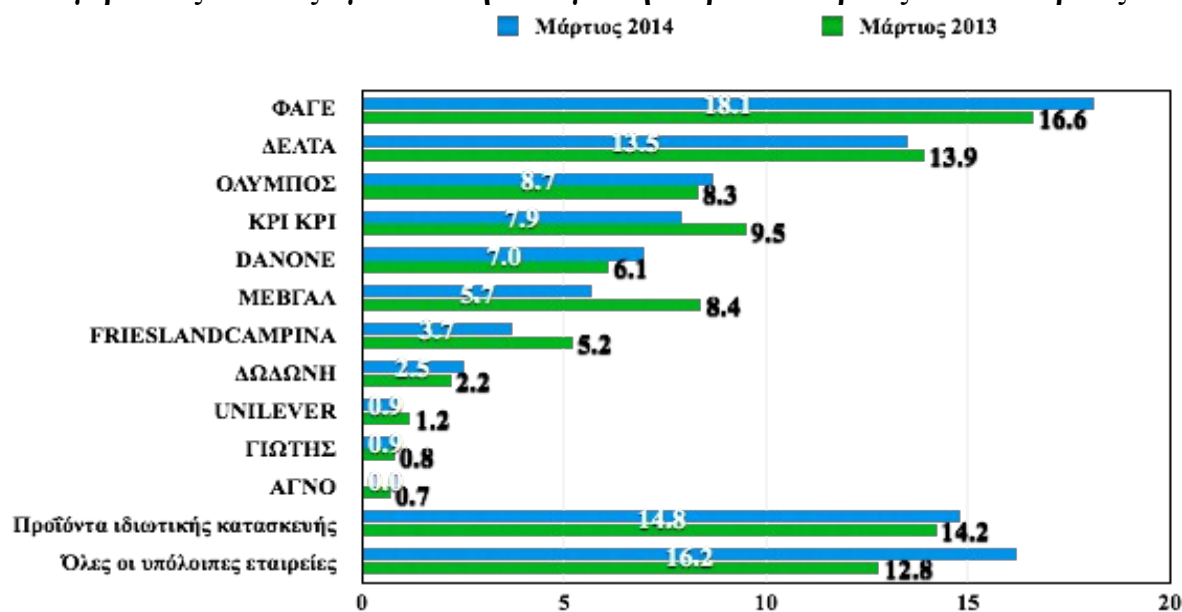
Πίνακας 54: Πλάνο παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού total

Ο Πίνακας 49 παρουσιάζει το μηνιαίο πλάνο παραγωγής σε ποσότητες σιλό που πρέπει να παραχθούν μέσα σε ένα έτος. Οι αριθμοί προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου πρόβλεψης ζήτησης που έχει περιγραφεί για το έτος 2014 και προκύπτουν αξιοποιώντας τις πωλήσεις των τριών προηγούμενων ετών.

Επειδή η εικόνα της αγοράς τα τρία τελευταία χρόνια είναι πτωτική, γεγονός που παρασύρει τις μεθόδους πρόβλεψης σε νέες πτωτικές εκτιμήσεις, κάτι όμως που δεν επιβεβαιώνεται ούτε από τις συζητήσεις μας με στελέχη της Φάγε ούτε και από κάποιες πρώτες ενδείξεις για το 2014 που έχουν δημοσιευτεί [17] (πίνακες 55&56) πήραμε την απόφαση να αυξήσουμε τις προβλέψεις κατά ένα ποσοστό ασφαλείας 10% το οποίο δεν κρίνεται υπερβολικό έτσι ώστε να γίνει πιο ρεαλιστικό το

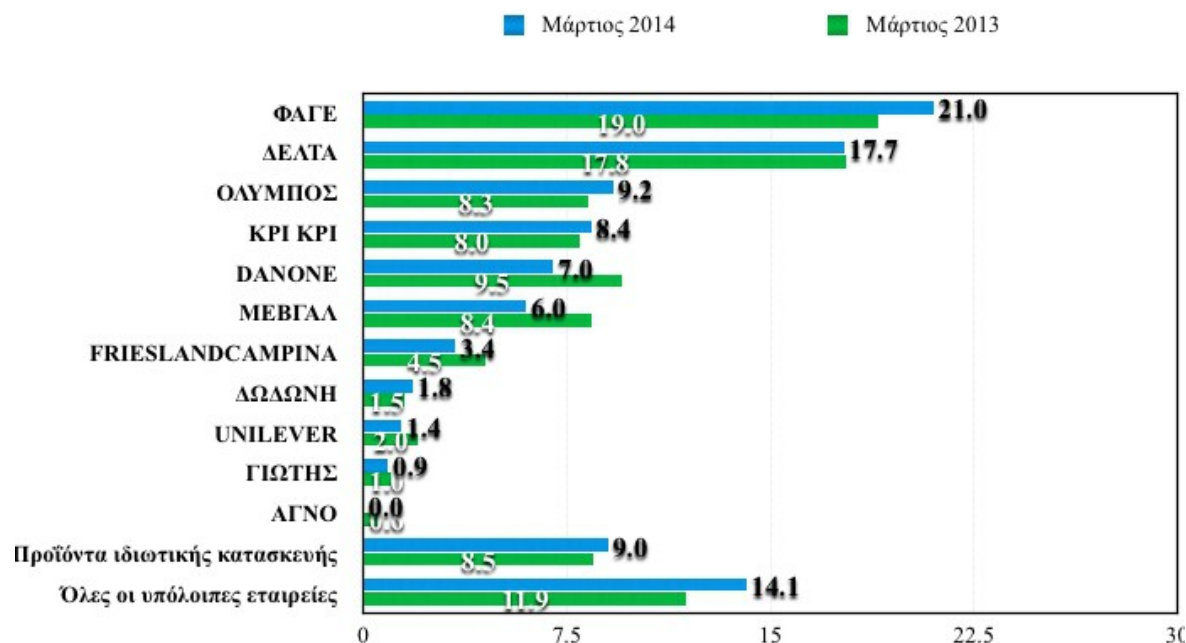
αποτελέσμα και να μην βρεθεί η γαλακτοβιομηχανία σε κατάσταση αδυναμίας κάλυψης ζήτησης.

Συγκριτικός πίνακας όγκου πωλήσεων για την περίοδο Μάρτιος 2013 - Μάρτιος 2014



Πίνακας 55: Συγκριτικός πίνακας όγκου πωλήσεων για την περίοδο Μάρτιος 2013 - Μάρτιος 2014

Συγκριτικός πίνακας αξία πωλήσεων για την περίοδο Μάρτιος 2013 - Μάρτιος 2014



Πίνακας 56: Συγκριτικός πίνακας αξία πωλήσεων για την περίοδο Μάρτιος 2013 - Μάρτιος 2014

Πλάνο παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού total με συντελεστή ασφαλείας

A/A	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτωβ.	Νοεμβ.	Δεκεμβρ.
2% 200γρ	26	23	24	28	28	30	30	27	27	25	22	21
	2	3	2	3	3	4	2	2	3	2	2	3
2% 500γρ	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2% 1.000γρ	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2
	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
2% 135γρ	3	1	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2
	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
5% 200γρ	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5% 500γρ	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5% 1.000γρ	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1
	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
0% 170γρ	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 57: Πλάνο παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού total με συντελεστή ασφαλείας

Ο Πίνακας 55 αναπαριστά τη μηνιαία πρόβλεψη σε σιλό παραγωγής για το 2014 και με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται τα επιπλέον σιλό που πρέπει να παραχθούν τα οποία λειτουργούν ως απόθεμα ασφαλείας για την εταιρεία. Ο συντελεστής που χρησιμοποιήθηκε είναι το 10% της συνολικής παραγωγής και έχει κατανεμηθεί σε ακέραιη ποσότητα μέσα στους μήνες. Το ποσοστό ασφαλείας είναι μια στρατηγική λειτουργίας της Φάγε για να μην δημιουργηθεί έλλειψη ζήτησης σε περιόδους μεγάλης κατανάλωσης των προϊόντων της.





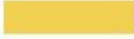

Τελικό πλάνο παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού total

Ο τελικός πίνακας είναι το άθροισμα των δύο προηγούμενων και δηλώνει τις ποσότητες που προτείνονται για παραγωγή για κάθε μήνα του έτους 2014. Με βάση αυτόν τον πίνακα υλοποιείται πλάνο ημερήσιας παραγωγής που δείχνει πόσα σιλό από κάθε προϊόν πρέπει να παραχθούν ώστε να κατανέμεται ομοιόμορφα η παραγωγική διαδικασία και να τηρούνται οι περιορισμοί που υπάρχουν τόσο από τεχνολογικής άποψης (χωρητικότητες ψυγείων, δυναμικότητες μηχανών, δεξαμενές αποθήκευσης) όσο και από φυσικής πλευράς η οποία σχετίζεται με τον κύκλο ζωής του προϊόντος και των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται.

A/A	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτωβ.	Νοεμβ.	Δεκεμβρ.
2% 200γρ	28	26	26	31	31	34	33	29	30	27	24	24
2% 500γρ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
2% 1.000γρ	3	4	2	3	4	4	3	3	4	2	3	2
2% 135γρ	3	1	3	3	2	3	4	2	2	3	2	2
5% 200γρ	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1
5% 500γρ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
5% 1.000γρ	2	1	1	2	2	1	2	2	2	1	1	1
0% 170γρ	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1









































Πίνακας 58: Τελικό πλάνο παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού total

Ημερήσιο πλάνο παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού

	Συσκευασία total 2% 200gr		Συσκευασία total 5% 200gr
	Συσκευασία total 2% 500gr		Συσκευασία total 5% 500gr
	Συσκευασία total 2% 1.000gr		Συσκευασία total 5% 1.000gr
	Συσκευασία total 2% 135 gr		Συσκευασία total 0% 170gr

Κάθε μπάρα αντιστοιχεί σε ένα σιλό παραγωγής (50 τόνοι προϊόντος)





































ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ (40 σιλό)

Δ (1)	T(2)	T(3)	Π(4)	Δ(5)	T(6)	T(7)	Π(8)	Δ(9)	T(10)	T(11)	Π(12)	Δ(13)	T(14)	T(15)	Π(16)
															
															
															





































Πίνακας 59: Πλάνο παραγωγής Ιανουάριος 2014



ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ (36 σιλό)

Δ (1)	T(2)	T(3)	Π(4)	Δ(5)	T(6)	T(7)	Π(8)	Δ(9)	T(10)	T(11)	Π(12)	Δ(13)	T(14)	T(15)	Π(16)
															
															
															

Πίνακας 60: Πλάνο παραγωγής Φεβρουάριος 2014

ΜΑΡΤΙΟΣ (36 σιλό)															
Δ (1)	T(2)	T(3)	Π(4)	Δ(5)	T(6)	T(7)	Π(8)	Δ(9)	T(10)	T(11)	Π(12)	Δ(13)	T(14)	T(15)	Π(16)
															
															
															

Πίνακας 61: Πλάνο παραγωγής Μάρτιος 2014

[illegible]

Πίνακας 62: Πλάνο παραγωγής Απρίλιος 2014

ΜΑΙΟΣ (40 σιλό)															
Δ(1)	T(2)	T(3)	Π(4)	Δ(5)	T(6)	T(7)	Π(8)	Δ(9)	T(10)	T(11)	Π(12)	Δ(13)	T(14)	T(15)	Π(16)

Πίνακας 63: Πλάνο παραγωγής Μάιος 2014

ΙΟΥΝΙΟΣ (47 σιλό)															
Δ (1)	T(2)	T(3)	Π(4)	Δ(5)	T(6)	T(7)	Π(8)	Δ(9)	T(10)	T(11)	Π(12)	Δ(13)	T(14)	T(15)	Π(16)
Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	Blue	Blue	Black	Black	Green	Yellow	Yellow	Red	Purple	Black	Blue	Blue	Green	Blue	Red












































Πίνακας 64: Πλάνο παραγωγής Ιούνιος 2014

ΙΟΥΛΙΟΣ (46 σιλό)															
Δ (1)	T(2)	T(3)	Π(4)	Δ(5)	T(6)	T(7)	Π(8)	Δ(9)	T(10)	T(11)	Π(12)	Δ(13)	T(14)	T(15)	Π(16)
Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	Red	Red	Blue	Purple	Green	Black	Black	Black	Black		Blue	Yellow	Blue	Blue	Yellow






















Πίνακας 65: Πλάνο παραγωγής Ιούλιος 2014

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ (39 σιλό)															
Δ (1)	T(2)	T(3)	Π(4)	Δ(5)	T(6)	T(7)	Π(8)	Δ(9)	T(10)	T(11)	Π(12)	Δ(13)	T(14)	T(15)	Π(16)
Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
		Yellow		Purple			Green		Black			Black		Yellow	Red



































Πίνακας 66: Πλάνο παραγωγής Αύγουστος 2014

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ (42 σλό)															
Δ (1)	T(2)	T(3)	Π(4)	Δ(5)	T(6)	T(7)	Π(8)	Δ(9)	T(10)	T(11)	Π(12)	Δ(13)	T(14)	T(15)	Π(16)
															
															
															

Πίνακας 67: Πλάνο παραγωγής Σεπτέμβριος 2014

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ (34 σιλό)															
Δ (1)	T(2)	T(3)	Π(4)	Δ(5)	T(6)	T(7)	Π(8)	Δ(9)	T(10)	T(11)	Π(12)	Δ(13)	T(14)	T(15)	Π(16)
															
															
															

Πίνακας 68: Πλάνο παραγωγής Οκτώβριος 2014

NOEMBΡΙΟΣ (33 σιλό)															
Δ (1)	T(2)	T(3)	Π(4)	Δ(5)	T(6)	T(7)	Π(8)	Δ(9)	T(10)	T(11)	Π(12)	Δ(13)	T(14)	T(15)	Π(16)
															
															
															

Πίνακας 69: Πλάνο παραγωγής Νοέμβριος 2014

[illegible]

Πίνακας 70: Πλάνο παραγωγής Δεκέμβριος 2014

7^ο Κεφάλαιο

Συμπεράσματα και προτάσεις

7.1 Ανακεφαλαίωση και συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η λειτουργία της γραμμής παραγωγής γιαουρτιού της βιομηχανίας Φάγε. Αρχικά παρουσιάζεται η εταιρεία, η ιστορία της και η γκάμα προϊόντων που παράγει μαζί με κάποια γενικά στοιχεία για τη συγκεκριμένη αγορά. Συγκεκριμένα γίνεται παρουσίαση των βασικών σταδίων παραγωγής του στραγγιστού γιαουρτιού, των συνθηκών εκτέλεσης καθενός από τα στάδια αυτά, των πρώτων υλών, των χρόνων και των αναλογιών με τις οποίες εκτελούνται και παρουσιάζονται αναλυτικά διαγράμματα ροής του εργοστασίου. Η παραγωγική διαδικασία έχει χωριστεί σε δύο κύρια μέρη την καθ'αυτή παραγωγή και την συσκευασία του γιαουρτιού. Βάσει των διαγραμμάτων αυτών και κάποιων επιπλέον πληροφοριών που έχουν συγκεντρωθεί, στη συνέχεια γίνεται η μοντελοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας με υβριδικά δίκτυα Petri. Το γενικό μοντέλο που δημιουργείται σε κάθε περίπτωση προσαρμόζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του μελετούμενου τύπου γιαουρτιού ή συσκευασίας. Σύμφωνα με τις παραδοχές που έχουν γίνει προσομοιώνεται η λειτουργία του και καταγράφεται ο χρόνος αυτός. Επιπλέον, εξετάζεται η επίδραση που έχουν οι αλλαγές στις τιμές κάποιων παραμέτρων στη διάρκεια των προσομοιώσεων. Η διαδικασία αυτή είναι αναγκαστική αφού σε αρκετές περιπτώσεις εμφανίζονται δυσλειτουργίες στον εξοπλισμό, στη φύση του προϊόντος ή και σε άλλους που παράγοντες συντελούν σε αυτό (δεν είναι σταθερές οι τιμές όλων των παραμέτρων). Συνολικά προσομοιώνονται 108 σενάρια για διαφορετικούς συνδυασμούς τιμών των παραμέτρων και καταγράφονται οι χρόνοι τους.

Βάσει των αποτελεσμάτων των τριών τελευταίων ετών για την εταιρεία γίνεται στη

συνέχεια η πρόβλεψη πωλήσεων για το 2014. Εξαιτίας περιορισμών στα δεδομένα που διαθέτει η Φάγε δεν μπόρεσαν να χρησιμοποιηθούν παρά συγκεκριμένα μοντέλα για την πρόβλεψη. Επιπλέον παράγοντες που συντελούν στην αδυναμία να γίνει ακριβής πρόβλεψη σε επίπεδο συσκευασιών είναι και το γεγονός πως τα τελευταία χρόνια έχει γίνει αλλαγή στη γκάμα των διαθέσιμων συσκευασιών τόσο όσον αφορά καθαρά βάρη όσο και συνδυασμούς (στην περίπτωση των φρούτων) ενώ προωθούνται και πολλαπλές συσκευασίες ενώ έχουν αλλάξει και οι διαθέσιμοι τύποι γιαουρτιού (βάσει πρώτων υλών και προδιαγραφών). Επίσης υπάρχουν περιορισμοί που αφορούν την ίδια τη φύση του προϊόντος και τη χρονική διάρκεια ζωής του. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν και σε συνεννόηση με στελέχη της Φάγε επιλέχθηκε τελικά να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος πρόβλεψης η εκθετική εξομάλυνση με συντελεστή $\alpha=0,15$. Επιπλέον εξαιτίας της ιδιαίτερα αρνητικής συγκυρίας που έχει προκύψει λόγω της κρίσης, η οποία έχει ως αποτέλεσμα να προερχόμαστε από τρεις διαδοχικά πτωτικά χρονιές, σε συνδυασμό με το γεγονός πως η γενικότερη αίσθηση που προκύπτει τόσο από τα πρώτα αποτελέσματα της χρονιάς όσο και από εκτιμήσεις ειδικών της εταιρείας αλλά και γενικότερα της αγοράς πως η χρονιά θα είναι θετική μας αναγκάζει να ορίσουμε ένα επιπλέον απόθεμα ασφαλείας της τάξεως του 10% στους τελικούς υπολογισμούς ποσοτήτων κάθε προϊόντος που πρέπει να παραχθούν.

Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης χρησιμοποιούνται για να γίνει ο προγραμματισμός παραγωγής του εργοστασίου για κάθε μήνα. Εξαιτίας των παραδοχών που έχουν κατ'ανάγκη γίνει (όσον αφορά τις παραγωγές) επιτρέπουν τον υπολογισμό των ποσοτήτων ανά μήνα και την αυθαίρετη κατανομή τους στις ημέρες εργασίας. Για να γίνει αυτό, αρχικά γίνεται ένας έλεγχος εφικτότητας παραγωγής των υπολογισθέντων ποσοτήτων βάσει της δυναμικότητας του εξοπλισμού και των χρόνων που έδωσαν οι προσομοιώσεις των εναλλακτικών σεναρίων και στη συνέχεια οι ποσότητες που προκύπτουν από την πρόβλεψη, αφού στρογγυλοποιηθούν όσον αφορά τον αριθμό σιλό που θα παραχθούν, με δεδομένο πως δεν έχουν δοθεί διαφορετικοί χρόνοι προετοιμασίας προτείνεται ένα πλάνο παραγωγής.

Πρέπει να σημειωθεί πως δεν καταστρώθηκε κάποιο γραμμικό πρόβλημα παραγωγής γιατί θεωρείται πως υπάρχει περίσσεια πρώτων υλών κάθε χρονική στιγμή ενώ δεν διατέθηκαν αρκετά οικονομικά δεδομένα που είναι αναγκαία για την κατάστρωση και επίλυση ενός τέτοιου προβλήματος.

Σε επόμενο στάδιο της εκπονούμενης έρευνας θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί πρόβλεψη με περισσότερα και πιο ακριβή δεδομένα, κάνοντας χρήση πιο πολύπλοκων μεθόδων πρόβλεψης οι οποίες θα έδιναν ακριβέστερα αποτελέσματα. Σχετικά με τις πρώτες ύλες και την προμήθειά τους

θα μπορούσε να γίνει βελτιστοποίηση της διαδικασίας προμήθειάς τους που ακολουθείται ώστε να μειωθεί το κόστος αποθεματοποίησης και επενδεδυμένων κεφαλαίων. Τέλος μπορεί να υλοποιηθεί μελέτη επίδρασης των στρατηγικών που ακολουθούν οι ανταγωνιστές για την προώθηση των προϊόντων (εκπτώσεις, πολλαπλές συσκευασίες, κτλ) τους και να καταγραφεί η μεταβολή των μεριδίων της αγοράς τόσο για τη Φάγε όσο και για τις λοιπές γαλακτοβιομηχανίες.

Βιβλιογραφία

- [1] Γεώργιος Τσινάρκης-Διδακτορική διατριβή: Μοντελοποίηση και μελέτη συστημάτων παραγωγής τυχαίας τοπολογίας με δίκτυα Petri, μία προσέγγιση ιεραρχικού ελέγχου, Χανιά 2007
- [2] Ιωάννης Φίλης-Σημειώσεις μαθήματος: Συστήματα παραγωγής-Χανιά 2006
http://www.phillis.tuc.gr/fileadmin/users_data/phillis/SYSTHMATA_PARAGOGIS_6o_MPD.pdf
- [3] <http://greece.fage.eu>, ελληνική ιστοσελίδα της γαλακτοβιομηχανίας Φάγε
- [4] <http://international.fage.eu>, επίσημη ιστοσελίδα του Ομίλου Φάγε
- [5] Γεώργιος Παναγιώτου-Διπλωματική εργασία: Προβλέψεις πωλήσεων των Ι.Χ. Αυτοκινήτων σε δεκαπέντε χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής ένωσης, Πανεπιστήμιο Πειραιά 2005
<http://digilib.lib.unipi.gr/dspace/bitstream/unipi/878/1/Panagiotou.pdf>
- [6] Γεωργία Μαργιά-Διπλωματική εργασία: Ανάλυση και πρόβλεψη χρονοσειρών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης 2009 <http://invenio.lib.auth.gr/record/112902/files/MAPΓΙΑ.pdf?version=1>
- [7] Μιχάλης Βαϊδάνης-Σημειώσεις μαθήματος: Αρχές διοίκησης και οργάνωση παραγωγής, Πρόβλεψη, Αθήνα 2005 <http://www.metal.ntua.gr/uploads/3469/447/forecasting.pdf>
- [8] Σημειώσεις excel- <http://www2.gsu.edu/~dscthw/8110/Chapter8.pdf>
- [9] Μαυρογιαννάκης Άρης- Διπλωματική εργασία: Χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός του έργου εκτροπής του ποταμού Αναποδάρη. Μελέτη της επίδρασης χρονικών παραμέτρων στη διάρκεια και στο κόστος εκτέλεσης του έργου, Χανιά 2014
- [10] Βασίλης Κουϊκόγλου-Σημειώσεις μαθήματος: Προσομοίωση-Χανιά 2002
http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/simulation.pdf
- [11] Sava A. T. and Alla H., “Combining Hybrid Petri Nets and Hybrid Automata”, IEEE Transactions on Robotics and Automation , vol. 17, no. 5, pp. 670 – 678, October 2001.
- [12] Zhou M.C. and DiCesare F., Petri Net Synthesis for Discrete Event Control of Manufacturing Systems , Kluwer Academic Publishers, 1993.
- [13] Alla. H. and David R., “A modelling and analysis tool for discrete events systems: continuous Petri

net”, Performance Evaluation , vol. 33, pp. 175-199, 1998.

[14] Murata T., “Petri Nets: Properties, Analysis and Applications”, in Proc. IEEE , vol. 77, no. 4, pp. 541 – 580, April 1989.

[15] Δημήτριος Ασκούνης-Σημειώσεις μαθήματος : Διοίκησης παραγωγής&συστημάτων υπηρεσιών, Σχολή Ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών Η.Υ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

[16] Drath R., Visual Object Net software package, v.2.07 a, διαθέσιμο στη διεύθυνση <http://www.ParamSoft.de/> 2002.

[17] Αλεξάνδρα Γκίτση, Γαλακτοκομικά, Περιοδικό τρόφιμα και ποτά, Τεύχος 388 Ιούνιος 2014.