



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

**Πρόβλεψη και προγραμματισμός της γραμμής
παραγωγής ενέσιμων προϊόντων της
βιομηχανίας help pharmaceuticals**

ΕΙΡΗΛΕΝΑ ΓΙΑΝΝΗ

ΧΑΝΙΑ 2015

Τριμελής επιτροπή

- Δρ Τσιναράκης Γεώργιος, Ε.ΔΙ.Π, επιβλέπων καθηγητής
- Ιωαννίδης Ευστράτιος, επίκουρος καθηγητής, επιβλέπων καθηγητής
- Μαρινάκης Ιωάννης, επίκουρος καθηγητής

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Γεώργιο Τσιναράκη για την επίβλεψη και τη συνδρομή του σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς και για την άψογη συνεργασία μας. Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της επιτροπής, κύριο Ευστράτιο Ιωαννίδη και τον κύριο Ιωάννη Μαρινάκη για την παρουσία τους στην παρουσίαση της διπλωματικής μου εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την έμπρακτη βοήθεια και συμπαράσταση κατά τη διάρκεια συγγραφής της διπλωματικής εργασίας. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τη μητέρα μου για την πρακτική βοήθεια που μου παρείχε με τις γνώσεις και την ειδίκευσή της στο αντικείμενο της εργασίας, καθώς επίσης την πατέρα και την αδελφή 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 την κυρία Εριέττα Πούλιου, γενική διευθύντρια του εργοστασίου Help pharmaceuticals και μητέρα μου, τον κύριο Δημήτρη Κάντζιο, διευθυντή παραγωγής του εργοστασίου της, και φυσικά όλα τα μέλη της εταιρίας με τα οποία είχα την χαρά να συνεργαστώ, για την πολύτιμη συνεισφορά τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η γραμμή παραγωγής ενέσιμων προϊόντων της φαρμακοβιομηχανίας *help pharmaceuticals*. Αποτυπώνεται αρχικά η υφιστάμενη κατάσταση και εν συνεχεία πραγματοποιείται μοντελοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας με χρήση δικτύων Petri. Κατά τη μοντελοποίηση κατασκευάζονται οκτώ βασικά παραμετρικά μοντέλα λειτουργίας, ένα για κάθε ομάδα προϊόντων, σύμφωνα με τα οποία εξετάζονται κάποια ρεαλιστικά εναλλακτικά σενάρια. Η δομή των μοντέλων είναι ίδια σε γενικές γραμμές, αλλά προσαρμόζεται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε ομάδας προϊόντων (διαφορετική χημική σύσταση και χρόνοι εκτέλεσης διαδικασιών). Εξετάζεται αριθμός εναλλακτικών μοντέλων με τροποποιήσεις σε βασικά χαρακτηριστικά λειτουργίας (χρόνος επεξεργασίας ενέσιμου νερού, ταχύτητα λειτουργίας μηχανής τοποθέτησης ετικέτας στη συσκευασία και ταχύτητα μηχανής τελικής συσκευασίας προϊόντος). Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων των εναλλακτικών σεναρίων παρουσιάζονται αναλυτικά και συγκρίνονται μεταξύ τους. Από αυτή τη διαδικασία προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα για τη λειτουργία της γραμμής παραγωγής.

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται πρόβλεψη για την παραγωγή του επόμενου έτους με χρήση μαθηματικών μεθόδων που αξιοποιούν τη ζήτηση των περασμένων ετών. Εξετάζονται διάφορες μέθοδοι πρόβλεψης και γίνεται σύγκριση των τελικών αποτελεσμάτων. Σε συνεργασία με τα αρμόδια στελέχη της εταιρίας επιλέγεται ως καταλληλότερη μέθοδος πρόβλεψης ο κινούμενος μέσος όρος, με κριτήριο την εγγύτητα των προβλεπόμενων τιμών στις πραγματικές βάσει την τρέχουσας εικόνας. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου γίνεται πρόβλεψη ζήτησης για το έτος 2015 με δεδομένα τα στοιχεία πωλήσεων των ετών 2012-2013-2014. Από την εφαρμογή της μεθόδου και τον υπολογισμό των μηνιαίων ποσοτήτων παραγωγής κατασκευάζεται το μηνιαίο πλάνο παραγωγής για το έτος 2015.

Στο τελευταίο τμήμα της εργασίας προτείνονται ιδέες σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής που θα μπορούσαν να μελετηθούν σε επόμενο στάδιο και οι οποίες θα έφερναν σημαντικές αλλαγές στη λειτουργία της γραμμής παραγωγής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1	Κίνητρα	9
1.2	Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας	9
1.3	Μέθοδος Επίλυσης	10
1.4	Συνεισφορά της Διπλωματικής Εργασίας	11
1.5	Δομή της Διπλωματικής Εργασίας	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΔΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (ΣΧΕΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ)

2.1	Συστήματα Παραγωγής (Production Systems)	13
2.2	Χρονικός Προγραμματισμός (Production Scheduling)	14
2.3	Μοντελοποίηση	15
2.3.1	Η διαδικασία μοντελοποίησης	16
2.4	Θεωρία Δικτύων Petri (Petri Nets)	17
2.4.1	Εισαγωγή	17
2.4.2	Δυνατότητες κι εφαρμογές των δικτύων Petri	18
2.4.3	Συνήθη δίκτυα Petri	19
2.4.3.1	Δομικά στοιχεία δικτύων Petri	19
2.4.3.2	Μαθηματικός ορισμός συνήθων δικτύων Petri	21
2.4.3.3	Ετοιμότητα και ενεργοποίηση μεταβάσεων	21
2.4.3.4	Σημάνσεις δικτύων Petri	22
2.4.3.5	Βασικές δυναμικές καταστάσεις που μοντελοποιούνται με ΔΡ	23
2.4.4	Ιδιότητες δικτύων Petri	24
2.4.5	Πίνακας συμβάντων	24
2.4.6	Πλεονεκτήματα χρήσης ΔΡ	25
2.5	Προσομοίωση	28
2.6	Πρόβλεψη	28
2.6.1	Εισαγωγή	28
2.6.2	Διαδικασία πρόβλεψης	29
2.6.3	Μέθοδοι Πρόβλεψης	31

2.6.4	Ανάλυση Χρονοσειρών (Ποσοτικών μεθόδων).....	35
2.6.4.1	Κινούμενος Μέσος (Moving Average).....	35
2.6.4.2	Εκθετική Εξομάλυνση (Simple exponential smoothing)	36
2.6.4.3	Γραμμική Παλινδρόμηση.....	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Η ΦΑΡΜΑΚΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ HELP PHARMACEUTICALS

3.1	Η Φαρμακοβιομηχανία στην Ελλάδα	39
3.1.1	Αλλαγές στο θεσμικό πλαίσιο και τις δομές	42
3.2	Παρουσίαση της Help pharmaceuticals.....	47
3.3	Σημαντικές ημερομηνίες.....	49
3.4	Οι Εγκαταστάσεις της εταιρίας	51
3.4.1	Εγκαταστάσεις Διοίκησης.....	51
3.4.2	Οι Παραγωγικές Εγκαταστάσεις.....	51
3.4.2.1	Τα τμήματα του εργοστασίου παραγωγής	52
3.4.2.2	Προδιαγραφές λειτουργίας εργοστασιακής μονάδας.....	53
3.4.2.2.a	Προδιαγραφές χώρων παραγωγής.....	54
3.4.2.2.b	Εργαστήρια ποιοτικού ελέγχου	55
3.4.2.2.c	Προληπτική συντήρηση και αξιολόγηση εξοπλισμού.....	56
3.5	Οικονομικά στοιχεία της εταιρίας	57
3.5.1	Ανάλυση καταστάσεων αποτελεσμάτων χρήσης ^{[17]-[20]}	62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΣΙΜΩΝ ΦΑΡΜΑΚΩΝ ΤΗΣ HELP PHARMACEUTICALS

4.1	Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας	64
4.1.1	Εισαγωγή	64
4.1.2	Παραλαβή πρώτων υλών και υλικών συσκευασίας	64
4.1.3	Παραγωγή προϊόντος	66
4.1.3.1	Προετοιμασία και αποστείρωση φυσίγγων.....	67
4.1.3.2	Προετοιμασία και αποστείρωση ευαίσθητων υλικών.....	67
4.1.3.3	Συλλογή ενέσιμου νερού/έλεγχος και απελευθέρωση	67
4.1.3.4	Ζύγιση πρώτων υλών.....	69
4.1.3.5	Παρασκευή διαλύματος και ποιοτικοί έλεγχοι (έλεγχος QC)	69

4.1.3.6	Διήθηση/αποστείρωση και γέμισμα/θερμοσυγκόλληση φυσίγγων	71
4.1.3.7	Κλιβανισμός ή έλεγχος στεγανότητας.....	74
4.1.3.8	Οπτικός έλεγχος	74
4.1.3.9	Ετικετάρισμα	77
4.1.3.10	Συσκευασία σε θήκες.....	77
4.1.3.11	Συσκευασία σε κουτιά και παλετάρισμα	78
4.2	Τα προϊόντα της γραμμής παραγωγής ενέσιμων	80
4.2.1	Πρώτες ύλες και προϊόντα	80
4.2.2	Χαρακτηριστικά και διαγράμματα παραγωγής προϊόντων	81
4.2.2.1	ALMIBA, INESTOM, KARNILEV, STEATEL.....	81
4.2.2.2	BETRIMINE, REGIMED	85
4.2.2.3	DIAKARMON	88
4.2.2.4	FERRINEMIA.....	90
4.2.2.5	FLUMIDON, MELOXICAM.....	93
4.2.2.6	PTINOLIN.....	97
4.2.2.7	TRANSAMIN	100
4.3	Προγραμματισμός παραγωγής γραμμής ενέσιμων προϊόντων	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΣΙΜΩΝ ΜΕ ΔΙΚΤΥΑ PETRI ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

5.1	Το μοντέλο	106
5.2	Επεξήγηση του μοντέλου	112
5.3	Ανάλυση των σεναρίων λειτουργίας και παρουσίαση του πίνακα των προσομοιώσεων	115
5.3.1	Η μελέτη της πρώτης ομάδας προϊόντων	116
5.3.1.1	Εναλλακτικά σενάρια για την πρώτη ομάδα προϊόντων «Almiba, Inestom, Karnilev, Steatel».....	116
5.3.1.2	Παρουσίαση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων της μελέτης της πρώτης ομάδας προϊόντων.....	125
5.3.2	Μελέτη των υπόλοιπων ομάδων προϊόντων.....	128

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ 2015

6.1	Εισαγωγή.....	138
-----	---------------	-----

6.2	Παραγωγές προηγούμενων ετών	138
6.3	Ανάλυση πρόβλεψης.....	146

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

7.1	Ανακεφαλαίωση και συμπεράσματα	156
-----	--------------------------------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Κίνητρα

Σε ένα σύγχρονο και συνεχώς μεταβαλλόμενο επιχειρηματικό περιβάλλον, ειδικά στην Ελλάδα την περίοδο της κρίσης, βασικό στόχο κάθε βιώσιμης επιχείρησης αποτελεί η αύξηση των παραγωγικών δυνατοτήτων και η μέγιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους και του απαιτούμενου χρόνου εκτέλεσης εργασιών. Η μελέτη προβλημάτων σε βιομηχανικά συστήματα και συστήματα παραγωγής παρουσιάζει ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον καθώς προσφέρει τη δυνατότητα ακόμα και με μικρές εξελίξεις να αποδώσει σημαντικά οφέλη. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα, που ανακύπτει στις βιομηχανικές μονάδες και εντάσσεται στον κλάδο των συστημάτων παραγωγής, είναι ο προγραμματισμός παραγωγής. Με τη βελτίωση του προγράμματος παραγωγής μιας παραγωγικής μονάδας βελτιώνεται η απόδοσή της σε οικονομικό, αναπτυξιακό και λειτουργικό επίπεδο. Για τη βελτιστοποίηση του προγράμματος παραγωγής γίνεται χρήση τεχνικών πρόβλεψης και προσομοίωσης καταστάσεων με στόχο την προσέγγιση μιας καλύτερης και αποδοτικότερης λύσης.

Συγχρόνως, το συνεχώς μεταβαλλόμενο πλαίσιο λειτουργίας των φαρμακοβιομηχανιών στην Ελλάδα, το οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένο με τις εφαρμοζόμενες πολιτικές αποφάσεις στο χώρο της Υγείας, αποτέλεσε κίνητρο για την ενασχόληση με ένα εν εξελίξει και επίκαιρο θέμα που αφορά όλους τους πολίτες άμεσα. Οι νέες πολιτικές αλλάζουν τον τρόπο παροχής ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης αλλά, τα διαθέσιμα στο κοινό φαρμακοτεχνικά σκευάσματα και το πλαίσιο παραγωγής και διάθεσής τους.

Ουσιώδης ήταν επίσης η προοπτική ενασχόλησης με μια τοπική επιχείρηση. Η εταιρία μπορεί να φαντάζει μικρή για τα δεδομένα της παγκόσμιας αγοράς αλλά υπολογίσιμη για τα πλαίσια της τοπικής κοινωνίας των Ιωαννίνων, καθώς προσφέρει θέσεις εργασίας στον πληθυσμό και αναπτυξιακή πνοή στο περιορισμένο επιχειρηματικό περιβάλλον της περιοχής.

1.2 Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας

Στην διπλωματική εργασία αυτή γίνεται μελέτη της γραμμής παραγωγής ενέσιμων προϊόντων, από τη σκοπιά του τομέα των συστημάτων παραγωγής, της φαρμακοβιομηχανίας *help pharmaceuticals*, που βρίσκεται στα Ιωάννινα.

Σε πρώτη φάση παρουσιάζεται αναλυτικά η υφιστάμενη κατάσταση και ο τρόπος λειτουργίας της εν λόγω γραμμής, λαμβάνοντας υπόψη τις απαραίτητες πρώτες ύλες, τους χρόνους κάθε παραγωγικής δραστηριότητας και τους υπάρχοντες οικονομικούς, τεχνικούς, χρονικούς και άλλους περιορισμούς που διέπουν τη λειτουργία της.

Η λειτουργία της γραμμής παραγωγής μοντελοποιείται με χρήση συγκεκριμένων μοντέλων (Δίκτυα Petri) και με τη βοήθεια της προσομοίωσης μελετώνται κάποια ρεαλιστικά εναλλακτικά σενάρια λειτουργίας της. Πιο συγκεκριμένα, αλλάζοντας κάθε φορά κάποιες από τις παραμέτρους του αρχικού μοντέλου (χρονικές διάρκειες, ποσότητες κλπ) εξετάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

Τέλος, μελετώντας τους όγκους παραγωγών προηγούμενων ετών, γίνεται προσπάθεια πρόβλεψης των αντίστοιχων μεγεθών για κάθε προϊόν για το επόμενο έτος. Η πρόβλεψη γίνεται με χρήση διαφορετικών μαθηματικών μοντέλων. Η επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου γίνεται και σε συνεργασία με στελέχη της εταιρίας, με κριτήριο τα περισσότερα ρεαλιστικά αποτελέσματα. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά προτείνεται ένα βελτιωμένο εφικτό πρόγραμμα παραγωγής που συνδυάζει τις δυνατότητες, τις ανάγκες και τους στόχους της εταιρίας *help pharmaceuticals*.

1.3 Μέθοδος Επίλυσης

Για τη μοντελοποίηση της γραμμής παραγωγής των ενέσιμων προϊόντων χρησιμοποιούνται ως βασικό εργαλείο τα Δίκτυα Petri (ΔΡ) και οι επεκτάσεις τους. Τα ΔΡ 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 ΔΡ είναι πιο συμπυκνωμένα σε σχέση με τα αντίστοιχα που προκύπτουν με χρήση άλλων εργαλείων μοντελοποίησης όπως για παράδειγμα, τα αυτόματα. Σε αυτά πρέπει να προστεθεί το γεγονός πως διαθέτουν πλήρη συλλογή από εργαλεία ανάλυσης και μπορούν να συνδυαστούν με άλλα εργαλεία για την ικανοποίηση πιο εξειδικευμένων αναγκών. Αναλυτική παρουσίαση των δυνατοτήτων των δικτύων Petri, των βασικών χαρακτηριστικών τους, των κύριων πλεονεκτημάτων τους σε σχέση με άλλα εργαλεία μοντελοποίησης και των λόγων που οδήγησαν στην επιλογή τους, παρουσιάζονται στη συνέχεια της διπλωματικής εργασίας καθώς και στην ανάλυση του τρόπου μοντελοποίησης του συστήματος.

Στη συνέχεια με τη βοήθεια μαθηματικών εργαλείων πρόβλεψης και με κριτήριο τις παραγωγές ενέσιμων προϊόντων για τα έτη 2012-2013-2014, γίνεται σχετική πρόβλεψη για τις αντίστοιχες παραγωγικές δυνατότητες του έτους 2015. Από τα αποτελέσματα που προκύπτουν γίνεται κατάλληλος σχεδιασμός για τον προγραμματισμό της παραγωγής.

1.4 Συνεισφορά της Διπλωματικής Εργασίας

Εφαλτήριο για την εκπόνηση διπλωματικής εργασίας σε μια από τις γραμμές παραγωγής της εταιρίας *help pharmaceuticals* αποτέλεσε η πρώτη προσωπική επαφή με την εταιρία στα πλαίσια καλοκαιρινής απασχόλησης κατά τους θερινούς μήνες του έτους 2009. Υπήρξε, έτσι, η ευκαιρία για άμεση και ουσιαστική επαφή με πραγματικές συνθήκες λειτουργίας σε βιομηχανικό περιβάλλον. Έγινε αντιληπτό το σύστημα λειτουργίας των επιμέρους μονάδων και γραμμών παραγωγής, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και οι παράμετροι του συστήματος μέσω της συναναστροφής με τους εργαζόμενους που αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας και ήταν πρόθυμοι να μεταδώσουν τις γνώσεις και την εμπειρία τους. Η αντιμετώπιση προβλημάτων και έκτακτων καταστάσεων, όπως αυτά εμφανίζονται σε πραγματικούς χρόνους, έδωσαν μια συνολική εικόνα του τρόπου λειτουργίας μια πραγματικής γραμμής παραγωγής.

Το μέγεθος και η πολυπλοκότητα των γραμμών της *Help pharmaceuticals* είναι μεγάλο. Για το λόγο αυτό για τις ανάγκες της υφιστάμενης διπλωματικής εργασίας συμφωνήθηκε να μελετηθεί μια χαρακτηριστική γραμμή παραγωγής που παράγει πλήθος διαφορετικών προϊόντων σε μη επικαλυπτόμενα χρονικά διαστήματα. Η επιλογή για τη μελέτη της γραμμής παραγωγής των ενέσιμων προϊόντων έγινε ύστερα από συνεννόηση με στελέχη της εταιρίας. Αποτελεί ένα τομέα άμεσου ενδιαφέροντος από τη μεριά τους και συγχρόνως διαθέτει πολυπλοκότητα, μέγεθος και δομή τέτοια ώστε να μπορεί να μελετηθεί και να καλύπτει τις απαιτήσεις εκπόνησης μιας διπλωματικής εργασίας. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας η εταιρία παρείχε εσωτερικά της δεδομένα που αφορούν λεπτομέρειες διάρθρωσης της παραγωγικής διαδικασίας, ακριβή σύνθεση των παραγόμενων προϊόντων (απόρρητο δεδομένο προστατευμένο από συμβόλαια εμπιστευτικότητας), πρώτες ύλες, συνολικούς και επιμέρους όγκους παραγωγής, οικονομικά δεδομένα και δυνατότητες αποθήκευσης προϊόντων. Κάνοντας χρήση των προαναφερθέντων δεδομένων δημιουργήθηκε ένα μοντέλο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής των ενέσιμων προϊόντων και μέσω προσομοίωσης και μεθόδων πρόβλεψης παρουσιάστηκαν αποτελέσματα που αποτέλεσαν πρόταση προς την εταιρία για τον επανασχεδιασμό του προγραμματισμού παραγωγής.

1.5 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Στο εισαγωγικό κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής παρουσιάζεται το αντικείμενο μελέτης της εργασίας και τα κίνητρα που οδήγησαν στην ενασχόληση με το συγκεκριμένο θέμα. Αναφέρεται η μεθοδολογία επίλυσης που χρησιμοποιήθηκε για το εφαρμοζόμενο πρόβλημα προσομοίωσης, με χρήση δικτύων Petri, όπως επίσης οι στόχοι και τα αποτελέσματα του υλοποιούμενου προγράμματος.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας, γίνεται παρουσίαση και ερμηνεία των θεμελιωδών εννοιών και του θεωρητικού υποβάθρου που απαιτείται για τη μελέτη της γραμμής παραγωγής. Παρουσιάζονται οι κύριες έννοιες των δικτύων Petri, η διασαφήνιση των οποίων είναι αναγκαία, αφού συνδέονται με την κατασκευή των μοντέλων και την εκτέλεση των προσομοιώσεων

εναλλακτικών σεναρίων. Επιπλέον, γίνεται ανάλυση των όρων συστήματα παραγωγής (production systems), χρονικός προγραμματισμός (production scheduling), μοντελοποίηση, προσομοίωση, πρόβλεψη που αποτελούν αντικείμενα που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην ιστορία και τη δραστηριότητα της εταιρίας *help pharmaceuticals*. Ακολουθεί μια σύντομη αναφορά στην αγορά φαρμάκου, τον κλάδο των φαρμακευτικών εταιριών που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα και της θέσης της εταιρίας στην ελληνική αγορά. Παρουσιάζονται οι εγκαταστάσεις παραγωγής και διοίκησης και γίνεται εκτεταμένη και παραστατική αναφορά σε οικονομικά στοιχεία της εταιρίας και στοιχεία πωλήσεων των προϊόντων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση και οι συνθήκες παραγωγής που αφορούν την υπό μελέτη γραμμή παραγωγής της εταιρίας, τη γραμμή ενέσιμων προϊόντων. Παρουσιάζονται αναλυτικά τα παραγόμενα προϊόντα και η διαδικασία παραγωγής αυτών με χρήση διαγραμμάτων ροής. Αναλύεται, επίσης, η διαδικασία προγραμματισμού της γραμμής παραγωγής σε συνάρτηση με τις διαθέσιμες προβλέψεις πωλήσεων και τις εκάστοτε παραγγελίες.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το μοντέλο της γραμμής παραγωγής ενέσιμων προϊόντων που δημιουργήθηκε με Δίκτυα Petri. Γίνεται λεπτομερής επεξήγηση του μοντέλου και των μαθηματικών παραμέτρων του και στη συνέχεια παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την προσομοίωση εναλλακτικών ρεαλιστικών σεναρίων για κάθε προϊόν.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η πρόβλεψη της παραγωγής για το έτος 2015. Λαμβάνοντας δεδομένα από τις πωλήσεις των προηγούμενων ετών και εφαρμόζοντας εναλλακτικά μαθηματικά μοντέλα γίνεται η πρόβλεψη της παραγωγής. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των μεθόδων προσομοίωσης γίνεται η τελική επιλογή και βάσει αυτής προτείνεται ένα μηνιαίο πλάνο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής.

Η τελευταία ενότητα της εργασίας σχετίζεται με τα συμπεράσματα. 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 πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις της παρούσας εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΔΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ (ΣΧΕΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ)

2.1 Συστήματα Παραγωγής (Production Systems)

Τα συστήματα παραγωγής (production systems) ή βιομηχανικά συστήματα (manufacturing systems), είναι δίκτυα σταθμών παραγωγής κι αποθηκών, συνδεδεμένων μεταξύ τους με κατάλληλη τοπολογία, ώστε να εκτελούν με προκαθορισμένη σειρά ένα συγκεκριμένο αριθμό και τύπο εργασιών και να παράγουν τελικά προϊόντα με προκαθορισμένα χαρακτηριστικά. ^[4] Οι πρώτες ύλες λαμβάνουν μια σειρά από κατεργασίες προστιθέμενης αξίας στις κατάλληλες μηχανές, καθεμιά από τις οποίες προκαλεί καλά προσδιορισμένες αλλαγές στα μορφολογικά ή/και στα χημικά χαρακτηριστικά των υλικών, έτσι ώστε ανάλογα με το στάδιο να μετασχηματιστούν σε ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα. Η παραγωγή ορίζεται ως μια ακολουθία από συσχετιζόμενες ενέργειες και κατεργασίες που αφορούν το σχεδιασμό, επιλογή υλικών, χρονοπρογραμματισμό, διασφάλιση ποιότητας, διαχείριση κι εμπορική εκμετάλλευση των προϊόντων των βιομηχανιών. Ένα σύστημα παραγωγής ορίζεται, επίσης, ως ο συνδυασμός ανθρώπων, μηχανών και εξοπλισμού τα οποία συνδέονται με μια κοινή ροή υλικού και πληροφορίας. Το οργανωμένο αυτό σύνολο αναλώνοντας υλικούς και παραγωγικούς πόρους, παράγει προϊόντα υψηλότερης προστιθέμενης αξίας.

Γενικά τα συστήματα παραγωγής μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες με βάση το είδος των τελικών τους προϊόντων. Αυτές είναι τα συστήματα κατασκευής έργων (project shops), τα συστήματα διακριτής παραγωγής (discrete production systems) και τα συστήματα διεργασιών (process systems).

Τα συστήματα διακριτής παραγωγής ή αλλιώς συστήματα παραγωγής διακριτών προϊόντων, παράγουν προϊόντα σε μεγάλες ποσότητες που είναι πλήρως διακριτά μεταξύ τους. Στα συστήματα διακριτών προϊόντων ο χρονικός ορίζοντας μπορεί να θεωρηθεί συνεχής ή διακριτός. Στα συστήματα συνεχούς χρόνου όλες οι τιμές μεταβλητών εισόδου και εξόδου λαμβάνουν πραγματικές τιμές στο πέρασμα του χρόνου, ενώ στα συστήματα διακριτού χρόνου οι τιμές που λαμβάνουν οι μεταβλητές αυτές ανήκουν στο σύνολο των ακέραιων. Τυπικά παραδείγματα συστημάτων που μελετώνται ως συστήματα διακριτών γεγονότων είναι τα ευέλικτα συστήματα παραγωγής (Flexible Manufacturing Systems – FMS), δίκτυα υπολογιστών, εφοδιαστικά συστήματα, λογιστικά συστήματα, συστήματα εποπτικού ελέγχου διαδικασιών, κ.α. , ενώ ως συνεχούς χρόνου είναι οι κάθε είδους χημικές διεργασίες -αφού τα υλικά που μετέχουν σε αυτές βρίσκονται κατά κύριο λόγο σε υγρή ή αέρια φάση- η στάθμη μιας δεξαμενής υγρού, χημικοί αντιδραστήρες, στήλες απόσταξης, τα συστήματα μετάδοσης και περιστροφής αεροσκαφών, το τροχιακό σύστημα ενός δορυφόρου και η απόκριση ενός ρομποτικού βραχίονα στην κίνηση των ενεργοποιητών του.

Τα συστήματα διακριτής παραγωγής μπορούν να ταξινομηθούν περαιτέρω ανάλογα με τον αρχικό σχεδιασμό και τη δομή των τμημάτων επεξεργασίας τους. Οι βασικοί τύποι των συστημάτων

διακριτής παραγωγής που αφορούν την παρούσα εργασία είναι τα συστήματα συνεχούς ροής (flow-shop) και τα συστήματα παραγωγής κατά παραγγελία (job-shop). Τα συστήματα συνεχούς ροής (flow-shop) είναι κατάλληλα για την παραγωγή συγκεκριμένου αριθμού τυποποιημένων προϊόντων σε μεγάλες ποσότητες που προορίζονται για ευρεία κατανάλωση (mass production). Κάθε προϊόν ακολουθεί την ίδια ακολουθία δρομολόγησης, περνώντας από μια σειρά εξειδικευμένων μηχανών. Τα συστήματα κατά παραγγελία (job-shop) ενδείκνυνται για παραγωγή προϊόντων σε περιορισμένες ποσότητες και με προδιαγραφές προσαρμοσμένες στις ιδιαίτερες απαιτήσεις του πελάτη (product customization). Σε πραγματικές συνθήκες, οι βασικοί τύποι που παρουσιάστηκαν παραπάνω χρησιμοποιούνται συνήθως σε συνδυασμό ή με διάφορες παραλλαγές ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες και συνθήκες.

2.2 Χρονικός Προγραμματισμός (Production Scheduling)

Σε ένα σύστημα, ο προγραμματισμός της γραμμής παραγωγής επηρεάζει άμεσα τη ροή των οικονομικών εισροών στο σύστημα. Σε κάθε πρόβλημα χρονικού προγραμματισμού τα δεδομένα ανάλυσης αφορούν τις επιμέρους εργασίες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του έργου, τις διάρκειες των εργασιών και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών, οι οποίες συνήθως αναφέρονται στη σειρά υλοποίησής τους. Συμπληρωματικά των παραπάνω στοιχείων, στην ανάλυση υπεισέρχεται και το κόστος υλοποίησης κάθε εργασίας. Ο σωστός χρονικός προγραμματισμός της παραγωγής αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την αύξηση των οικονομικών εισροών στο σύστημα. Αντίθετα, οι μεγάλες καθυστερήσεις σε ένα σύστημα παραγωγής αποτελούν τροχοπέδη για τα οικονομικά αποτελέσματα.^[18] Σε γενικές γραμμές, οι αντικειμενικοί σκοποί του χρονικού προγραμματισμού της παραγωγής είναι:

- η αποτελεσματική χρησιμοποίηση μηχανών και προσωπικού,
- η ελαχιστοποίηση του χρόνου αναμονής πελατών, αποθήκευσης και χρόνου εκτέλεσης.
- ο εντοπισμός σχέσεων προτεραιότητας μεταξύ των δραστηριοτήτων
- η αλληλουχία δραστηριοτήτων

Το κοινό χαρακτηριστικό πολλών προβλημάτων που παρουσιάζονται στον προγραμματισμό παραγωγής, είναι η 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, στις περιπτώσεις όπου η υπολογιστική πολυπλοκότητα θεωρείται ως κυρίαρχο χαρακτηριστικό του προβλήματος, έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές βελτιστοποίησης. Ο αριθμός των εφαρμογών πληροφορικής, οι οποίες περιλαμβάνουν τεχνικές βελτιστοποίησης, αυξάνεται σταθερά. Αυτό οφείλεται κυρίως στη διαρκή τεχνολογική εξέλιξη αλλά και στην αυξανόμενη προσδοκία για ενίσχυση του οπλοστασίου της επιχειρησιακής έρευνας. Οι τεχνικές βελτιστοποίησης έκαναν την εμφάνισή τους στο πεδίο του διοικητικού προγραμματισμού με την ευρεία χρήση μοντέλων γραμμικού προγραμματισμού.^[3]

Για την δημιουργία και την εφαρμογή τεχνικών βελτιστοποίησης, κάθε πρόβλημα χρονικού προγραμματισμού περιγράφεται από μια σειρά παραμέτρων, όπως η διαθέσιμη δυναμικότητα του συστήματος, οι απαιτήσεις για παραγωγή, που καθορίζονται από τη ζήτηση των προϊόντων και διάφοροι τεχνολογικοί και άλλοι περιορισμοί. 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 στο μέγεθος μιας παρτίδας παραγωγής, τη σειρά εκτέλεσης των παραγγελιών, την ανάθεση συγκεκριμένων παραγγελιών σε συγκεκριμένες μηχανές, προτεραιότητες στην εξυπηρέτηση κλπ. Έτσι, από ένα σύνολο εφικτών προγραμμάτων, ζητείται το βέλτιστο δυνατό, αν και συχνά ο καθορισμός του είναι ανέφικτος. Οπότε το ζητούμενο είναι να βρεθεί ένα πρόγραμμα, το οποίο ικανοποιεί τόσο τους περιορισμούς του προβλήματος (Feasibility) όσο κάποια ελάχιστα κριτήρια που απαιτούνται από το χρήστη (Satisficing).

Ειδικότερα, για την επίλυση ενός προβλήματος χρονικού προγραμματισμού, απαιτούνται αρχικά πληροφορίες σχετικά με τις απαιτήσεις για την παραγωγή των προϊόντων.^[5] 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 φασεολογιών (Bill Of Resources – BOR). Με τον τρόπο αυτό, προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά και ο αριθμός των μηχανών που απαιτούνται για να ανταπεξέλθουν στην ζήτηση, 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 προαναφέρθηκε, αφορά στην εκπλήρωση δεδομένων κριτηρίων που μπορεί να αναφέρονται στην γρηγορότερη εξυπηρέτηση 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, σύμφωνα με την τιμή που παίρνει αντίστοιχα η συνάρτηση κόστους.

2.3 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.^[1]

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.

2.3.1 Η διαδικασία μοντελοποίησης

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

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 το 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 τη 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.

2.4 Θεωρία Δικτύων Petri (Petri Nets)

2.4.1 Εισαγωγή

Τα Δίκτυα Petri (ΔΡ) επινοήθηκαν το 1962 από τον Carl Adam και χρησιμοποιήθηκαν ως μαθηματικό εργαλείο με σκοπό να αποτελέσουν τη βάση μιας θεωρίας επικοινωνίας (συσχετίσεων και γεγονότων) μεταξύ των συστατικών μερών ενός υπολογιστικού συστήματος.^[1] Τα δίκτυα Petri χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή διασυνδεδεμένων συστημάτων, χωρίς τη λεπτομερή θεώρηση χρόνου. Η πρώτη αναπαράσταση των δικτύων Petri αναπτύχθηκε στο εργαστήριο Επιστήμης Υπολογιστών του MIT από μια ομάδα με επικεφαλής τους A. Holt, F. Commoner και M. Hack μεταξύ των ετών 1968 και 1976. Μετά από το σημείο αυτό παρατηρείται αυξημένο ενδιαφέρον για τα ΔΡ, με αποτέλεσμα η αρχική θεωρία να συμπληρωθεί και να εξελιχθεί σημαντικά. Από τον αρχικό ορισμό των ΔΡ μέχρι σήμερα που αποτελούν ένα από τα πλέον δημοφιλή εργαλεία μαθηματικής και γραφικής μοντελοποίησης, μεσολάβησε η παρουσίαση εκατοντάδων ορισμών, διευκρινίσεων, εργαλείων ανάλυσης κι επεκτάσεων του αρχικού μοντέλου, που πολλαπλασίασαν τις δυνατότητες αναπαράστασης και μελέτης συστημάτων.

2.4.2 Δυνατότητες κι εφαρμογές των δικτύων Petri

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

Τα δίκτυα Petri συνδυάζουν γραφικά και μαθηματικά εργαλεία για τη μοντελοποίηση συστημάτων που χαρακτηρίζονται ως παράλληλα, κατανεμημένα, ασύγχρονα, μη αιτιοκρατικά ή στοχαστικά. Οι δυνατότητες γραφικής αναπαράστασης τους αποκτούν επιπλέον αξία από το γεγονός ότι τα μοντέλα που κατασκευάζονται συντίθενται από μικρό αριθμό τύπων στοιχείων, με αποτέλεσμα να αποτελούν μια γλώσσα μοντελοποίησης, η χρήση της οποίας μπορεί εύκολα να γίνει κατανοητή. Ως γραφικό εργαλείο τα ΔΡ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο απεικόνισης κι επικοινωνίας παρόμοιο με τα διαγράμματα ροής, τα λογικά δέντρα και τα δομικά διαγράμματα. Σε σχέση με άλλες τεχνικές γραφικής αναπαράστασης είναι κατάλληλα για αναπαράσταση με φυσικό τρόπο λογικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συστατικών μερών ή των δραστηριοτήτων σε ένα σύστημα. Τα ΔΡ συνδυάζοντας την έννοια της κατανεμημένης κατάστασης με ένα κανόνα αλλαγής κατάστασης, υλοποιούν τα στατικά και τα δυναμικά χαρακτηριστικά πραγματικών συστημάτων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ύπαρξη υπολογιστικών εργαλείων που επιτρέπουν την προσομοίωση τους, τα καθιστούν ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο ανάπτυξης πολύπλοκων συστημάτων. Ως μαθηματικό εργαλείο χρησιμοποιούνται για την κατάστρωση εξισώσεων κατάστασης, αλγεβρικών εξισώσεων κι άλλων μαθηματικών μοντέλων που καθορίζουν τη συμπεριφορά των συστημάτων. 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 ΔΡ είναι η μοντελοποίηση, ανάλυση συμπεριφοράς, αξιολόγηση αποδοτικότητας, επιβεβαίωση δομικών ιδιοτήτων, προσομοίωση, παρακολούθηση, χρονοπρογραμματισμός, εποπτικός έλεγχος κι έλεγχος σε πραγματικό χρόνο συστημάτων. Τα ΔΡ μπορούν να εντοπίσουν παράγοντες που δρουν περιοριστικά στην απόδοση ενός συστήματος, προτείνοντας παράλληλα αλλαγές και βελτιώσεις που θα βοηθήσουν στη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς του. Επιπλέον, μπορούν να προσομοιώσουν τις δυναμικά εξελισσόμενες και παράλληλες δραστηριότητες των συστημάτων, επιτρέπουν την ιεραρχική μοντελοποίηση και τη μοντελοποίηση συστημάτων με διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας.

Οι επιστημονικοί τομείς στους οποίους έχουν μέχρι σήμερα χρησιμοποιηθεί τα δίκτυα Petri προέρχονται από χώρους με εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά. Ένας από τους

τομείς στον οποίο παρατηρείται μεγάλος αριθμός και ποικιλία εφαρμογών των ΔΡ είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και τα συστήματα επεξεργασίας πληροφορίας. Προβλήματα σχετικά με ηλεκτρονικούς υπολογιστές στα οποία χρησιμοποιούνται ΔΡ αναφέρονται σε πρωτοκόλλα

επικοινωνίας και κατανεμημένα συστήματα, συστήματα πολυμέσων, επεξεργασία δεδομένων, μεταγλωττιστές, τοπικά δίκτυα, ψηφιακά κυκλώματα, υπολογιστικά συστήματα ροής δεδομένων, πληροφοριακά συστήματα γραφείου, ηλεκτρονικές υπηρεσίες και κατανεμημένες ηλεκτρονικές επιχειρήσεις, μοντελοποίηση υλικού (hardware), ψηφιακά φίλτρα, συστήματα μνήμης πολλαπλών επεξεργαστών, αναζήτηση κι επαλήθευση γνώσης, συστήματα πολλαπλών πρακτόρων, τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και κέντρα, VLSI, αλγοριθμικά συστατικά, παράλληλα προγράμματα και βάσεις δεδομένων.

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

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

2.4.3 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.

2.4.3.1 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 κατάστασή 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 κατάστασης.

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.

2.4.3.2 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:

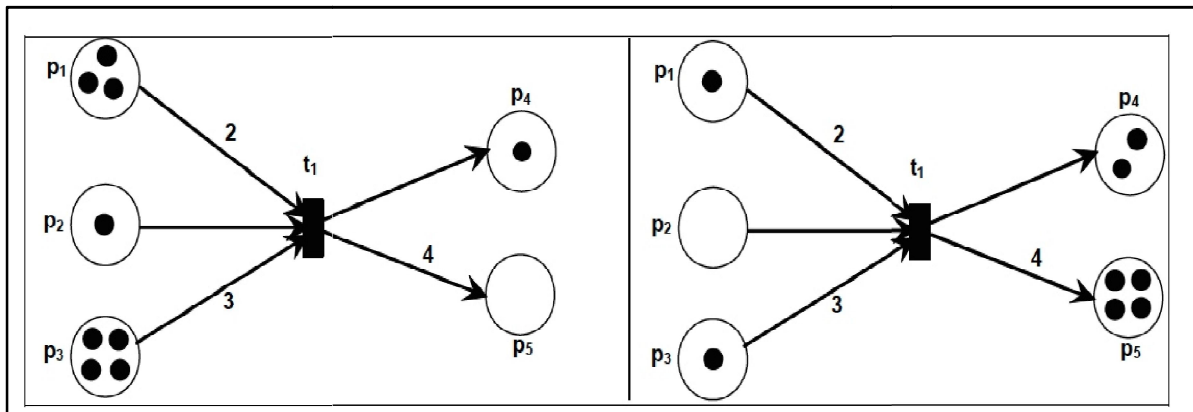
- $P = \{p_1, p_2 \dots p_{np}\}$ ένα πεπερασμένο και μη κενό σύνολο από θέσεις
- $T = \{t_1, t_2 \dots t_{nt}\}$ ένα πεπερασμένο και μη κενό σύνολο από μεταβάσεις
- $(P \cap T = \emptyset)$ η τομή των συνόλων των θέσεων και των μεταβάσεων
- $P \cup T = V$ η ένωση τους ορίζει το σύνολο V των κόμβων του δικτύου
- $I: (P \times T) \rightarrow N$ είναι ο πίνακας συμβάντων εισόδου, αντιστοιχεί στο σύνολο των τόξων με κατεύθυνση από θέσεις προς μεταβάσεις
- $O: (P \times T) \rightarrow N$ είναι ο πίνακας συμβάντων εξόδου, αντιστοιχεί στο σύνολο των κατευθυνόμενων τόξων από μεταβάσεις προς θέσεις
- $A = I \cup O$ σύνολο των τόξων ενός δικτύου Petri
- N σύνολο των μη αρνητικών ακεραίων αριθμών
- m_0 αρχική σήμανση του ΔP , δηλαδή η αρχική κατανομή των τελειών στις θέσεις του (οι αριθμοί τελειών που βρίσκονται σε κάθε θέση)

2.4.3.3 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 $ti \in T$ είναι σε ετοιμότητα αν $m(pj) > 0$ για κάθε $pj \in P$ για το οποίο ισχύει $I(pj, ti) = 1$. Οι θέσεις εισόδου μιας μετάβασης έχουν δηλαδή την έννοια των προϋποθέσεων για την ενεργοποίηση της. Γενικά, μια μετάβαση τίθεται σε ετοιμότητα όταν όλες οι θέσεις εισόδου περιέχουν αριθμό από τελείες μεγαλύτερο ή ίσο των βαρών των αντίστοιχων τόξων σύνδεσης της μετάβασης με τις θέσεις εισόδου. Μία μετάβαση ενεργοποιείται (fires) μέσω της απομάκρυνσης τελειών από τις θέσεις εισόδου της και της προσθήκης τελειών στις θέσεις εξόδου της, σύμφωνα με τα βάρη των αντίστοιχων τόξων. Ο αριθμός των τελειών που αφαιρούνται από τις θέσεις εισόδου 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 Εικόνα 2.1 παρουσιάζεται η μεταβολή της κατανομής τελειών σε ένα απλό ΔΡ που προκαλείται από την ενεργοποίηση της μετάβασης του.



Εικόνα 2.1 Παράδειγμα δικτύου Petri α)πριν και β)μετά την ενεργοποίηση της μετάβασης.

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.

2.4.3.4 Σημάνσεις δικτύων Petri

Η κατάσταση ενός ΔΡ περιγράφεται κάθε στιγμή από τη σήμανσή του, η οποία προκύπτει από την αντιστοίχιση σε κάθε θέση ενός μη αρνητικού ακέραιου αριθμού που αναπαριστά τον αριθμό από τελείες που βρίσκονται σε αυτή την τρέχουσα στιγμή. Η σήμανση ενός ΔΡ συμβολίζεται με το γράμμα m και είναι ένα διάνυσμα μεγέθους ίσου με τον αριθμό των θέσεων του. Η αρχική σήμανση ενός ΔΡ είναι υπεύθυνη για όλες τις σημάνσεις που εμφανίζονται κατά την εκτέλεση των διαδοχικών ενεργοποιήσεων. Οι σημάνσεις αυτές συμβολίζονται ως m_i , όπου ο δείκτης i είναι θετικός ακέραιος αριθμός που δείχνει τον αύξοντα αριθμό της τρέχουσας ενεργοποίησης.

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

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

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 ΔΡ από m_i σε m_{i+1} λόγω της ενεργοποίησης της t_j συμβολίζεται ως:

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

2.4.3.5 Βασικές δυναμικές καταστάσεις που μοντελοποιούνται με ΔΡ

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

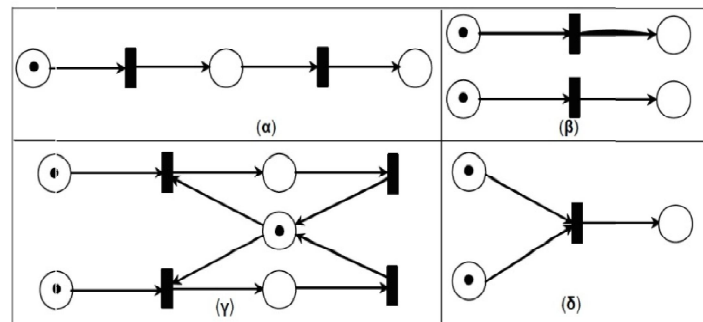
Η ακολουθία ή ακολουθιακή συμπεριφορά αναφέρεται σε ένα δίκτυο αποτελούμενο από δύο μεταβάσεις, όπου η θέση εξόδου της πρώτης αποτελεί τη θέση εισόδου της δεύτερης. Στην περίπτωση αυτή η δεύτερη μετάβαση δε μπορεί να ενεργοποιηθεί αν δεν προηγηθεί ενεργοποίηση της πρώτης. Η παραλληλία ή ταυτοχρονισμός συμβαίνει όταν δύο μεταβάσεις είναι σε ετοιμότητα και δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (δεν έχουν κοινές εισόδους, ή οι θέσεις εξόδου της μιας δεν αποτελούν εισόδους στην άλλη), οπότε μπορούν να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα.

Ο αμοιβαίος αποκλεισμός συνδέεται με την ύπαρξη κοινών πόρων σε ένα σύστημα. Σε αυτόν, δύο μεταβάσεις είναι παράλληλα σε ετοιμότητα σε κάποια σήμανση, όμως δεν μπορούν να ενεργοποιηθούν κι οι δύο εξαιτίας της ύπαρξης κοινής θέσης εισόδου η οποία περιέχει μια μόνο τελεία. Η ενεργοποίηση της μιας μετάβασης αφαιρεί την ετοιμότητα της άλλης, η οποία έχει μια τουλάχιστον κενή θέση εισόδου. Ο αμοιβαίος αποκλεισμός αποτελεί περίπτωση σύγκρουσης. Σε περιπτώσεις συγκρούσεων, η επιλογή της μετάβασης που θα ενεργοποιηθεί, μπορεί να γίνει με διαφορετικά κριτήρια, όπως την ύπαρξη προτεραιοτήτων, τη συνολική κατάσταση του συστήματος, την απόδοση πιθανοτήτων, την ετοιμότητα των μεταβάσεων σε διαφορετικό χρόνο κτλ.

Ο συγχρονισμός παρατηρείται όταν μια μετάβαση έχει περισσότερες από μια θέσεις εισόδου. Στην περίπτωση αυτή, η μετάβαση δεν μπορεί να τεθεί σε ετοιμότητα μέχρι να βρεθούν τελείες σε όλες τις θέσεις εισόδου. Χαρακτηριστική περίπτωση κατεργασίας, που είναι αναγκαίος ο συγχρονισμός, αποτελούν οι συναρμολογήσεις στα συστήματα παραγωγής.

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

Η αναπαράσταση με δίκτυα Petri των παραπάνω γεγονότων παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.2



Εικόνα 2.2: Αναπαράσταση με ΔΡ α) ακολουθίας γεγονότων, β) παραλληλίας, γ) αμοιβαίου αποκλεισμού και δ) συγχρονισμού.

2.4.4 Ιδιότητες δικτύων Petri

Ως μαθηματικό εργαλείο, τα δίκτυα Petri έχουν μια σειρά από ιδιότητες. Οι ποιοτικές αυτές ιδιότητες, επιτρέπουν την αναγνώριση της παρουσίας ή μη μιας σειράς από λειτουργικά χαρακτηριστικά στα υπό εξέταση συστήματα. Με τον τρόπο αυτό, γίνεται δυνατή η κατηγοριοποίηση τους κι η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά των μοντέλων που υλοποιούνται. Οι ιδιότητες των ΔΡ χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις ιδιότητες συμπεριφοράς και τις δομικές ιδιότητες. Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται σε ιδιότητες που εξαρτώνται από την αρχική σήμανση ή αρχική κατάσταση του ΔΡ ενώ η δεύτερη κατηγορία περιγράφει ιδιότητες που εξαρτώνται μόνο από τη δομή ή την τοπολογία του ΔΡ ανεξαρτήτως της αρχικής του κατάστασης. Παραλλαγές κάποιων από τις ιδιότητες μπορούν να ανήκουν και στις δύο κατηγορίες.

2.4.5 Πίνακας συμβάντων

Θεωρώντας ένα σύννηθες δίκτυο Petri n θέσεων και m μεταβάσεων, ο πίνακας συμβάντων του W είναι ένας $(n \times m)$ πίνακας ακεραίων αριθμών, που ορίζεται από την σχέση: $W = [w_{ij}]$, όπου $w_{ij} = w_{ij}^+ - w_{ij}^-$. Το w_{ij}^+ δηλώνει το βάρος του τόξου που ενώνει την t_j με τη θέση εξόδου της p_i , ενώ το w_{ij}^- το βάρος του τόξου που φτάνει στην t_j από τη θέση εισόδου p_i . Ο αριθμός w_{ij} στον πίνακα συμβάντων αντιπροσωπεύει τη θετική ή αρνητική μεταβολή του αριθμού τελειών στο p_i εξαιτίας της

ενεργοποίησης της t_j . Στον πίνακα συμβάντων, κάθε γραμμή συνδέεται με μια θέση και κάθε στήλη με μια μετάβαση. Η στήλη j αντιστοιχεί στην αλλαγή κατάστασης που προκαλεί η ενεργοποίηση της t_j . Ο πίνακας συμβάντων είναι ανεξάρτητος της σήμανσης, αφού η αλλαγή κατάστασης που αντιπροσωπεύει αναφέρεται σε δομικές σχέσεις των θέσεων.

Έστω δίκτυο Petri, η τρέχουσα σήμανση του οποίου είναι m_k . Η επόμενη σήμανσή του, που προκύπτει από την ενεργοποίηση της μετάβασης t_j , δίνεται από την εξίσωση:

$$m_{k+1} = m_k + W^T u_k$$

Το u_k είναι $(m \times 1)$ διάνυσμα που αποτελείται από $m-1$ μηδενικά και μια μοναδιαία είσοδο στη θέση j που αντιστοιχεί στην t_j . Στην περίπτωση που το ΔΡ ξεκινώντας από τη m_0 μετά από την ενεργοποίηση διαφόρων μεταβάσεων προσεγγίζει μια τελική σήμανση m_f , η αντίστοιχη εξίσωση που περιγράφει αυτή την αλλαγή κατάστασης είναι η:

$$m_f = m_0 + W^T u$$

Σε αυτή το u ονομάζεται διάνυσμα μέτρησης ενεργοποίησης κι αποτελεί την άθροιση των επιμέρους u_i για $i = 0, 1, \dots, f-1$. Δηλαδή, το i -οστό στοιχείο του u είναι ένας μη αρνητικός ακέραιος που δηλώνει τον αριθμό φορών που πρέπει να ενεργοποιηθεί η μετάβαση t_i για να αλλάξει η κατάσταση του δικτύου από m_0 σε m_f . Στην εξίσωση αυτή σημασία έχει ο αριθμός των φορών που μια μετάβαση ενεργοποιείται κι όχι η σειρά ενεργοποίησης των μεταβάσεων.

Το βασικό πρόβλημα του πίνακα συμβάντων είναι η αδυναμία του να αναπαραστήσει κύκλους (self-loops). Οι κύκλοι αναφέρονται στο φαινόμενο κατά το οποίο μια θέση είναι ταυτόχρονα θέση εισόδου και θέση εξόδου σε μια μετάβαση. Στην περίπτωση αυτή, το στοιχείο του πίνακα συμβάντων που αντιστοιχεί σε αυτό το ζεύγος κόμβων είναι ίσο με 0. Αυτό το πρόβλημα μοντελοποίησης μπορεί να ξεπεραστεί με προσθήκη ενός πλασματικού ζεύγους θέσης μετάβασης, η διάρκεια της οποίας είναι μηδενική.

Οι παραπάνω εξισώσεις διέπουν την δυναμική συμπεριφορά συστημάτων μοντελοποιημένων με ΔΡ. Η επίλυση της εξίσωσης κατάστασης για προσέγγιση της m_f από τη m_0 μπορεί να δώσει ως αποτέλεσμα διάνυσμα u που να αποτελείται από μη αρνητικούς ακραίους αλλά να μην είναι δυνατή η πραγματοποίηση του στο ΔΡ. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν υπάρχει δυνατή ακολουθία ενεργοποίησης μεταβάσεων που αντιστοιχεί στο u . Δηλαδή, η λύση της εξίσωσης είναι ικανή αλλά όχι αναγκαία συνθήκη για να εξετασθεί αν μπορεί να προσεγγιστεί μια επιθυμητή σήμανση.

2.4.6 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. 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 ΔΡ περιγράφουν τη στατική δομή ενός συστήματος, ενώ οι τελείες αναπαριστούν κάθε στιγμή τη δυναμική του κατάσταση.

Έχει οριστεί μεγάλος αριθμός επεκτάσεων του αρχικού μοντέλου που βελτιώνουν σε μεγάλο βαθμό τις δυνατότητες αναπαράστασης του. Οι επεκτάσεις αυτές επιτρέπουν μεταξύ άλλων την πληρέστερη ποσοτική ανάλυση συστημάτων (χρονικά ΔΡ), την αναπαράσταση συνεχών ή υβριδικών συστημάτων (συνεχή και υβριδικά ΔΡ), την πιο συμπυκνωμένη αναπαράσταση συστημάτων μέσω της σύνδεσης θέσεων με διαφορετικούς τύπους τελειών, όπου κάθε τύπος τελείας συνδέεται με διαφορετικές δομές δεδομένων (υψηλού επιπέδου ΔΡ όπως για παράδειγμα τα έγχρωμα ΔΡ), την αναπαράσταση μη βεβαίας γνώσης για την κατάσταση ενός συστήματος (ασαφή ΔΡ), τη δυνατότητα εξωτερικοί ελεγκτές να επηρεάσουν την εξέλιξη της κατάστασης των τελειών στο δίκτυο (ελεγχόμενα ΔΡ), την αναπαράσταση υποθετικού λόγου (ΔΡ με επεκτάσεις τόξων) και ΔΡ στα οποία ένα δίκτυο μπορεί να αποτελέσει τελεία ενός άλλου δικτύου (αντικειμενοστραφή ΔΡ). Επίσης τα ΔΡ είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για την ιεραρχική μοντελοποίηση συστημάτων, αφού μια θέση ή μια μετάβαση μπορεί να αντικατασταθεί από ένα υποδίκτυο για να παρέχει πιο λεπτομερή περιγραφή κάποιων συστατικών μερών (για τις ανάγκες αυτές έχει αναπτυχθεί κατηγορία ιεραρχικών επεκτάσεων ΔΡ).

Η μεταβολή της κατάστασης σε ένα ΔΡ ορίζεται από τη ροή των τελειών μέσα σε αυτό. Αυτό σημαίνει πως μια περιορισμένη σε μέγεθος δομή ΔΡ μπορεί να αναπαραστήσει μεγάλο πλήθος διαφορετικών καταστάσεων καθώς κι αλλαγές των αρχικών χαρακτηριστικών του μοντέλου (m_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 ΔΡ μπορούν σαφώς να αναπαραστήσουν ταυτόχρονα την κατάσταση πολλαπλών συστατικών μερών του συστήματος. Αυτό προκύπτει από το ότι τα αυτόματα αναπαριστούν την κατάσταση του συνολικού συστήματος σε μια χρονική στιγμή, ενώ τα ΔΡ περιγράφουν τις καταστάσεις των συστατικών του μερών ανεξάρτητα. Τα ΔΡ είναι το πιο κατάλληλο εργαλείο μοντελοποίησης για την αναπαράσταση συστημάτων με επαναλαμβανόμενες δομές και ροές και μεγάλους χώρους

προσεγγίσιμων καταστάσεων. Η χρήση λεκτικών περιγραφών ή μαθηματικών παραστάσεων στις μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων δυσκολεύει την κατανόηση των μοντέλων από μη ειδικούς σε σχέση με την απλή γραφική αναπαράσταση των ΔΡ η οποία κάνει δυνατή την οπτικοποίηση της ροής καταστάσεων σε ένα σύστημα και τον εντοπισμό των εξαρτήσεων μεταξύ των μερών του. Επίσης, η ποσοτική και ποιοτική ανάλυση συστημάτων που μπορεί να γίνει σε συστήματα μοντελοποιημένα με ΔΡ είναι πιο ολοκληρωμένη και μπορεί να δώσει πιο σημαντικά αποτελέσματα, ενώ η χρήση τους μπορεί να συνδυαστεί με πλήθος άλλων εργαλείων στα πλαίσια μεγάλης ποικιλίας εφαρμογών.

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

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

Τα δίκτυα Petri επιτρέπουν ακόμα την υλοποίηση στρατηγικών εποπτικού ελέγχου για την εξάλειψη επικινδύνων καταστάσεων από τη λειτουργία ενός συστήματος. Στη βιβλιογραφία προτείνονται δύο κύριες προσεγγίσεις εποπτικού ελέγχου βασισμένου σε δίκτυα Petri, ο εποπτικός έλεγχος χαρτογράφησης (mapping supervisor), όπου η πολιτική ελέγχου υπολογίζεται από ένα ελεγκτή πραγματικού χρόνου ως συνάρτηση ανατροφοδότησης της σήμανσης του ΔΡ κι ο εποπτικός έλεγχος ενσωματωμένου ελεγκτή (compiled supervisor), όπου η πολιτική ελέγχου αναπαρίσταται στη δομή του δικτύου. Στην παρούσα διπλωματική εργασία ακολουθείται η δεύτερη προσέγγιση, που εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Στην προσέγγιση αυτή ο υπολογισμός των ενεργειών ελέγχου είναι ταχύτερος αφού δεν απαιτεί ξεχωριστούς υπολογισμούς σε πραγματικό χρόνο και επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ίδιοι αλγόριθμοι εκτέλεσης τόσο για το μοντέλο του συστήματος όσο και για τον εποπτικό ελεγκτή, γεγονός που οδηγεί σε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Στην περίπτωση αυτή το ελεγχόμενο μοντέλο ενός συστήματος μπορεί να χτιστεί χρησιμοποιώντας μοντέλα υποσυστημάτων με προκαθορισμένα χαρακτηριστικά.

2.5 Προσομοίωση

Προσομοίωση (simulation) είναι η μίμηση της λειτουργίας συστημάτων ή της εξέλιξης διαδικασιών μέσα στο χρόνο με τη βοήθεια υπολογιστή.^[2] 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 μια διεργασία χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο και έχοντας ως στόχο την οικονομικότερη, ταχύτερη και λιγότερο επικίνδυνη απεικόνιση της πραγματικότητας σε υπολογιστικό περιβάλλον.

Αν οι σχέσεις που περιγράφουν την εξέλιξη του συστήματος είναι απλές, τότε είναι δυνατή η εύρεση λύσεων κλειστής μορφής, οπότε λέμε ότι το μοντέλο επιλύεται αναλυτικά. Ωστόσο, τα περισσότερα συστήματα έχουν διάνυσμα κατάστασης μεγάλων διαστάσεων και περιγράφονται από πολύπλοκα μοντέλα των οποίων η αναλυτική επίλυση είναι αδύνατη. Για τη μελέτη τους εφαρμόζονται οι λεγόμενες αριθμητικές μέθοδοι. Τέτοιες είναι η αριθμητική ανάλυση και η προσομοίωση. Η προσομοίωση συνίσταται στην ανάπτυξη ενός μοντέλου του υπό εξέταση συστήματος με τη μορφή προγράμματος σε υπολογιστή και στην εκτέλεση ενός ή περισσότερων πειραμάτων τα οποία καταγράφουν την κατάσταση του συστήματος σε διαδοχικές χρονικές στιγμές αποτυπώνοντας ένα πιθανό σενάριο εξέλιξης του συστήματος στο χρόνο.

Με την προσομοίωση μπορεί κανείς να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα ή απόδοση ενός συστήματος πριν αυτό κατασκευασθεί με σκοπό τη βέλτιστη σχεδίασή του.

Η προσομοίωση βρίσκει εφαρμογές σε διάφορους τομείς όπως στην ανάλυση και σχεδίαση συστημάτων παραγωγής (βιομηχανίες), στον έλεγχο αποθεμάτων (βιομηχανίες, εμπορικές επιχειρήσεις), στη μελέτη κυκλοφοριακών συστημάτων (οδικά δίκτυα, αεροδρόμια), στη μελέτη συστημάτων εξυπηρέτησης πελατών (τράπεζες, νοσοκομεία, τηλεπικοινωνίες), στην αξιολόγηση αποφάσεων υπό αβεβαιότητα (χρηματιστήριο, επενδύσεις, marketing) και σε άλλες περιπτώσεις.

2.6 Πρόβλεψη

2.6.1 Εισαγωγή

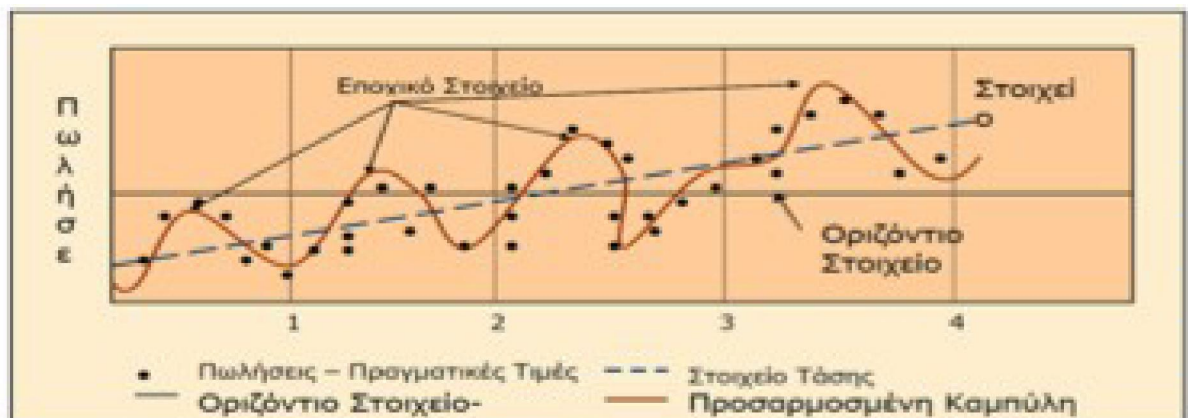
Ως πρόβλεψη θεωρείται η εκτίμηση μελλοντικών γεγονότων που θα χρησιμοποιήσει μια επιχείρηση για τον προγραμματισμό των σχεδίων της. Οι διαρκώς μεταβαλλόμενες επιχειρηματικές συνθήκες ως αποτέλεσμα του παγκόσμιου ανταγωνισμού και των ραγδαίων τεχνολογικών αλλαγών ασκούν πιέσεις στις επιχειρήσεις για όσο 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 ^{[23]-[24]}.

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.

2.6.2 Διαδικασία πρόβλεψης



Εικόνα 2.3: 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 υπόψη 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**.

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

2.6.3 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 αναφέρθηκαν 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
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.
Έρευνα αγοράς	Συλλογή δεδομένων από διάφορους τρόπους (συνεντεύξεις, ερωτηματολόγιο) με στόχο τον έλεγχο συνθηκών της αγοράς. Θεωρείται μακροπρόθεσμη μέθοδος πρόβλεψης κυρίως για νέα προϊόντα.
Συμβούλιο τεχνικών	Ελεύθερη ανταλλαγή απόψεων σε συνελεύσεις. Οι συμμετέχοντες μπορεί να είναι στελέχη, πωλητές και πελάτες.
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.
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 2.1: 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
Μέθοδοι προεκβολής (Ανάλυση χρονοσειρών)	Θεωρεί ότι οι ιστορικές παρατηρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη μελλοντικών παρατηρήσεων.
Απλός κινητός μέσος	Απλός μέσος όρος των n παρατηρήσεων όπου κάθε σημείο έχει την ίδια βαρύτητα.
Σταθμισμένος κινητός μέσος	Ορισμένα σημεία (συνήθως πιο πρόσφατα) έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα στον υπολογισμό του μέσου όρου.
Εκθετική εξομάλυνση	Η στάθμιση των δεδομένων μειώνεται εκθετικά σε σχέση με τον χρόνο δίνοντας μεγαλύτερη στάθμιση στις πιο πρόσφατες παρατηρήσεις.
Παλινδρόμηση	Προσαρμογή γραμμικής σχέσης σε συνάρτηση με τον χρόνο. Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων είναι η πιο συνηθισμένη τέτοια μέθοδος γραμμικής προσαρμογής.
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.
Χρονοσειρές Shinskin	Αποτελεσματική μέθοδος ανάλυσης χρονοσειρών σε εποχικότητα, τάση και τυχαίότητα. Απαιτεί δεδομένα τουλάχιστον τριών ετών και είναι πολύ αποτελεσματική στον εντοπισμό σημείων αλλαγής.
Εφαρμογή τάσεων	Προσαρμογή μαθηματικών γραμμών τάσης στα δεδομένα και προεκβολή στο μέλλον.

Πίνακας 2.2: Ποσοτικές Μέθοδοι

- **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 σπλισμού 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 σπλισμού. 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.
Παλινδρόμηση	Πολυμεταβλητή ανάλυση παλινδρόμησης παρόμοια με εκείνη των χρονοσειρών, που λαμβάνει υπόψη και εξωτερικές μεταβλητές.
Οικονομετρικά μοντέλα	Εφαρμογή εξαρτημένων εξισώσεων με σκοπό την περιγραφή ενός τομέα της οικονομίας.
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.
Leading indicators	Εντοπισμός προϊόντων ή μεγεθών που έχουν την ίδια πορεία αλλά προηγούνται του μεγέθους πρόβλεψης
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 2.3:Αιτιατικές μέθοδοι Πρόβλεψης

2.6.4 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.

2.6.4.1 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:

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

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.

2.6.4.2 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.

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

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 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:

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

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:

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

2.6.4.3 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:

$$Y = a + bX$$

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

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

Βήμα 2ο: Υπολογισμός a

Χρησιμοποιείται η σχέση

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

Βήμα 3ο: Αντικατάσταση a και b

που υπολογίστηκαν από τις δύο προηγούμενες σχέσεις στην αρχική σχέση.

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

Στις παραπάνω σχέσεις είναι:

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

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 επιπλέον μεθόδων οι οποίες επιλέγονται με βάση τα δεδομένα που υπάρχουν για επεξεργασία. Στην περίπτωση της εταιρίας *help pharmaceuticals* που μελετάται στα πλαίσια αυτής της εργασίας, η φύση του προβλήματος, οι διαθέσιμες τιμές και ο αριθμός των τιμών αυτών μας αναγκάζουν να περιοριστούμε στις μεθοδολογίες που έχουν ήδη αναφερθεί

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

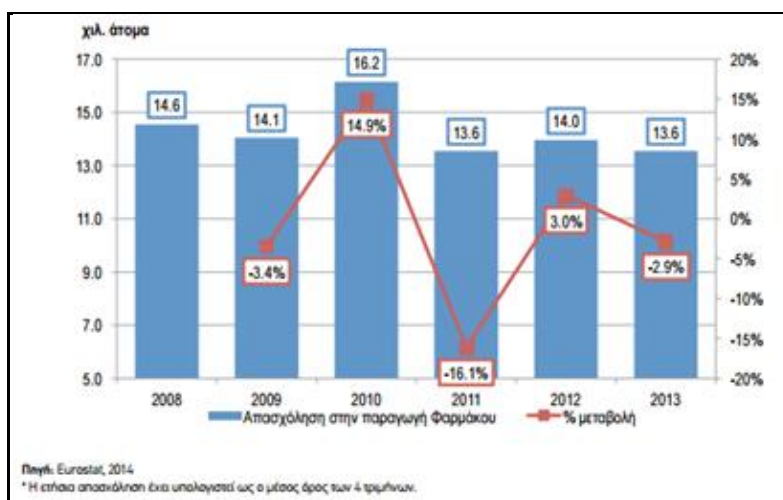
Η ΦΑΡΜΑΚΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ HELP PHARMACEUTICALS

3.1 Η Φαρμακοβιομηχανία στην Ελλάδα

Με φόντο την παγκόσμια οικονομική ύφεση η χώρα μας επιδιώκει την επίτευξη δημοσιονομικής ισορροπίας και την ανάκαμψη της ελληνικής οικονομίας επιβάλλοντας νέα μέτρα και δραστικές αλλαγές σε όλες τις υπάρχουσες δομές. Η ελληνική οικονομία συνεχίζει να διανύει περίοδο ύφεσης χωρίς προηγούμενο, με αποτέλεσμα το ΑΕΠ να έχει υποχωρήσει κατά περίπου 1/4 (-23,3%) σε σύγκριση με το 2007. Η βαθιά ύφεση, έχει προκαλέσει σημαντικές μεταβολές στον παραγωγικό ιστό της οικονομίας, όπου σημαντικό τμήμα των επιχειρήσεων έχει διακόψει την λειτουργία του, ενώ η απασχόληση έχει μειωθεί κατά σχεδόν 20%, με ταυτόχρονη έκρηξη στον αριθμό των ανέργων.^[8]

Σε μια περίοδο γενικευμένης οικονομικής ύφεσης και αποβιομηχάνισης, η Ελληνική Φαρμακοβιομηχανία προσπαθεί να συνεισφέρει, κατά το δυνατόν, στην οικονομία, την ανάπτυξη και την απασχόληση με νέες θέσεις εργασίας, εξαγωγές και επενδύσεις, αποτελώντας τομέα προτεραιότητας για την Εθνική Οικονομία.

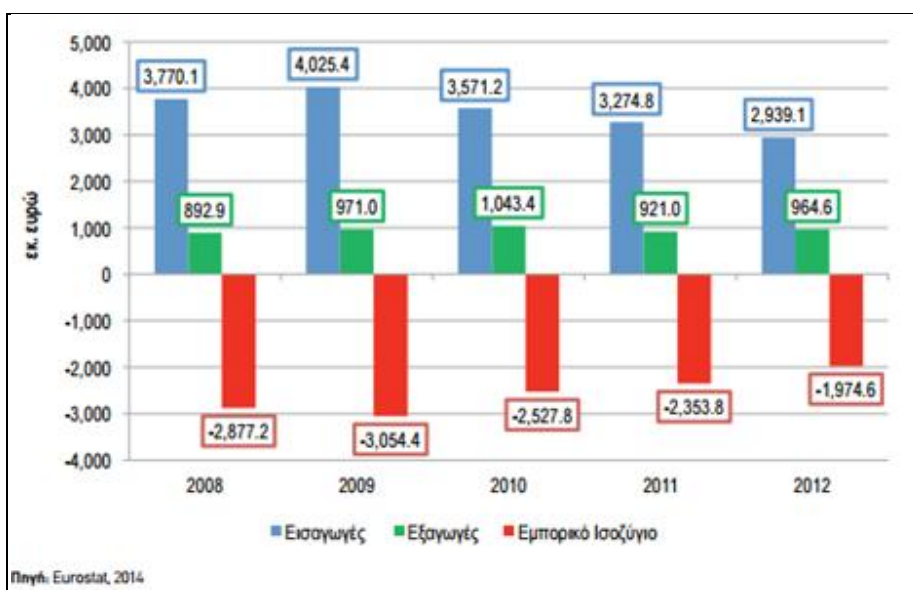
Το 2013 απασχολούνταν συνολικά 140.000 άτομα στο χώρο της υγείας, εκ των οποίων 13.600 άτομα, 31 ειδικοτήτων, στο στενό πυρήνα της παραγωγής φαρμάκου. Συνολικά το 2013 δραστηριοποιούνταν στην Ελλάδα 56 πολυεθνικές, 50 ελληνικές φαρμακευτικές επιχειρήσεις, 120 φαρμακαποθήκες, 27 συνεταιρισμοί φαρμάκων, 11.000 φαρμακεία και 26 Φαρμακεία ΕΟΠΥΥ, καθιστώντας τον κλάδο του φαρμάκου ζωτικό παράγοντα για την ανάπτυξη της Εθνικής Οικονομίας.^[7]



Διάγραμμα 3.1 : Απασχόληση στην παραγωγή φαρμάκου

Η σύγχρονη Ελληνική Φαρμακοβιομηχανία αναπτύσσει και παράγει, κυρίως γενόσημα φάρμακα, πραγματοποιεί σημαντικές εξαγωγές σε πάνω από 85 χώρες του κόσμου, με εκατομμύρια ασθενείς ανά τον κόσμο να εμπιστεύονται τα ελληνικά φάρμακα, τα οποία εξελίσσονται συνεχώς σε συνεργασία με Πανεπιστήμια και Ερευνητικά Ινστιτούτα της χώρας και του εξωτερικού. Είναι από τους ελάχιστους εναπομείναντες παραγωγικούς θύλακες της χώρας και υλοποιεί προγράμματα σημαντικών επενδύσεων -οι οποίες ανέρχονται τα τελευταία χρόνια σε €355 εκατ.- στους τομείς της μηχανολογικής υποστήριξης, του ποιοτικού ελέγχου και της διασφάλισης της παραγωγικής διαδικασίας, με αποτέλεσμα να καθίσταται ανταγωνιστική σε διεθνές επίπεδο.

Εξίσου σημαντικός είναι ο ρόλος του κλάδου στη διαμόρφωση του συνολικού εξωτερικού εμπορίου της χώρας. Οι εισαγωγές και οι εξαγωγές φαρμάκων το 2012 ανήλθαν στα 2,9 δισεκ. ευρώ και 964 εκ. ευρώ αντίστοιχα, το 2011 ανήλθαν σε €3,0 δισ. και €859 εκατ., αντίστοιχα. Το 2011 σε σχέση με το 2010, οι εισαγωγές φαρμακευτικών προϊόντων παρουσίασαν μείωση κατά 12,9%, ενώ και οι εξαγωγές μειώθηκαν κατά 15%. Το 2012 σε σχέση με το 2011, οι εισαγωγές φαρμακευτικών προϊόντων παρουσίασαν μείωση κατά 10%, ενώ οι εξαγωγές αυξήθηκαν κατά 5% με αποτέλεσμα το έλλειμμα να συρρικνωθεί κατά 16%, ενώ σε απόλυτα μεγέθη διαμορφώθηκε στα -1,9 δισεκ. ευρώ, έναντι -3,1 δισεκ. ευρώ το 2009. Συνολικά, σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat, ο κλάδος της φαρμακοβιομηχανίας βρίσκεται στην 1η θέση έντασης επενδύσεων ανά εργαζόμενο (επενδύσεις προς προστιθέμενη αξία), μεταξύ των κλάδων μεταποίησης στην Ελλάδα. Στο διάγραμμα 2 απεικονίζεται η πορεία εισαγωγών και εξαγωγών για τα αναφερόμενα έτη.

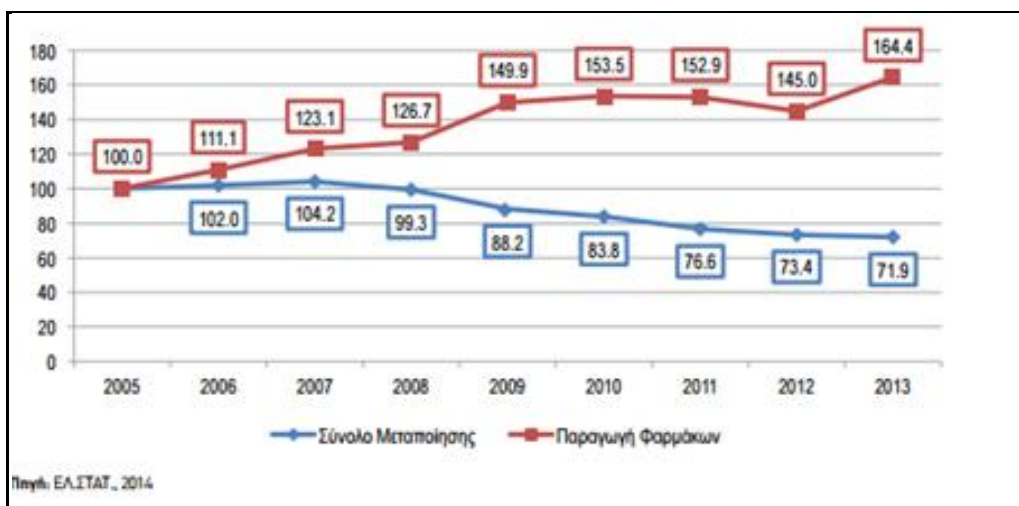


Διάγραμμα 3.2: Εξέλιξη Εμπορικού Ισοζυγίου Φαρμάκων

Παράλληλα, η οικονομική δραστηριότητα της Ελληνικής Φαρμακοβιομηχανίας ενισχύει τα φορολογικά έσοδα του Κράτους. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με πρόσφατη έκθεση του IOBE

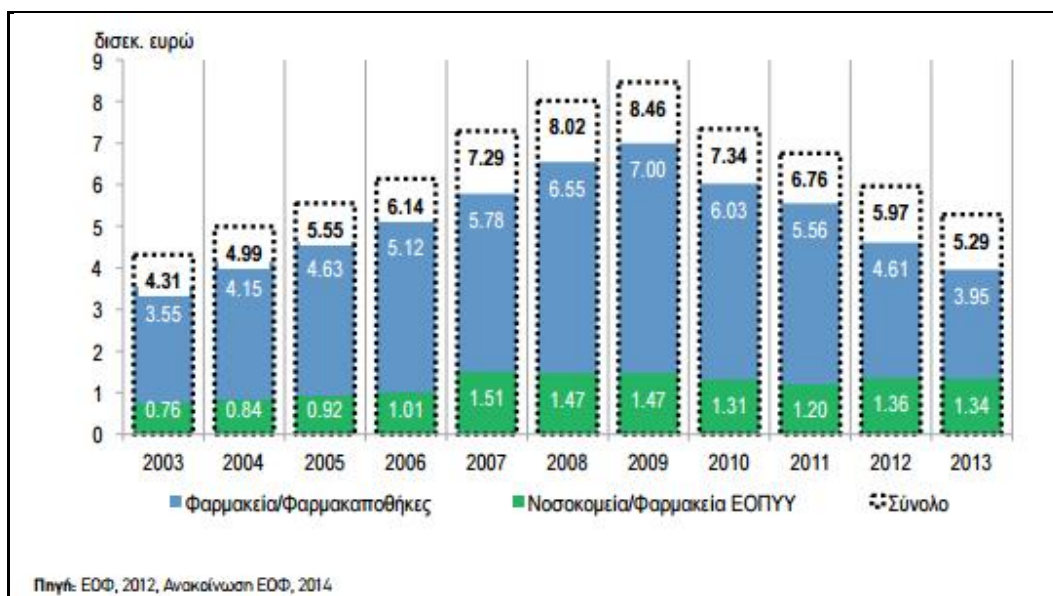
(Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών), τα συνολικά ετήσια φορολογικά έσοδα από την εγχώρια παραγωγή φαρμάκων ανέρχονται σε 147 εκατ.

Από τη δεκαετία του 2000 ο κλάδος της φαρμακοβιομηχανίας αποτέλεσε έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους κλάδους της εγχώριας μεταποίησης, παρά τη συνολικά φθίνουσα πορεία της ελληνικής βιομηχανίας, χάρη στην αύξηση των επενδύσεων στον κλάδο με τη δημιουργία νέων μονάδων παραγωγής και παρασκευής φαρμακευτικώνσκευασμάτων. Ο συγκεκριμένος κλάδος παρουσιάζει υψηλή ανταγωνιστικότητα, με διεθνώς ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη της Εθνικής Οικονομίας. Αποτελεί το 10% της συνολικής εγχώριας μεταποιητικής παραγωγής, εμφανίζοντας το 3^ο μεγαλύτερο ποσοστό ανάπτυξης στον κλάδο της μεταποίησης ανάμεσα στις χώρες της Ευρώπης για το διάστημα 2000-2011. Η παραγωγή φαρμάκου στην Ελλάδα το 2011, σε όρους αξίας (τιμές παραγωγού), διαμορφώθηκε στα 846,2 εκατ. €, μειωμένη σε σχέση με το 2010 κατά 7% περίπου. Το μέσο μέγεθος της φαρμακοβιομηχανίας είναι σημαντικά υψηλότερο από το μέσο μέγεθος της μεταποιητικής επιχείρησης, τόσο σε όρους αξίας παραγωγής, όσο και σε όρους απασχόλησης.



Διάγραμμα 3.3: Δείκτης Βιομηχανικής Παραγωγής Φαρμακευτικών Προϊόντων (2005=100)

Αν και οι προσδοκίες στη φαρμακοβιομηχανία παραδοσιακά εμφανίζονταν θετικότερες έναντι του συνόλου της μεταποίησης, στο τέλος του 2012 καταγράφηκε αντιστροφή της τάσης με τις προσδοκίες της φαρμακοβιομηχανίας να υποχωρούν σημαντικά και για πρώτη φορά να διαμορφώνεται μια εικόνα έντονης απαισιοδοξίας στον κλάδο. Αυτό οφείλεται στο ότι οι περισσότερες εγχώριες φαρμακοβιομηχανίες είδαν τις πωλήσεις τους να μειώνονται – κατά 15,3% την περίοδο 2009/2011 – και τα συνολικά οικονομικά τους αποτελέσματα να περνούν σε αρνητικό έδαφος.

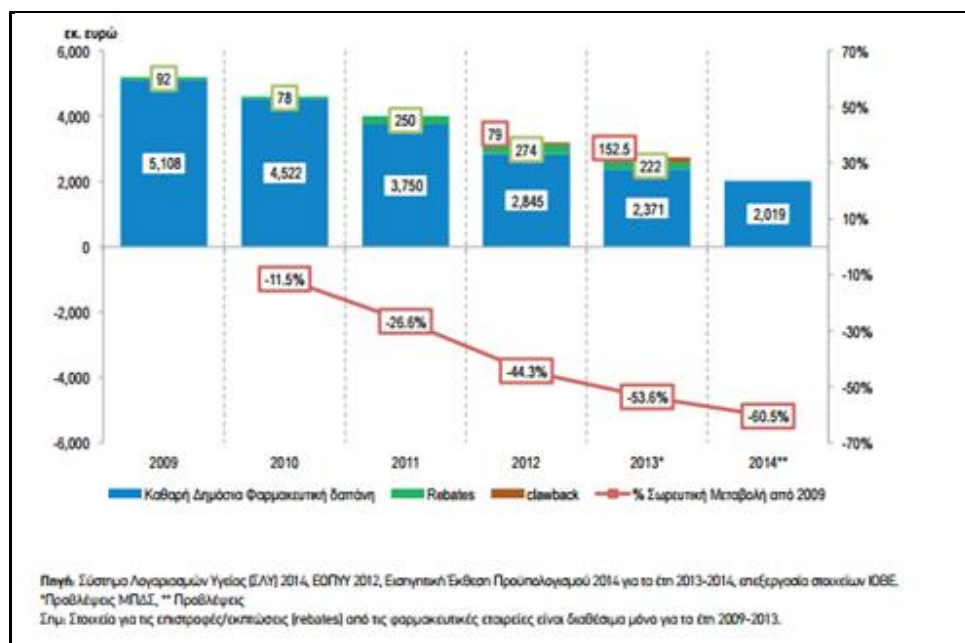


Διάγραμμα 3.4: Πωλήσεις Φαρμάκων στην Ελλάδα 2003-2012

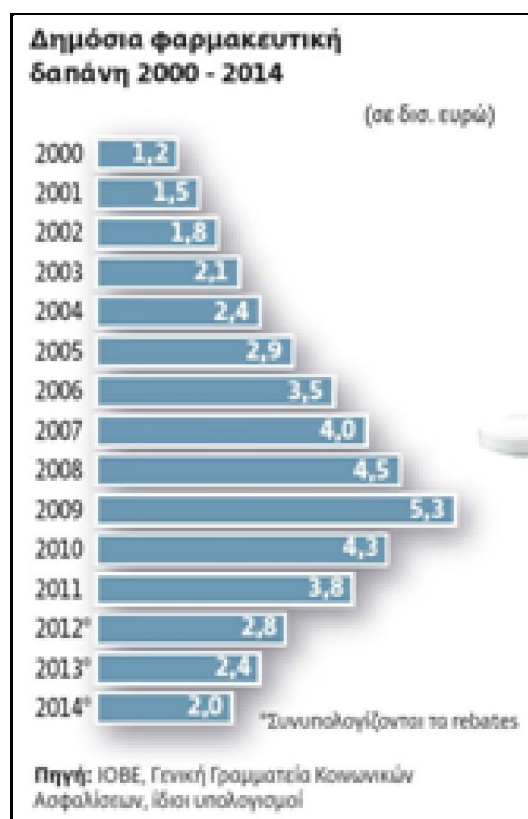
3.1.1 Αλλαγές στο θεσμικό πλαίσιο και τις δομές

Στα πλαίσια της δημοσιονομικής προσαρμογής, ο κλάδος της φαρμακοβιομηχανίας ήρθε, την τελευταία τριετία, αντιμέτωπος με δραματικές αλλαγές στο κανονιστικό πλαίσιο το οποίο ορίζει την επιχειρηματική του λειτουργία. Οι παρεμβάσεις και οι νομοθετικές ρυθμίσεις που ακολούθησαν από το 2010 και μετά μετέβαλαν δραστικά τα δεδομένα στη λειτουργία της αγοράς φαρμάκου και ευρύτερα του τομέα της υγείας. Ο συγκεκριμένος επιχειρηματικός-βιομηχανικός κλάδος είναι άρρηκτα συνδεδεμένος και άμεσα επηρεαζόμενος από την εφαρμοζόμενη φαρμακευτική αλλά και ασφαλιστική πολιτική.

Η μείωση της φαρμακευτικής δαπάνης αποτελεί προαπαιτούμενο στις συμφωνίες της ελληνικής πλευράς με τους διεθνείς εταίρους. Ως φαρμακευτική δαπάνη θεωρείται η δαπάνη που επιβαρύνει τον κρατικό προϋπολογισμό για την κάλυψη της φαρμακευτικής περίθαλψης των πολιτών. Το 2009, στις αρχές της ύφεσης, η δημόσια φαρμακευτική δαπάνη κόστισε 5,6δισ €, που μεταφράζεται στο 2% του ΑΕΠ, το 2011 έπεσε στα 3,98δισ €, το 2012 στα 2,88δισ € που αποτελεί το 1,5% του ΑΕΠ, θέτοντας τη συνολική μείωση από το 2009 σε ποσοστό 42%. Για το 2013 ο στόχος είχε προσδιοριστεί στα 2,44δισ € και τελικά ήταν 2,37δισ €. Για το 2014, οι απαιτήσεις για τη φαρμακευτική δαπάνη είναι να αποτελεί το 1% του ΑΕΠ. Στο διάγραμμα 5 απεικονίζεται η εξέλιξη της φαρμακευτικής δαπάνης από το 2000 έως και το 2014.

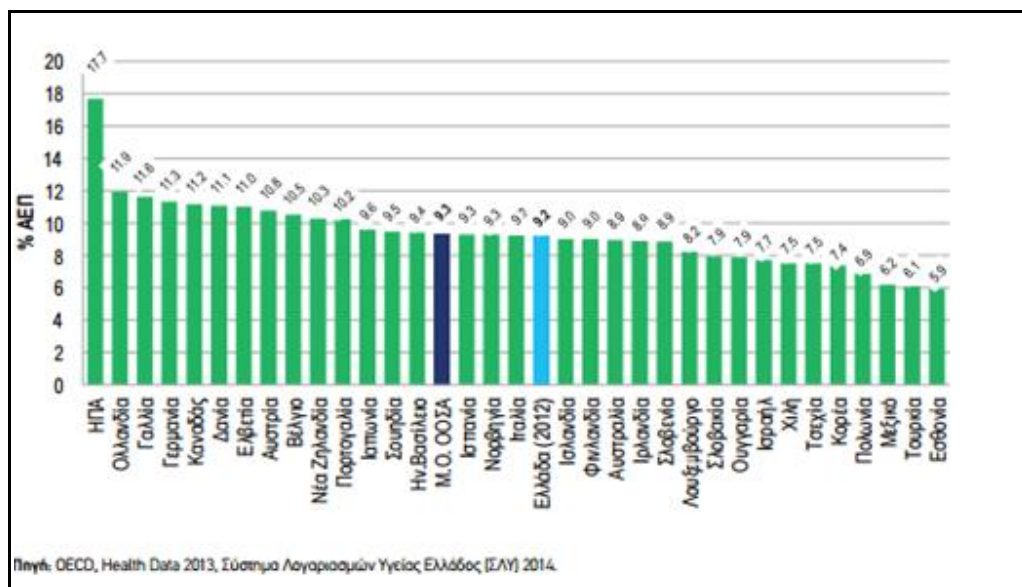


Διάγραμμα 3.5: Δημόσια Φαρμακευτική Δαπάνη, 2009-2014



Εικόνα 3.1: Δημόσια Φαρμακευτική Δαπάνη, 2000-2014

Το ποσοστό αυτό είναι μικρότερο από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο (1,6% του ΑΕΠ το 2010), κατατάσσοντας τη χώρα μας στην τελευταία θέση μεταξύ των χωρών του ΟΟΣΑ, σε ότι αφορά την ιατροφαρμακευτική περίθαλψη των πολιτών.



Διάγραμμα 3.6: Δαπάνες Υγείας ως ποσοστό του ΑΕΠ στις χώρες του ΟΟΣΑ, 2011

Τα μέτρα που λαμβάνονται για τη μείωση της φαρμακευτικής δαπάνης περιλαμβάνουν νέο σύστημα τιμολόγησης φαρμάκων, ανανεωμένες λίστες φαρμάκων, προώθηση χρήσης γενοσήμων, ηλεκτρονική συνταγογράφηση και συνταγογράφηση με βάση τη δραστική ουσία, μείωση κέρδους χονδρεμπόρων και φαρμακοποιών κ.α. Με τις μεταρρυθμίσεις γίνονται συνεχώς αλλαγές στις τιμές των φαρμάκων ενώ παράλληλα εντοπίζονται λάθη με τις συνεχείς ανατιμολογήσεις, τα οποία καθυστερούν να αποκατασταθούν με αποτέλεσμα την εμφάνιση έλλειψης φαρμάκων στην αγορά. Το 2012 υπήρχαν ελλείψεις 420 φαρμάκων (κωδικών) και το 2013, 268 κωδικών, που αποτελούν το 36% του συνόλου της φαρμακευτικής αγοράς.

Ταυτόχρονα, με βάση τις ανανεωμένες λίστες φαρμάκων που αποζημιώνει το σύστημα υγείας, απαιτείται η μερική ή ακόμα και συνολική συμμετοχή του ασφαλισμένου για την αγορά του φαρμάκου. Επισημαίνεται ότι η αύξηση της συμμετοχής των ασφαλισμένων, μεσοσταθμικά μπορεί να φτάσει και το 32% μέσα στο 2014, σε μια περίοδο έντονης οικονομικής στενότητας για όλους τους πολίτες.

Παράλληλα με την εφαρμογή ηλεκτρονικής συνταγογράφησης, ως μέτρο εξυγίανσης του συστήματος, τροποποιείται και ο τρόπος συνταγογράφησης. Η νέα τακτική επιβάλλει συνταγογράφηση με βάση τη δραστική ουσία και όχι με το εμπορικό όνομα του φαρμάκου, σε

συνδυασμό με την επίσης υποχρεωτική υποκατάσταση με το φθηνότερο διαθέσιμο γενόσημο σε επίπεδο φαρμακείου.

Εισάγεται η πολιτική γενόσημων στην Ελληνική η οποία είναι ήδη ιδιαίτερα διαδεδομένη στην Ευρωπαϊκή αγορά. Διευκρινίζεται ότι στην παγκόσμια αγορά κυκλοφορούν τόσο πρωτότυπα όσο και γενόσημα φάρμακα. Τα γενόσημα ή αλλιώς τα μη πατενταρισμένα φάρμακα, έχουν ξεκινήσει την ύπαρξη-κυκλοφορία τους από τα τέλη της δεκαετίας του '50. Το 50% της ποσότητας των φαρμάκων που διατίθεται στην Ευρώπη και το 35% στην Ελλάδα, είναι γενόσημα.^[13] Στη χώρα μας σήμερα κυκλοφορούν 3.000 γενόσημα φάρμακα σε επίπεδο συσκευασίας (στοιχεία 2011) σε σύνολο περίπου 7.300 φαρμάκων (ΕΟΦ, 2012). Πρακτικά, επομένως, μεγάλη μερίδα ανθρώπων τα χρησιμοποιεί ήδη εδώ και καιρό. Το κόστος των γενόσημων φαρμάκων είναι χαμηλότερο (από 20 ως 80%) εν συγκρίσει με τα πρωτότυπα, κι αυτό για έναν πολύ απλό λόγο: η τελική τιμή των πρωτότυπων φαρμάκων επιβαρύνεται από την αρχική επιστημονική έρευνα και τις κλινικές μελέτες τους, ενώ για τα γενόσημα απαιτούνται μόνο επιστημονικές έρευνες στην βάση της φαρμακοτεχνικής επεξεργασίας καθώς και των μελετών βιοϊσοδυναμίας με τα αντίστοιχα πρωτότυπα. Όπως δείχνει η διεθνής εμπειρία, η εξοικονόμηση πόρων θα μπορούσε να αυξηθεί σημαντικά μέσω της βελτίωσης των πρακτικών συνταγογράφησης και διανομής και με την προϋπόθεση ότι διατίθενται σε ανταγωνιστικές τιμές (Eurohealth, 2011). Επομένως, η χρήση γενόσημων φαρμάκων, αντί των πρωτοτύπων, αποτελεί ένα μηχανισμό μείωσης των φαρμακευτικών δαπανών. Τα γενόσημα συμβάλλουν ουσιαστικά στην προστασία της δημόσιας υγείας, επιτυγχάνοντας, παράλληλα, εξοικονόμηση πόρων οι οποίοι μπορούν να διατεθούν επωφελέστερα για το κοινωνικό σύνολο (π.χ. συντάξεις, επιδόματα κ.ο.κ). Μάλιστα, η αλήθεια είναι ότι τα γενόσημα χρησιμοποιούνται πολύ περισσότερο στις πλουσιότερες χώρες του κόσμου, εκεί δηλαδή που δεν παρατηρούνται σοβαρά οικονομικά προβλήματα, όπως στη χώρα μας αυτήν την περίοδο.

Τα γενόσημα φάρμακα αποτελούν τον κύριο όγκο της παραγωγής της ελληνικής φαρμακοβιομηχανίας. Σήμερα τα γενόσημα καταλαμβάνουν το 15% της αγοράς και θα πρέπει να ανέλθουν, σύμφωνα με τους στόχους του Μνημονίου στο 50% που είναι ο Ευρωπαϊκός μέσος όρος. Στην Ελλάδα, η διείσδυση σε όγκο των προστατευμένων φαρμάκων (on-patent) βρίσκεται στο 11,6%, ποσοστό υψηλότερο σε σχέση με άλλες Ευρωπαϊκές αγορές. Αυτό οφείλεται στις χαμηλές τιμές των προϊόντων αυτών, οι οποίες διαμορφώνονται σχεδόν στο ήμισυ του μέσου όρου των χωρών της ΕΕ, λόγω του καθεστώτος τιμολόγησης. Αντίθετα, οι τιμές των γενόσημων είναι από τις υψηλότερες στην Ευρώπη και δεν απέχουν σημαντικά από τις τιμές των off-patent προϊόντων. Η τιμή ενός πρωτότυπου φαρμάκου, που βρίσκεται σε καθεστώς προστασίας πατέντας στην Ελλάδα προκύπτει από το μέσο όρο των τριών χαμηλότερων τιμών μεταξύ των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, δίνοντας στα πρωτότυπα φάρμακα τη χαμηλότερη τιμή στην Ευρώπη. Τα πρωτότυπα των οποίων η πατέντα έχει λήξει τιμολογούνται στο 50% της προηγούμενης τιμής. Τα γενόσημα φάρμακα τιμολογούνται στο 80% της τιμής του πρωτότυπου άρα καθιστά την τιμή των γενόσημων υψηλή, και λιγότερο ανταγωνιστική σε διεθνές επίπεδο. Με τα νέα μέτρα προωθείται η μείωση της τιμής των γενόσημων στο 65% του πρωτότυπου, σε μια προσπάθεια συγκράτησης της φαρμακευτικής δαπάνης, αύξησης της διείσδυσης των γενόσημων στην αγορά παράλληλα με την υπόσχεση για διασφάλιση αξιοπρεπούς φαρμακευτικής περίθαλψης για τους πολίτες.

Η εφαρμογή νέων πολιτικών, των Rebate και Clawback, στις φαρμακοβιομηχανίες, αποτελούν επίσης προϋποθέσεις για τις διεθνείς συμφωνίες. Με τον όρο Rebate εννοούνται οι εκπτώσεις που υποχρεωτικά παρέχουν οι φαρμακευτικές επιχειρήσεις και τα φαρμακεία στον εκάστοτε ασφαλιστικό φορέα, ανάλογα με τα ποσοστά των πωλήσεών τους. Το Clawback είναι ένα μέτρο συνυφασμένο με την τάση μείωσης της φαρμακευτικής δαπάνης και τη θέσπιση συγκεκριμένων ορίων αυτής. Πιο συγκεκριμένα, είναι ένας αυτόματος μηχανισμός μεταφοράς χρημάτων από τις φαρμακευτικές εταιρίες προς τον ασφαλιστικό φορέα, αν τα όρια που έχουν τεθεί για τη φαρμακευτική δαπάνη ξεπεραστούν. Το ποσό της υπέρβασης δεν καταμερίζεται αναλογικά σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα του συστήματος αφού μόνο οι φαρμακευτικές εταιρίες καλούνται να το καλύψουν. Ταυτόχρονα, σχεδιάζεται περαιτέρω μείωση του περιθωρίου κέρδους των φαρμακείων από 30% σε 20% σε πρώτη φάση, με το ποσοστό να φτάνει σήμερα στο 15% με τάσεις για περαιτέρω μείωση. Η συνολική μείωση στις τιμές των φαρμάκων από το 2009 έως το 2012 ήταν 25,4%. Σε αυτές τις ήδη επιβαρυνμένες συνθήκες, συνεχίζουν να εκκρεμούν τα χρέη των ασφαλιστικών ταμείων και των δημόσιων νοσοκομείων προς τις φαρμακευτικές εταιρίες, που τα τελευταία 2 έτη αγγίζει τα 2δισ €, με τον ορίζοντα αποπληρωμής ασαφή.

Σε κλίμα έλλειψης ρευστότητας, επιχειρηματικής στασιμότητας παγκοσμίως τα νέα μέτρα δίνουν μια αίσθηση αποσπασματικής και μεμονωμένης δράσης στο χώρο της υγείας που δεν φέρνει τα προσδοκώμενα αποτελέσματα. Το ζητούμενο είναι ταυτόχρονη επίτευξη οικονομικής ανάκαμψης, με αύξηση της ανάπτυξης και τη διασφάλιση του κοινωνικού αγαθού της Υγείας με ιατροφαρμακευτική περίθαλψη για κάθε πολίτη. Η στροφή σε κλάδους με ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, όπως αυτός της φαρμακοβιομηχανίας, μπορεί να αποτελέσει βήμα βελτίωσης της οικονομίας, της ανάπτυξης και της απασχόλησης, με επενδύσεις και προγραμματισμό.

3.2 Παρουσίαση της Help pharmaceuticals



Εικόνα 3.2 : Παραγωγικές Εγκαταστάσεις Help pharmaceuticals στα Ιωάννινα

Η εταιρία **help pharmaceuticals** είναι μια ελληνική φαρμακοβιομηχανία που ιδρύθηκε το 1971 με έδρα στη Μεταμόρφωση Αττικής, από τους αδελφούς Δημήτριο και Αθανάσιο Ζέκκα. Από την ίδρυσή της έως και σήμερα, λειτουργεί ως μια αμιγώς ιδιωτική οικογενειακή επιχείρηση. Η Help ABEE (Ανώνυμη Βιομηχανική και Εμπορική Εταιρία) από το 1990 διευθύνεται από Διοικητικό Συμβούλιο, με Πρόεδρο και Διευθύνοντα Σύμβουλο τον κο Ευάγγελο Ζέκκα και Αντιπρόεδρο την κα Ελένη Ζέκκα, παιδιά του ιδρυτή της εταιρίας Δημητρίου Ζέκκα. Η παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων ξεκίνησε το 1973 στο εργοστάσιο παραγωγής στην Αττική. Το 1984 το εργοστάσιο παραγωγής μεταφέρθηκε σε ιδιόκτητες εγκαταστάσεις, στην Πεδινή Ιωαννίνων, όπου βρίσκεται μέχρι σήμερα.^[6] Είναι το μοναδικό εργοστάσιο παραγωγής και διακίνησης φαρμάκων στη Δυτική Ελλάδα και ένα από τα ελάχιστα που υπάρχουν εκτός Αττικής – Βοιωτίας. Η έδρα της εταιρίας εξακολουθεί να βρίσκεται στην Αθήνα. Στον Όμιλο της **help pharmaceuticals**, ανήκουν και οι θυγατρικές εταιρίες Medicus, Medaxis, Hyalumed, Νικολακόπουλος και Help Cosmoceuticals, οι οποίες δραστηριοποιούνται επίσης στον ευρύτερο τομέα των φαρμακευτικών προϊόντων, όπως αντικαρκινικά και νοσοκομειακά φάρμακα, ιατροτεχνολογικά προϊόντα, συμπληρώματα διατροφής και καλλυντικά.

Η **help pharmaceuticals** δραστηριοποιείται ενεργά τόσο στην εγχώρια όσο και την παγκόσμια αγορά φαρμάκου σε 35 και πλέον χώρες. Η εξαγωγική δράση της εταιρίας ξεκίνησε το 1980 και μέχρι σήμερα εκτείνεται σε χώρες της Δυτικής και Ανατολικής Ευρώπης (Αγγλία, Αυστρία, Γαλλία, Γερμανία, Ισπανία, Ιταλία, Πορτογαλία, Φιλανδία, Πολωνία, Τσεχία, Κύπρο κ.α.), των Βαλκανίων (Αλβανία, Ρουμανία, Σερβία, Κόσσοβο κ.α.), της Πρώην Σοβιετικής Ένωσης (Ρωσία, Λευκορωσία, Λετονία, Γεωργία, Ουκρανία, Αρμενία, Αζερμπαϊτζάν, Καζακστάν, Κιργιζία, Μολδαβία, Τατζικιστάν, Ουζμπεκιστάν κ.α.), της Μέσης Ανατολής (Σαουδική Αραβία, Λίβανος κ.α.), της Ασίας (Αιθιοπία, Υεμένη, Ιράν, Ιράκ, Χόνγκ Κονγκ κ.α.) της Αφρικής (Αλγερία, Λιβύη, Σουδάν κ.α.) αλλά και της Αυστραλίας.

Παράλληλα, η εταιρία διαθέτει ένα πλήρως εξοπλισμένο, σε μηχανήματα και επιστημονικό δυναμικό, τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης (Research and Development-R & D), το οποίο ασχολείται με την Ανάπτυξη και την Βιομηχανοποίηση Νέων Προϊόντων.

Σε συνδυασμό με το Τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης, η Help Pharmaceuticals, διαθέτει επίσης Τμήμα Εγκρίσεων Προϊόντων (Regulatory Affairs Department), το οποίο δραστηριοποιείται με την δημιουργία των Τεχνικών Φακέλων των Προϊόντων και την Έγκριση αυτών από τον ΕΟΦ ή τις αντίστοιχες αρχές του εξωτερικού.

Τέλος, η εταιρία διαθέτει Ιατρικό Τμήμα και Τμήμα Φαρμακοεπαγρύπνισης, επανδρωμένο από εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό, το οποίο ασχολείται με την συνεχή παρακολούθηση των παγκόσμιων ιατρικών και φαρμακευτικών ερευνών, με σκοπό την άμεση ανανέωση των δεδομένων χρήσης των προϊόντων της και την συνεχή επιβεβαίωση της ασφαλούς χρήσης από τους ασθενείς.

Θεμέλιο λίθο της εταιρίας αποτελεί το ανθρώπινο δυναμικό της. Αυτή τη στιγμή, απασχολούνται συνολικά 161 άτομα. Στα κεντρικά γραφεία της εταιρίας στην Αθήνα εργάζονται 63 άτομα σε διοικητικές θέσεις και επιστημονικά πεδία, ενώ στο εργοστάσιο παραγωγής απασχολούνται 98 άρτια καταρτισμένοι εργαζόμενοι ως επιστημονικό, διοικητικό και εργατικό προσωπικό.

Στο εργοστάσιο παράγεται ευρύ φάσμα πρωτότυπων και γενόσημων προϊόντων, διάφορων φαρμακευτικών μορφών όπως ενέσιμα προϊόντα σε φύσιγγες και φιαλίδια, κολλύρια, δισκία και κάψουλες, υπόθετα και αλοιφές/ κρέμες/ γέλες (gels), σιρόπια, σταγόνες και άλλα πόσιμα διαλύματα, εισπνεόμενα και ρινικά εκνεφώματα (inhaler & nasal sprays), πόσιμες κόνεις (σκόνες σε φακελίσκους ή φιαλίδια), πούδρες και διαλύματα εξωτερικής χρήσης κ.α.. Τα παραγόμενα προϊόντα καλύπτουν επίσης ένα ευρύ φάσμα θεραπευτικών κατηγοριών, όπως αντιβιοτικά, καρδιολογικά, γυναικολογικά, γαστρεντερολογικά, αιματολογικά, ορθοπεδικά, νευρολογικά, αναπνευστικά/πνευμονολογικά, οφθαλμολογικά και δερματολογικά φάρμακα, που χορηγούνται για ανάλογες παθήσεις.

Για την παραγωγή των παραπάνω προϊόντων λειτουργούν πολλές γραμμές παραγωγής, σε συνδυασμό μεταξύ τους αλλά και πλήρως αυτόνομα. Οι εγκαταστάσεις είναι ιδιαίτερα υψηλών προδιαγραφών σε ποιότητα και οργάνωση. Τόσο οι εγκαταστάσεις όσο και το σύστημα οργάνωσης της εταιρίας, περιγράφονται αναλυτικά στο Σύστημα Ποιότητας της εταιρίας, στο οποίο περιλαμβάνονται εκτός των άλλων ο Κεντρικός Φάκελος Εγκατάστασης (Site Master File-SMF) και το Εγχειρίδιο Ποιότητας (Quality Manual) . Την προηγούμενη δεκαετία, η εταιρία έκανε επενδύσεις ύψους 6,5 εκατ. € σε εξοπλισμό και αναβάθμιση των εγκαταστάσεών της. Επί του παρόντος, είναι σε εξέλιξη επενδυτικό πρόγραμμα ύψους 3,7 εκατ. €, το οποίο συγχρηματοδοτείται από το Υπουργείο Ανάπτυξης.

Σύμφωνα με τη σχετική Εθνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία που διέπει τη λειτουργία κάθε φαρμακευτικής εταιρίας, η *help pharmaceuticals* είναι εγκεκριμένη από τον Εθνικό Οργανισμό Φαρμάκων (ΕΟΦ), ο οποίος είναι η Εθνική Αρμόδια Αρχή της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τον Έλεγχο των Φαρμακευτικών Προϊόντων (European Medicines Agency-EMA). Διαθέτει Ευρωπαϊκή

Πιστοποίηση Ορθής Βιομηχανικής Παραγωγής Φαρμακευτικών Προϊόντων (European Union Good Manufacturing Practice Certificate- EU-GMP certificate) καθώς και Ευρωπαϊκή Άδεια Παραγωγής (EU Manufacturing Authorization License) για όλες τις μορφές φαρμακευτικών προϊόντων που παράγει. Επίσης, διαθέτει Εθνική Άδεια Παραγωγής για την παραγωγή ιατροτεχνολογικών προϊόντων, συμπληρωμάτων διατροφής και καλλυντικών, καλύπτοντας όλες τις απαραίτητες προδιαγραφές. Το EU-GMP Certificate της εταιρίας συμπεριλαμβάνεται στην EudraGMDP database, την ευρωπαϊκή βάση δεδομένων της European Medicines Agency (EMA), η οποία περιέχει πληροφορίες σχετικές με την παραγωγή και την αδειοδότηση των ευρωπαϊκά εγκεκριμένων εταιριών παραγωγής φαρμακευτικών προϊόντων. Η εναρμόνιση της παραγωγικής διαδικασίας με τις προαναφερθείσες οδηγίες επιτυγχάνεται και πιστοποιείται με τακτικούς, απροειδοποίητους ελέγχους που διενεργούνται τουλάχιστον ανά τριετία, από τις αρμόδιες ελληνικές, ευρωπαϊκές και διεθνείς αρχές.
[15]

Τέλος, η εταιρία διαθέτει εγκρίσεις και τις αντίστοιχες ονομαστικές Άδειες Κυκλοφορίας και Παραγωγής, για κάθε ένα από τα προϊόντα που παράγει, οι οποίες εκδίδονται από τον ΕΟΦ ή τις αντίστοιχες Αρχές του εξωτερικού, μετά τον έλεγχο και την έγκριση του Τεχνικού Φακέλου του κάθε προϊόντος.

3.3 Σημαντικές ημερομηνίες

- 1971 : Ίδρυση της help pharmaceuticals
- 1973 : Έναρξη παραγωγικών δραστηριοτήτων σε εργοστάσιο στην Αττική
- 1984 : Μεταφορά των παραγωγικών δραστηριοτήτων σε νέα βιομηχανική εγκατάσταση στα Ιωάννινα
- 1985 : Η help pharmaceuticals κερδίζει αποκλειστικό Εθνικό διαγωνισμό για την παραγωγή αντιβιοτικών, για λογαριασμό της Εθνικής Φαρμακοβιομηχανίας (ΕΦ)
- 1992 : Ίδρυση της θυγατρικής εταιρίας Medicus SA, εμπορίας νοσοκομειακών φαρμακευτικών προϊόντων
- 2002 : Αποπεράτωση πλήρους αναβάθμισης της εργοστασιακής μονάδας, σύμφωνα με τις σύγχρονες απαιτήσεις των cGMP, από την εξειδικευμένη εταιρία Luwa (Ελβετίας)
- 2007 : Απορρόφηση του 40% της εταιρίας Νικολακόπουλος SA
- 2007: Ίδρυση της θυγατρικής εταιρίας Hyalumed SA, εμπορίας ιατροτεχνολογικών προϊόντων, καλλυντικών και συμπληρωμάτων διατροφής υαλουρονικού οξέως
- 2008 : Ίδρυση της θυγατρικής εταιρίας Medaxis SA, εμπορίας φαρμακευτικών και ιατροτεχνολογικών προϊόντων, νευρολογίας

- 2009 : Κατασκευή και έγκριση του νέου τμήματος παραγωγής δισκίων και καψουλών
- 2011 : Άδεια παραγωγής ιατροτεχνολογικών προϊόντων, συμπληρωμάτων διατροφής και καλλυντικών.
- 2013 : Ανασχεδιασμός λογότυπου και δημιουργία νέας εταιρικής ταυτότητας της εταιρίας *help pharmaceuticals*
- 2013: 22-24 Οκτωβρίου, Συμμετοχή στη Διεθνή Έκθεση Βιομηχανίας Φαρμάκου, CPHI, της Φρανκφούρτης
- 2014 : Ίδρυση της *help cosmoceuticals*.
- 2014 : Σύμφωνο συνεργασίας με την Sandoz, εταιρία του ομίλου Novartis.
- 2014: 25-26 Ιανουαρίου, Συμμετοχή σε επίσημη έκθεση σχετική με το φάρμακο.
- 2014: 16-17 Απριλίου, Συμμετοχή στη Διεθνή Έκθεση Βιομηχανίας Φαρμάκου, CPHI, της Αγίας Πετρούπολης.
- 2014: Απρίλιος, Μερική διάθεση στην αγορά των πρώτων προϊόντων της σειράς *help cosmoceuticals*, στην CPHI στην Αγία Πετρούπολη.
- 2014: Μάιος, Πλήρης διάθεση στην κυκλοφορία για τα προϊόντα της σειράς *help cosmoceuticals*, στην Διεθνή Έκθεση “Beautyworld” στο Ντουμπάι.
- 2014: Οκτώβριος, Συμμετοχή στη Διεθνή Έκθεση Βιομηχανίας Φαρμάκου, CPHI, του Παρισιού.
- 2015 : Είσοδος στην ελληνική αγορά της σειράς “Collagen menu”, προϊόντων με κολλαγόνο.



Εικόνα 3.3: Περίπτερο της *help pharmaceuticals* στη διεθνή έκθεση CPHI της Φρανκφούρτης



Εικόνα 3.4: Περίπτερο της *help pharmaceuticals* στη διεθνή έκθεση CPHI του Παρισιού

3.4 Οι Εγκαταστάσεις της εταιρίας

3.4.1 Εγκαταστάσεις Διοίκησης

Η έδρα της εταιρίας βρίσκεται στη Μεταμόρφωση Αττικής και στεγάζεται σε ιδιόκτητες εγκαταστάσεις, έκτασης 2.400 τμ . Στις εγκαταστάσεις αυτές φιλοξενούνται τα τμήματα Διοίκησης της εταιρίας καθώς και τμήματα υπεύθυνα για την εμπορευματοποίηση των παραγόμενων προϊόντων. Αναλυτικά τα τμήματα αυτά είναι:

- Διοίκηση
- Τμήμα Εγκρίσεων (Regulatory)
- Τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης (R & D)
- Ιατρικό Τμήμα & Τμήμα Φαρμακοεπαγρύπνισης
- Τμήμα Προμηθειών
- Τμήμα Εξαγωγών
- Τμήμα Προϊόντων Φασόν (Contract Manufacturing)
- Λογιστήριο
- Τμήμα Marketing
- Τμήμα Πωλήσεων
- Τμήμα Μηχανογράφησης

3.4.2 Οι Παραγωγικές Εγκαταστάσεις

Οι εγκαταστάσεις παραγωγής της εταιρίας βρίσκονται στην Πεδινή Ιωαννίνων προσφέροντας εύκολη πρόσβαση σε χώρες της Δυτικής, Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης, καθώς απέχουν 100 χμ από το λιμάνι της Ηγουμενίτσας, αλλά και σε χώρες των Βαλκανίων και της Ανατολικής Ευρώπης και Ασίας, μέσω της Εγνατίας Οδού.

Λειτουργούν σε ιδιόκτητο χώρο συνολικής έκτασης 15.000 τμ από τα οποία τα 8.500 τμ αποτελούν τις κτιριακές εγκαταστάσεις.

Το εργοστάσιο αποτελείται από πέντε κτίρια. Τα τρία από αυτά συνδέονται μεταξύ τους, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.5.



Εικόνα 3.5: Τα επιμέρους κτίρια των παραγωγικών εγκαταστάσεων

Στο Κτίριο 1 στεγάζονται τα γραφεία, τα αποδυτήρια και οι κοινόχρηστοι χώροι για το προσωπικό (εστιατόρια, τουαλέτες κλπ), οι χώροι παραγωγής στείρων προϊόντων, οι αποθήκες πρώτων υλών, η μονάδα παραγωγής νερού, καθώς και τα εργαστήρια (χημικό και μικροβιολογικό). Στο Κτίριο 2 βρίσκονται οι χώροι συσκευασίας και οι αποθήκες έτοιμων προϊόντων. Στο Κτίριο 3 γίνεται η παραγωγή των μη στείρων προϊόντων. Στο Κτίριο 4, το οποίο είναι ανεξάρτητο, υπάρχουν τα μηχανολογικά συστήματα υποστήριξης του εργοστασίου, κρίσιμα και απαραίτητα για τη λειτουργία του όπως βιολογικός καθαρισμός βιομηχανικών αποβλήτων, ατμογεννήτριες, ηλεκτρικές γεννήτριες, υποσταθμοί ηλεκτρικού ρεύματος κ.α. Στο ανεξάρτητο Κτίριο 5 των εγκαταστάσεων, βρίσκονται οι νέες αποθήκες έτοιμων προϊόντων οι οποίες για την ώρα είναι εκτός λειτουργίας καθώς βρίσκονται υπό κατασκευή και αναβάθμιση σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς Αποθήκευσης Φαρμακευτικών Προϊόντων (Good Storage Practice-GSP).

3.4.2.1 Τα τμήματα του εργοστασίου παραγωγής

Τα τμήματα του εργοστασίου είναι τα ακόλουθα:

- Διεύθυνση Εργοστασίου
- Τμήμα Διαχείρισης Ποιότητας
- Τμήμα Ποιοτικού Ελέγχου
- Τμήμα Παραγωγής
- Αποθήκες
- Τμήμα Συντήρησης
- Παράρτημα κεντρικού Λογιστηρίου

Το Τμήμα Διαχείρισης Ποιότητας (Quality Management Department) ελέγχει και διαχειρίζεται όλο το σύστημα ποιότητας της εταιρίας ώστε να εξασφαλίζεται η συνεχής και μόνιμη λειτουργία σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά GMPs. Για το σκοπό αυτό, καθορίζει, εγκρίνει και ελέγχει την εναρμονισμένη εφαρμογή των πρότυπων διαδικασιών λειτουργίας (Standard Operation Procedures SOP) και εκτελεί την αξιολόγηση των κρίσιμων διεργασιών, των χώρων του εργοστασίου, των μηχανημάτων παραγωγής και των εργαστηριακών οργάνων που χρησιμοποιούνται. Παράλληλα, φροντίζει για την βελτίωση του συστήματος ποιότητας, εφαρμόζοντας αυτοεπιθεωρήσεις και προσφέροντας συνεχή εκπαίδευση και κατάρτιση στο προσωπικό σύμφωνα με εκάστοτε απαιτήσεις της ευρωπαϊκής νομοθεσίας.

Το Τμήμα Ποιοτικού Ελέγχου (Quality Control Department) ασχολείται με τους ελέγχους πρώτων υλών και ετοιμών προϊόντων και χωρίζεται σε τρία επιμέρους τμήματα, το Χημικό, το Μικροβιολογικό και το τμήμα Πρώτων Υλών. Επίσης, σε συνεργασία με το Τμήμα Παραγωγής, εκτελεί ελέγχους κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, οι οποίοι σε συνδυασμό με τους ελέγχους του τελικού προϊόντος, χρησιμεύουν για την πιστοποίηση της ποιότητας κάθε παρτίδας σύμφωνα με τις εγκεκριμένες προδιαγραφές, πριν την τελική απελευθέρωσή της στην αγορά. Τέλος, σε συνεργασία με το τμήμα Διαχείρισης Ποιότητας, εκτελεί τους εργαστηριακούς ελέγχους αξιολόγησης συστημάτων και διεργασιών καθώς επίσης και τους ελέγχους σταθερότητας των προϊόντων με τους οποίους εξασφαλίζεται η σταθερή ποιότητα αυτών σε όλη τη διάρκεια ζωής τους.

Το τμήμα Αποθήκης φροντίζει για την παραλαβή, αποθήκευση και διακίνηση των πρώτων υλών, υλικών συσκευασίας και ετοιμών προϊόντων σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές που αφορούν φαρμακευτικά προϊόντα (Good Storage Practice –GSP & Good Distribution Practice- GDP).

Το τμήμα Συντήρησης εξασφαλίζει τη σωστή διαχείριση και λειτουργία των μηχανημάτων παραγωγής, των μηχανολογικών συστημάτων υποδομής και όλων των χώρων του εργοστασίου, φροντίζοντας συγχρόνως, για την τακτική αλλά και προληπτική συντήρηση αυτών, βάσει τεκμηριωμένων και εγκεκριμένων ετήσιων προγραμμάτων συντήρησης.

3.4.2.2 Προδιαγραφές λειτουργίας εργοστασιακής μονάδας

Το εργοστάσιο είναι εγκεκριμένο από τον Εθνικό Οργανισμό Φαρμάκων (ΕΟΦ) για την παραγωγή φαρμακευτικών, ιατροτεχνολογικών προϊόντων, συμπληρωμάτων διατροφής και καλλυντικών ειδών καλύπτοντας όλες τις απαραίτητες προδιαγραφές. Διαθέτει EU-GMP certificate (ευρωπαϊκό πιστοποιητικό «καλής παραγωγής προϊόντων», από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Φαρμάκων (European Medicines Agency (EMA)), καθώς και Ευρωπαϊκή Άδεια Παραγωγής (EU Manufacturing Authorization License) για όλες τις μορφές φαρμακευτικών προϊόντων που παράγει. Οι πιστοποιήσεις αυτές εξασφαλίζουν ότι η παραγωγή συμμορφώνεται με τις ευρωπαϊκές οδηγίες που υποχρεωτικά διέπουν την παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων. Το EU-GMP της εταιρίας συμπεριλαμβάνεται στην EudraGMPD database, την ευρωπαϊκή βάση δεδομένων της European Medicines Agency (EMA), η οποία περιέχει πληροφορίες σχετικές με την παραγωγή και την αδειοδότηση των ευρωπαϊκά εγκεκριμένων εταιριών παραγωγής φαρμακευτικών προϊόντων. Η εναρμόνιση της παραγωγικής διαδικασίας με τις προαναφερθείσες οδηγίες επιτυγχάνεται και πιστοποιείται με τακτικούς, απροειδοποίητους ελέγχους που διενεργούνται από τις αρμόδιες ελληνικές, ευρωπαϊκές και διεθνείς αρχές.

3.4.2.2.a Προδιαγραφές χώρων παραγωγής

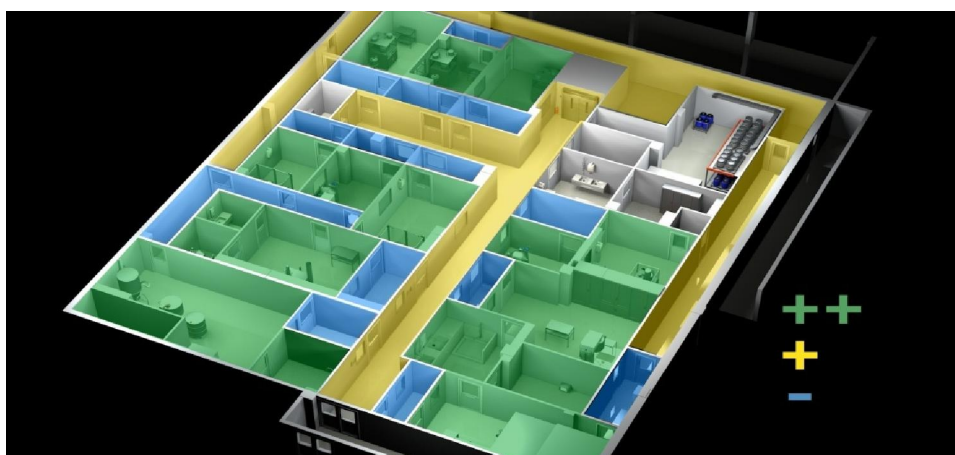
Γενικά, οι χώροι στους οποίους γίνεται η παρασκευή, ο έλεγχος και η αποθήκευση των προϊόντων είναι πιστοποιημένοι και σχεδιασμένοι κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποτρέπεται τυχόν διασταυρούμενη επιμόλυνση (Διαφορές πιέσεων μεταξύ χώρων, διαφορετικές ροές προσωπικού – υλικών κλπ). Η είσοδος του προσωπικού γίνεται μόνο από τα αντίστοιχα αποδυτήρια, αφού πρώτα ντυθεί με την κατάλληλη και ενδεδειγμένη ενδυμασία. Στη συνέχεια και μέσω του περιφερειακού διάδρομου προσωπικού (διαφορετικός από των διάδρομο κίνησης υλικών) μεταβαίνει στον κύριο χώρο εργασίας, ανάλογα με το αντικείμενο του κάθε εργαζομένου. Μεταξύ του κυρίου χώρου εργασίας και του διαδρόμου προσωπικού μεσολαβεί ένας προθάλαμος (Airlock προσωπικού) ο οποίος βρίσκεται σε υποπίεση σε σχέση με τους άλλους χώρους ώστε να αποτρέπεται τυχόν διασταυρούμενη επιμόλυνση. Τα υλικά (πρώτες ύλες, πρωτογενείς περιέκτες κλπ) μετακινούνται στο χώρο παραγωγής από ξεχωριστό διάδρομο και εισέρχονται στον κύριο χώρο παραγωγής πάλι δια μέσου ενός προθαλάμου (Airlock υλικών & προϊόντων) που επίσης βρίσκεται σε υποπίεση σε σχέση με τους άλλους χώρους. Μετά το πέρας της παρασκευής το προϊόν απομακρύνεται διαμέσου του διαδρόμου υλικών ενώ οι εργαζόμενοι μέσω του διαδρόμου προσωπικού. Το σύνολο του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του προϊόντος, καθαρίζεται επί τόπου (Clean In Place, CIP) ή στον ειδικό ενσωματωμένο χώρο πλυντηρίου (service room) που βρίσκεται επίσης σε υποπίεση σε σχέση με τον χώρο παραγωγής.

Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας και της αποφυγής της διασταυρούμενης επιμόλυνσης, στην παρακάτω εικόνα, παρουσιάζεται το block παραγωγής δισκίων και καψουλών, στο οποίο οι διαφορικές πιέσεις μεταξύ των χώρων δίνονται με χρωματικές διαφοροποιήσεις.

Γαλάζιο: Αρνητική Πίεσης (-) – Air-locks & Service rooms

Κίτρινο : Θετική Πίεση 1 (+) - Διάδρομοι κίνησης Προσωπικού και Υλικών

Πράσινο: Θετική Πίεση 2 (++) – Χώροι Παραγωγής



Εικόνα 3.6: Αποτύπωση διαφορικών πιέσεων χώρων παραγωγής

Όλοι οι χώροι παραγωγής, καθώς και όλοι οι βοηθητικοί χώροι στους οποίους μπορεί να βρεθεί προϊόν ανοικτό στον αέρα (πχ ζυγιστήριο), είναι ειδικά κατασκευασμένοι και χαρακτηρίζονται ως «καθαροί χώροι». Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της εξειδικευμένης αρχιτεκτονικής και κατασκευής των χώρων, καθώς επίσης και με την βοήθεια του εξειδικευμένου συστήματος κλιματισμού (HVAC System Heating Ventilating and Air Conditioning System), το οποίο είναι εφοδιασμένο με κατάλληλα φίλτρα για την παροχή καθαρού αέρα (HEPA Filters) και την δημιουργία των απαιτούμενων διαφορικών πιέσεων μεταξύ των χώρων.

Ανάλογα με το είδος του προϊόντος που παράγεται και τις προδιαγραφές του ως προς το μικροβιακό φορτίο οι «καθαροί χώροι» είναι βαθμονομημένοι και χωρίζονται σε 4 βαθμίδες, A (χώρος γεμίσματος ενέσιμων προϊόντων), B (χώροι παραγωγής ενέσιμων προϊόντων), C (παρασκευαστήρια ενέσιμων προϊόντων, χώροι παραγωγής υπόθετων, ρινικών εκνεφωμάτων, κρεμών κλπ), D (χώροι παραγωγής πόσιμων διαλυμάτων, δισκίων, καψουλών κλπ). Υπάρχουν βέβαια και αδιαβάθητοι χώροι (αποδυτήρια, περιφερειακοί διάδρομοι προσωπικού, αποθήκες, γραφεία κλπ) στους οποίους όμως δεν επιτρέπεται οποιαδήποτε παραγωγική δραστηριότητα. Για κάθε βαθμίδα υπάρχουν αυστηρά κριτήρια ελέγχου των παραμέτρων σωστής λειτουργίας, όπως έλεγχος σωματιδιακού και μικροβιακού φορτίου, έλεγχος διαφορικών πιέσεων, της ακεραιότητας των φίλτρων, ταχύτητες ροής και εναλλαγής του αέρα, κ.α. που καθορίζονται από τις αντίστοιχες οδηγίες των Ευρωπαϊκών Κανόνων Καλής Παραγωγικής Πρακτικής (EU GMP's). Μεταξύ δύο χώρων διαφορετικής βαθμίδας πρέπει να υπάρχει διαφορά πίεσης τουλάχιστον 10 Pa ώστε να αποτρέπεται τυχόν διασταυρούμενη επιμόλυνση. Ο έλεγχος των διαφορικών πιέσεων μεταξύ των χώρων καθώς και των υπόλοιπων παραμέτρων σωστής λειτουργίας είναι συνεχής, καθημερινός ή περιοδικός ανάλογα με την κρίσιμότητά του και γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλων διακριβωμένων συστημάτων και οργάνων μέτρησης.

3.4.2.2.b Εργαστήρια ποιοτικού ελέγχου

Το εργαστήριο του Ποιοτικού Ελέγχου (Χημικό και Μικροβιολογικό) είναι εφοδιασμένο με υπερσύγχρονο εξοπλισμό, κατάλληλο για όλου του είδους τις αναλύσεις που απαιτούνται για τον έλεγχο και την απελευθέρωση πρώτων υλών και προϊόντων. Στα όργανα αυτά συμπεριλαμβάνονται εκτός των άλλων Υγροί Χρωματογράφοι Υψηλής Απόδοσης (HPLC), Αέριοι Χρωματογράφοι (GC), Συσκευή Ατομικής Απορρόφησης, Πολαρογράφοι, Συσκευές Διαλυτοποίησης (Dissolution Testers), κα. Σε όλα τα όργανα του Ποιοτικού ελέγχου εφαρμόζεται συστηματικός έλεγχος – βαθμονόμηση με σκοπό τη διασφάλιση της σωστής λειτουργίας του κάθε οργάνου σύμφωνα με τις προδιαγραφές του εκάστοτε κατασκευαστή. Τα όργανα υπόκεινται τόσο σε εσωτερικό έλεγχο-βαθμονόμηση όσο και σε διακρίβωση (calibration) από εξωτερικό συνεργείο, εφόσον απαιτείται. Για κάθε όργανο υπάρχει ξεχωριστός φάκελος όπου αναφέρονται λεπτομερώς ο τρόπος λειτουργίας του, η διαδικασία ελέγχου καθώς και η συχνότητα βαθμονόμησης – διακρίβωσης.



Εικόνα 3.7: Εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου

3.4.2.2.c Προληπτική συντήρηση και αξιολόγηση εξοπλισμού

Ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια του συστήματος ποιότητας αποτελεί ο σχεδιασμός και η εφαρμογή Επικύρωση της Αξιοπιστίας (Validation – Qualification), η όποια περιλαμβάνει το σύνολο των διαδικασιών και των μετρήσεων που πραγματοποιούνται, ώστε να πιστοποιείται διαρκώς η αξιόπιστη και σύμφωνη με τους Κανόνες Καλής Παραγωγικής ή Εργαστηριακής Πρακτικής (GMP's – GLP's) εκτέλεση μιας συγκεκριμένης εργασίας.

Οι έλεγχοι αυτοί διακρίνονται σε κυρίως σε δύο κατηγορίες:

1. Επικύρωση Αξιοπιστίας – Validation της παραγωγής και του ελέγχου προϊόντων ή α' υλών, των διαδικασιών παραγωγής και ελέγχου και των χώρων.
2. Έλεγχοι Αξιολόγησης – Qualification του εξοπλισμού της παραγωγής και των συστημάτων παραγωγής και ελέγχου και των χώρων.

Κάθε χρόνο συντάσσεται το αντίστοιχο πρόγραμμα, με βάση το οποίο καθορίζεται ο χρόνος εκτέλεσης της κάθε δραστηριότητας, το οποίο και παρακολουθείται/ τηρείται αυστηρά από όλα τα εμπλεκόμενα τμήματα.

Τα μηχανήματα και τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι επικυρωμένα και υπόκεινται σε πρόγραμμα συχνής προληπτικής συντήρησης και βαθμονόμησης. Η μέριμνα και η προληπτική συντήρηση του μηχανολογικού και κτιριακού εξοπλισμού του εργοστασίου είναι ιδιαίτερα σημαντική για την άρτια λειτουργία του, αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του εφαρμοζόμενου συστήματος ποιότητας και επιτυγχάνεται μέσω συστηματικής επιθεώρησης, ανίχνευσης και διόρθωσης εμφανιζόμενων προβλημάτων είτε πριν εμφανιστούν είτε πριν προκαλέσουν μεγαλύτερα προβλήματα. Για τους λόγους αυτούς, έχει θεσπιστεί ένα ετήσιο πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης που αφορά το σχεδιασμό όλων των απαιτούμενων εργασιών και βοηθά στον προγραμματισμό του τμήματος Συντήρησης ώστε να αξιοποιείται σωστά ο διαθέσιμος χρόνος

του τμήματος με σκοπό την αποφυγή προβλημάτων που μπορεί να επηρεάσουν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

3.5 Οικονομικά στοιχεία της εταιρίας

Η εταιρία *help pharmaceuticals*, όπως κάθε επιχείρηση, εκδίδει χρηματοοικονομικές καταστάσεις που περιγράφουν τη δραστηριότητα της επιχείρησης. Οι βασικές χρηματοοικονομικές καταστάσεις είναι ο ετήσιος ισολογισμός τέλους χρήσης, η κατάσταση αποτελεσμάτων χρήσης και ο πίνακας διάθεσης αποτελεσμάτων. Ο ισολογισμός είναι η κύρια χρηματοοικονομική κατάσταση που απεικονίζει την οικονομική κατάσταση της Επιχείρησης σε μια δεδομένη χρονική στιγμή και όχι για ένα χρονικό διάστημα και ο οποίος φανερώνει τις οικονομικές ενέργειες κάθε προηγούμενου έτους. Συντάσσεται στο τέλος κάθε οικονομικού έτους (συνήθως 31/12 κάθε έτους). Η κατάσταση αποτελεσμάτων χρήσης δείχνει τα κέρδη ή τις ζημιές μιας επιχείρησης σε ένα χρονικό διάστημα, συνήθως από την αρχή μέχρι το τέλος ενός οικονομικού έτους. Ορίζεται ως διαφορά μεταξύ των εσόδων και των εξόδων που πραγματοποιήθηκαν κατά το συγκεκριμένο διάστημα. Από τις καταστάσεις αυτές μπορούν να αντληθούν πληροφορίες που επιτρέπουν τη σύγκριση της οικονομικής κατάστασης της επιχείρησης με αυτή προηγούμενων χρήσεων ή με τις συνθήκες που επικρατούν σε συναφείς επιχειρήσεις του βιομηχανικού κλάδου.

Στην ενότητα που ακολουθεί θα αναλυθούν οι καταστάσεις αποτελεσμάτων χρήσης της εταιρίας για τα έτη 2011, 2012, 2013, 2014. Για το σκοπό αυτό παρατίθενται οι παρακάτω πίνακες.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΧΡΗΣΗΣ

01.01-31.12.2011	
Κύκλος εργασιών	20.469.886
Κόστος πωλήσεων	(14.062.683)
Μικτό κέρδος	6.407.203
Έξοδα διάθεσης	(3.954.586)
Έξοδα έρευνας και ανάπτυξης	(757.205)
Έξοδα διοικήσεως	(1.630.743)
Λοιπά έσοδα εκμετάλλευσης	385.404
Χρηματοοικονομικά έσοδα	65.450
Χρηματοοικονομικά έξοδα	(634.960)
Κέρδη / (Ζημίες) προ φόρων	(119.437)
Φόρος εισοδήματος	(68.429)
Ζημιά μετά από φόρους (Α)	(187.866)

Πίνακας 3.1: KAX 2011

01.01-31.12.2012	
Κύκλος εργασιών	18.619.915
Κόστος πωλήσεων	(13.377.328)
Μικτό κέρδος	5.242.587
Έξοδα διάθεσης	(4.205.437)
Έξοδα έρευνας και ανάπτυξης	(733.296)
Έξοδα διοικήσεως	(1.593.591)
Λοιπά έσοδα εκμετάλλευσης	433.856
Χρηματοοικονομικά έσοδα	50.984
Χρηματοοικονομικά έξοδα	(825.461)
Κέρδη / (Ζημίες) προ φόρων	(1.630.358)
Φόρος εισοδήματος	5.525
Ζημιά μετά από φόρους (Α)	(1.624.833)

Πίνακας 3.2: ΚΑΧ 2012

01.01-31.12.2013	
Κύκλος εργασιών	16.217.767
Κόστος πωλήσεων	(11.248.485)
Μικτό κέρδος	4.969.282
Έξοδα διάθεσης	(4.692.991)
Έξοδα έρευνας και ανάπτυξης	(654.690)
Έξοδα διοικήσεως	(1.405.689)
Λοιπά έσοδα εκμετάλλευσης	261.007
Χρηματοοικονομικά έσοδα	37.685
Χρηματοοικονομικά έξοδα	(831.210)
Κέρδη / (Ζημίες) προ φόρων	(2.316.607)
Φόρος εισοδήματος	88.665
Ζημιά μετά από φόρους (Α)	(2.227.942)

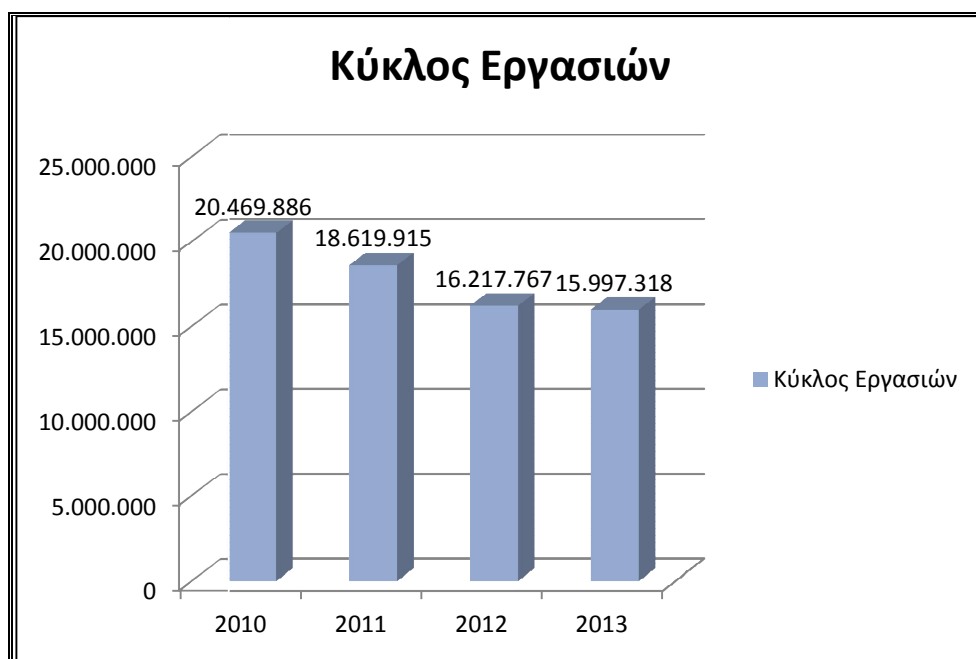
Πίνακας 3.3: ΚΑΧ 2013

01.01-31.12.2014	
Κύκλος εργασιών	15.997.318
Κόστος πωλήσεων	(10.799.770)
Μικτό κέρδος	5.197.548
Έξοδα διάθεσης	(3.193.807)
Έξοδα ερευνας και αναπτυξης	(559.657)
Έξοδα διοικήσεως	(1.746.743)
Λοιπά έσοδα εκμετάλλευσης	200.720
Χρηματοοικονομικά έσοδα	80.558
Χρηματοοικονομικά έξοδα	(673.569)
Κέρδη / (Ζημίες) προ φόρων	(694.950)
Φόρος εισοδήματος	(226.479)
Ζημία μετά από φόρους (Α)	(921.429)

Πίνακας 3.4: ΚΑΧ 2014

3.5.1 Ανάλυση καταστάσεων αποτελεσμάτων χρήσης ^{[17]-[20]}

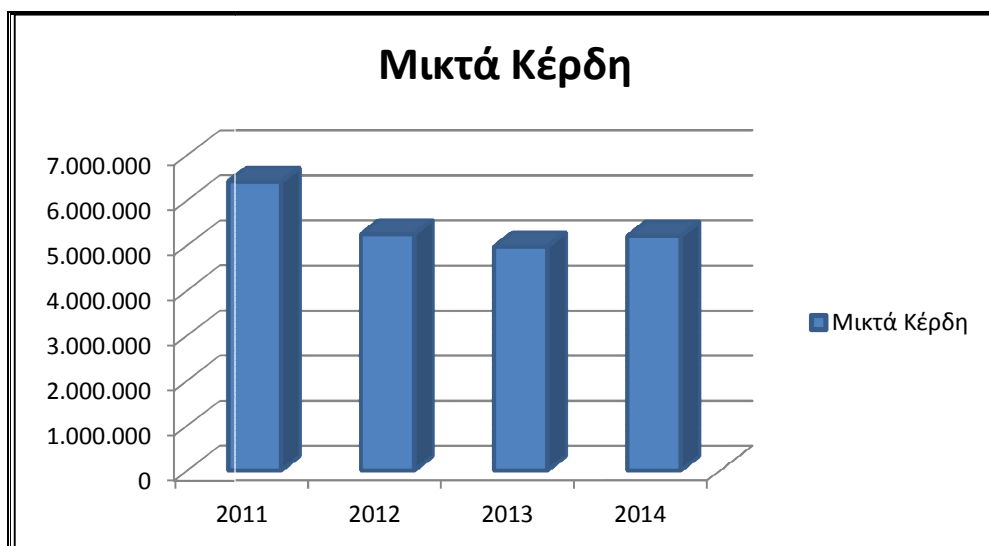
Κύκλος εργασιών: Οι πωλήσεις της εταιρίας για το έτος 2011 ανήλθαν στα 20.469.886€. Από τις καταστάσεις αποτελεσμάτων χρήσης των επόμενων ετών παρατηρείται μια μείωση σε σχέση με τις τιμές του 2011, της τάξης του - 1.849.972€ για το 2012, των - 2.402.148€ για το 2013 και των - 220.449€ για το 2014. Δηλαδή σε βάθος τετραετίας παρατηρείται μια πτωτική πορεία της τάξης του 20% περίπου, η οποία συνδέεται με το γενικότερο οικονομικό κλίμα στην Ελλάδα και την Ευρώπη. Σημειώνεται πως η οικονομική δραστηριότητα της επιχείρησης βασίζεται τόσο στην εξαγωγική δράση όσο και στην εγχώρια αγορά. Η γενικευμένη λιτότητα, η οικονομική κρίση στην Ελλάδα και η κάθετη πτώση τιμών των φαρμάκων (περίπου 60%), σε συνδυασμό με την πολιτική αστάθεια και την εμπόλεμη κατάσταση πολλών χωρών στις οποίες εκτείνεται η εξαγωγική δραστηριότητα της εταιρίας, ερμηνεύουν τις πτωτικές τάσεις του κύκλου εργασιών. Μόνο το 2013 εμφανίζονται σημάδια σχετικής σταθεροποίησης, ενώ οι εκτιμήσεις των στελεχών της επιχείρησης για το 2014 με βάση επαληθεύθηκαν ως θετικές καθώς υπήρξε σχετική αύξηση των πωλήσεων στην ελληνική αγορά, ικανή να αντισταθμίσει την πτωτική τάση των πωλήσεων σε εμπόλεμες χώρες του εξωτερικού.



Διάγραμμα 3.7: Διάγραμμα κύκλου εργασιών

Μικτά κέρδη: Τα μικτά κέρδη για το 2011 ανήλθαν στα 6.407.203€, για το 2012 στα 5.242.587€, για το 2013 4.969.282€ και για το 2014 στα 5.197.548€. Παρατηρείται συνεχής μείωση των μικτών κερδών από το έτος 2011 έως και το 2013, ενώ για το 2014 σημειώνεται αύξηση σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά σε ποσοστό περίπου 5%, επιστρέφοντας σχεδόν στα επίπεδα

μικτών κερδών του 2012. Σε επίπεδο τετραετίας και τα μικτά κέρδη έχουν μειωθεί σε ποσοστό 20% περίπου, όπως και το σύνολο του κύκλου εργασιών.



Διάγραμμα 3.8: Διάγραμμα μικτών κερδών

Έξοδα διάθεσης: Τα έξοδα διάθεσης αφορούν κυρίως τις προωθητικές δραστηριότητες της εταιρίας, η οποία διατηρεί σταθερή πολιτική, με σχετικά μικρές αυξομειώσεις για τα ποσά αυτά. Πιο συγκεκριμένα, από 3.954.586€ για το 2011, αυξήθηκε στα 4.692.991€ για το 2013 ενώ το 2014 επανήλθε περίπου στα επίπεδα του 2011.

Έξοδα έρευνας και ανάπτυξης: Τα έξοδα αυτά αφορούν την έρευνα και ανάπτυξη για σχεδιασμό και παραγωγή νέων προϊόντων. Στα πλαίσια της οικονομικής κρίσης, όπως είναι προφανές, τα έξοδα αυτά μειώνονται σε 559.657€ το 2014, από 757.205€ που ήταν το 2011.

Έξοδα διοίκησης: Από το 2011 έως και το 2013 παρατηρείται μείωση στα έξοδα διοίκησης της εταιρίας από 1.630.743€ σε 1.405.689€ αντίστοιχα, ενώ για το 4υπάρχει αύξηση πάνω από τα επίπεδα του 2010 και φτάνει στα 1.746.743€.

Χρηματοοικονομικά έσοδα/έξοδα: Τα έσοδα της εταιρίας μειώνονται από το 2011 έως το 2013 ενώ το 2014 αυξάνονται. Αντίθετα, τα έξοδα αυξάνονται συνεχώς από το 2011 έως και το 2013 ενώ το 2014 μειώνονται.

Καθαρά κέρδη (Ζημιά μετά από φόρους): Συνολικά, για τα εξεταζόμενα έτη η εταιρία εμφανίζει συνεχώς ζημιά, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην σταδιακή αύξηση της φορολογίας, καθώς και στην συνολική εγχώρια οικονομική ύφεση. Πιο αναλυτικά, η ζημιά της επιχείρησης για το 2011 άγγιζε το ποσό των 187.866€, με το ποσοστό φορολογίας επί του ποσού αυτού να φτάνει το 33,4%. Για τα έτη 2012 και 2013, η ζημιά εκτινάχθηκε στα 1.624.833€ και 2.227.942€ αντίστοιχα, με επίσης αυξημένη φορολογία. Ωστόσο, ενώ το 2014 η ζημιά μειώθηκε στα 921.429€, η φορολογία άγγιζε τις 226.479€ που αντικατοπτρίζει την έντονη πολιτική αύξησης του φορολογικού καθεστώτος, τόσο για τις επιχειρήσεις όσο και για τους πολίτες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΣΙΜΩΝ ΦΑΡΜΑΚΩΝ ΤΗΣ HELP PHARMACEUTICALS

4.1 Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας

4.1.1 Εισαγωγή

Στις εγκαταστάσεις του εργοστασίου της HELP SA λειτουργούν παράλληλα γραμμές παραγωγής για προϊόντα διαφόρων φαρμακευτικών μορφών, όπως δισκία, σιρόπια, σταγόνες, κρέμες, κολλύρια, αμπούλες, σκόνες, πούδρες, κάψουλες κ.α. Για λόγους που έχουν ήδη αναφερθεί, για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας αντικείμενο μελέτης θα αποτελέσει η γραμμή παραγωγής ενέσιμων προϊόντων, δηλαδή υγρών συνθέσεων σε γυάλινες φύσιγγες που χρησιμοποιούνται για ενέσεις. Η συγκεκριμένη γραμμή περιλαμβάνει τρεις βασικές μηχανές/γραμμές παραγωγής φαρμάκων οι οποίες χρησιμοποιούνται για την παρασκευή πάνω από τριάντα διαφορετικών τελικών προϊόντων. Στα πλαίσια της εργασίας θα μελετηθεί μια από αυτές, πράγμα εφικτό, καθώς η λειτουργία καθεμιάς είναι πλήρως ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες, σε βαθμό που μπορεί να θεωρηθεί ως ανεξάρτητη γραμμή παραγωγής.

Στην υπό μελέτη γραμμή παραγωγής παράγονται δώδεκα προϊόντα με όμοιο τρόπο (ακολουθώντας τα ίδια στάδια), ακολουθώντας συγκεκριμένες και αυστηρές διαδικασίες που υπαγορεύονται από διεθνείς κανονισμούς και νομοθεσίες σχετικά με την παραγωγή φαρμάκων. Ανάλογα με το προϊόν υπάρχουν διαφορές στη σύσταση (ποιοτική και ποσοτική), ωστόσο οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για όλα τα ενέσιμα διαλύματα είναι ενέσιμο νερό, αναμεμιγμένο με τη δραστική ουσία του κάθε φαρμάκου και τα απαραίτητα έκδοχα.

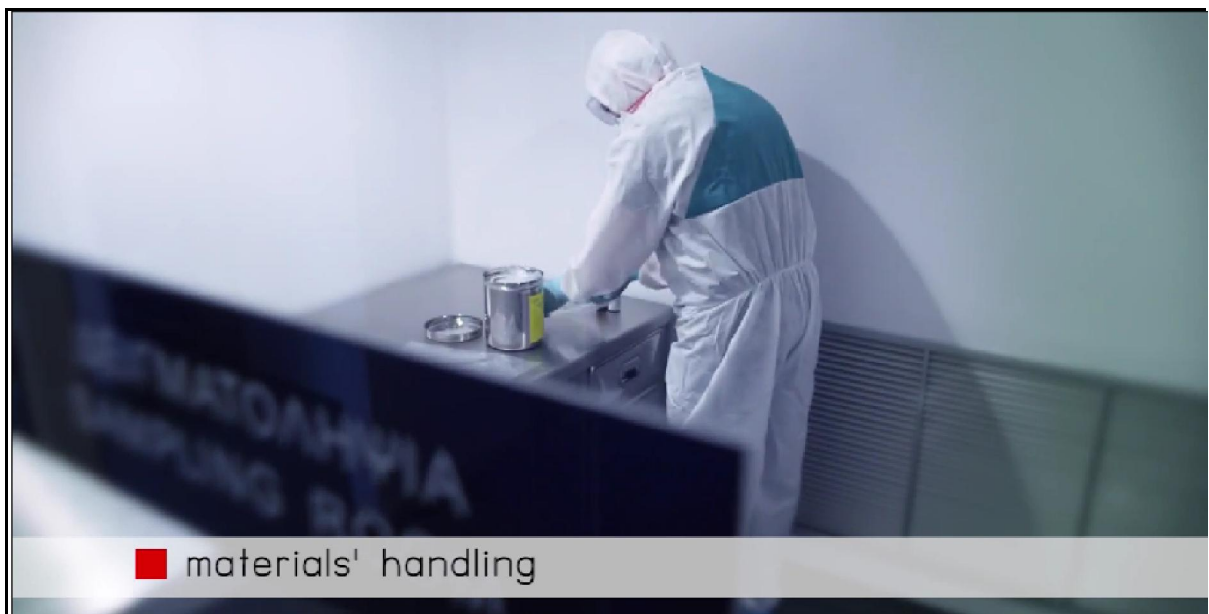
4.1.2 Παραλαβή πρώτων υλών και υλικών συσκευασίας

Οι πρώτες ύλες και τα υλικά συσκευασίας φτάνουν με φορτηγά στο χώρο του εργοστασίου. Γίνεται καταμέτρηση και ζύγιση με βάση τις εκάστοτε παραγγελίες, καθώς και εξωτερικός έλεγχος για την ακεραιότητα και την σωστή επισήμανση των παραληφθέντων περιεκτών. Υπάρχουν δυο (2) χώροι καραντίνας, ξεχωριστοί για υλικά συσκευασίας και άλλες πρώτες ύλες. Γίνεται ποιοτικός έλεγχος σε όλα, με λήψη δειγμάτων, και στη συνέχεια ταξινόμηση στους χώρους καραντίνας με ειδικούς αριθμούς ταυτότητας της κάθε εισαγωγής (identification number- internal batch number). Η ποιοτική κατάσταση κάθε υλικού καταδεικνύεται με ειδικές κάρτες διαφορετικού χρώματος κατά περίπτωση, κίτρινη όταν ο έλεγχος βρίσκεται σε εξέλιξη και το υλικό βρίσκεται στην αντίστοιχη καραντίνα, πράσινη όταν είναι κατάλληλο για χρήση στην παραγωγική διαδικασία, , οπότε οδηγείται

στις ανάλογες αποθήκες και κόκκινη εφόσον κριθεί ακατάλληλο και οδηγείται στις αποθήκες ακατάλληλων. Η αποθήκευση των πρώτων υλών γίνεται σε τρεις (3) διαφορετικούς χώρους, ενώ των υλικών συσκευασίας σε δυο (2) αποθήκες μια για πρωτογενείς (γυάλινες φύσιγγες, PVC για θήκες συσκευασίας) και μια για δευτερογενείς περιέκτες (κουτιά συσκευασίας, ετικέτες, φύλλα οδηγιών κα). Για ευαίσθητες πρώτες ύλες υπάρχει ειδικό ψυγείο- αποθήκη για τη διατήρησή τους στις απαιτούμενες θερμοκρασιακές συνθήκες.



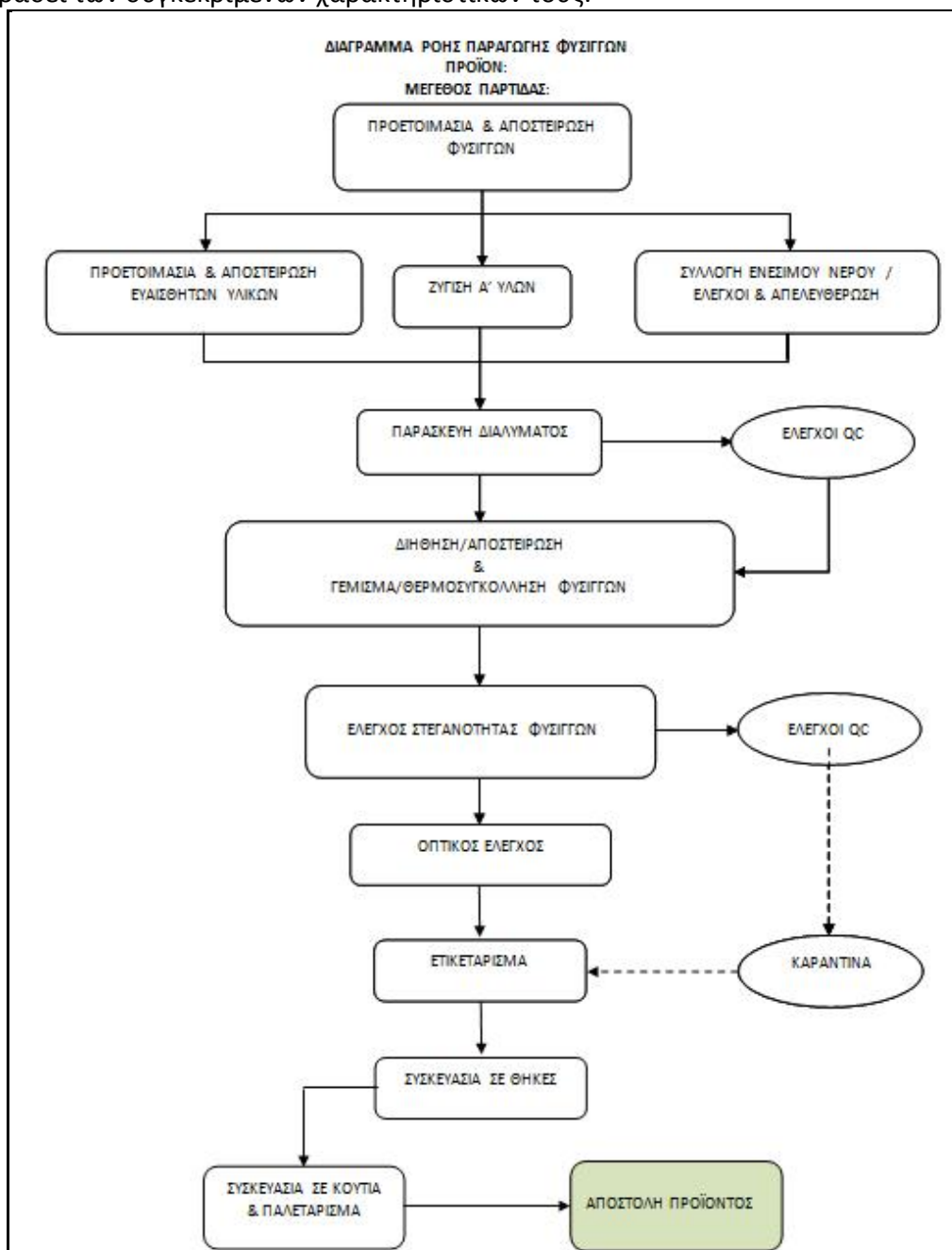
Εικόνα 4.1: Συσκευασίες πρώτων υλών



Εικόνα 4.2: Χώρος δειγματοληψίας

4.1.3 Παραγωγή προϊόντος

Η παραγωγή μιας παρτίδας προϊόντος υλοποιείται σε χρονικό διάστημα που συνήθως δεν υπερβαίνει τις πέντε ημέρες. Ακολουθεί ένα γενικό διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας στο οποίο συνοψίζονται τα ενδιάμεσα στάδια παραγωγής τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω. Στη συνέχεια το γενικό αυτό διάγραμμα εξειδικεύεται για καθένα από τα παραγόμενα προϊόντα βάσει των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών τους.



Διάγραμμα 4.1: Γενικό διάγραμμα ροής παραγωγής φυσιγγων

4.1.3.1 Προετοιμασία και αποστείρωση φυσίγγων

Την πρώτη ημέρα γίνεται πλύσιμο και ξηρή αποστείρωση/ αποπυρετογόνωση των φυσιγγών και του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί σε όλη την παραγωγική διαδικασία. Οι φύσιγγες παραλαμβάνονται στο χώρο του πλυντηρίου, αποσυσκευάζονται από την εξωτερική συσκευασία και εισέρχονται στο χώρο του πλυντηρίου. Χρησιμοποιείται κλίβανος ξηρής αποστείρωσης στον οποίο φορτώνονται οι φύσιγγες, οι βελόνες γεμίσματος της μηχανής γεμίσματος και οι γυάλινες φιάλες. Η αποστείρωση πραγματοποιείται στους 240° C για τέσσερις (4) ώρες. Ο συνολικός κύκλος αποστείρωσης διαρκεί έξι (6) ώρες και περιλαμβάνει το χρόνο θέρμανσης, αποστείρωσης και ψύξης του κλιβάνου. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της νύχτας ώστε τα απαραίτητα υλικά να είναι έτοιμα για χρήση κατά την έναρξη της πρωινής βάρδιας της επόμενης ημέρας.

4.1.3.2 Προετοιμασία και αποστείρωση ευαίσθητων υλικών

Τη δεύτερη ημέρα γίνεται αποστείρωση, σε υγρό κλίβανο, των ευαίσθητων υλικών που χρησιμοποιούνται, δηλαδή των φίλτρων διήθησης, των αντλιών και λάστιχων της γεμιστικής μηχανής, καθώς και των ειδικών στολών εργασίας που φορά υποχρεωτικά το εξειδικευμένο προσωπικό που εργάζεται στο στείρο χώρο, όπου πραγματοποιούνται οι διαδικασίες παραγωγής των στείρων προϊόντων. Η υγρή αποστείρωση γίνεται στους 121° C και πίεση 1,2 atm και διαρκεί περίπου 30 λεπτά.

4.1.3.3 Συλλογή ενέσιμου νερού/έλεγχος και απελευθέρωση

Παράλληλα, γίνεται η προετοιμασία για την παρασκευή του διαλύματος που γεμίζεται στις φύσιγγες. Το νερό για ενέσιμα (Water for Injection) παράγεται σε ειδική εγκατάσταση στο χώρο παραγωγής φαρμακευτικού νερού του εργοστασίου και μεταφέρεται μέσω ανοξείδωτων αγωγών στο πιεστικό δοχείο παρασκευής του ενέσιμου διαλύματος. Στην εν λόγω εγκατάσταση, με κατάλληλα μηχανήματα, χρησιμοποιώντας το νερό του δικτύου ύδρευσης παράγεται υπερκάθαρο νερό (purified water) με τη μέθοδο διπλής όσμωσης, το οποίο στη συνέχεια περνά από διπλή απόσταξη και προκύπτει το ενέσιμο νερό (water for injection). Σημειώνεται ότι οι ποιότητες του φαρμακευτικού νερού, ελέγχεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Φαρμακοποιίας, βάσει σταθερού περιοδικού προγράμματος ελέγχου, από το τμήμα ποιοτικού ελέγχου.



Εικόνα 4.3 : Χώρος παραγωγής νερού



Εικόνα 4.4: Χώρος παραγωγής ενέσιμου νερού



Εικόνα 4.5: Χώρος παραγωγής ενέσιμου νερού

4.1.3.4 Ζύγιση πρώτων υλών

Συγχρόνως, με γραπτή εντολή που δίνεται από το τμήμα παραγωγής, γίνεται η ζύγιση των πρώτων υλών που απαιτούνται για την εκάστοτε παραγόμενη παρτίδα. Οι ζυγίσεις γίνονται σε ειδικό χώρο βαθμίδας C, το ζυγιστήριο. Πριν την έναρξη της ζύγισης πραγματοποιείται και καταγράφεται ο έλεγχος καταλληλότητας του χώρου και του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί. Ελέγχεται πχ η λειτουργία του εξαερισμού, οι διαφορικές πιέσεις και κλιματικές συνθήκες, η καταλληλότητα των χρησιμοποιούμενων ζυγών, του τοπικού απαγωγού, η καθαρότητα χώρου και εξοπλισμού. Οι πρώτες ύλες ζυγίζονται μια-μια με τη σειρά, ξεκινώντας πάντα από τα έκδοχα και τελειώνοντας με τις δραστικές ουσίες. Όλη η διαδικασία πραγματοποιείται παρουσία τριών ειδικευμένων εργαζομένων και καταγράφεται επακριβώς στα δεδομένα τεκμηρίωσης της παρτίδας. Ενδιάμεσα από την ζύγιση του κάθε είδους γίνεται μερικός καθαρισμός του χώρου, ενώ στο τέλος γίνεται γενικός καθαρισμός του ζυγιστηρίου. Οι πρώτες ύλες οδηγούνται στο χώρο παραγωγής.



Εικόνα 4.6: Ζύγιση πρώτων υλών

4.1.3.5 Παρασκευή διαλύματος και ποιοτικοί έλεγχοι (έλεγχοι QC)

Το προσωπικό εισέρχεται στο χώρο του παρασκευαστηρίου βαθμίδας C, και πριν την έναρξη οποιασδήποτε διαδικασίας παραγωγής ελέγχεται η καθαρότητα του χώρου και των φορμών εργασίας, η λειτουργία του συστήματος κυκλοφορίας αέρα, του συστήματος μέτρησης και καταγραφής διαφορικών πιέσεων και σωματιδιακού φορτίου. Για την παρασκευή του διαλύματος στο ανοξείδωτο πιεστικό δοχείο που βρίσκεται το ενέσιμο νερό προστίθεται, υπό ανάδευση, η κατάλληλη ποσότητα πρώτων υλών, με συγκεκριμένη σειρά και μεθοδολογία, ανάλογα με τη

μέθοδο παραγωγής και τη σύσταση κάθε προϊόντος. Η ανάδευση διαρκεί συγκεκριμένο χρόνο ενώ παράλληλα ελέγχεται το pH του διαλύματος. Στη συνέχεια, το τμήμα ποιοτικού ελέγχου (Quality Control) πραγματοποιεί δειγματοληψία για έλεγχο της καταλληλότητας του παραχθέντος διαλύματος, βάσει συγκεκριμένων προδιαγραφών και μεθόδων ελέγχου για κάθε προϊόν. Για να συνεχιστεί η παραγωγική διαδικασία απαιτείται η αρχική έγκριση καταλληλότητας των ελάχιστων απαιτούμενων παραμέτρων ανάλογα με το κάθε προϊόν, από το τμήματος ποιοτικού ελέγχου,. Οι χημικοί και μικροβιολογικοί έλεγχοι του προϊόντος, συνεχίζονται από το τμήμα ποιοτικού ελέγχου καθώς κάποιοι από αυτούς είναι χρονοβόροι και μπορεί να διαρκέσουν μερικές ώρες ή και μέρες ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του κάθε προϊόντος.



Εικόνα 4.7: Έλεγχος ενέσιμου νερού



Εικόνα 4.8: Έλεγχος μικροβιακού φορτίου του Στείρου Χώρου

4.1.3.6 Διήθηση/αποστείρωση και γεμίσμα/θερμοσυγκόλληση φυσίγγων

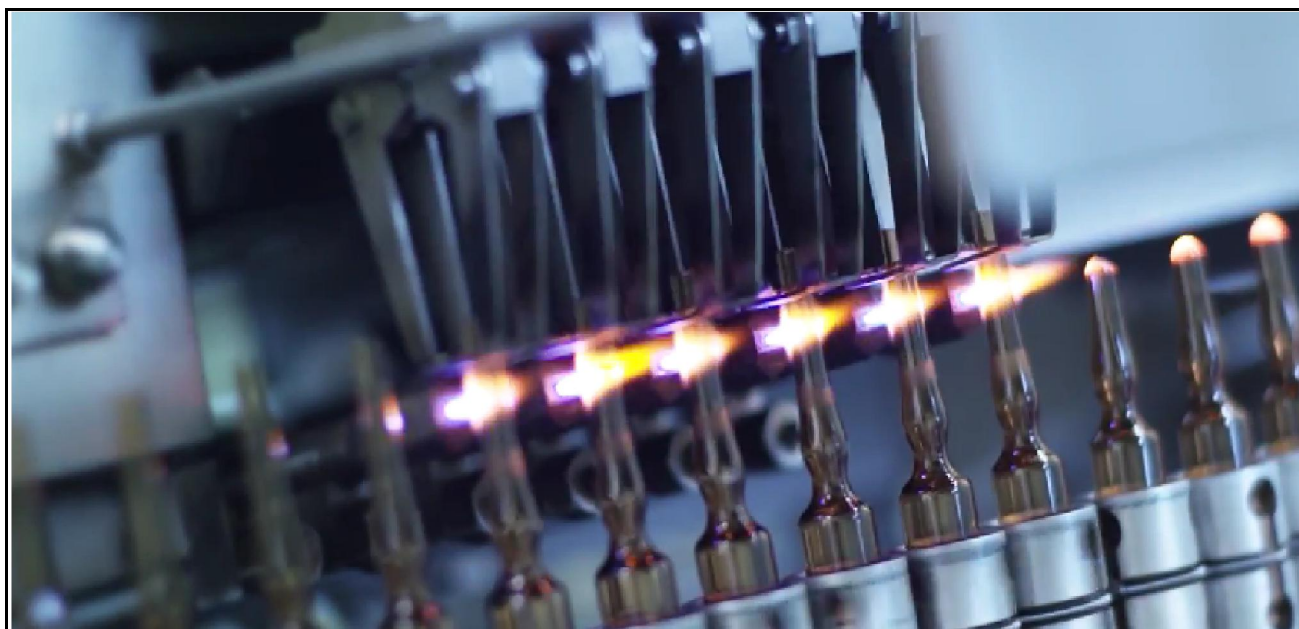
Επόμενο στάδιο της διαδικασίας είναι η αποστείρωση του διαλύματος μέσω μικροβιοκρατούς διήθησης με ειδικά φίλτρα και η πλήρωση των φυσιγγων με χρήση γεμιστικής μηχανής. Αρχικά, εισέρχεται το εξειδικευμένο προσωπικό στο στείρο χώρο βαθμίδας A & B, όπου ελέγχεται και πάλι η καθαρότητα του χώρου και των φορμών εργασίας, η λειτουργία του συστήματος κυκλοφορίας αέρα, του συστήματος μέτρησης και καταγραφής διαφορικών πιέσεων και σωματιδιακού φορτίου καθώς και η θερμοκρασία και υγρασία του συγκεκριμένου χώρου. Απαραίτητος εξοπλισμός στα στάδια αυτά είναι η γεμιστική μηχανή φυσιγγων (Pharmasiema) με τις αντλίες, τα λάστιχα και τις βελόνες γεμίσματος καθώς και τα ειδικά φίλτρα για τη διήθηση/αποστείρωση του προϊόντος. Τα φίλτρα αυτά ελέγχονται ως προς την ακεραιότητά τους πριν και μετά το τέλος της διαδικασίας. Αφού ελεγχθούν τα αποδεικτικά αποστείρωσης των φυσιγγων, συνδέονται τα φίλτρα και ξεκινά η διήθηση/αποστείρωση του διαλύματος μέσω αυτών, από το πιεστικό δοχείο που βρίσκεται στο παρασκευαστήριο, προς τη μηχανή γεμίσματος. Η μηχανή έχει προ-ρυθμιστεί από την προηγούμενη μέρα όσον αφορά το μέγεθος των φυσιγγων που θα χρησιμοποιηθούν (πχ τροφοδοτικά φυσίγγων, αντλίες τροφοδοσίας προϊόντος κτλ). Την ίδια μέρα η μηχανή ρυθμίζεται και πάλι κατάλληλα λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις προδιαγραφές του προϊόντος (πχ μέσος όγκος πλήρωσης-λειτουργία αντλιών) όσο και το μέγεθος της παρτίδας και της χρησιμοποιούμενης φύσιγγας (πχ ταχύτητα μηχανής). Οι φύσιγγες εισέρχονται όρθιες και κλειστές στη μηχανή, στη συνέχεια ανατρέπονται και κόβονται αυτόματα με χρήση διαμαντοφόρου κοπτικού εργαλείου.

Η διεργασία της κοπής, γίνεται σε περιβάλλον κενού αέρος, ώστε να απορροφώνται και να αποβάλλονται οποιαδήποτε σωματίδια γυαλιού που προκύπτουν κατά την διαδικασία κοπής. Οι φύσιγγες επαναφέρονται στην όρθια θέση, γεμίζονται με προϊόν συγκεκριμένου όγκου και ταυτόχρονα γίνεται κορεσμός της κάθε φύσιγγας με υπερκάθαρο φαρμακευτικό άζωτο. Τέλος, κλείνονται αεροστεγώς με θερμοσυγκόλληση με ειδικά φλόγιστρα και οδηγούνται στην έξοδο της μηχανής. Σε όλη τη διάρκεια του γεμίσματος διενεργούνται ποιοτικοί έλεγχοι του προϊόντος (in process control- IPC). Κάθε μισή τουλάχιστον ώρα ελέγχονται ο όγκος, το ύψος και η στεγανότητα της φύσιγγας, ενώ κάθε μία ώρα λαμβάνονται δείγματα που προωθούνται για επί τόπου οπτικό έλεγχο, για την πιστοποίηση απουσίας μικροσωματιδίων γυαλιού και την ταυτόχρονη επιβεβαίωση της σωστής λειτουργίας της μηχανής (σύστημα κοπής και θερμοσυγκόλλησης). Με το τέλος της διαδικασίας γίνεται καθαρισμός του στείρου χώρου.

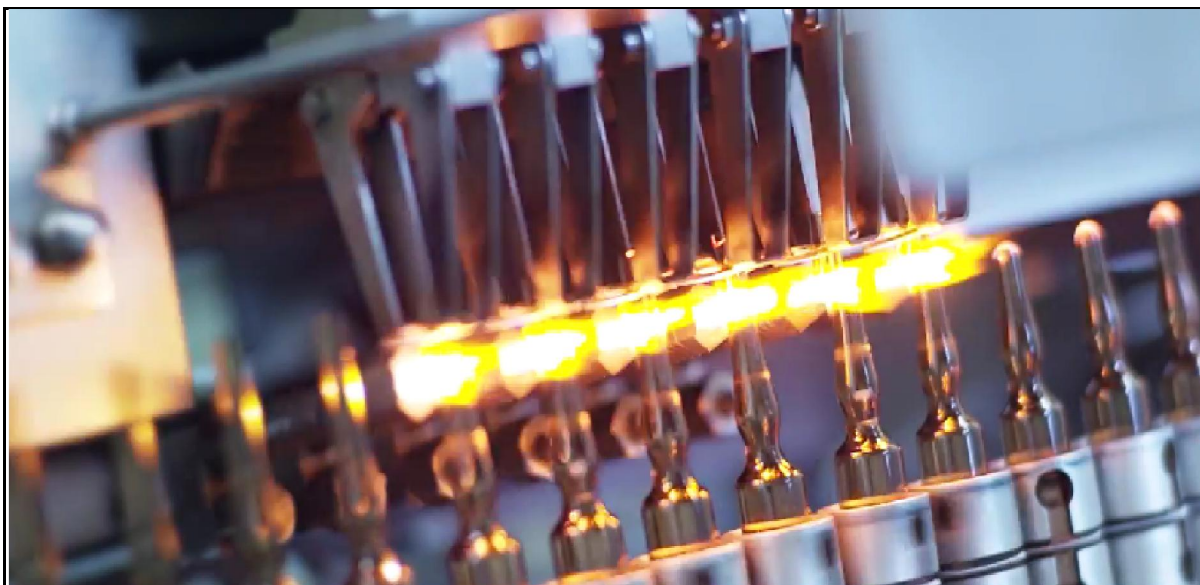
Ακολουθούν φωτογραφίες από την περιγραφόμενη διαδικασία, που αποτυπώθηκαν κατά τη λειτουργία της μηχανής γεμίσματος.



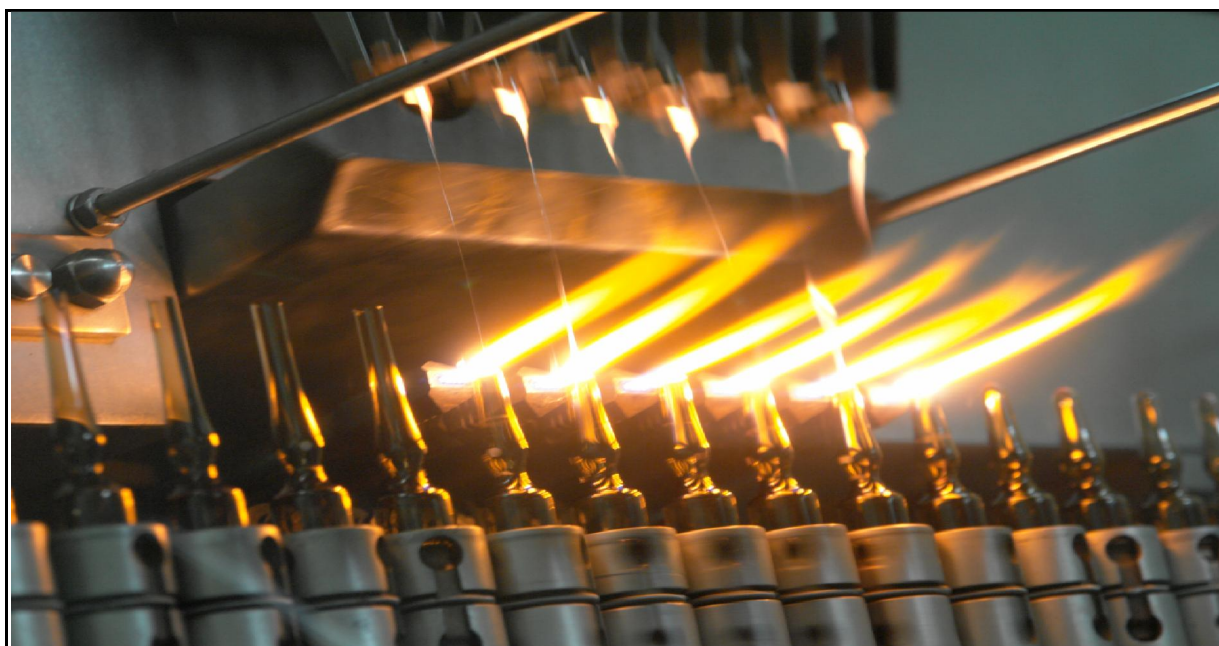
Εικόνα 4.9:Είσοδος φυσιγγων στην μηχανή και αναστροφή αυτών



Εικόνα 4.10: Κλείσιμο φυσιγγων με φλόγα – διαδικασία θερμοσυγκόλλησης 1



Εικόνα 4.11: Κλείσιμο φυσιγγων με φλόγα – διαδικασία θερμοσυγκόλλησης 2



Εικόνα 4.12: Κλείσιμο φυσιγγων με φλόγα – διαδικασία θερμοσυγκόλλησης 3



Εικόνα 4.13: Έξοδος έτοιμων φυσιγγων από τη μηχανή γεμίσματος

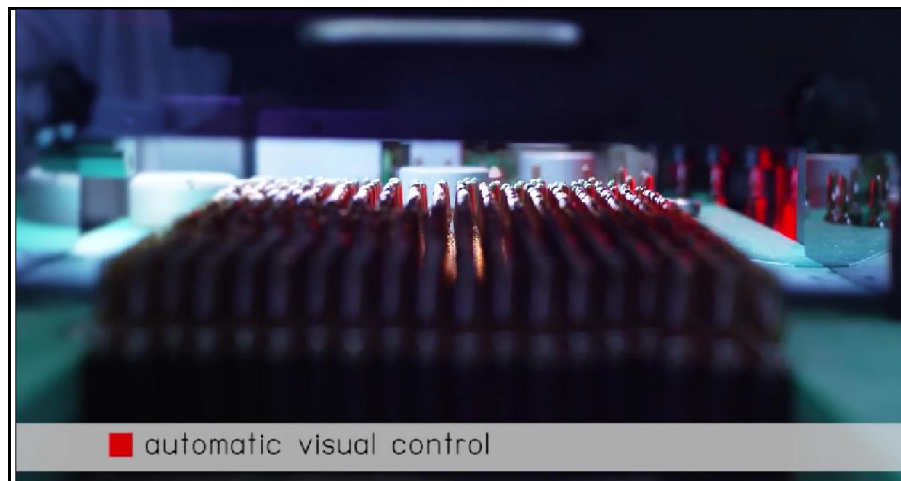
4.1.3.7 Κλιβανισμός ή έλεγχος στεγανότητας

Μετά το τέλος τη παραγωγής το προϊόν μεταφέρεται στον κλίβανο υγρής αποστείρωσης για έλεγχο ακεραιότητας (στεγανότητας των φυσιγγων). Κάποια από τα παραγόμενα προϊόντα υπόκεινται σε τελική αποστείρωση (κλιβανισμό) και κάποια άλλα σε έλεγχο στεγανότητας, διάρκειας 20 λεπτών το καθένα και συνολικής διάρκειας της όλης διαδικασίας 2,1 έως 4,1 ωρών, ανάλογα και με το μέγεθος παρτίδας του κάθε προϊόντος. Κατά το στάδιο αυτό λαμβάνονται δείγματα που υπόκεινται σε ποιοτικό έλεγχο για την έγκριση καταλληλότητας της παραγόμενης παρτίδας ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από το προϊόν. Τέλος, το προϊόν μεταφέρεται στην αποθήκη ημιέτοιμων προϊόντων και γίνεται καθαρισμός του χώρου και του εξοπλισμού.

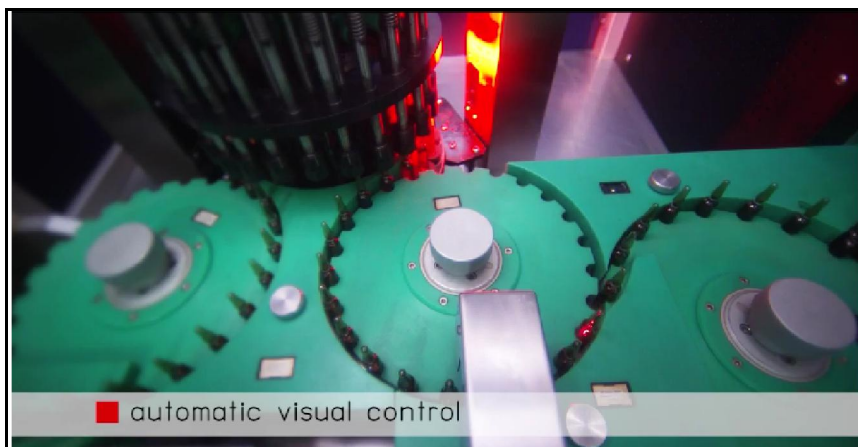
4.1.3.8 Οπτικός έλεγχος

Την τρίτη σε σειρά ημέρα της παραγωγικής διαδικασίας πραγματοποιείται οπτικός έλεγχος. Ελέγχεται η καθαρότητα του χώρου και των κλιματικών συνθηκών. Το προϊόν μεταφέρεται από την αποθήκη ημιέτοιμων στο χώρο του οπτικού ελέγχου. Οι φύσιγγες οδηγούνται μέσω μεταφορικής ταινίας τροφοδοσίας στη μηχανή. Εκεί τοποθετούνται αυτόματα σε περιστρεφόμενο «καρουζέλ» το οποίο περιστρέφει επίσης τη φύσιγγα με συγκεκριμένη ταχύτητα γύρω από τον άξονά της. Στη μηχανή είναι προσαρμοσμένες τέσσερις κάμερες που ελέγχουν διαφορετικά σημεία και χαρακτηριστικά της φύσιγγας. Κάθε φύσιγγα σταματά να περιστρέφεται μόλις φτάσει στην πρώτη κάμερα, η οποία ελέγχει το πάνω μέρος αυτής, και συγκεκριμένα αν έχει γίνει σωστά το κλείσιμό της

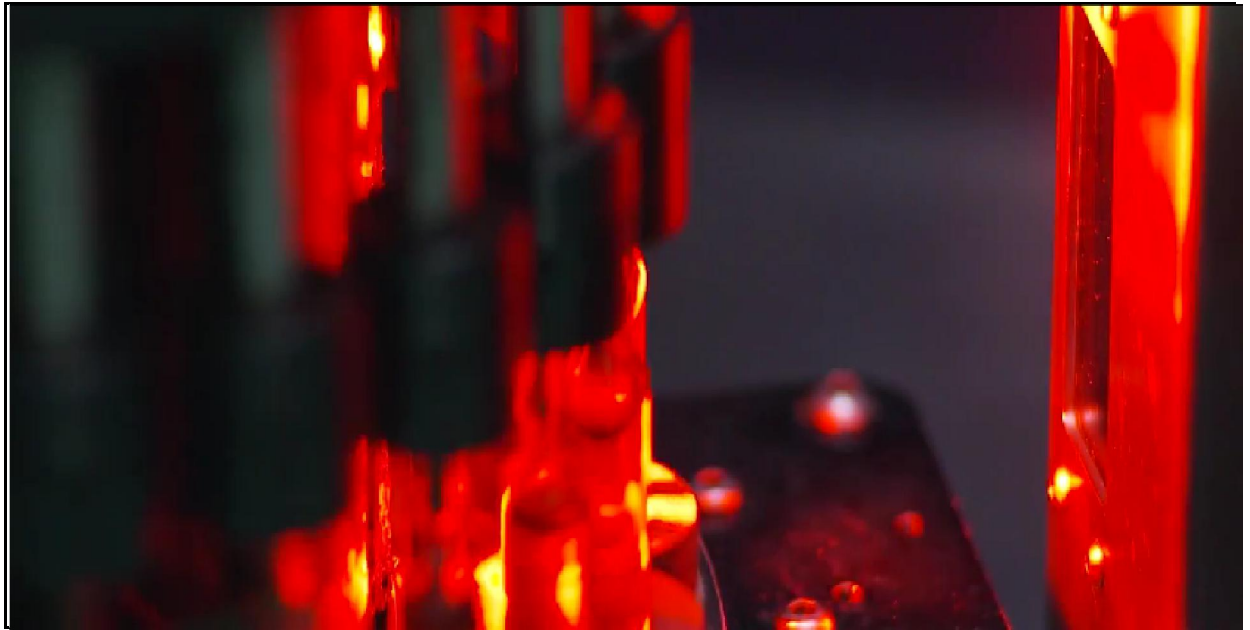
κατά τη θερμοσυγκόλληση. Η δεύτερη κάμερα εξετάζει το μεσαίο τμήμα της, για αιωρούμενα μικροσωματίδια αλλά και το σωστό ύψος του υγρού στο εσωτερικό της. Η τρίτη και τέταρτη κάμερα ελέγχουν το κάτω μέρος, που είναι γεμάτο με το προϊόν για αιωρούμενα μικροσωματίδια. Το λογισμικό της μηχανής κάνει τη διαλογή σε κατάλληλες και ακατάλληλες βασιζόμενο στα αποτελέσματα από τις κάμερες. Λόγω των αυστηρών προδιαγραφών ποιότητας των προϊόντων (0% ποσοστό σκάρτων), η μηχανή ρυθμίζεται σε εξαιρετικά υψηλή ευαισθησία, με αποτέλεσμα να απαιτείται και δεύτερο επίπεδο ελέγχου των απορριφθέντων για ανίχνευση ψευδώς απορριφθέντος προϊόντος (force rejected). Έτσι, οι φύσιγγες που βγαίνουν ακατάλληλες από τη μηχανή οδηγούνται σε χειροκίνητο οπτικό έλεγχο, που γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό, με χρήση συσκευών μεγέθυνσης σε κατάλληλα διαμορφωμένο σκοτεινό θάλαμο. Στη συνέχεια, όσες κρίνονται και πάλι ακατάλληλες αποσύρονται για καταστροφή (αποστολή στο εξωτερικό με πρωτόκολλα, καθώς στην Ελλάδα δεν υπάρχει δυνατότητα καταστροφής φαρμάκων), ενώ οι κατάλληλες επιστρέφουν μαζί με την υπόλοιπη παρτίδα στην αποθήκη ημιέτοιμων προϊόντων.



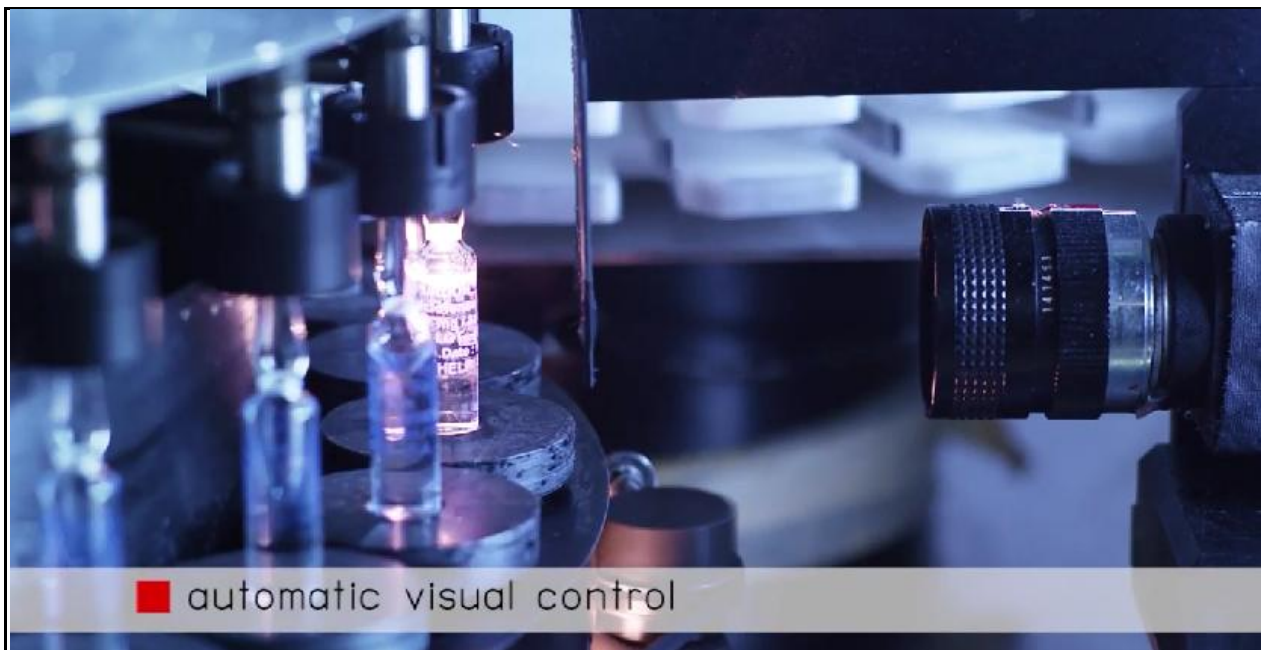
Εικόνα 4.14: Είσοδος φυσιγγων στην μηχανή αυτόματου οπτικού



Εικόνα 4.14: Είσοδος φυσιγγων στην πρώτη κάμερα της μηχανής αυτόματου οπτικού



Εικόνα 4.15: Είσοδος φυσιγγων στη δεύτερη κάμερα της μηχανής αυτόματου οπτικού



Εικόνα 4.16: Είσοδος φυσιγγων στην τρίτη κάμερα της μηχανής αυτόματου οπτικού

4.1.3.9 Ετικετάρισμα

Την τέταρτη ημέρα γίνεται η τοποθέτηση ετικέτας στο εξωτερικό της φύσιγγας. Σε περιπτώσεις προϊόντων των οποίων το γέμισμα γίνεται σε προ-τυπωμένη φύσιγγα το στάδιο τοποθέτησης ετικέτας παραλείπεται. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις το προϊόν μεταφέρεται από την αποθήκη στο χώρο της ετικετέζας. Ελέγχεται η καθαρότητα του χώρου, καταγράφονται οι κλιματικές συνθήκες και τίθεται σε λειτουργία η μηχανή. Στη μηχανή υπάρχουν δυο (2) συστήματα τροφοδοσίας, ένα για τις ετικέτες και ένα δεύτερο για την είσοδο των φυσιγγων. Οι ετικέτες είναι σε ρολό με τυπωμένα τα βασικά δεδομένα του κάθε προϊόντος (όνομα, δραστική ουσία, περιεκτικότητα, οδός χορήγησης, όγκος και υπεύθυνος κυκλοφορίας προϊόντος). Το ρολό ξετυλίγεται σταδιακά περνώντας μπροστά από προσαρμοσμένο στη μηχανή εκτυπωτικό σύστημα και σε κάθε ετικέτα τυπώνονται τα στοιχεία της κάθε παρτίδας (αριθμός παρτίδας, ημερομηνία παραγωγής και λήξης). Παράλληλα, οι φύσιγγες διοχετεύονται, μέσω περιστρεφόμενου καρουσέλ, μπροστά από το σημείο επικόλλησης της ετικέτας, με φωτοκύτταρο ελέγχεται η σωστή επικόλληση και τέλος οδηγούνται στην έξοδο της μηχανής. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας το προϊόν οδηγείται ξανά στην αποθήκη.



Εικόνα 4.17: Ετικετάρισμα των φυσιγγων

4.1.3.10 Συσκευασία σε θήκες

Την πέμπτη και τελευταία ημέρα της παραγωγικής διαδικασίας λαμβάνει χώρα η τοποθέτηση των έτοιμων φυσιγγων σε θήκες. Μετά τον έλεγχο καθαρότητας του χώρου και την καταγραφή των κλιματικών συνθηκών γίνεται τοποθέτηση σε θήκες κατασκευασμένες από PVC, συγκεκριμένων θέσεων, ημιαυτόματα. Η μηχανή παραγωγής θηκών δέχεται φύλλο PVC συγκεκριμένων διαστάσεων, στο οποίο με θερμαινόμενα διαμορφωτικά καλούπια δίνει το επιθυμητό σχήμα και μέγεθος θηκών ανάλογα με το προϊόν. Οι ενιαία διαμορφωμένες θήκες διαχωρίζονται περνώντας από κοπτικό

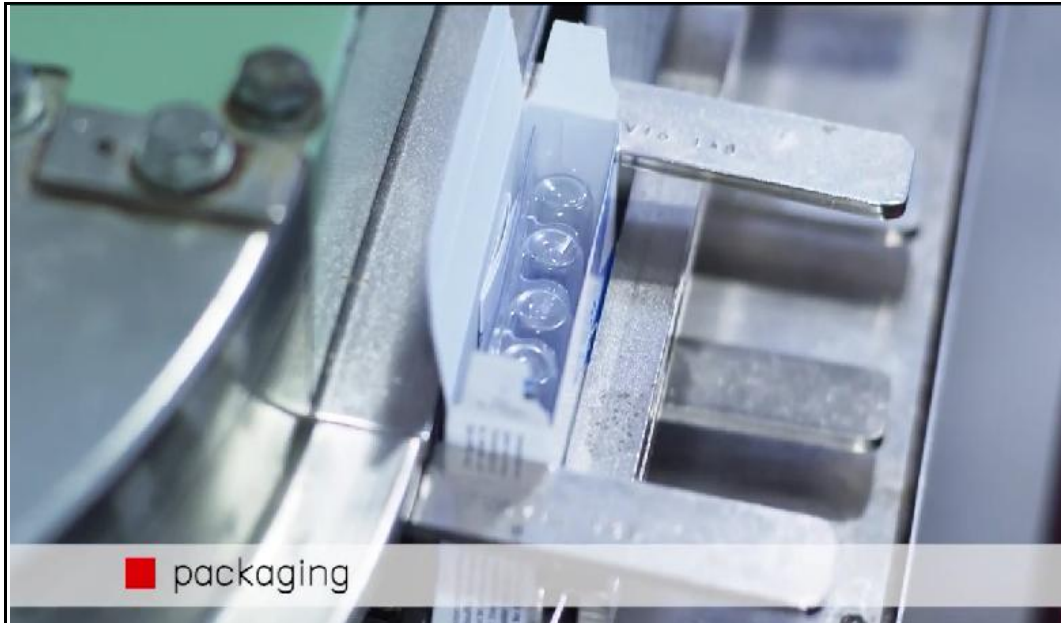
εργαλείο, στη συνέχεια γεμίζονται με φύσιγγες χειροκίνητα και οδηγούνται στην έξοδο της μηχανής.

4.1.3.11 Συσκευασία σε κουτιά και παλετάρισμα

Ακολουθεί η συσκευασία των θηκών με τις φύσιγγες στα κουτιά συσκευασίας. Ελέγχεται η καθαρότητα του χώρου, καταγράφονται οι κλιματικές συνθήκες και ξεκινά η λειτουργία της μηχανής συσκευασίας. Σε αυτή τοποθετείται το κουτί διπλωμένο (σε δυο διαστάσεις) και ανοίγεται αυτόματα. Στο εξωτερικό μέρος του κουτιού τυπώνεται ο αριθμός παρτίδας, η ημερομηνία παραγωγής και λήξης, στη συνέχεια εισέρχεται αυτόματα το σχετικό φύλλο οδηγιών που συνοδεύει πάντα κάθε φαρμακευτικό προϊόν, τοποθετούνται οι θήκες με τις φύσιγγες και τέλος το κουτί κλείνεται παίρνοντας την τελική μορφή του (τρεις διαστάσεις). Τα κουτιά παραλαμβάνονται στην έξοδο της μηχανής από τους εργαζόμενους και τοποθετούνται ένα-ένα σε χαρτόκουτα. Στη συνέχεια, ειδοποιείται το τμήμα ποιοτικού ελέγχου για έλεγχο και παραλαβή καθορισμένου αριθμού αντιδειγμάτων (λαμβάνονται υποχρεωτικά δείγματα σε αριθμό ικανό για τρεις πλήρεις ελέγχους του προϊόντος τα οποία διατηρούνται σε αρχείο για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα) ανάλογα με το προϊόν και το μέγεθος κάθε παραγόμενης παρτίδας. Μετά το τέλος της παραγωγής επιστρέφονται τα υπόλοιπα των υλικών συσκευασίας, επισημασμένα με τις κάρτες τους, στην αποθήκη. Συγχρόνως, καταστρέφονται τα τυπωμένα υλικά συσκευασίας, όσα δηλαδή δεν χρησιμοποιήθηκαν και συμπληρώνεται πρωτόκολλο καταστροφής τους. Σε όλα τα στάδια συσκευασίας των προϊόντων πραγματοποιούνται επίσης ποιοτικοί έλεγχοι του προϊόντος (in process control- IPC) για την επιβεβαίωση της τήρησης των απαιτούμενων προδιαγραφών που καθορίζονται από τις διαδικασίες παραγωγής. Τα χαρτόκουτα συσκευάζονται σε ευρωπαϊέτες και οδηγούνται στην αποθήκη έτοιμων προϊόντων. Ακολουθεί η αποστολή των παλετών, με κατάλληλα οχήματα μεταφοράς, για τη διανομή των προϊόντων στην ελληνική και τη διεθνή αγορά.



Εικόνα 4.18: Συσκευασία σε κουτιά, άνοιγμα κουτιών στη μηχανή συσκευασίας



Εικόνα 4.19: Συσκευασία σε κουτιά, το προϊόν με θήκη και φύλλο οδηγιών στο κουτί συσκευασίας



Εικόνα 4.20: Παλετοποίηση



Εικόνα 4.21: Αποθήκη έτοιμων προϊόντων

4.2 Τα προϊόντα της γραμμής παραγωγής ενέσιμων

4.2.1 Πρώτες ύλες και προϊόντα

Στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκε αναλυτικά η διαδικασία παραγωγής που ακολουθείται στη γραμμή παραγωγής των ενέσιμων φαρμάκων της εταιρίας Help pharmaceuticals. Τα ενέσιμα προϊόντα που παράγονται από την εν λόγω γραμμή, καθώς και οι κυριότερες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους είναι τα ακόλουθα^[11]:

ΠΡΟΪΟΝΤΑ
ALMIBA
BETRIMINE
DIAKARMON
FERRINEMIA
FLUMIDON
INESTOM
KARNILEV
MELOXICAM
PTINOLIN
REGIMED
TRANSAMIN
STEATEL

Πίνακας 4.1: Λίστα ενέσιμων προϊόντων

Δραστικές ουσίες
Levocarnitine
Vitamin B1 (Thiamine Hydrochloride)
Vitamin B6 (Pyridoxine Hydrochloride)
Vitamin B12 (Cyanocobalamine)
Gentamycin Sulphate
Iron Sucrose 30mg/ml (concentrate)
Meloxicam
Ranitidine Hydrochloride
Tranexamic Acid

Πίνακας 4.2: Λίστα δραστικών ουσιών

Έκδοχα
Hydrochloric Acid
Monobasic Potassium Phosphate
Medicinal Carbon
Water for injection
Sodium Phosphate (anhydrous)
Sodium chloride
Glycine
Poloxamer 188
Benzyl Alcohol
Disodium EDTA
Sodium Hydroxide
Methyl Paraben
Propyl Paraben
Sodium metabisulfite
Sodium Sulfite
Meglumine
Glycofurol

Πίνακας 4.3: Λίστα εκδόχων

4.2.2 Χαρακτηριστικά και διαγράμματα παραγωγής προϊόντων

4.2.2.1 ALMIBA, INESTOM, KARNILEV, STEATEL

ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

ALMIBA, INESTOM, KARNILEV, STEATEL 1gr l-carnitine ανά 5ml ενέσιμο διάλυμα.

Σημείωση: τα διαφορετικά εμπορικά ονόματα δεν αφορούν διαφοροποίηση στη σύσταση αυτού παρά μόνο τις εταιρίες που είναι υπεύθυνες για την κυκλοφορία τους, καθεμιά από τις οποίες δίνει το δικό της εμπορικό όνομα στο ίδιο φαρμακοτεχνικό σκεύασμα.

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Συσκευάζεται σε χάρτινο κουτί που περιέχει πλαστική θήκη με 5 φύσιγγες των 5ml η καθεμία και συνοδεύεται από το φύλλο οδηγιών.



Εικόνα 4.22: Συσκευασίες προϊόντων Almiba, Inestom, Karnilev, Steatel, κουτί, θήκη PVC, φύσιγγα

ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Κάθε φύσιγγα των 5ml περιέχει 1 g L-Carnitine ως δραστική ουσία και ως έκδοχα ύδωρ για ενέσιμα και υδροχλωρικό οξύ 10%

ΦΑΡΜΑΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ

Ενέσιμο διάλυμα για ενδοφλέβια και ενδομυϊκή χορήγηση.

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Ενδείκνυται όταν υπάρχει διάγνωση για:

- Πρωτοπαθή και δευτεροπαθή ανεπάρκεια L-καρνιτίνης σε ενήλικους, παιδιά, βρέφη και νεογνά.
- Δευτεροπαθή ανεπάρκεια L-καρνιτίνης σε αιμοκαθαιρόμενους ασθενείς με τελικού σταδίου νεφρική ανεπάρκεια.

ΤΡΟΠΟΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ

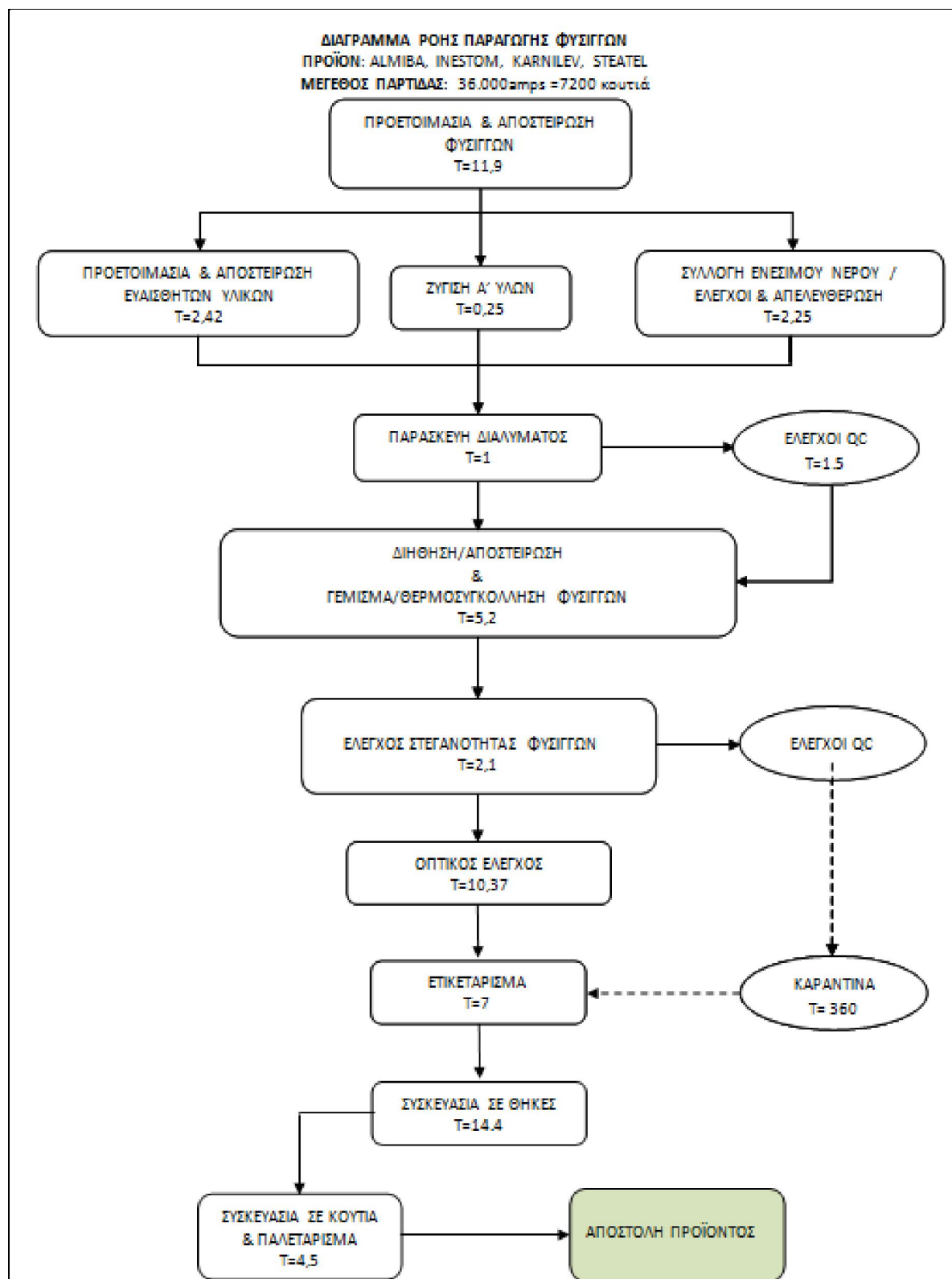
Χορηγείται με ενδομυϊκή ένεση, βραδεία (2-3 λεπτά) ενδοφλέβια ένεση ή με έγχυση .

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ

Διάρκεια ζωής του προϊόντος όπως συσκευάζεται για πώληση: 3 χρόνια(36 μήνες).

Διάρκεια ζωής μετά το πρώτο άνοιγμα του περιέκτη: Από μικροβιολογικής άποψης, το προϊόν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αμέσως.

Το διάγραμμα ροής για τα παραπάνω προϊόντα είναι κοινό, καθώς έχουν κοινή χημική σύνθεση, όσον αφορά το είδος της χρησιμοποιούμενης δραστικής ουσίας και τις αναλογίες ανάμειξης των πρώτων υλών καθώς και τις συνθήκες και τους χρόνους παρασκευής. Επιπλέον, παράγεται ίδιο μέγεθος παρτίδων και συσκευασίες κι η μόνη διαφοροποίηση αφορά την εμπορική ονομασία, γεγονός που έχει να κάνει με τις αγορές στις οποίες απευθύνεται καθένα από αυτά.



Διάγραμμα 4.2: Διάγραμμα ροής Almiba, Inestom, Karnilev, Steatel

4.2.2.2 BETRIMINE, REGIMED

ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

BETRIMINE, REGIMED

Σημείωση: τα διαφορετικά εμπορικά ονόματα δεν αφορούν διαφοροποίηση στη σύσταση αυτού παρά μόνο τις εταιρίες που είναι υπεύθυνες για την κυκλοφορία τους, καθεμιά από τις οποίες δίνει το δικό της εμπορικό όνομα στο ίδιο φαρμακοτεχνικό σκεύασμα.

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Συσκευάζεται σε χάρτινο κουτί που περιέχει πλαστική θήκη με 6 φύσιγγες των 5ml η καθεμία και συνοδεύεται από το φύλλο οδηγιών.

ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Σε κάθε φύσιγγα των 5ml περιέχονται 250 mg Thiamine Hydrochloride (Βιταμίνη B₁), 250 mg Pyridoxine Hydrochloride (Βιταμίνη B₆), 2 mg Cyanocobalamine(Βιταμίνη B₁₂), που αποτελούν τις δραστικές ουσίες, ενώ ως έκδοχα περιέχονται ύδωρ για ενέσιμα, Benzyl Alcohol και Edetate Disodium.



Εικόνα 4.23: Συσκευασίες προϊόντων Betrimine, Regimed, κουτί, θήκη PVC, φύσιγγα

ΦΑΡΜΑΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ

Ενέσιμο διάλυμα για ενδομυϊκή χορήγηση

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Συνδυασμός των τριών βιταμινών B1, B6, B12

Η Βιταμίνη B1 παίρνει μέρος στην παραγωγή (έκλυση) της απαραίτητης ενέργειας για τις ανάγκες του κυττάρου (κύκλος του KREBS, σύνθεση ακετυλχολίνης, οδός πεντοζών).

Η Βιταμίνη B6 που είναι το συνένζυμο πολλών ενζυματικών αντιδράσεων παρεμβαίνει στο σχηματισμό της σεροτονίνης, της βιταμίνης PP και στη σύνθεση του GABA.

Η Βιταμίνη B12 με μορφή συνενζύμων, είναι απαραίτητη στην αιμοποίηση.

Ενδείκνυται για:

- Κάθε κατάσταση με έλλειψη ή αυξημένες ανάγκες σε αυτές τις βιταμίνες
- Ιατρογενής δημιουργία ελλείψεως βιταμινών (χρήση αντιβιοτικού, διανικοτύλη)
- Πιθανώς αποτελεσματικό σε όλες τις μορφές αλκοολισμού (κυρίως σε αλκοολική εγκεφαλοπάθεια και στην αγωγή της αποτοξίνωσης)

ΤΡΟΠΟΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ

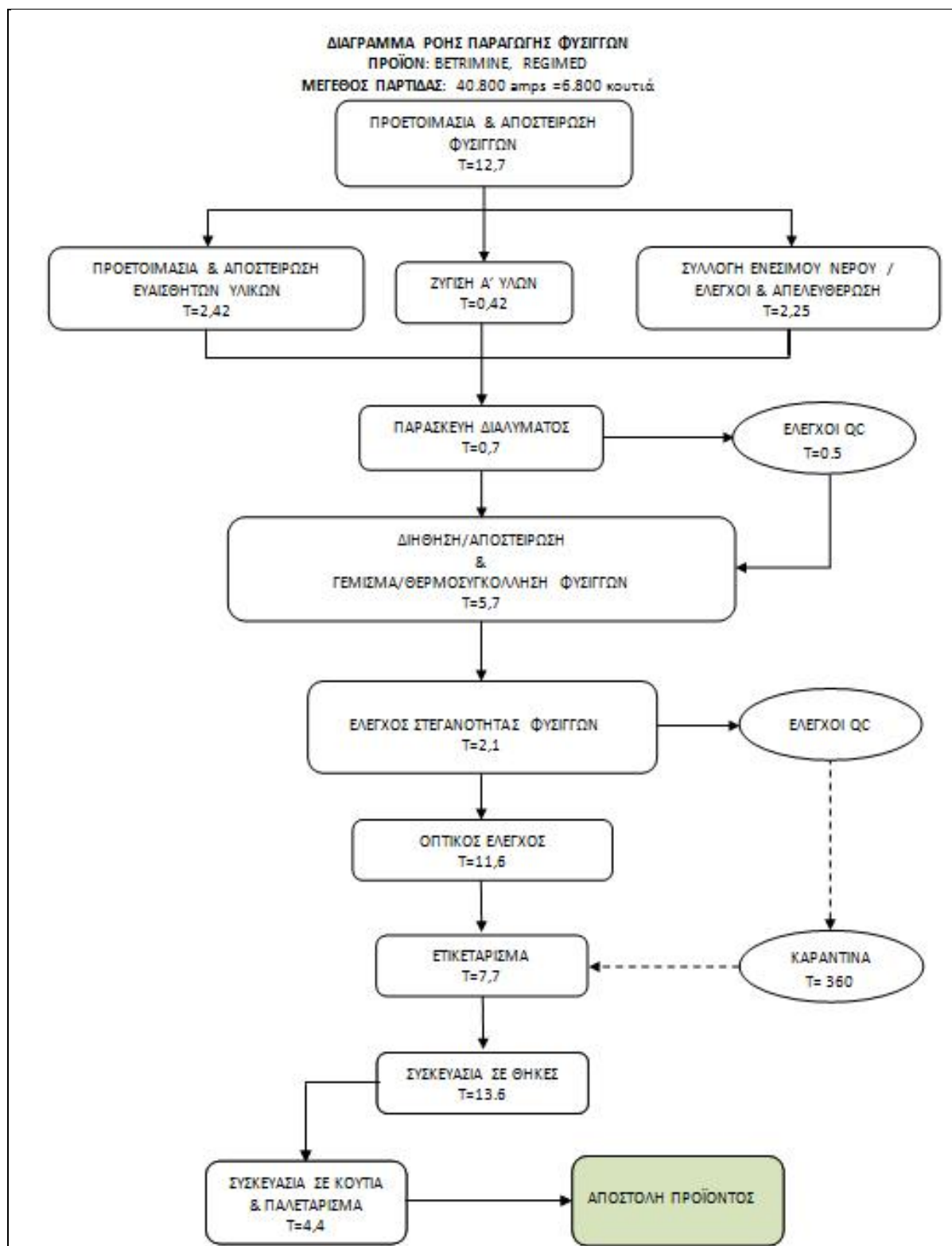
Για ενδομυϊκή χορήγηση μόνο

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ

Διάρκεια ζωής του προϊόντος όπως συσκευάζεται για πώληση: 2 χρόνια (24 μήνες).

Διάρκεια ζωής μετά το πρώτο άνοιγμα του περιέκτη: Από μικροβιολογικής άποψης, το προϊόν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αμέσως.

Κατ' αντιστοιχία με παραπάνω, το κοινό διάγραμμα ροής για τα προϊόντα Betrimine, Regimed είναι το ακόλουθο.



Διάγραμμα 4.3: Διάγραμμα ροής Betrimine, Regimed

4.2.2.3 DIAKARMON

ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

DIAKARMON 80mg Gentamycin Sulphate ανά 2ml ενέσιμο διάλυμα.

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Συσκευάζεται σε χάρτινο κουτί που περιέχει 10 πλαστικές θήκες με 5 φύσιγγες των 2ml η καθεμία (συνολικά 50 φύσιγγες) και συνοδεύεται από το φύλλο οδηγιών.



Εικόνα 4.23: Συσκευασία προϊόντος Diakarmon, κουτί, θήκη PVC, φύσιγγα

ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Σε κάθε φύσιγγα των 2ml περιέχονται 135,60gr Gentamycin Sulphate που αποτελεί τη δραστική ουσία, ενώ ως έκδοχα περιέχονται ύδωρ για ενέσιμα, Methyl Paraben, Propyl Paraben, Sodium metabisulfite, Disodium E.D.T.A. και Sodium Sulfite.

ΦΑΡΜΑΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ

Ενέσιμο διάλυμα για ενδοφλέβια στάγδην έγχυση, ενδοφλέβια και ενδομυϊκή χορήγηση.

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Η γενταμικίνη, μια αμινογλυκοσίδη, είναι ένα μικροβιοκτόνο αντιβιοτικό που δρα αναστέλλοντας την πρωτεϊνική σύνθεση των ευαίσθητων μικροοργανισμών. Ενδείκνυται ως αντιβιοτικό για τη θεραπεία των λοιμώξεων.

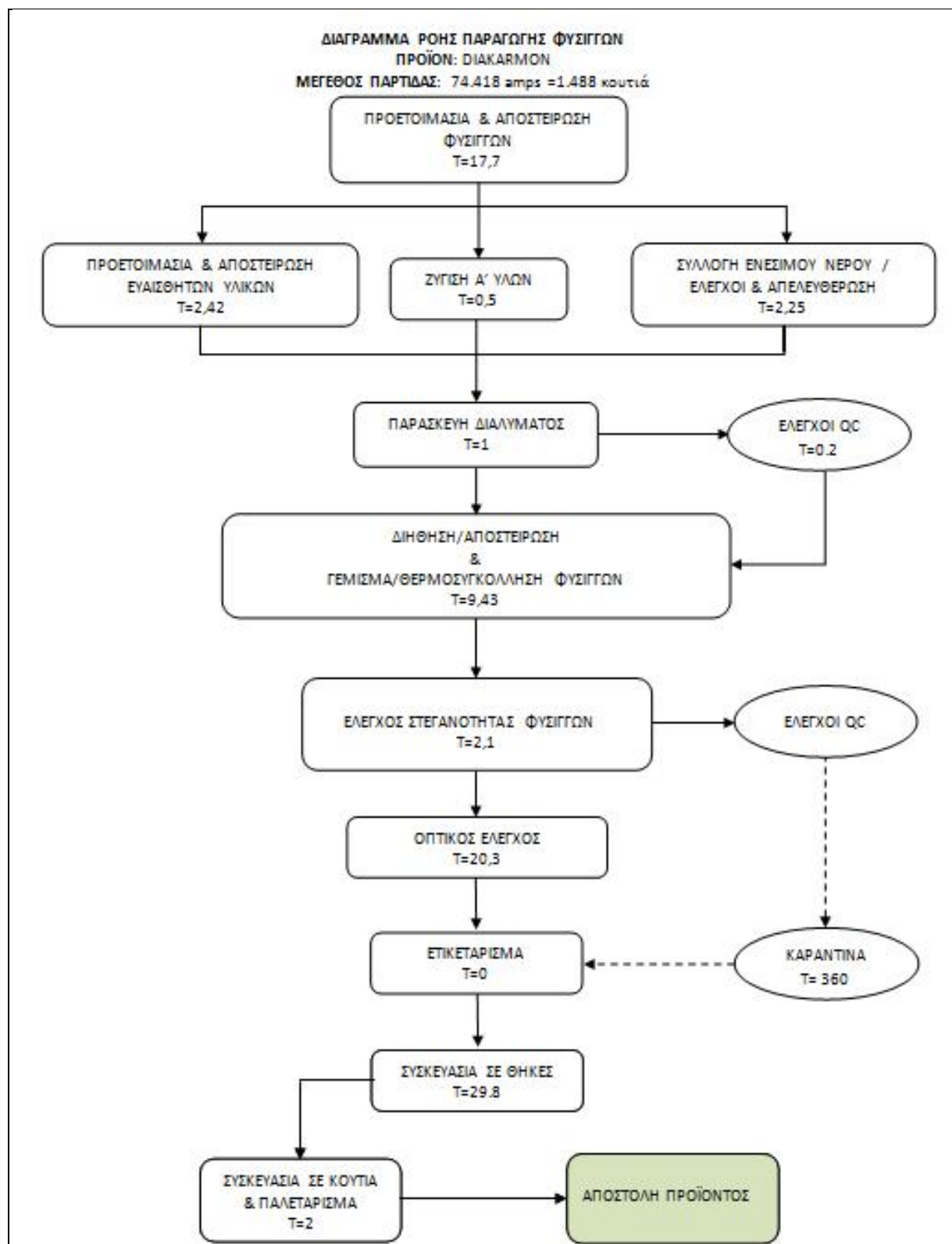
ΤΡΟΠΟΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ

Χορηγείται με ενδομυϊκή και ενδοφλέβια ένεση ή έγχυση.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ

Διάρκεια ζωής του προϊόντος όπως συσκευάζεται για πώληση: 2 χρόνια(24 μήνες).

Διάρκεια ζωής μετά το πρώτο άνοιγμα του περιέκτη: Από μικροβιολογικής άποψης, το προϊόν πρέπει να χρησιμοποιηθεί αμέσως.



Διάγραμμα 4.4: Διάγραμμα ροής Diakarmon

4.2.2.4 FERRINEMIA

ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

FERRINEMIA 20 mg σιδήρου ανά ml, Ενέσιμο διάλυμα ή Πυκνό διάλυμα για παρασκευή διαλύματος προς έγχυση.

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Συσκευάζεται σε χάρτινο κουτί που περιέχει πλαστική θήκη με 5 φύσιγγες των 5ml η καθεμία και συνοδεύεται από το φύλλο οδηγιών.



Εικόνα 4.24: Συσκευασία προϊόντος Ferrinemia, κουτί, θήκη PVC, φύσιγγα

ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Κάθε φύσιγγα των 5 ml FERRINEMIA περιέχει 100 mg σιδήρου ως σακχαρούχο σίδηρο (σύμπλοκο υδροξειδίου τρισθενούς σιδήρου(III) με σακχαρόζη, 20 mg σιδήρου ανά ml), που είναι η δραστική ουσία. Στο διάλυμα περιέχονται ως έκδοχα: Ύδρω για ενέσιμα και Υδροξείδιο του νατρίου.

ΦΑΡΜΑΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ

Ενέσιμο διάλυμα ή Πυκνό διάλυμα για παρασκευή διαλύματος προς έγχυση.

Το FERRINEMIA είναι ένα σκούρο καφέ, μη διαφανές, υδατικό διάλυμα.

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Το FERRINEMIA ενδείκνυται για τη θεραπεία της ανεπάρκειας σιδήρου στις ακόλουθες ενδείξεις:

- Όταν είναι κλινικά αναγκαία η ταχεία προσφορά σιδήρου στις αποθήκες σιδήρου,
- Σε ασθενείς με δυσανεξία στην από του στόματος χορηγούμενη σιδηροθεραπεία ή μη συμμορφούμενους με αυτήν,
- Σε ενεργό φλεγμονώδη νόσο του εντέρου όπου τα χορηγούμενα από του στόματος σκευάσματα σιδήρου είναι αναποτελεσματικά.

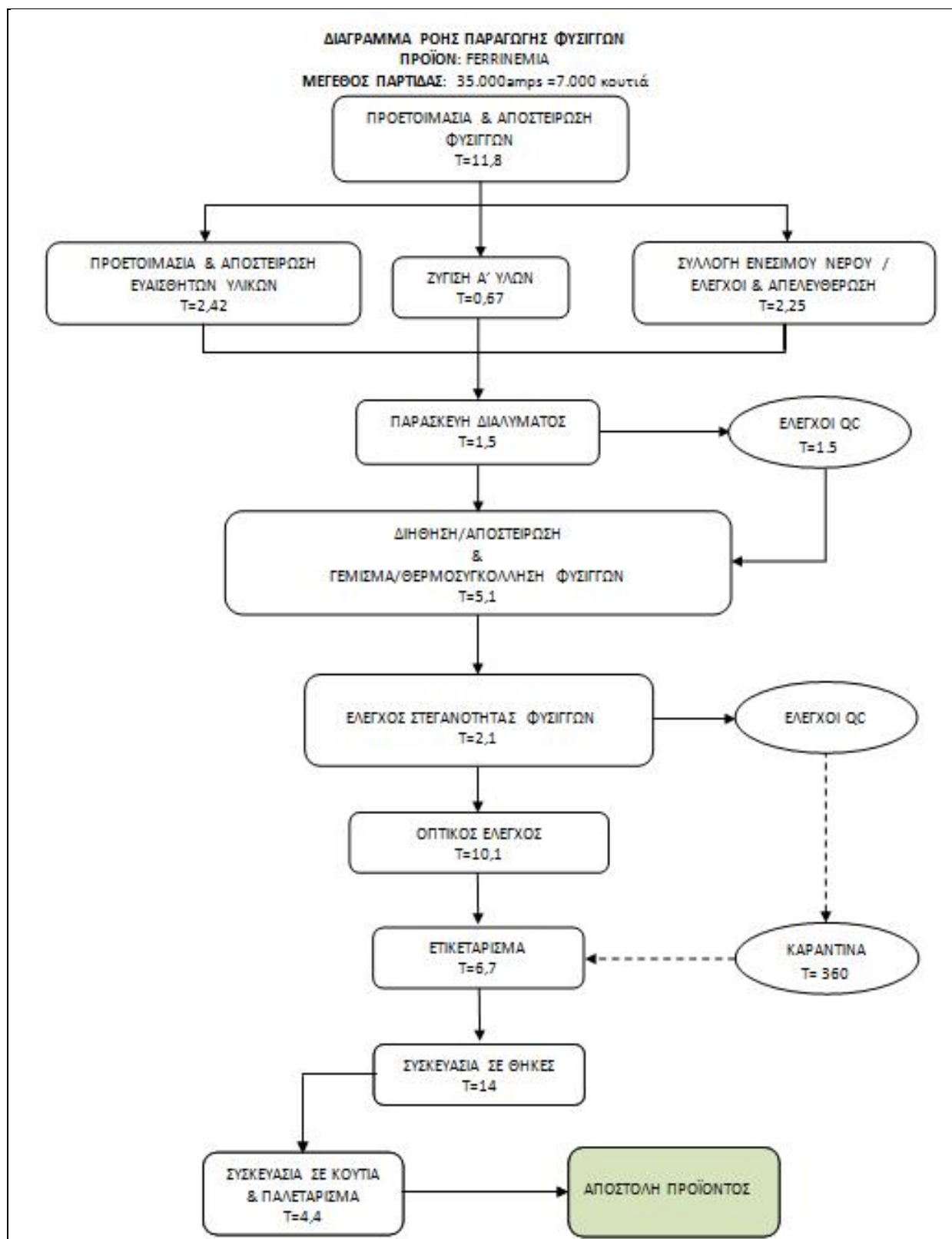
ΤΡΟΠΟΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ

Το FERRINEMIA πρέπει να χορηγείται μόνο δια της ενδοφλέβιας οδού. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με βραδεία ενδοφλέβια ένεση ή με ενδοφλέβια στάγδην έκχυση. Πριν την έναρξη της θεραπείας με FERRINEMIA θα πρέπει να χορηγείται σε κάθε νέο ασθενή μια δοκιμαστική δόση του φαρμάκου. Το FERRINEMIA δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για ενδομυϊκή ένεση.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ

Διάρκεια ζωής του προϊόντος όπως συσκευάζεται για πώληση: 3 χρόνια(36 μήνες).

Διάρκεια ζωής μετά το πρώτο άνοιγμα του περιέκτη: Από μικροβιολογικής άποψης, το προϊόν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αμέσως.



Διάγραμμα 4.5: Διάγραμμα ροής Ferrinemia

4.2.2.5 FLUMIDON, MELOXICAM

ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

FLUMIDON 15mg Meloxicam ανά 1,5ml, ενέσιμο διάλυμα

Σημείωση: τα διαφορετικά εμπορικά ονόματα δεν αφορούν διαφοροποίηση στη σύσταση αυτού παρά μόνο τις εταιρίες που είναι υπεύθυνες για την κυκλοφορία τους, καθεμία από τις οποίες δίνει το δικό της εμπορικό όνομα στο ίδιο φαρμακοτεχνικό σκεύασμα. Τα συγκεκριμένα προϊόντα διαφοροποιούνται μόνο στο μέγεθος της παραγόμενης παρτίδας και για το λόγο αυτό μελετούνται ως διαφορετικά.

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Συσκευάζεται σε χάρτινο κουτί που περιέχει 5 φύσιγγες των 2ml η καθεμία και συνοδεύεται από το φύλλο οδηγιών.



Εικόνα 4.25: Συσκευασίες προϊόντων Flumidon, Meloxicam, κουτί, θήκη PVC, φύσιγγα

ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Σε κάθε φύσιγγα των 2ml περιέχονται 15mg Meloxicam ως δραστική ουσία, ενώ ως έκδοχα περιέχονται ύδωρ για ενέσιμα, Meglumine, Glycofurol, Poloxamer 188, Sodium chloride, Glycine και Sodium hydroxide.

ΦΑΡΜΑΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ

Ενέσιμο διάλυμα για ενδομυϊκή χορήγηση.

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Βραχείας διάρκειας συμπτωματική θεραπεία των οξείων εξάρσεων της ρευματοειδούς αρθρίτιδας και αγκυλοποιητικής σπονδυλίτιδας, όταν δεν είναι κατάλληλες η από του στόματος οδός και η ορθική οδός.

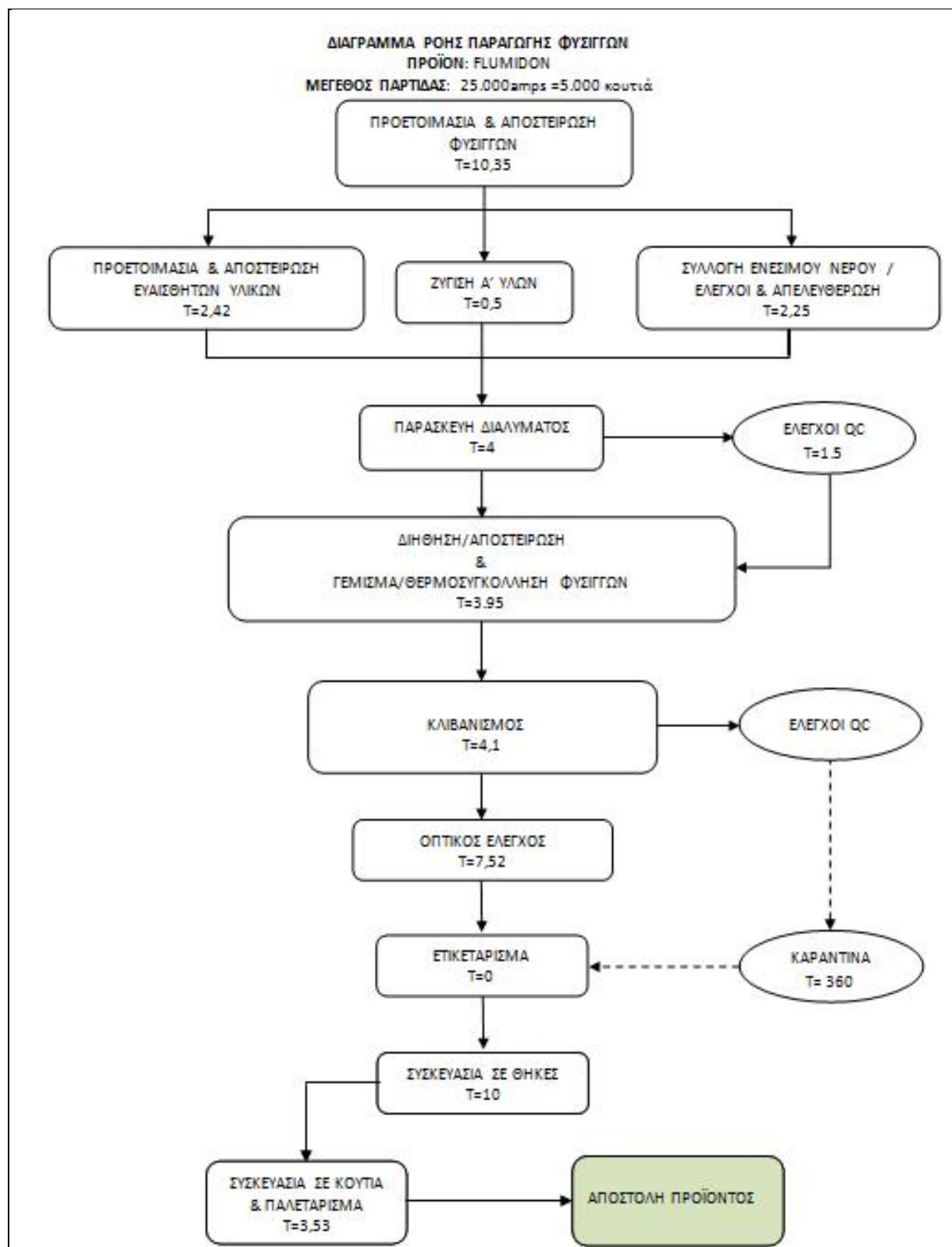
ΤΡΟΠΟΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ

Οι ενέσεις πρέπει να χορηγούνται αργά με βαθιά ενδομυϊκή ένεση στο άνω, έξω τεταρτημόριο του γλουτού, χρησιμοποιώντας αυστηρά άσηπτη τεχνική. Σε περίπτωση επαναλαμβανόμενης χορήγησης, συνιστάται να εναλλάσσεται η αριστερή με τη δεξιά πλευρά.

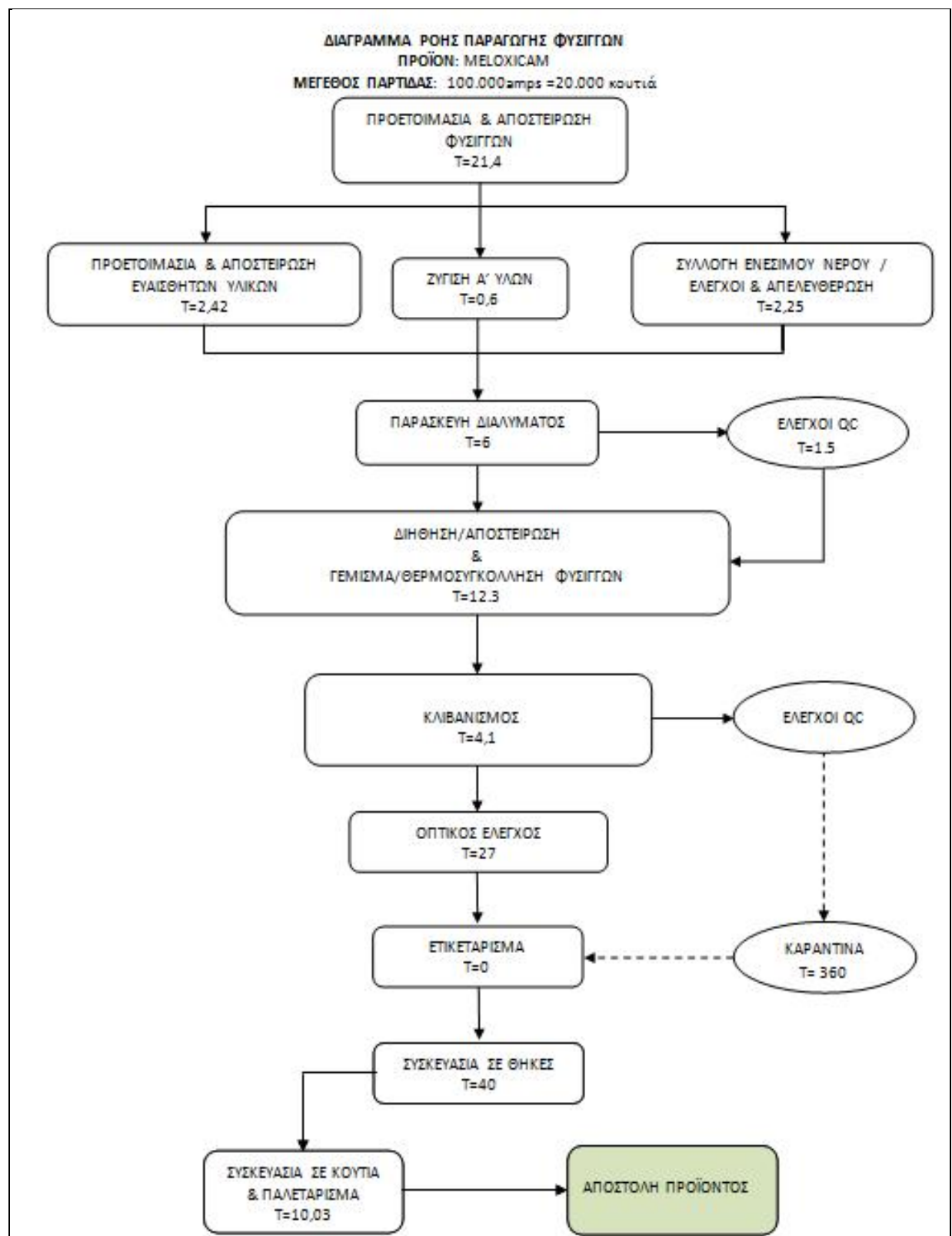
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ

Διάρκεια ζωής του προϊόντος όπως συσκευάζεται για πώληση: 3 χρόνια(36 μήνες).

Διάρκεια ζωής μετά το πρώτο άνοιγμα του περιέκτη: Από μικροβιολογικής άποψης, το προϊόν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αμέσως.



Διάγραμμα 4.6: Διάγραμμα ροής Flumidon



Διάγραμμα 4.7: Διάγραμμα ροής Meloxicam

4.2.2.6 PTINOLIN

ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

PTINOLIN 50 mg ranitidine hydrochloride ανά 2ml, ενέσιμο διάλυμα

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Συσκευάζεται σε χάρτινο κουτί που περιέχει πλαστική θήκη με 5 φύσιγγες των 2ml η καθεμία και συνοδεύεται από το φύλλο οδηγιών.

ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Μία φύσιγγα των 2ml περιέχει 50mg Ranitidine ως δραστική ουσία, ενώ ως έκδοχα περιέχονται ύδωρ για ενέσιμα, Monobasic Potassium Phosphate και Sodium Phosphate (anhydrous).

ΦΑΡΜΑΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ

Ενέσιμο διάλυμα για ενδοφλέβια έγχυση, ενδοφλέβια και ενδομυϊκή χορήγηση.



Εικόνα 4.26: Συσκευασία προϊόντος Ptinolin, κουτί, θήκη PVC, φύσιγγα

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Η χρήση της RANITIDINE συνιστάται κυρίως σε

- Έλκος βολβού 12δακτύλου, στομάχου και αναστομωτικό
- Καταστάσεις γαστρικής υπερέκκρισης (σύνδρομο ZOLLINGERELLISON, σύνδρομο βραχέος εντέρου, συστηματική μαστοκύτωση κ.λ.π.).
- Οισοφαγίτιδα από γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση
- Πρόληψη αιμορραγικής γαστρίτιδας σε βαρέως πάσχοντες, μεταβολικής αλκάλωσης σε ασθενείς με παρατεταμένη γαστρική αναρρόφηση.
- Πρόληψη εισρόφησης γαστρικού περιεχομένου στις αναπνευστικές οδούς κατά τη διάρκεια γενικής αναισθησίας και τοκετού.
- Πρόληψη του δωδεκαδακτυλικού έλκους που συνδέεται με τη θεραπεία μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων και ειδικότερα:
 1. Σε ασυμπτωματικούς ασθενείς με πρόσφατα διαγνωσθέν έλκος ανεξαρτήτως ηλικίας και ιδιαίτερος σε εκείνους άνω των 70 ετών.
 2. Σε γυναίκες ηλικίας άνω των 70 ετών χωρίς ιστορικό έλκους, όγω του κατά 5 φορές υψηλότερου σχετικού κινδύνου ανάπτυξης πεπτικού έλκους σε σύγκριση με άρρενες της αυτής ηλικίας.
 3. Σε ασθενείς με ιστορικό ελκοπάθειας που η μακροχρόνια λήψη μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων είναι αναγκαία.

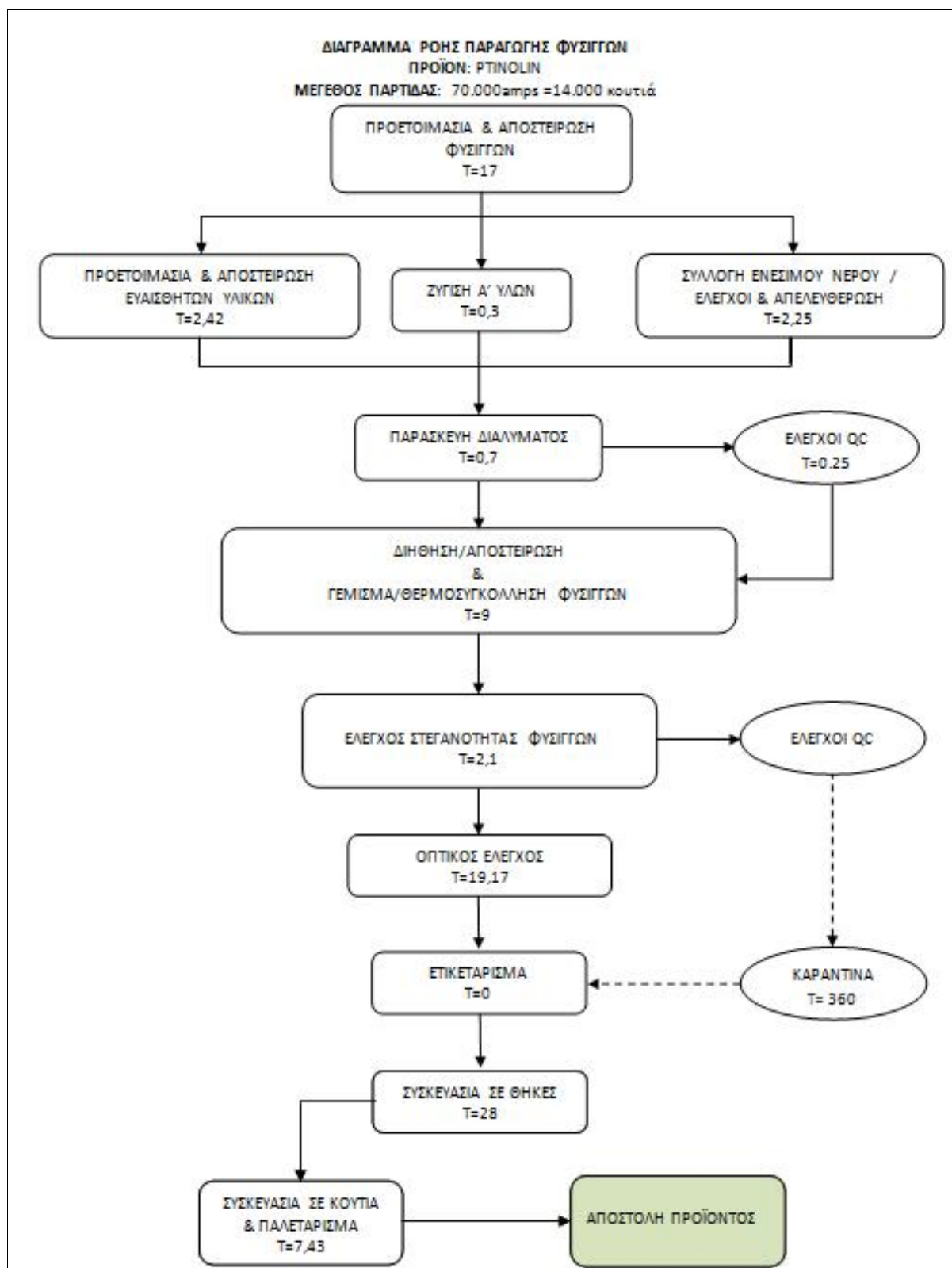
ΤΡΟΠΟΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ

Το Ranitidine injection χορηγείται ενδομυϊκώς ή βραδέως ενδοφλεβίως ή με ενδοφλέβια έγχυση.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ

Διάρκεια ζωής του προϊόντος όπως συσκευάζεται για πώληση: 3 χρόνια(36 μήνες).

Διάρκεια ζωής μετά το πρώτο άνοιγμα του περιέκτη: Από μικροβιολογικής άποψης, το προϊόν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αμέσως.



Διάγραμμα 4.8: Διάγραμμα ροής Ptinolin

4.2.2.7 TRANSAMIN

ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

TRANSAMIN 500mg Tranexamic Acid ανά 5ml ενέσιμο διάλυμα

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Συσκευάζεται σε χάρτινο κουτί που περιέχει 10 φύσιγγες των 2ml η καθεμία και συνοδεύεται από το φύλλο οδηγιών.



Εικόνα4.27: Συσκευασία προϊόντος Transamin, κουτί, θήκη PVC, φύσιγγα

ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Σε κάθε φύσιγγα των 5ml περιέχονται 500mg Tranexamic Acid που αποτελεί τη δραστική ουσία, ενώ ως έκδοχα περιέχονται ύδωρ για ενέσιμα και Medicinal Carbon.

ΦΑΡΜΑΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ

Ενέσιμο διάλυμα για ενδοφλέβια στάγδην έγχυση, ενδοφλέβια και ενδομυϊκή χορήγηση.

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Το Transamin αναστέλλει την ινωδόλυση και έχει αντισταμοραγικά, αντιαλλεργικά και αντιφλεγμονώδη αποτελέσματα.

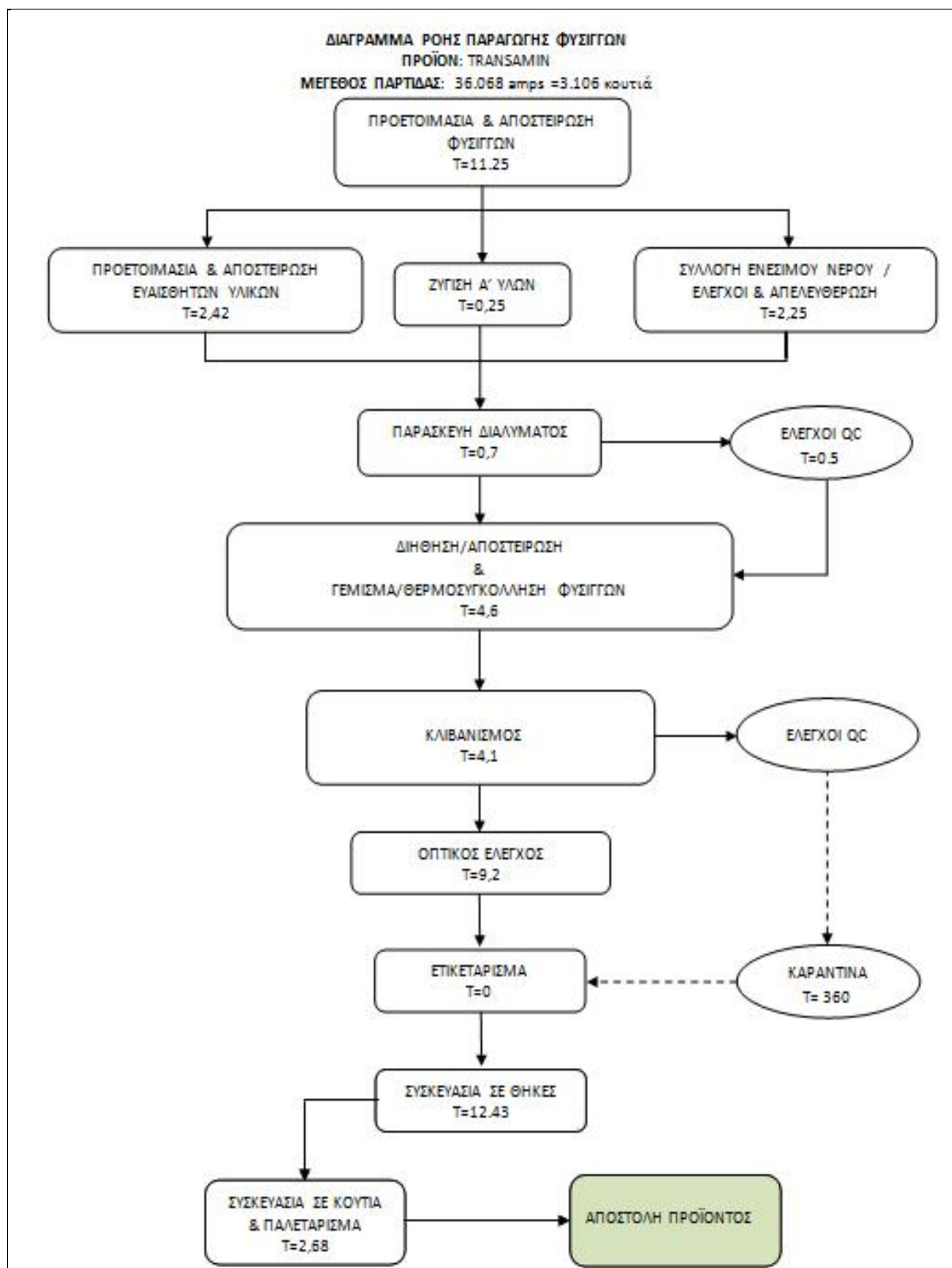
ΤΡΟΠΟΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ

Χορηγείται με ενδομυϊκή και ενδοφλέβια ένεση ή έγχυση.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ

Διάρκεια ζωής του προϊόντος όπως συσκευάζεται για πώληση: 3 χρόνια (36 μήνες).

Διάρκεια ζωής μετά το πρώτο άνοιγμα του περιέκτη: Από μικροβιολογικής άποψης, το προϊόν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αμέσως.



Διάγραμμα 4.9: Διάγραμμα ροής Transamin

4.3 Προγραμματισμός παραγωγής γραμμής ενέσιμων προϊόντων

Πρωτεύων στόχος κάθε εταιρίας είναι η ικανοποίηση της ζήτησης και η αποφυγή δημιουργίας ελλείψεων στην αγορά. Λόγω της ευαισθησίας των φαρμακευτικών προϊόντων, των αυστηρών προδιαγραφών που διέπουν την αποθήκευση και διάθεσή τους (περιορισμένη διάρκεια ζωής και συγκεκριμένες συνθήκες διατήρησης), καθώς και του υψηλού κόστους παραγωγής τους (επενδεδυμένα κεφάλαια) σε συνδυασμό με τις αυστηρές απαιτήσεις των πελατών, η ύπαρξη αποθέματος, πέραν του αποθέματος ασφαλείας, θεωρείται μη επιθυμητή κατάσταση και συνήθως αποφεύγεται. Σε περίπτωση ελλείμματος προϊόντων σε επίπεδο ελληνικής αγοράς μπορεί να μην υπάρχουν οικονομικές κυρώσεις, υπάρχει όμως η δυσαρέσκεια του καταναλωτή ο οποίος μένει ανικανοποίητος και καταφεύγει σε ανταγωνιστικά προϊόντα, μετάβαση η οποία σε πολλές περιπτώσεις είναι μόνιμη. Για ελλείψεις ή μη παραδόσεις παραγγελιών προς εξαγωγές και τρίτους υπάρχουν συνήθως οικονομικές κυρώσεις που προκύπτουν από σχετικές ρήτρες στα υπογεγραμμένα συμβόλαια. Από τα παραπάνω, είναι προφανής η κρισιμότητα του σωστού προγραμματισμού της παραγωγικής διαδικασίας για την εξασφάλιση των ζητούμενων.

Για να γίνει αντιληπτός ο τρόπος σχεδίασης του προγράμματος παραγωγής πρέπει να επισημανθούν κάποιοι αυστηροί περιορισμοί που διέπουν συνολικά τη λειτουργία του συστήματος παραγωγής.

Αρχικά, τα στάδια αποστείρωση φυσίγγων, παρασκευή διαλύματος, διήθηση/αποστείρωση & γέμισμα φυσίγγων, γίνονται υποχρεωτικά σε μια ημέρα. Δηλαδή, δεν μπορεί να διακοπεί η διαδικασία και να συνεχιστεί την επόμενη ημέρα, λόγω αυστηρών χρονικών περιορισμών που ορίζονται από τη νομοθεσία (GMPs). Επίσης, σύμφωνα με τη νομοθεσία, δεν επιτρέπεται ταυτόχρονη παρουσία περισσότερων του ενός προϊόντων σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Με την υφιστάμενη κατάσταση, η χρονική διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, ανεξαρτήτως προϊόντος και μεγέθους παρτίδας, είναι τέτοια που υπαγορεύει αυστηρά την παραγωγή, μιας παρτίδας, ενός προϊόντος ανά ημέρα. Δεν μπορεί, για παράδειγμα, να παραχθεί την ίδια μέρα μια παρτίδα Almiba και μια Ferrinemia.

Τα ημιέτοιμα προϊόντα, μετά το στάδιο της αποστείρωσης/ελέγχου στεγανότητας τελικού προϊόντος, παραμένουν υποχρεωτικά σε καραντίνα διάρκειας τουλάχιστον δεκαπέντε (15) ημερών μέχρι να εγκριθεί από το τμήμα ποιοτικού ελέγχου η απελευθέρωση του προϊόντος. Με την εντολή απελευθέρωσης πιστοποιείται η συμμόρφωση του προϊόντος με τις εκάστοτε προδιαγραφές και είναι έτοιμο να διατεθεί στην αγορά.

Όπως είναι αναμενόμενο, κάποιες από τις πρώτες ύλες και τα υλικά συσκευασίας που χρησιμοποιούνται στη γραμμή παραγωγής ενέσιμων προϊόντων χρησιμοποιούνται και στις υπόλοιπες γραμμές παραγωγής του εργοστασίου. Συνεπώς, ο προγραμματισμός των παραγγελιών τους δεν αφορά μόνο τις ανάγκες της υπό μελέτη γραμμής αλλά των συνολικών αναγκών όλων των γραμμών.

Ο προγραμματισμός της παραγωγής γίνεται σε τρία επίπεδα: τριμηνιαίος (προκαταρκτικός), μηνιαίος (μεσοπρόθεσμος) και εβδομαδιαίος (βραχυπρόθεσμος) προγραμματισμός.

Ανά τρίμηνο γίνεται προκαταρκτικός προγραμματισμός της παραγωγής με βάση τις προβλέψεις, τα διαθέσιμα αποθέματα και τις υπάρχουσες παραγγελίες του επόμενου τριμήνου (τι πρέπει να παραδοθεί στην αγορά το επόμενο τρίμηνο). Από τα παραπάνω προκύπτουν και οι ανάγκες για τον καθορισμό των απαιτούμενων πρώτων υλών και υλικών συσκευασίας.

Κατά τον μεσοπρόθεσμο προγραμματισμό, κάθε μήνα σχεδιάζεται ένα γενικό πλάνο παραγωγής για τις τέσσερις επόμενες εβδομάδες και γίνονται παραγγελίες προμήθειας πρώτων υλών και υλικών συσκευασίας με βάση επιβεβαιωμένες παραγγελίες προϊόντων, λαμβάνοντας υπόψη το χρόνο ανταπόκρισης του εκάστοτε προμηθευτή. Για τα προϊόντα της ελληνικής αγοράς, με βάση το διαθέσιμο stock και τις αντίστοιχες μηνιαίες πωλήσεις κάθε προϊόντος, κρίνεται αν υπάρχει ανάγκη για συμπληρωματικές παραγωγές παρτίδων. Αν, για παράδειγμα, το διαθέσιμο stock για ένα προϊόν είναι 5.000 τεμάχια και η μηνιαία πρόβλεψη είναι 5.500 τεμάχια είναι προφανές ότι δεν καλύπτονται οι ανάγκες, συνεπώς μπαίνει στο πρόγραμμα η παραγωγή παρτίδας ώστε να αντισταθμίζονται οι ελλείψεις. Για προϊόντα εξαγωγών και τρίτων (φασόν) αντίστοιχα, ο προγραμματισμός γίνεται με βάση τις υπάρχουσες παραγγελίες για κάθε προϊόν που παράγεται στη γραμμή των ενέσιμων. Λαμβάνεται υπόψη η ημερομηνία παράδοσης στον πελάτη σε συνάρτηση με το χρόνο που απαιτείται για την παραγωγή της παραγγελίας (ακριβής χρόνος παραγωγής και χρόνος καραντίνας) καθώς επίσης και η διαθεσιμότητα των πρώτων υλών και έτσι δρομολογείται η εισαγωγή της παραγγελίας στο πρόγραμμα παραγωγής.


Ο βραχυπρόθεσμος προγραμματισμός παραγωγής γίνεται σε επίπεδο εβδομάδας, βγαίνει εβδομαδιαίο πρόγραμμα παραγωγής της επόμενης εβδομάδας με βάση την σχετική πρόβλεψη του μηνιαίου προγραμματισμού και τη διαθεσιμότητα πρώτων υλών. Σε περιπτώσεις έλλειψης πρώτων υλών και υλικών συσκευασίας (μη παραλαβή παραγγελίας προμήθειας) γίνεται αναγκαστική αναπροσαρμογή του εβδομαδιαίου προγράμματος παραγωγής, δηλαδή, η παραγωγή του προϊόντος για το οποίο δεν υπάρχουν διαθέσιμα υλικά αντικαθίσταται από κάποιο άλλο με σχετική διαθεσιμότητα και αμέσως επόμενο σε σειρά προτεραιότητας.

Παράλληλα, και σύμφωνα με το εβδομαδιαίο πρόγραμμα παραγωγής διαμορφώνεται και εκδίδεται το πρόγραμμα του τμήματος ποιοτικού ελέγχου. Το τμήμα παρακολουθεί κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας και διενεργεί τους απαιτούμενους ελέγχους ανά προϊόν. Επίσης, με βάση τον μεσοπρόθεσμο μηνιαίο προγραμματισμό στο εβδομαδιαίο πρόγραμμα δραστηριοτήτων του τμήματος ποιοτικού ελέγχου συμπεριλαμβάνονται και έλεγχοι εισερχόμενων πρώτων υλών και υλικών συσκευασίας, όπως έχει αναλυθεί σε προηγούμενη ενότητα.

Τα δεδομένα για τον προγραμματισμό παραγωγής συλλέχθηκαν σε συνεργασία με τον διευθυντή του εργοστασίου καθώς και των υπευθύνων παραγωγής και αποθήκης, που μεταξύ άλλων είναι αρμόδιοι για προγραμματισμό παραγωγών και παραγγελιών προμήθειας αντίστοιχα. Ο προγραμματισμός βασίζεται σε μαθηματικούς υπολογισμούς και συσχετισμούς με παρελθοντικά δεδομένα καθώς και τους κανόνες λειτουργίας που έχει θεσπίσει η εταιρεία ώστε να μην δημιουργούνται ελλείμματα ή υπερβολικά πλεονάσματα. Δεν μπορεί να αυτοματοποιηθεί σε απόλυτο βαθμό αφού εξαρτάται από πολλούς και συχνά αστάθμητους παράγοντες συνεπώς, απαιτεί εμπειρία, κριτική ικανότητα και σωστή λήψη αποφάσεων.

Στη συνέχεια, παρατίθενται αντίγραφα των εγκεκριμένων εντύπων των εβδομαδιαίων προγραμμάτων των τμημάτων παραγωγής και ποιοτικού ελέγχου.

Πρόγραμμα παραγωγής

		Συντάχθηκε από Χ.ΧΧΧΧΧ		ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ		Ημερομηνία από: έως:	
		Εγκρίθηκε από Χ.ΧΧΧΧΧ		ΚΩΔ. 1.02.0002.2 Αντικαθιστά την 1.02.0001.1			
		ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ					
		ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	
		ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ ΣΤΑΔΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ					
1	1						
2	2						
3	3						
4	4						
5	5						
6	6						
7	7						
		ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ ΣΤΑΔΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ					
1	Partenal(1)						
2	Partenal(2)						
3	Επικάλυση						
4	Δισκ. Man						
5	Δισκ. Roc						
6	Επικάλυση κεφαλ.						
7	Δισκ. Roncil(2)						
8	Οπτικός ΜΗΧ.(1)						
9	Οπτικός ΜΗΧ.(2)						
10	Οπτικός ΧΕΙΡ.						
11	κρέμες						
12	Pharmaciens						
13	ALU-ALU						
14	Syr.						
15	Supp.						
16	Cap 1						
17	Pivind						
18	Falkia(1)						
19	Falkia(2)						
20	Pow						
21	Pharmaworks						
22	King						
23	MasofarM7						
24	Strobel						
25	Cloni						
		ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ					
1	Επικόττο 1						
2	Επικόττο 2						
3	Cam -1-						
4	Cam -1-						

Εικόνα 4.28: Πρόγραμμα τμήματος παραγωγής

Πρόγραμμα τμήματος ποιοτικού ελέγχου

<div><div>help</div><div>pharmaceuticals</div><div>we can</div></div>										ΤΜΗΜΑ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ										Σελ. 1-2						
										ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ										ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ ΑΠΟ : Δ.ΔΔΔΔΔΔΔ ΑΝΤΙΚΑΘΙΣΤΑ ΤΗΝ :						
										ΗΜΕΡ. : 22/07					ΣΥΝΤΑΞΘΗΚΕ ΑΠΟ : Χ.ΧΧΧΧΧΧ							ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ ΑΠΟ : Χ.ΧΧΧΧΧΧ				
										ΚΩΔ. : 2.10.0X2.1					ΕΓΚΡΙΘΗΚΕ ΑΠΟ : Χ.ΧΧΧΧΧΧ											
ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΧΗΜΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ																										
ΔΕΥΤΕΡΑ		8/9		ΤΡΙΤΗ		9/9		ΤΕΤΑΡΤΗ		10/9		ΠΕΜΠΤΗ		11/9		ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ		12/9								
ΠΡΟΙΟΝ		Ορ.	Αν.	ΠΡΟΙΟΝ		Ορ.	Αν.	ΠΡΟΙΟΝ		Ορ.	Αν.	ΠΡΟΙΟΝ		Ορ.	Αν.	ΠΡΟΙΟΝ		Ορ.	Αν.							

Εικόνα 4.29: Πρόγραμμα τμήματος ποιοτικού ελέγχου

Το μοντέλο λειτουργίας της γραμμής παραγωγής ενέσιμων προϊόντων αποτελείται από δεκατέσσερα ενδιάμεσα στάδια, όπως φαίνονται στο παραπάνω γράφημα τα οποία παρουσιάζονται πιο αναλυτικά στο κεφάλαιο 4. Το μοντέλο αυτό σχεδιάστηκε με βάση το γενικό διάγραμμα ροής που αφορά τη γραμμή των ενέσιμων. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η παραγωγική διαδικασία είναι κοινή για όλα τα παραγόμενα προϊόντα, ωστόσο οι απαιτούμενοι χρόνοι και πόροι του συστήματος διαφοροποιούνται ανά προϊόν. Συνεπώς, κατασκευάστηκαν οκτώ παραλλαγές αυτού του γενικού μοντέλου, όμοια στη δομή αλλά με διαφορετικές ποσοτικές και χρονικές παραμέτρους, για καθένα από τα προϊόντα που παράγονται στη γραμμή των ενέσιμων. Οι παράμετροι ορίστηκαν μέσω της παρακολούθησης και καταγραφής της παραγωγικής διαδικασίας, τόσο με προσωπική παρουσία στη γραμμή παραγωγής όσο και σε συνεργασία με το διευθυντή του εργοστασίου και το προσωπικό από τα εμπλεκόμενα στις διαδικασίες τμήματα.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τη σημασία των θέσεων (απαιτούμενων πόρων του συστήματος) και των μεταβάσεων (ενεργειών που εκτελούνται για το μετασχηματισμό των πρώτων υλών σε τελικά προϊόντα) που εμφανίζονται στο μοντέλο.

Στην επόμενη στήλη δίνονται οι τιμές λειτουργίας των μεταβάσεων στο σενάριο βάσης και οι χωρητικότητες των θέσεων, οι οποίες ορίζουν στην πράξη περιορισμούς κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης. Σημειώνεται ότι στον πίνακα η χρονική καθυστέρηση κάθε μετάβασης μετράται σε ώρες (h), ενώ για τις θέσεις οι μονάδες μέτρησης ποικίλουν ανά περίπτωση (τεμάχια, σετ, ml) και η διαφοροποίηση φαίνεται αναλυτικά.

Όνομα κόμβου	Περιγραφή κόμβου	Almiba	Betrimine	Diakarmon	Ferrinemia
T1	Προετοιμασία φυσιγγων για αποστείρωση (h)	0,3	0,3	0,3	0,3
T2	Αποστείρωση φυσιγγων (h)	11,6	12,4	17,4	11,5
T3	Προετοιμασία και αποστείρωση ευαίσθητων υλικών (h)	2,42	2,42	2,42	2,42
T4	Ζύγιση πρώτων υλών	0,25	0,42	0,5	0,67
T5	Συλλογή ενέσιμου νερού/έλεγχος και απελευθέρωση (h)	2,25	2,25	2,25	2,25
T6	Παρασκευή διαλύματος (h)	1	0,7	1	1,5
T7	Έλεγχος QC (h)	1,5	0,5	0,2	1,5
T8	Διήθηση/αποστείρωση και Γέμισμα/θερμοσυγκόλληση φυσιγγων (h)	5,2	5,7	9,43	5,1
T9	Κλιβανισμός ή έλεγχος στεγανότητας (h)	2,1	2,1	2,1	2,1
T10	Οπτικός Έλεγχος (h)	10,37	11,6	20,3	10,1
T11	Καραντίνα (h)	360	360	360	360
T12	Ετικετάρισμα (h)	7,00	7,70	0,00	6,7
T13	Συσκευασία σε θήκες (h)	14,40	13,60	29,80	14,00
T14	Συσκευασία σε κουτιά και παλετάρισμα (h)	4,5	4,4	2	4,4
m1	Αποθήκη Φυσιγγων (τμχ)	350.000	350.000	350.000	350.000
m2	Φύσιγγες για αποστείρωση (τμχ)	38000	42000	76500	37000
m3	Ευαίσθητα υλικά (σετ)	1	1	1	1
m4	Πρώτες ύλες (gr)	37964	28718	23672	90000
m5	Ελεγμένο ενέσιμο νερό (ml)	200000	230000	170000	200000
m6	Έτοιμα ευαίσθητα υλικά (σετ)	1	1	1	1

Όνομα κόμβου	Περιγραφή κόμβου	Almiba	Betrimine	Diakarmon	Ferrinemia
m7	Ζυγισμένες πρώτες ύλες (gr)	37964	28718	23672	90000
m8	Ενέσιμο νερό(ml)	250000	250000	250000	250000
m9	Έτοιμο διάλυμα(ml)	187200	212160	160000	180250
m10	Ελεγμένο διάλυμα (από QC) (ml)	187000	211960	159800	180050
m11	Πλήρεις φύσιγγες (τμχ)	35817(1-x) με $0 \leq x \leq 0,04$	40617(1-x) με $0 \leq x \leq 0,04$	73976(1-x) με $0 \leq x \leq 0,04$	34670(1-x) με $0 \leq x \leq 0,04$
m12	Ημέτοιμο προϊόν (τμχ)	35783(1-x) με $0 \leq x \leq 0,01$	40583 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,01$	73942 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,01$	34616 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,01$
m13	Ελεγμένο προϊόν (τμχ)	35783(1-x) με $0 \leq x \leq 0,04$	40583 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,1$	73942 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,04$	34616 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,15$
m14	Έτοιμο προς συσκευασία προϊόν (τμχ)	35783	40583	73942	34616
m15	Προϊόν με ετικέτα (τμχ)	35783	40583	73942	34616
m16	Προϊόν σε θήκες (κουτιά)	7156	6763	1478	6923
m17	Έτοιμο προϊόν (κουτιά)	7156	6763	1478	6923
m18	Ενεργοποίηση διαδικασίας συλλογής ενέσιμου νερού	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1
m19	Ενεργοποίηση διαδικασίας αποστείρωσης ευαίσθητων υλικών (θέση ελέγχου)	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1
m20	Ενεργοποίηση διαδικασίας αποστείρωσης φυσιγγων(θέση ελέγχου)	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1
m21	Αποστειρωμένες φύσιγγες (τμχ)	38000	42000	76500	37000
m22	Ενεργοποίηση διαδικασίας ζύγισης πρώτων υλών(θέση ελέγχου)	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1

Πίνακας 5.1.α: Δεδομένα Προσομοίωσης

Όνομα κόμβου	Περιγραφή κόμβου	Flumidon	Meloxicam	Ptinolin	Transamin
T1	Προετοιμασία φυσιγγων για αποστείρωση (h)	0,3	0,3	0,3	0,3
T2	Αποστείρωση φυσιγγων (h)	10,05	21,1	16,7	10,95
T3	Προετοιμασία και αποστείρωση ευαίσθητων υλικών (h)	2,42	2,42	2,42	2,42
T4	Ζύγιση πρώτων υλών	0,5	0,6	0,3	0,25
T5	Συλλογή ενέσιμου νερού/έλεγχος και απελευθέρωση (h)	2,25	2,25	2,25	2,25
T6	Παρασκευή διαλύματος (h)	4	6	0,7	0,7
T7	Έλεγχος QC (h)	1,5	1,5	0,25	0,5
T8	Διήθηση/αποστείρωση και Γέμισμα/θερμοσυγκόλληση φυσιγγων (h)	3,95	12,3	9	4,6
T9	Κλιβανισμός ή έλεγχος στεγανότητας (h)	4,1	4,1	2,1	4,1
T10	Οπτικός Έλεγχος (h)	7,52	27	19,17	9,2
T11	Καραντίνα (h)	360	360	360	360
T12	Ετικετάρισμα (h)	0	0	0	0
T13	Συσκευασία σε θήκες (h)	10,00	40,00	28,00	12,43
T14	Συσκευασία σε κουτιά και παλετάρισμα (h)	3,53	10,03	7,43	2,68
m1	Αποθήκη Φυσιγγων (τμχ)	350.000	350.000	350.000	350.000
m2	Φύσιγγες για αποστείρωση (τμχ)	26500	103000	72000	32000
m3	Ευαίσθητα υλικά (σετ)	1	1	1	1
m4	Πρώτες ύλες (gr)	7412,1	29648,3	4704,6	16802
m5	Ελεγμένο ενέσιμο νερό (ml)	44000	175000	152500	163000
m6	Έτοιμα ευαίσθητα υλικά (σετ)	1	1	1	1

Όνομα κόμβου	Περιγραφή κόμβου	Flumidon	Meloxicam	Ptinolin	Transamin
m7	Ζυγισμένες πρώτες ύλες (gr)	7412,1	29648,3	4704,6	16802
m8	Ενέσιμο νερό(ml)	250000	250000	250000	250000
m9	Έτοιμο διάλυμα(ml)	42500	170000	150500	161554
m10	Ελεγμένο διάλυμα (από QC) (ml)	42400	169900	150300	161454
m11	Πλήρεις φύσιγγες (τμχ)	24824(1-x) με $0 \leq x \leq 0,02$	99824(1-x) με $0 \leq x \leq 0,02$	69674(1-x) με $0 \leq x \leq 0,04$	31010 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,04$
m12	Ημέτιομο προϊόν (τμχ)	24739 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,01$	99606 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,01$	69624 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,01$	30908 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,01$
m13	Ελεγμένο προϊόν (τμχ)	24739 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,03$	99606 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,03$	69624 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,04$	30908 (1-x) με $0 \leq x \leq 0,04$
m14	Έτοιμο προς συσκευασία προϊόν (τμχ)	24739	99606	69624	30908
m15	Προϊόν με ετικέτα (τμχ)	24739	99606	69624	30908
m16	Προϊόν σε θήκες (κουτιά)	4947	19921	13924	3090
m17	Έτοιμο προϊόν (κουτιά)	4947	19921	13924	3090
m18	Ενεργοποίηση διαδικασίας συλλογής ενέσιμου νερού	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1
m19	Ενεργοποίηση διαδικασίας αποστείρωσης ευαίσθητων υλικών (θέση ελέγχου)	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1
m20	Ενεργοποίηση διαδικασίας αποστείρωσης φυσιγγων(θέση ελέγχου)	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1
m21	Αποστειρωμένες φύσιγγες (τμχ)	26500	103000	72000	32000
m22	Ενεργοποίηση διαδικασίας ζύγισης πρώτων υλών(θέση ελέγχου)	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1	0 ή 1

Πίνακας 5.1.b: Δεδομένα Προσομοίωσης

5.2 Επεξήγηση του μοντέλου

Στη συνέχεια εξηγείται αναλυτικά ο ρόλος των θέσεων και μεταβάσεων του μοντέλου για την αναπαράσταση της γενικής δομής του και όχι αναλυτικά για κάθε προϊόν. Αποτελεί το σενάριο βάσης που προσαρμόζεται ανάλογα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις και χαρακτηριστικά κάθε προϊόντος.

Στην αρχή της διαδικασίας βρίσκεται η θέση m_1 που αντιπροσωπεύει τις αποθήκες υλικών συσκευασίας, από τις οποίες γίνεται η παραλαβή κατάλληλης ποσότητας φυσίγγων (τμχ) για να ενεργοποιηθεί η μετάβαση T_1 που δηλώνει την μεταφορά των φυσιγγων στον κλίβανο ξηρής αποστείρωσης. Η χρονική διάρκεια της T_1 είναι σταθερή και ίση με 0,3 ώρες, ανεξάρτητα από το παραγόμενο προϊόν. Η χρονική διάρκεια της T_2 , που αναπαριστά τη διαδικασία ξηρής αποστείρωσης των φυσιγγων, εξαρτάται από το μέγεθος παραγόμενης παρτίδας. Ο κύκλος αποστείρωσης του κλιβάνου διαρκεί 6 ώρες και λειτουργεί στους 240 °C. Το μέγεθος παρτίδας δεν επηρεάζει το χρόνο λειτουργίας του κλιβάνου αλλά τους ενδιάμεσους χρόνους φόρτωσης και εκφόρτωσης του κλιβάνου αποστείρωσης. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.1, με τη μετάβαση T_2 συνδέονται οι θέσεις m_{18} , m_{19} , m_{20} , m_{22} , οι οποίες είναι θέσεις εποπτικού ελέγχου που επιτρέπουν την ενεργοποίηση των επόμενων σε αλληλουχία διαδικασιών T_3, T_4, T_5 που διεξάγονται παράλληλα.

Η θέση m_3 αναπαριστά αποθήκη από την οποία λαμβάνονται τα ευαίσθητα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή και τα οποία με την ενεργοποίηση της μετάβασης T_3 οδηγούνται σε κλίβανο υγρής αποστείρωσης (στους 121°C με πίεση 1 – 2 atm). Στην προκειμένη περίπτωση δεν ορίζουμε συγκεκριμένες ποσότητες και πολλαπλότητες καθώς οι τιμές αυτές είναι σταθερές πάντα, ανεξάρτητες από τη διαδικασία και αμελούνται. Έτσι, ορίζουμε ως μονάδα μέτρησης της εν λόγω θέσης το σετ. Η αποστείρωση ευαίσθητων υλικών ξεκινά με την ενεργοποίηση της μετάβασης T_3 η οποία έχει σταθερή διάρκεια 2,42 ώρες. Η θέση m_6 δείχνει τα αποστειρωμένα ευαίσθητα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν σε επόμενη φάση.

Παράλληλα, γίνεται παραλαβή πρώτων υλών από την αντίστοιχη αποθήκη, η οποία δηλώνεται ως θέση m_4 και ξεκινά η μετάβαση T_4 που αποτελεί το στάδιο της ζύγισης πρώτων υλών. Η χρονική διάρκεια της T_4 εξαρτάται από το πλήθος και τις ποσότητες υλών που πρέπει να ζυγιστούν, συνεπώς διαμορφώνεται ανάλογα με το προϊόν. Με τη θέση m_7 ορίζονται οι ζυγισμένες πρώτες ύλες, μετρούμενες σε γραμμάρια (gr).

Η θέση m_8 δηλώνει το σύστημα παραγωγής νερού (pharmaceutical water system) το οποίο τροφοδοτεί την παραγωγή με νερό για ενέσιμα. Με την ενεργοποίηση της μετάβασης T_5 απαιτούμενη ανά προϊόν ποσότητα νερού, μετρημένη σε ml, οδηγείται μέσω ειδικών αγωγών στο δοχείο παρασκευής του διαλύματος, μέγιστης χωρητικότητας 250lt. Η χρονική καθυστέρηση της T_5 θεωρείται σταθερή και ίση με 2,25 ώρες. Η μετάβαση αυτή τροφοδοτεί τη θέση m_5 που συμβολίζει το ελεγχμένο νερό.

Ακολουθεί η ενεργοποίηση της μετάβασης T_6 που αναπαριστά την παρασκευή του διαλύματος. Η χρονική καθυστέρηση αυτής της μετάβασης εξαρτάται από τις προδιαγραφές του προϊόντος (απαιτούμενος χρόνος ανάδευσης). Το έτοιμο διάλυμα (ποσότητα σε ml) αναπαριστάται από τη θέση m_9 .

Αμέσως μετά γίνεται ενεργοποίηση της μετάβασης T_7 που δηλώνει τους ποιοτικούς ελέγχους που διενεργούνται υποχρεωτικά στο στάδιο αυτό. Η χρονική καθυστέρηση της μετάβασης T_7 εξαρτάται από το εκάστοτε προϊόν. Το τμήμα ποιοτικού ελέγχου (QC) παραλαμβάνει συγκεκριμένη ποσότητα διαλύματος και διενεργεί ελέγχους με αποτέλεσμα η ποσότητα που θα βρεθεί στη θέση m_{10} (ελεγμένο διάλυμα από QC) να είναι ελαφρώς μικρότερη από αυτή της m_9 . Η ποσότητα που παραλαμβάνεται είναι σταθερή για κάθε προϊόν, δεν υπάρχει δηλαδή, τυχαιότητα. Γενικά, υπάρχει τυχαιότητα ποσοτήτων και χρόνων. Στην προκειμένη περίπτωση, λόγω της φύσης του παραγόμενου προϊόντος (προδιαγραφές κτλ) δεν υπάρχει ελαστικότητα σε ότι αφορά τους χρόνους, συνεπώς η τυχαιότητα αφορά αποκλειστικά τις παραγόμενες ποσότητες.

Στη συνέχεια, ενεργοποιείται η μετάβαση T_8 που αναπαριστά το στάδιο της διήθησης/αποστείρωσης και γεμίσματος/θερμοσυγκόλλησης. Στο στάδιο αυτό εισερχόμενα υλικά στην T_8 είναι οι αποστειρωμένες φύσιγγες (m_2), τα αποστειρωμένα ευαίσθητα υλικά (m_6) και φυσικά το ελεγμένο διάλυμα (m_{10}). Η χρονική καθυστέρηση της T_8 εξαρτάται από το μέγεθος παρτίδας. Η μηχανή γεμίσματος φυσιγγών (Pharmasiena) λειτουργεί στη μέγιστη δυνατή ταχύτητα με ικανότητας πλήρωσης 9000 φυσιγγών/ώρα. Στο στάδιο αυτό της παραγωγής το όριο αποδοχής σκάρτων φυσιγγών ορίζεται, σύμφωνα με προδιαγραφές, από 2% μέχρι και 4% της αναμενόμενης τιμής. Υπάρχει λοιπόν, τυχαιότητα στην τιμή αυτή, η οποία ορίζεται κατάλληλα στα βάρη του συγκεκριμένων τόξου μετάβασης. Ενδεικτικά αναφέρουμε το όριο αποδοχής σκάρτων φυσιγγών για το προϊόν Almiba, που είναι $35817 \cdot (1-x)$ με $0 \leq x \leq 0,04$ και μοντελοποιείται για τις ανάγκες της προσομοίωσης με την έκφραση $35817 \cdot \text{rnd}(1432)$. Στη θέση m_{11} αναπαριστώνται οι πλήρεις φύσιγγες που έχουν παραχθεί. Όπως είναι λογικό, η μονάδα μέτρησης της m_{11} είναι πλέον τεμάχια και όχι ml όπως ήταν για την m_{10} .

Επόμενος κόμβος του δικτύου είναι η μετάβαση T_9 που αναπαριστά τον κλιβανισμό ή έλεγχο στεγανότητας. Η διάκριση γίνεται ανάλογα με το προϊόν αφού κάποια απαιτούν κλιβανισμό και κάποια έλεγχο στεγανότητας. Το βάρος πολλαπλότητας του τόξου που ενώνει τη θέση m_{11} με τη μετάβαση T_9 είναι ίσο με την εκάστοτε ποσότητα m_{11} που προκύπτει από το στάδιο της πλήρωσης φυσιγγών (παραμετρικό). Η χρονική καθυστέρηση της T_9 είναι 4,1 ώρες σε περίπτωση κλιβανισμού και 2,1 ώρες σε περίπτωση ελέγχου στεγανότητας. Στη θέση m_{12} δηλώνεται το προϊόν μετά το στάδιο της αποστείρωσής του και χάριν ευκολίας ονομάζεται ημιέτοιμο προϊόν. Στο σημείο αυτό το τμήμα ποιοτικού ελέγχου παραλαμβάνει προκαθορισμένο αριθμό αντιδειγμάτων και για το λόγο αυτό η τιμή της m_{12} είναι μικρότερη της m_{11} .

Αμέσως μετά ενεργοποιείται η μετάβαση T_{10} που αποτελεί τον οπτικό έλεγχο των φυσιγγών. Ο οπτικός έλεγχος πραγματοποιείται σε δύο στάδια, όπως έχει περιγραφεί και νωρίτερα στην εργασία. Ο αυτόματος οπτικός διενεργείται από μηχανή με ταχύτητα 7.000 φύσιγγες/ώρα ενώ ο χειροκίνητος οπτικός των σκάρτων της μηχανής γίνεται με ταχύτητα περίπου 1000 φύσιγγες σε 1,6 ώρες. Η μικρότερη τιμή της θέσης m_{13} (ελεγμένο προϊόν) σε σχέση με εκείνη της m_{12} (ημιέτοιμο προϊόν)

προκύπτει από τον βάρος του τόξου μετάβασης που δηλώνει την τυχαιότητα στο όριο αποδοχής σκάρτων στη φάση αυτή. Το όριο αποδοχής μπορεί να κυμαίνεται από 3% έως 15% ανάλογα με το προϊόν.

Το ελεγμένο προϊόν (m_{13}) μπαίνει σε καραντίνα που δηλώνεται στο δίκτυο με την μετάβαση T_{11} . Η χρονική καθυστέρηση εδώ είναι σταθερή για όλα τα παραγόμενα προϊόντα, αφού καθορίζεται αυστηρά από το νομοθετικό πλαίσιο φαρμακευτικών προϊόντων και ισούται με 360 ώρες (15 ημέρες).

Με τη λήξη της καραντίνας ξεκινά η διαδικασία συσκευασίας του προϊόντος. Στη θέση m_{14} δηλώνεται η ποσότητα προϊόντος που οδηγείται στο επόμενο στάδιο παραγωγής, την τοποθέτηση ετικέτας, το οποίο αναπαριστά η μετάβαση T_{12} . Το συγκεκριμένο στάδιο δεν αφορά όλα τα προϊόντα, καθώς κάποια συσκευάζονται σε προτυπωμένες φύσιγγες. Για τα υπόλοιπα, στα οποία τοποθετείται ετικέτα η χρονική καθυστέρηση της μετάβασης εξαρτάται από το μέγεθος παρτίδας. Η ετικετέζα (μηχανή τοποθέτησης ετικέτας) λειτουργεί με ταχύτητα με 5.500 φύσιγγες/ώρα. Λόγω του μεγάλου ποσοστού αυτοματοποίησης του συγκεκριμένου σταδίου το ποσοστό σκάρτων είναι πολύ μικρό και στην πράξη θεωρείται αμελητέο. Συνεπώς, οι τιμές για τις m_{14} και m_{15} παραμένουν αμετάβλητες.

Ακολούθως, ενεργοποιείται η μετάβαση T_{13} που αναπαριστά τη συσκευασία των φυσιγγων σε πλαστικές θήκες. Η διαδικασία γίνεται ανάλογα με το προϊόν είτε χειροκίνητα με ταχύτητα 500/ώρα, είτε μέσω μηχανής με ταχύτητα 1300/ώρα. Προφανώς, η συνολική χρονική καθυστέρηση και εδώ εξαρτάται από το μέγεθος παρτίδας. Το ποσοστό σκάρτων είναι επίσης πολύ μικρό έτσι ώστε να θεωρείται αμελητέο. Η εξερχόμενη από την T_{13} ποσότητα δηλώνεται με τη θέση m_{16} που συμβολίζει τις πλαστικές θήκες που πρόκειται να συσκευαστούν σε κουτιά. Η μονάδα μέτρησης μετατρέπεται λοιπόν από φύσιγγες σε κουτιά, γεγονός που δηλώνεται στο δίκτυο ως βάρος στο τόξο μετάβασης που συνδέει την T_{13} με τη θέση m_{16} . Στον Πίνακα 5.2 φαίνεται ο τρόπος συσκευασίας κάθε προϊόντος, δηλαδή ο αριθμός των φυσιγγων που περιέχεται σε κάθε κουτί καθώς και το μέγεθος κάθε φύσιγγας.

A/A	ΠΡΟΪΟΝ	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ
1	Almiba	BT x 5amps x 5ml
2	Betrimine	BT x 6 amps x 5ml
3	Diakarmon	BT x 50 amp x 2ml
4	Ferrinemia	BT x 5amps x 5ml
5	Flumidon	BT x 5 amps
6	Inestom	BT x 5amps x 5ml
7	Karnilev	BT x 5amps x 5ml
8	Meloxicam	BT x 5 amps
9	Ptinolin	BT x 5amps x 2ml
10	Regimed	BT x 6 amps x 5ml
11	Transamin	BT x 10amps x 5ml
12	Steatel	BT x 5amps x 5ml

Πίνακας 5.2: Συσκευασίες προϊόντων

Τελευταίο στάδιο αποτελεί η συσκευασία σε κουτιά και το παλετάρισμα που αναπαρίσταται με την μετάβαση T_{14} . Η χρονική καθυστέρηση καθορίζεται με βάση το μέγεθος παρτίδας και το ποσοστό σκάρτων κυμαίνεται από 1% έως 4%. Η θέση m_{17} αναπαριστά το τελικό προϊόν που είναι συσκευασμένο σε κουτιά ενώ συγχρόνως τοποθετείται σε κούτες, γίνεται παλετάρισμα και ακολουθεί η αποστολή του προϊόντος.

Οι θέσεις m_{18} , m_{19} , m_{20} , m_{22} αναπαριστούν, όπως προαναφέρθηκε, θέσεις εποπτικού ελέγχου. Σύμφωνα με τις πληροφορίες που δόθηκαν από τους αρμόδιους, για να ξεκινήσει η παραγωγική διαδικασία νέου προϊόντος θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί το στάδιο της διήθησης/πλήρωσης φυσίγγων (T_7). Ύστερα από συνεννόηση με τους υπεύθυνους της εταιρίας έγινε η παραδοχή ότι το στάδιο της τελικής συσκευασίας (T_{14}) θα αποτελεί σημείο ελέγχου για την επανέναρξη της αναπαράστασης της παραγωγικής διαδικασίας κατά την προσομοίωση, γεγονός που εξυπηρετεί τη σωστή λειτουργία του μοντέλου και την εξαγωγή ρεαλιστικών αποτελεσμάτων.

5.3 Ανάλυση των σεναρίων λειτουργίας και παρουσίαση του πίνακα των προσομοιώσεων

Στη συνέχεια εξετάζεται αριθμός εναλλακτικών σεναρίων που προκύπτουν μεταβάλλοντας κάποιες από τις παραμέτρους του μοντέλου της παραγωγικής διαδικασίας με στόχο την κάλυψη όλων των πιθανών συνθηκών λειτουργίας που μπορούν να παρουσιαστούν σε μία ημερήσια παραγωγή. Οι μεταβλητές που τροποποιήθηκαν αφορούν τον απαιτούμενο χρόνο για τη συλλογή ενέσιμου νερού T_5 , την ταχύτητα της μηχανής τοποθέτησης ετικέτας T_{12} και την ταχύτητα της μηχανής συσκευασίας σε θήκες T_{13} , και επιλέχθηκαν σε συνεργασία με τους αρμόδιους υπαλλήλους της μονάδας. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν διαφορετικοί συνδυασμοί των τριών αυτών μεταβλητών, με καθεμία να λαμβάνει τις ακόλουθες τιμές:

$$\begin{aligned} T_5 &= 2,25h, T_5 = 1,5h \text{ \& } T_5 = 1,17h, \\ T_{12} &= 5.500/h \text{ \& } T_{12} = 6.500/h, T_{13} = 500/h, \\ T_{13} &= 1.000/h \text{ \& } T_{13} = 1.300/h. \end{aligned}$$

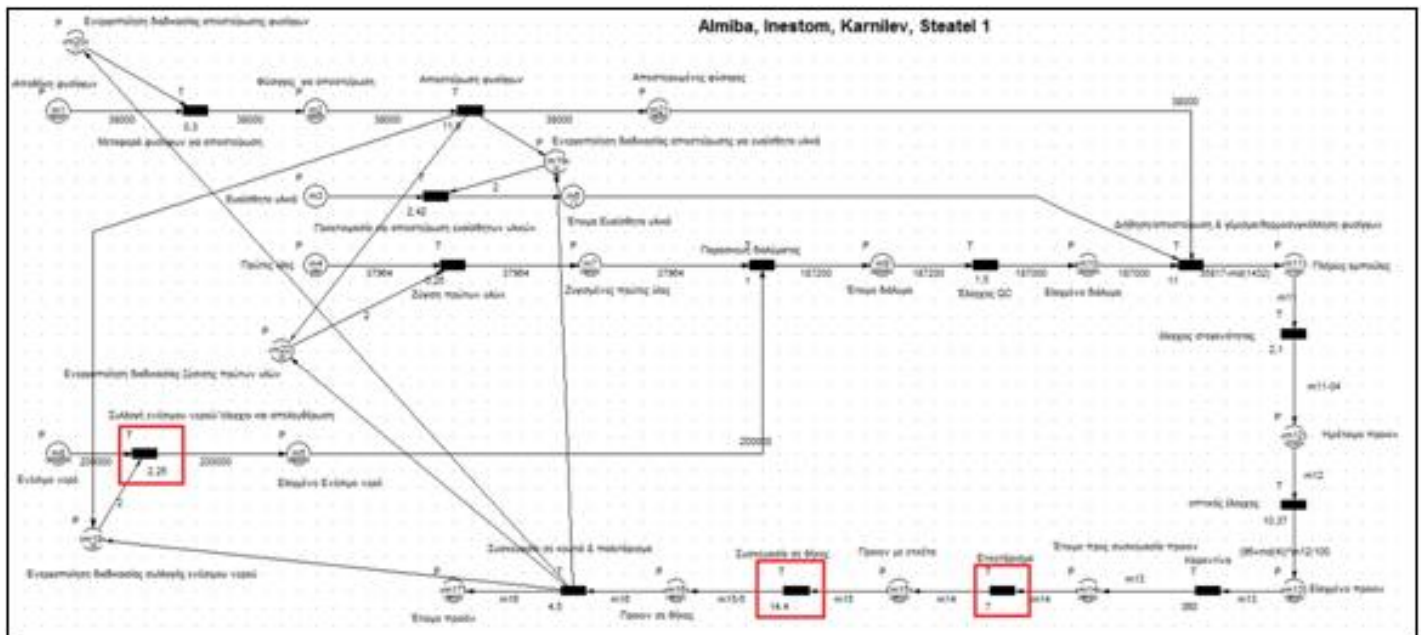
Συνολικά εξετάστηκαν 18 διαφορετικά σενάρια για κάθε παραγόμενο προϊόν. Σημειώνεται ότι δεν έγινε καμία τροποποίηση της διάρκειας άλλων διαδικασιών (π.χ. καραντίνα που έχει δεδομένα μεγάλη διάρκεια) αφού αυτές ορίζονται από τη νομοθεσία και δεν υπάρχει ευελιξία. Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα σενάρια που εξετάζονται και τονίζονται οι μεταξύ τους διαφοροποιήσεις, ενώ προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα από τις μεταβολές στις διάρκειες των προσομοιώσεων που προκαλούν οι αλλαγές αυτές.

5.3.1 Η μελέτη της πρώτης ομάδας προϊόντων

5.3.1.1 Εναλλακτικά σενάρια για την πρώτη ομάδα προϊόντων «Almiba, Inestom, Karnilev, Steatel»

1^η Περίπτωση, Βασικό σενάριο λειτουργίας

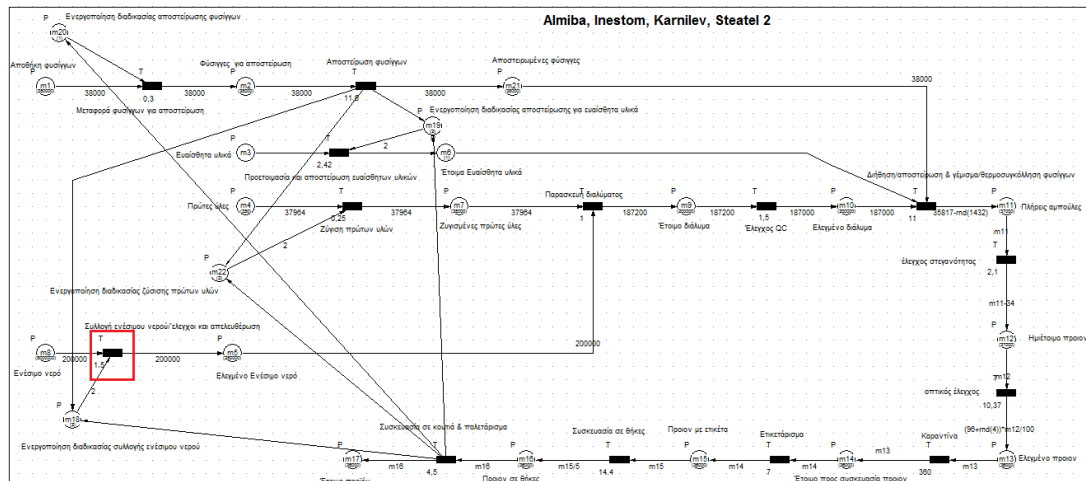
- $T_5 = 2,25h$
- $T_{12} = 5.500/h = 7h$
- $T_{13} = 500/h = 14,4h$



Εικόνα 5.2: Σενάριο 1 Βασικό σενάριο λειτουργίας

2^η Περίπτωση, Μέσος δυνατός χρόνος συλλογής ενέσιμου νερού

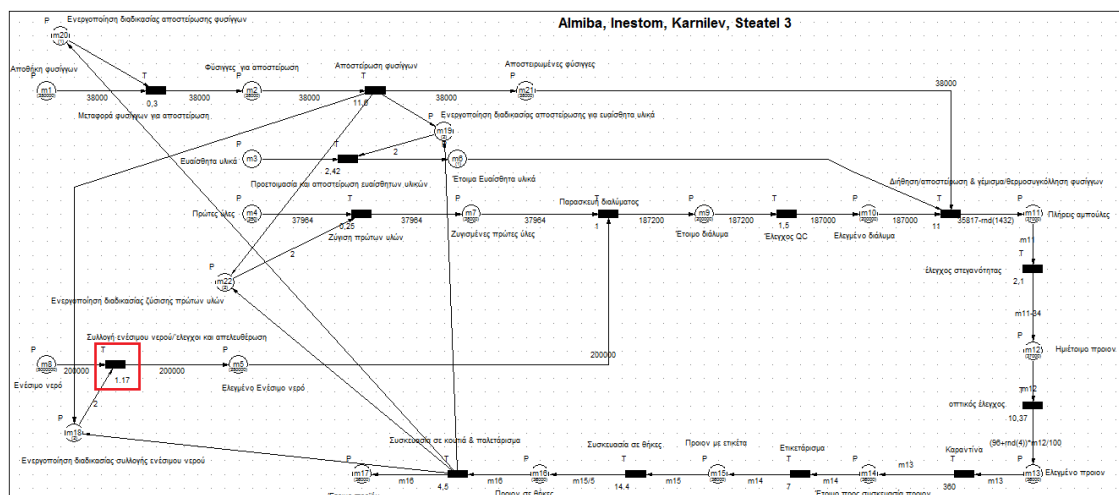
- $T_5 = 1,5h$
- $T_{12} = 5.500/h = 7h$
- $T_{13} = 500/h = 14,4h$



Εικόνα 5.3: Σενάριο 2

3^η Περίπτωση, Μικρότερος δυνατός χρόνος συλλογής ενέσιμου νερού

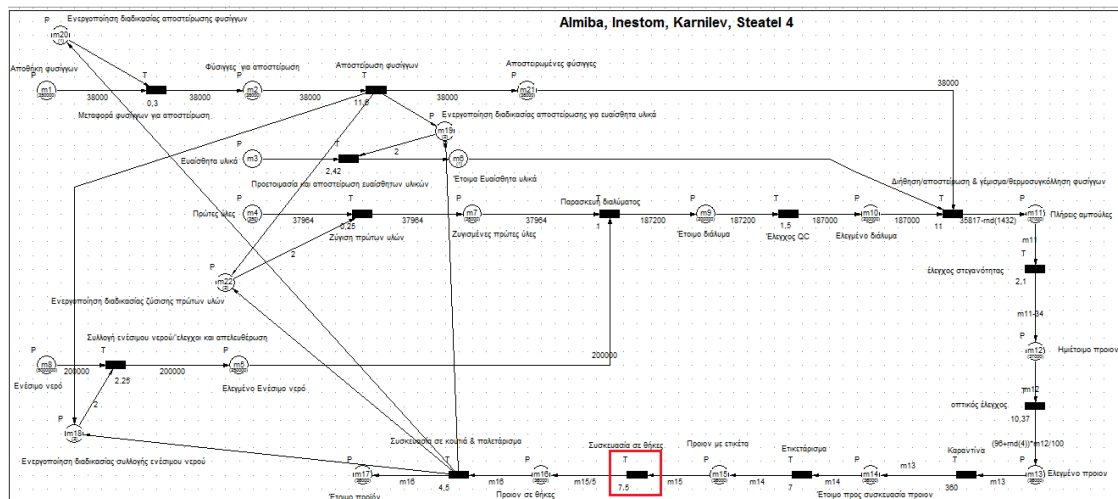
- $T_5 = 1,17h$
- $T_{12} = 5.500/h = 7h$
- $T_{13} = 500/h = 14,4h$



Εικόνα 5.4: Σενάριο 3

4^η Περίπτωση, Μέση ταχύτητα μηχανής συσκευασίας σε θήκες

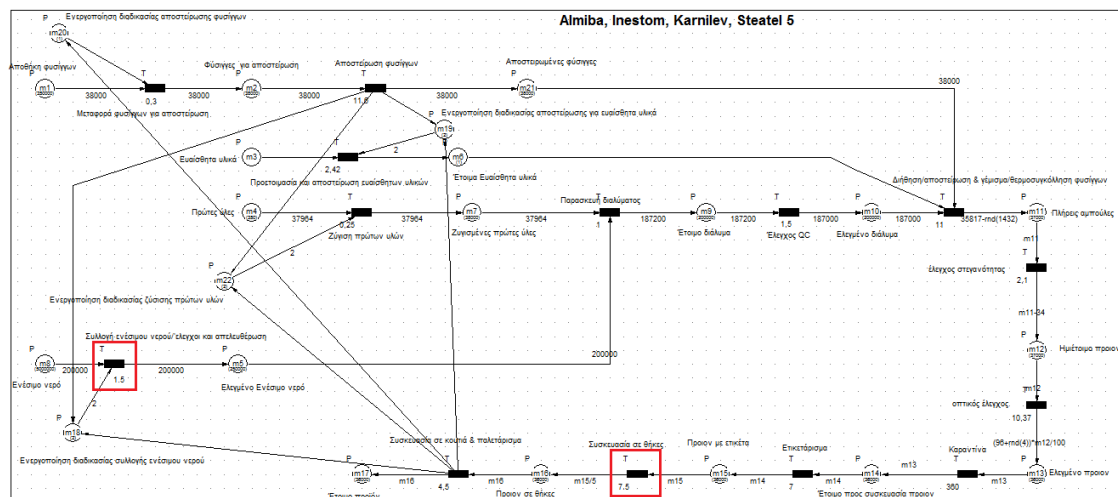
- $T_5 = 2,25h$
- $T_{12} = 5.500/h = 7h$
- $T_{13} = 1000/h = 7,5h$



Εικόνα 5.5:Σενάριο 4

5^η Περίπτωση, Μέσος δυνατός χρόνος συλλογής ενέσιμου νερού και Μέση ταχύτητα μηχανής συσκευασίας σε θήκες

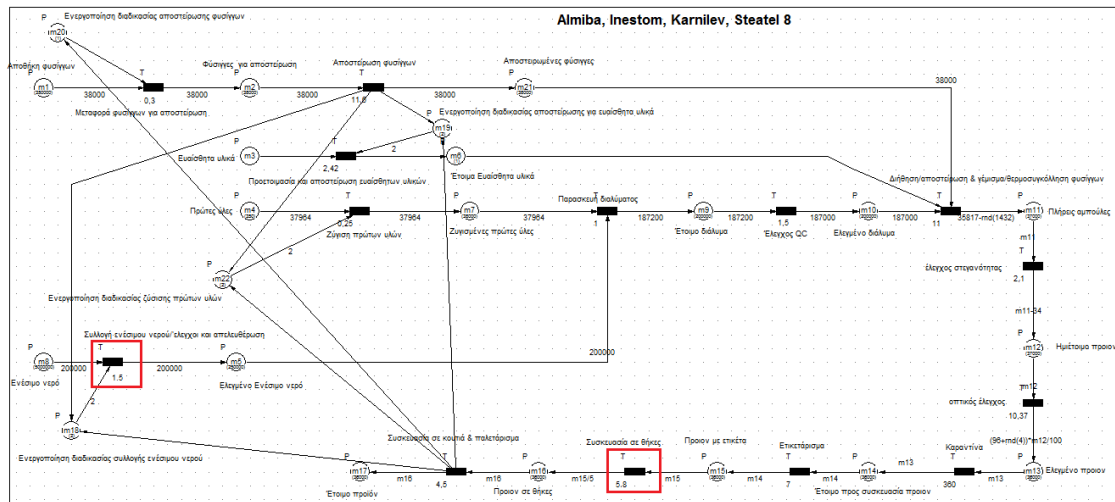
- $T_5 = 1,5h$
- $T_{12} = 5.500/h = 7h$
- $T_{13} = 1000/h = 7,5h$



Εικόνα 5.6: Σενάριο 5

8^η Περίπτωση, Μέσος δυνατός χρόνος συλλογής ενέσιμου νερού και Μέγιστη ταχύτητα μηχανής συσκευασίας σε θήκες

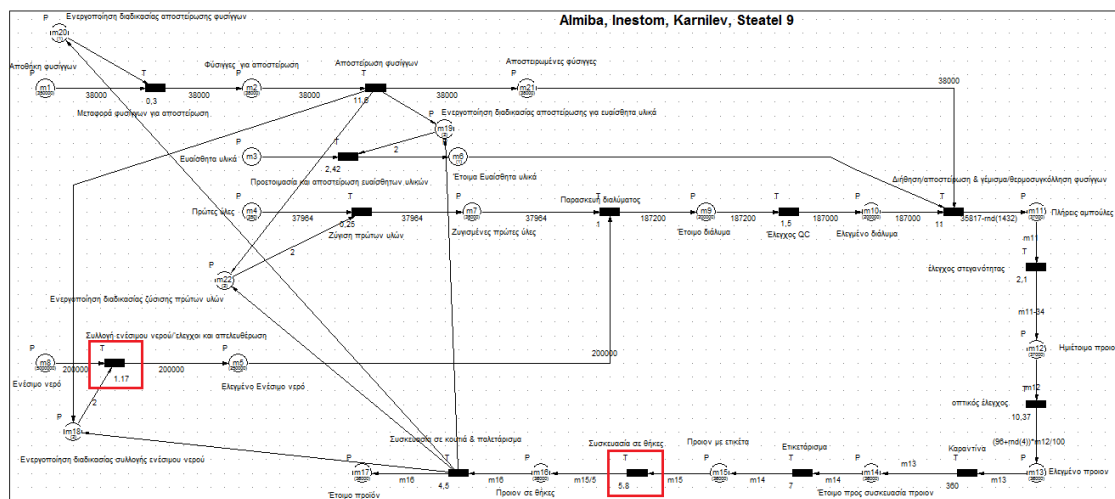
- $T_5 = 1,5h$
- $T_{12} = 5.500/h = 7h$
- $T_{13} = 1300/h = 5,8h$



Εικόνα 5.9: Σενάριο 8

9^η Περίπτωση, Μικρότερος δυνατός χρόνος συλλογής ενέσιμου νερού και Μέγιστη ταχύτητα μηχανής συσκευασίας σε θήκες

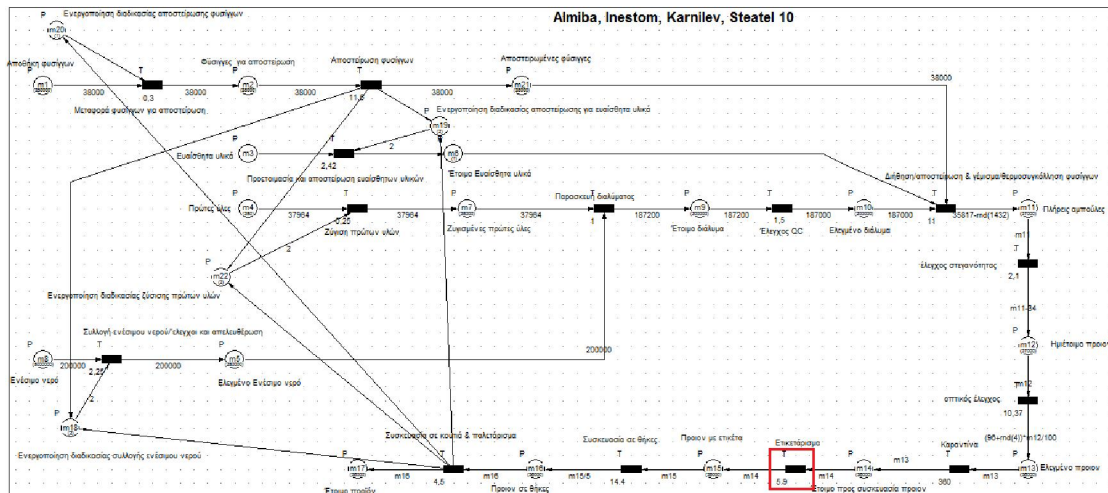
- $T_5 = 1,17h$
- $T_{12} = 5.500/h = 7h$
- $T_{13} = 1300/h = 5,8h$



Εικόνα 5.10: Σενάριο 9

10^η Περίπτωση, Μέγιστος δυνατός χρόνος συλλογής ενέσιμου νερού και Μέγιστη ταχύτητα μηχανής τοποθέτησης ετικέτας, Ελάχιστη ταχύτητα μηχανής συσκευασίας σε θήκες

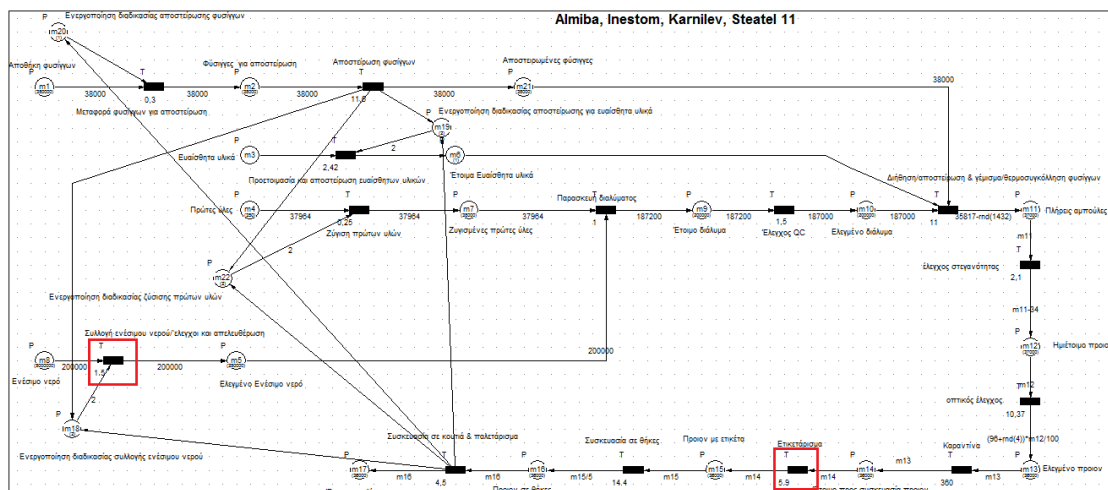
- $T_5 = 2,25h$
- $T_{12} = 6.500/h = 5,9h$
- $T_{13} = 500/h = 14,4h$



Εικόνα 5.11: Σενάριο 10

11^η Περίπτωση, Μέσος δυνατός χρόνος συλλογής ενέσιμου νερού και Μέγιστη ταχύτητα μηχανής τοποθέτησης ετικέτας, Ελάχιστη ταχύτητα μηχανής συσκευασίας σε θήκες

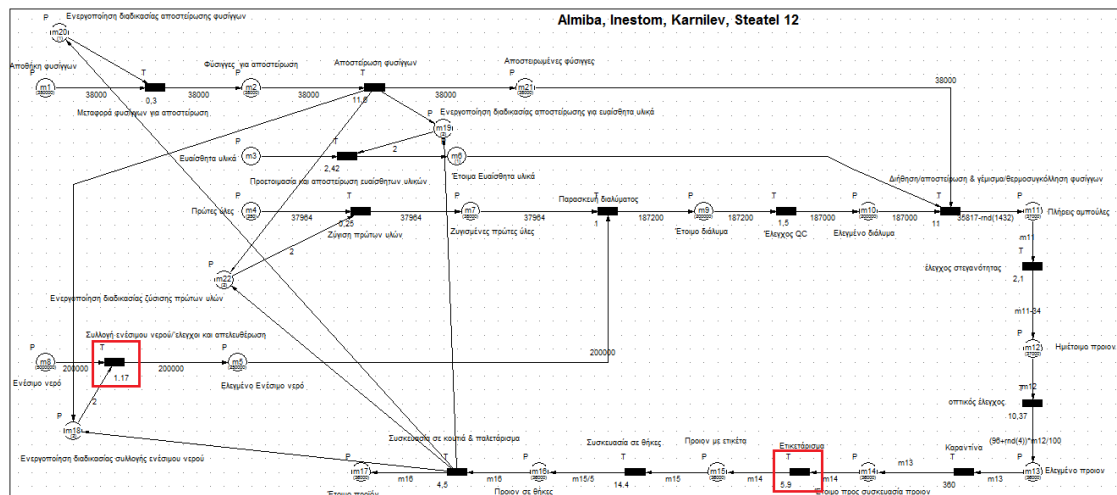
- $T_5 = 1,5h$
- $T_{12} = 6.500/h = 5,9h$
- $T_{13} = 500/h = 14,4h$



Εικόνα 5.12: Σενάριο 11

12^η Περίπτωση, Μικρότερος δυνατός χρόνος συλλογής ενέσιμου νερού και Μέγιστη ταχύτητα μηχανής τοποθέτησης ετικέτας, Ελάχιστη ταχύτητα μηχανής συσκευασίας σε θήκες

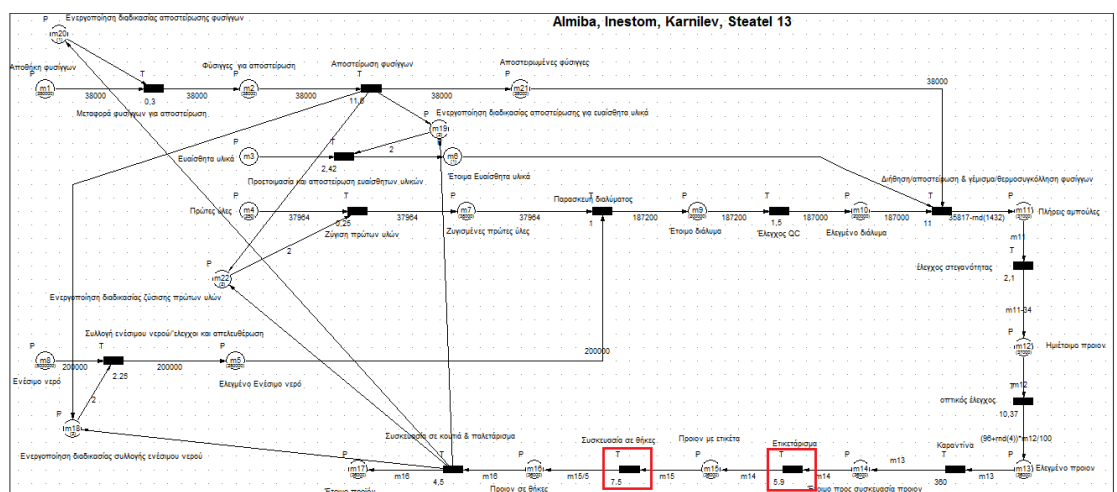
- $T_5=1,17h$
- $T_{12}=6.500/h=5,9h$
- $T_{13}=500/h=14,4h$



Εικόνα 5.13: Σενάριο 12

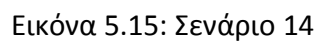
13^η Περίπτωση, Μέγιστος δυνατός χρόνος συλλογής ενέσιμου νερού και Μέγιστη ταχύτητα μηχανής τοποθέτησης ετικέτας, Μέση ταχύτητα μηχανής συσκευασίας σε θήκες

- $T_5=2,25h$
- $T_{12}=6.500/h=5,9h$
- $T_{13}=1000/h=7,5h$

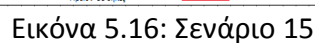


Εικόνα 5.14: Σενάριο 13

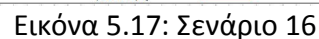
- $T_5 = 1,5h$
- $T_{12} = 6.500/h = 5,9h$
- $T_{13} = 1000/h = 7,5h$



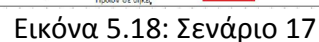
- $T_5 = 1,17h$
- $T_{12} = 6.500/h = 5,9h$
- $T_{13} = 1000/h = 7,5h$



- $T_5 = 2,25h$
- $T_{12} = 6.500/h = 5,9h$
- $T_{13} = 1300/h = 5,8h$

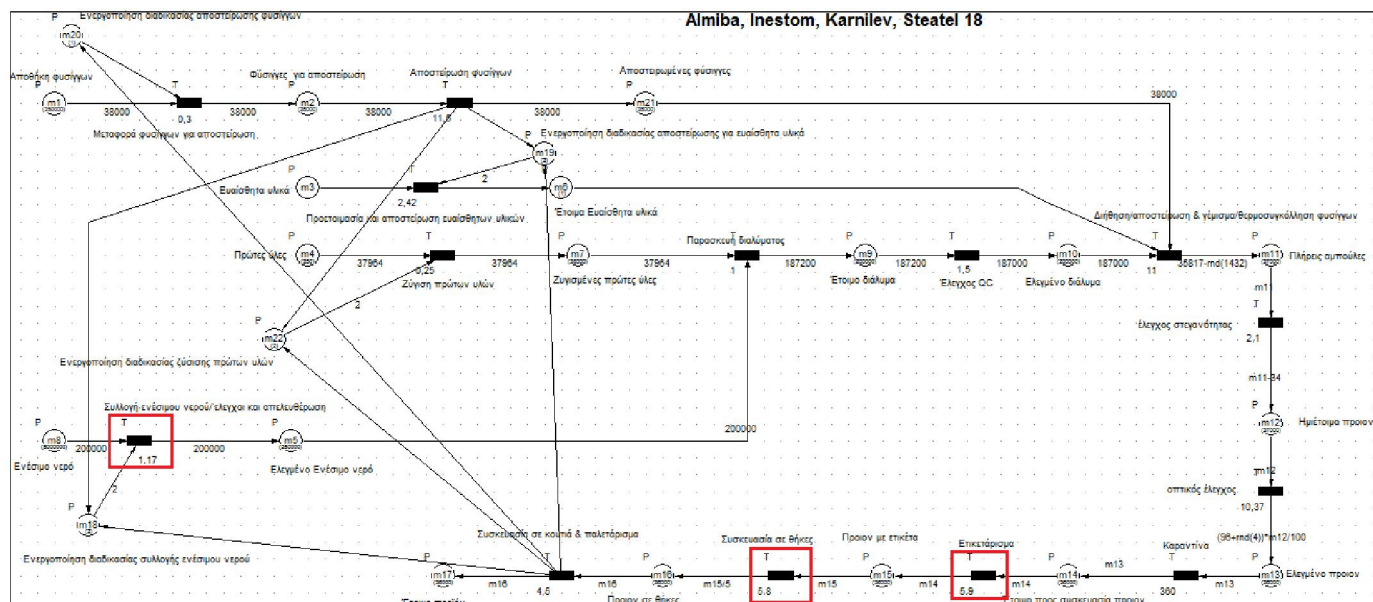


- $T_5 = 1,5h$
- $T_{12} = 6.500/h = 5,9h$
- $T_{13} = 1300/h = 5,8h$



18^η Περίπτωση, Μικρότερος δυνατός χρόνος συλλογής ενέσιμου νερού και Μέγιστη ταχύτητα μηχανής τοποθέτησης ετικέτας, Μέγιστη ταχύτητα μηχανής συσκευασίας σε θήκες

- $T_5 = 1,17h$
- $T_{12} = 6.500/h = 5,9h$
- $T_{13} = 1300/h = 5,8h$



Εικόνα 5.19: Σενάριο 18

5.3.1.2 Παρουσίαση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων της μελέτης της πρώτης ομάδας προϊόντων

Για καθένα από τα παραπάνω σενάρια (συνδυασμός τιμών των 3 μεταβλητών) που δημιουργήθηκαν, πραγματοποιήθηκαν σενάρια των τριών προσομοιώσεων και καταγράφηκαν οι τιμές συγκεκριμένων θέσεων του συστήματος καθώς και ο συνολικός χρόνος προσομοίωσης. Πιο συγκεκριμένα, καταγράφηκαν οι τιμές των θέσεων m_{11} , m_{12} , m_{13} , m_{17} και φυσικά ο συνολικός χρόνος προσομοίωσης. Στον πίνακα 5.3 που ακολουθεί εμφανίζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων των 18 εναλλακτικών σεναρίων για την πρώτη ομάδα προϊόντων. Καταγράφονται τα σενάρια προσομοίωσης (set), ο συνολικός χρόνος προσομοίωσης (T simulation) κάθε σεναρίου, η ποσότητα της θέσης m_{17} (αποθήκη τελικών προϊόντων), που προκύπτει με χρήση τυχαίων μεταβλητών σε προηγούμενα στάδια παραγωγής, ο μέσος όρος (AVG), η διακύμανση (VAR), η μέγιστη (MAX) και ελάχιστη (MIN) τιμή της εν λόγω ποσότητας καθώς και το εύρος (MODE) αυτής για κάθε σενάριο. Επίσης, στον πίνακα φαίνονται αναλυτικά οι τιμές των παραμέτρων των υπό μελέτη μεταβάσεων και θέσεων για κάθε σενάριο

1 ^η ΟΜΑΔΑ (ALMIBA INESTOM KARNILEV STEATEL)										
	T (h)		set	T simulation (h)	m17 (box)	AVG m17	VAR	MIN	MAX	MODE
1	T5=2,25	2,25	a	426,1	6940	6900	3200	6835	6940	105
	T12=5.500/h	7	b		6924					
	T13=500/h	14,4	c		6835					
2	T5=1,5	1,5	a	425,3	6789	6808	5383	6746	6889	143
	T12=5.500/h	7	b		6746					
	T13=500/h	14,4	c		6889					
3	T5=1,17	1,17	a	425	6985	6911	5476	6837	6985	148
	T12=5.500/h	7	b		6837					
	T13=500/h	14,4	c		6910					
4	T5=2,25	2,25	a	419,2	6798	6795	30	6789	6799	10
	T12=5.500/h	7	b		6789					
	T13=1000/h	7,5	c		6799					
5	T5=1,5	1,5	a	418,4	6789	6804	3031	6758	6865	107
	T12=5.500/h	7	b		6865					
	T13=1000/h	7,5	c		6758					
6	T5=1,17	1,17	a	418,1	6985	6921	3913	6860	6985	125
	T12=5.500/h	7	b		6918					
	T13=1000/h	7,5	c		6860					
7	T5=2,25	2,25	a	417,5	6940	6839	8561	6758	6940	182
	T12=5.500/h	7	b		6758					
	T13=1300/h	5,8	c		6820					
8	T5=1,5	1,5	a	416,7	6789	6860	7109	6789	6953	164
	T12=5.500/h	7	b		6837					
	T13=1300/h	5,8	c		6953					
9	T5=1,17	1,17	a	416,4	6985	6883	8036	6818	6985	167
	T12=5.500/h	7	b		6818					
	T13=1300/h	5,8	c		6845					
10	T5=2,25	2,25	a	425	6798	6753	1791	6714	6798	84
	T12=6.500/h	5,9	b		6747					
	T13=500/h	14,4	c		6714					
11	T5=1,5	2,25	a	424,2	6789	6824	10702	6742	6940	198
	T12=6.500/h	5,9	b		6940					
	T13=500/h	14,4	c		6742					

12	T5=1,17	2,25	a	423,9	6985	6993	154	6985	7007	22
	T12=6.500/h	5,9	b		6986					
	T13=500/h	14,4	c		7007					
13	T5=2,25	2,25	a	418,1	6940	6942	15754	6818	7069	251
	T12=6.500/h	5,9	b		6818					
	T13=1000/h	7,5	c		7069					
14	T5=1,5	1,5	a	417,3	6966	7001	6031	6947	7090	143
	T12=6.500/h	5,9	b		6947					
	T13=1000/h	7,5	c		7090					
15	T5=1,17	1,17	a	417	6985	6903	12268	6777	6985	208
	T12=6.500/h	5,9	b		6947					
	T13=1000/h	7,5	c		6777					
16	T5=2,25	2,25	a	416,4	6940	6981	1769	6940	7024	84
	T12=6.500/h	5,9	b		6978					
	T13=1300/h	5,8	c		7024					
17	T5=1,5	1,5	a	415,6	6789	6847	3547	6789	6908	119
	T12=6.500/h	5,9	b		6908					
	T13=1300/h	5,8	c		6844					
18	T5=1,17	1,17	a	415,3	6985	6851	18364	6714	6985	271
	T12=6.500/h	5,9	b		6714					
	T13=1300/h	5,8	c		6853					

Πίνακας 5.3: Αποτελέσματα προσομοιώσεων πρώτης ομάδας προϊόντων (ALMIBA INESTOM KARNILEV STEATEL)

Όπως έχει ήδη εξηγηθεί η επιλογή των παραμέτρων που τροποποιήθηκαν έγινε με κριτήριο τα σενάρια να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Δόθηκαν συγκεκριμένες τιμές στις παραμέτρους με βάση τις δυνατότητες του εξοπλισμού, έτσι ώστε να μελετηθούν ρεαλιστικά σενάρια. Από την μεταβολή της συμπεριφοράς του συστήματος με τις τροποποιήσεις των παραμέτρων προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Παρατηρήθηκε ότι με την αύξηση των ταχυτήτων εκτέλεσης των υπό μελέτη διαδικασιών, ο συνολικός χρόνος προσομοίωσης μειώνεται. Ωστόσο, η μείωση της συνολικής διάρκειας της παραγωγικής διαδικασίας (2%, 3%, 5%) είναι δυσανάλογα μικρή σε σχέση με τις μειώσεις που έγιναν στις παραμέτρους του συστήματος (30-50%, ανά περίπτωση). Συνεπώς, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως εφαρμόζοντας οποιοδήποτε από τα εναλλακτικά σενάρια που παρουσιάστηκαν, η μείωση στην διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας θεωρείται πρακτικά αμελητέα ενώ παράλληλα ενδέχεται να συνεπάγεται μεγάλο κόστος λόγω επιπλέον κατανάλωσης ρεύματος και πόρων. Οι παράμετροι που επιλέχθηκαν δεν ήταν κρίσιμοι για τη μείωση της συνολικής διάρκειας παραγωγής, ενώ δεν μπορούν να τροποποιηθούν άλλες παράμετροι (πχ

χρόνος καραντίνας) λόγω της ευαισθησίας και ακρίβειας των συνθηκών του εργοστασίου και του νομικού πλαισίου λειτουργίας του.

Ωστόσο, με τις συγκεκριμένες τροποποιήσεις στις παραμέτρους που μελετήθηκαν προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα για τον μεταξύ τους συσχετισμό και τη βαρύτητα καθεμιάς στο τελικό αποτέλεσμα.

Είναι προφανές ότι με την αύξηση των ταχυτήτων των παραμέτρων ($T_5=1,17$ $T_{12}=6.500/h$ $T_{13}=1300/h$), δηλαδή την ταυτόχρονη μείωση της διάρκειας κάθε μετάβασης (σενάριο 18) επιτυγχάνεται ο ελάχιστος δυνατός χρόνος προσομοίωσης ($T_{simulation}=415.3h$) μειωμένος κατά 2,5% σε σχέση με το σενάριο που βασίζεται στις τρέχουσες τιμές των παραμέτρων.

Στην περίπτωση μείωσης του χρόνου επεξεργασίας ενέσιμου νερού, χωρίς την τροποποίηση άλλων παραμέτρων (σενάρια 1,2 & 3) η μείωση του συνολικού χρόνου προσομοίωσης είναι ανεπαίσθητη (από $T_{simulation}=426,1h$ έως $T_{simulation}=425h$). Δηλαδή, η τροποποίηση κατ' αποκλειστικότητα της παραμέτρου αυτής δεν θεωρείται κρίσιμη για τη μείωση του συνολικού χρόνου λειτουργίας του συστήματος.

Αυξάνοντας την ταχύτητα της μηχανής συσκευασίας στη μέγιστη δυνατή ($T_{13}=1300/h$) και διατηρώντας τις άλλες δυο παραμέτρους στις τιμές του σεναρίου βάσης (σενάριο 7), παρατηρείται σημαντική μείωση του συνολικού χρόνου λειτουργίας του συστήματος ($T_{simulation}=417,5h$).

Αυξάνοντας τώρα μόνο την ταχύτητα της μηχανής τοποθέτησης ετικέτας ($T_{12}=6.500/h$) διατηρώντας τις άλλες δυο παραμέτρους στις τιμές του σεναρίου βάσης (σενάριο 10) παρατηρείται εκ νέου αύξηση του συνολικού χρόνου λειτουργίας του συστήματος ($T_{simulation}=425h$).

Από τις παραπάνω παρατηρήσεις εξάγεται το συμπέρασμα ότι η ταχύτητα συσκευασίας είναι η πιο σημαντική από τις 3 μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν για τη βελτιστοποίηση του συστήματος καθώς επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό το συνολικό χρόνο λειτουργίας του συστήματος σε σχέση με τις άλλες δυο υπό μελέτη παραμέτρους.

Η παραγόμενη ποσότητα προκύπτει κατά την προσομοίωση του μοντέλου με βάση τα πραγματικά όρια αποδοχής σφάλματος και με τη βοήθεια της τυχαιότητας. Όπως ήταν αναμενόμενο, η παραγόμενη ποσότητα δεν συσχετίζεται καθόλου με τις ταχύτητες εκτέλεσης των διαδικασιών. Εξετάζοντας τη στήλη της διακύμανσης για τα εναλλακτικά σενάρια, εντοπίζονται μικρές τιμές διακύμανσης γεγονός που σημαίνει ότι οι παραγόμενες ποσότητες λαμβάνουν κοντινές τιμές στις προσομοιώσεις (πχ σενάρια 3, 13, 17). Συγχρόνως, σε άλλα σενάρια η διακύμανση έχει μεγαλύτερη τιμή, δηλαδή οι παραγόμενες ποσότητες έχουν μεγαλύτερη απόκλιση μεταξύ τους (πχ σενάριο 2, 11, 16).

5.3.2 Μελέτη των υπόλοιπων ομάδων προϊόντων

Η ίδια διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω, ακολουθήθηκε για τη μελέτη όλων των ομάδων προϊόντων. Η ανάλυση που προηγήθηκε καλύπτει τον αναγνώστη ώστε να αντιληφθεί την πορεία της μελέτης. Γενικά, τα συμπεράσματα που προέκυψαν και παρουσιάστηκαν αναλυτικά για την πρώτη ομάδα προϊόντων σε μεγάλο βαθμό και με μικρές διαφοροποιήσεις ισχύουν και για τα υπόλοιπα προϊόντα. Για περισσότερες πληροφορίες παρατίθενται οι αντίστοιχοι πίνακες αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων κάθε ομάδας προϊόντων.

BETRIMINE REGIMED										
	T		set	T simulation (h)	m17	AVG m17	VAR	MIN	MAX	MODE
1	T5=2,25	2,25	a	425,8	6244	6400	25308	6244	6562	318
	T12=5.500/h	7,7	b		6562					
	T13=500/h	13,6	c		6394					
2	T5=1,5	1,15	a	425	6411	6365	86536	6051	6634	583
	T12=5.500/h	7,7	b		6634					
	T13=500/h	13,6	c		6051					
3	T5=1,17	1,17	a	424,8	6031	6066	1132	6031	6098	67
	T12=5.500/h	7,7	b		6070					
	T13=500/h	13,6	c		6098					
4	T5=2,25	2,25	a	419,3	6290	6263	31889	6072	6426	354
	T12=5.500/h	7,7	b		6072					
	T13=1000/h	7,1	c		6426					
5	T5=1,5	1,5	a	418,5	6083	6160	32632	6030	6366	336
	T12=5.500/h	7,7	b		6366					
	T13=1000/h	7,1	c		6030					
6	T5=1,17	1,17	a	418,3	6350	6355	8949	6263	6452	189
	T12=5.500/h	7,7	b		6452					
	T13=1000/h	7,1	c		6263					
7	T5=2,25	2,25	a	417,7	6244	6337	50633	6174	6594	420
	T12=5.500/h	7,7	b		6594					
	T13=1300/h	5,5	c		6174					
8	T5=1,5	1,5	a	416,9	6411	6485	10550	6411	6602	191
	T12=5.500/h	7,7	b		6441					
	T13=1300/h	5,5	c		6602					
9	T5=1,17	1,17	a	416,7	6350	6473	14885	6350	6594	244
	T12=5.500/h	7,7	b		6474					
	T13=1300/h	5,5	c		6594					
10	T5=2,25	2,25	a	424,8	6464	6525	6985	6464	6620	156
	T12=6.500/h	6,63	b		6490					
	T13=500/h	13,6	c		6620					
11	T5=1,5	1,5	a	424	5940	6321	157022	5940	6731	791
	T12=6.500/h	6,63	b		6293					
	T13=500/h	13,6	c		6731					
12	T5=1,17	1,17	a	423,8	6492	6177	74640	6011	6492	481
	T12=6.500/h	6,63	b		6011					
	T13=500/h	13,6	c		6027					

13	T5=2,25	2,25	a	418,3	6244	6197	1849	6160	6244	84
	T12=6.500/h	6,63	b		6160					
	T13=1000/h	7,1	c		6186					
14	T5=1,5	1,5	a	417,5	6243	6360	11389	6243	6452	209
	T12=6.500/h	6,63	b		6385					
	T13=1000/h	7,1	c		6452					
15	T5=1,17	1,17	a	417,3	6092	6119	30649	5959	6306	347
	T12=6.500/h	6,63	b		5959					
	T13=1000/h	7,1	c		6306					
16	T5=2,25	2,25	a	416,7	5928	6160	45082	5928	6345	417
	T12=6.500/h	6,63	b		6206					
	T13=1300/h	5,5	c		6345					
17	T5=1,5	1,5	a	415,9	6308	6342	1596	6308	6386	78
	T12=6.500/h	6,63	b		6386					
	T13=1300/h	5,5	c		6332					
18	T5=1,17	1,17	a	415,7	6429	6235	41223	6024	6429	405
	T12=6.500/h	6,63	b		6252					
	T13=1300/h	5,5	c		6024					

Πίνακας 5.4: Αποτελέσματα προσομοιώσεων δεύτερης ομάδας προϊόντων (BETRIMINE REGIMED)

DIAKARMON										
	T		set	T simulation (h)	m17	AVG m17	VAR	MIN	MAX	MODE
1	T5=2,25	2,25	a	444,9	1409	1415	223	1404	1432	28
	T12=0	0	b		1404					
	T13=500/h	29,8	c		1432					
2	T5=1,5	1,5	a	444,1	1395	1381	172	1369	1395	26
	T12=0	0	b		1369					
	T13=500/h	29,8	c		1379					
3	T5=1,17	1,17	a	443,9	1424	1429	399	1412	1451	39
	T12=0	0	b		1412					
	T13=500/h	29,8	c		1451					
4	T5=2,25	2,25	a	430,3	1373	1411	1083	1373	1430	57
	T12=0	0	b		1430					
	T13=1000/h	15,2	c		1430					
5	T5=1,5	1,5	a	429,5	1438	1422,67	177	1414	1438	24
	T12=0	0	b		1414					
	T13=1000/h	15,2	c		1416					
6	T5=1,17	1,17	a	429,3	1449	1434,67	184	1422	1449	27
	T12=0	0	b		1433					
	T13=1000/h	15,2	c		1422					
7	T5=2,25	2,25	a	426,8	1427	1420,67	36	1415	1427	12
	T12=0	0	b		1420					
	T13=1300/h	11,7	c		1415					
8	T5=1,5	1,5	a	426	1417	1424,33	824	1400	1456	56
	T12=0	0	b		1456					
	T13=1300/h	11,7	c		1400					
9	T5=1,17	1,17	a	425,8	1414	1389,33	481	1372	1414	42
	T12=0	0	b		1372					
	T13=1300/h	11,7	c		1382					

Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα προσομοιώσεων DIAKARMON

FERRINEMIA										
	T		set	T simulation (h)	m17	AVG m17	VAR	MIN	MAX	MODE
1	T5=2,25	2,25	a	419,5	6340	6150	39175	5945	6340	395
	T12=5.500/h	6,7	b		6165					
	T13=500/h	14	c		5945					
2	T5=1,5	1,5	a	418,7	5829	6305,667	194124	5829	6698	869
	T12=5.500/h	6,7	b		6698					
	T13=500/h	14	c		6390					
3	T5=1,17	1,17	a	418,4	5919	6392,333	170149	5919	6675	756
	T12=5.500/h	6,7	b		6583					
	T13=500/h	14	c		6675					
4	T5=2,25	2,25	a	412,8	6326	6354,667	108857	6040	6698	658
	T12=5.500/h	6,7	b		6040					
	T13=1000/h	7,3	c		6698					
5	T5=1,5	1,5	a	412	5989	6422	141949	5989	6675	686
	T12=5.500/h	6,7	b		6675					
	T13=1000/h	7,3	c		6602					
6	T5=1,17	1,17	a	411,7	6251	6424,333	31749	6251	6607	356
	T12=5.500/h	6,7	b		6415					
	T13=1000/h	7,3	c		6607					
7	T5=2,25	2,25	a	411,2	6501	6272,667	40994	6115	6501	386
	T12=5.500/h	6,7	b		6115					
	T13=1300/h	5,7	c		6202					
8	T5=1,5	1,5	a	410,4	6211	6245,333	158890	5865	6660	795
	T12=5.500/h	6,7	b		6660					
	T13=1300/h	5,7	c		5865					
9	T5=1,17	1,17	a	410,1	5919	6049,667	100421	5819	6411	592
	T12=5.500/h	6,7	b		6411					
	T13=1300/h	5,7	c		5819					
10	T5=2,25	2,25	a	418,6	6340	6218,667	82865	5890	6426	536
	T12=6.500/h	5,73	b		5890					
	T13=500/h	14	c		6426					
11	T5=1,5	1,5	a	417,8	6027	5941,333	16634	5793	6027	234
	T12=6.500/h	5,73	b		5793					
	T13=500/h	14	c		6004					
12	T5=1,17	1,17	a	417,5	6313	6258,667	143214	5856	6607	751
	T12=6.500/h	5,73	b		5856					
	T13=500/h	14	c		6607					

13	T5=2,25	2,25	a	411,9	6340	6578,667	57605	6340	6820	480
	T12=6.500/h	5,73	b		6820					
	T13=1000/h	7,3	c		6576					
14	T5=1,5	1,5	a	411,1	6411	6538,667	12244	6411	6607	196
	T12=6.500/h	5,73	b		6598					
	T13=1000/h	7,3	c		6607					
15	T5=1,17	1,17	a	410,8	6449	6115	94903	5842	6449	607
	T12=6.500/h	5,73	b		6054					
	T13=1000/h	7,3	c		5842					
16	T5=2,25	2,25	a	411,2	6340	6645,333	74410	6340	6865	525
	T12=6.500/h	5,73	b		6865					
	T13=1300/h	5,7	c		6731					
17	T5=1,5	1,5	a	410,4	6249	6237	93133	5926	6536	610
	T12=6.500/h	5,73	b		5926					
	T13=1300/h	5,7	c		6536					
18	T5=1,17	1,17	a	410,1	5729	6116	194983	5729	6597	868
	T12=6.500/h	5,73	b		6022					
	T13=1300/h	5,7	c		6597					

Πίνακας 5.6: Αποτελέσματα προσομοιώσεων FERRINEMIA

FLUMIDON										
	T		set	T simulation (h)	m17	AVG m17	VAR	MIN	MAX	MODE
1	T5=2,25	2,25	a	407,5	4820	4821	4291	4756	4887	131
	T12=5.500/h	0	b		4756					
	T13=500/h	10	c		4887					
2	T5=1,5	1,5	a	406,7	4824	4801,333	2234	4747	4833	86
	T12=5.500/h	0	b		4747					
	T13=500/h	10	c		4833					
3	T5=1,17	1,17	a	406,4	4843	4779	4297	4712	4843	131
	T12=5.500/h	0	b		4782					
	T13=500/h	10	c		4712					
4	T5=2,25	2,25	a	402,8	4907	4870,333	4372	4794	4910	116
	T12=5.500/h	0	b		4794					
	T13=1000/h	5,3	c		4910					
5	T5=1,5	1,5	a	402	4788	4816,667	625	4788	4834	46
	T12=5.500/h	0	b		4834					
	T13=1000/h	5,3	c		4828					
6	T5=1,17	1,17	a	401,7	4843	4813,667	1006	4780	4843	63
	T12=5.500/h	0	b		4780					
	T13=1000/h	5,3	c		4818					
7	T5=2,25	2,25	a	401,6	4907	4859,333	4254	4785	4907	122
	T12=5.500/h	0	b		4785					
	T13=1300/h	4,1	c		4886					
8	T5=1,5	1,5	a	400,8	4810	4826,667	5984	4759	4911	152
	T12=5.500/h	0	b		4759					
	T13=1300/h	4,1	c		4911					
9	T5=1,17	1,17	a	400,5	4843	4805,333	3614	4736	4843	107
	T12=5.500/h	0	b		4837					
	T13=1300/h	4,1	c		4736					

Πίνακας 5.7: Αποτελέσματα προσομοιώσεων FLUMIDON

MELOXICAM										
	T		set	T simulation (h)	m17	AVG m17	VAR	MIN	MAX	MODE
1	T5=2,25	2,25	a	484,7	19164	19336	52464	19164	19596	432
	T12=5.500/h	0	b		19248					
	T13=500/h	40	c		19596					
2	T5=1,5	1,5	a	483,9	19097	19263,67	34289	19097	19463	366
	T12=5.500/h	0	b		19231					
	T13=500/h	40	c		19463					
3	T5=1,17	1,17	a	483,6	19140	19441,67	112984	19140	19804	664
	T12=5.500/h	0	b		19804					
	T13=500/h	40	c		19381					
4	T5=2,25	2,25	a	465	19258	19274	38997	19146	19530	384
	T12=5.500/h	0	b		19146					
	T13=1000/h	20,3	c		19530					
5	T5=1,5	1,5	a	464,2	19753	19445,33	83426	19180	19753	573
	T12=5.500/h	0	b		19403					
	T13=1000/h	20,3	c		19180					
6	T5=1,17	1,17	a	463,9	19104	19683	108482	19104	19742	638
	T12=5.500/h	0	b		19565					
	T13=1000/h	20,3	c		19742					
7	T5=2,25	2,25	a	460,4	19164	19388	38032	19164	19520	356
	T12=5.500/h	0	b		19520					
	T13=1300/h	15,7	c		19480					
8	T5=1,5	1,5	a	459,6	19663	19577,67	33350	19368	19702	334
	T12=5.500/h	0	b		19702					
	T13=1300/h	15,7	c		19368					
9	T5=1,17	1,17	a	459,3	19679	19536,67	36950	19318	19679	361
	T12=5.500/h	0	b		19613					
	T13=1300/h	15,7	c		19318					

Πίνακας 5.8: Αποτελέσματα προσομοιώσεων MELOXICAM

PTINOLIN										
	T		set	T simulation (h)	m17	AVG m17	VAR	MIN	MAX	MODE
1	T5=2,25	2,25	a	446,1	13339	13278,33	4524	13206	13339	133
	T12=5.500/h	0	b		13290					
	T13=500/h	28	c		13206					
2	T5=1,5	1,5	a	445,3	13700	13629	32173	13425	13762	337
	T12=5.500/h	0	b		13425					
	T13=500/h	28	c		13762					
3	T5=1,17	1,17	a	445,3	13656	13222,67	153829	12892	13656	764
	T12=5.500/h	0	b		13120					
	T13=500/h	28	c		12892					
4	T5=2,25	2,25	a	432,4	13339	13617,67	63425	13339	13829	490
	T12=5.500/h	0	b		13829					
	T13=1000/h	14,3	c		13685					
5	T5=1,5	1,5	a	431,6	13400	13189,33	35589	13036	13400	364
	T12=5.500/h	0	b		13036					
	T13=1000/h	14,3	c		13132					
6	T5=1,17	1,17	a	431,6	13570	13623,67	18416	13523	13778	255
	T12=5.500/h	0	b		13523					
	T13=1000/h	14,3	c		13778					
7	T5=2,25	2,25	a	429,2	13339	13162,33	24852	13036	13339	303
	T12=5.500/h	0	b		13112					
	T13=1300/h	11,1	c		13036					
8	T5=1,5	1,5	a	428,4	13157	13212,67	27130	13083	13398	315
	T12=5.500/h	0	b		13083					
	T13=1300/h	11,1	c		13398					
9	T5=1,17	1,17	a	428,4	13303	13285,33	40034	13077	13476	399
	T12=5.500/h	0	b		13077					
	T13=1300/h	11,1	c		13476					

Πίνακας 5.9: Αποτελέσματα προσομοιώσεων PTINOLIN

TRANSAMIN										
	T		set	T simulation (h)	m17	AVG m17	VAR	MIN	MAX	MODE
1	T5=2,25	2,25	a	407,9	2954	2934,667	569	2908	2954	46
	T12=5.500/h	0	b		2942					
	T13=500/h	12,43	c		2908					
2	T5=1,5	1,5	a	407,1	2930	2961,333	6212	2903	3051	148
	T12=5.500/h	0	b		2903					
	T13=500/h	12,43	c		3051					
3	T5=1,17	1,17	a	406,9	2909	2973	3193	2909	3016	107
	T12=5.500/h	0	b		2994					
	T13=500/h	12,43	c		3016					
4	T5=2,25	2,25	a	401,9	2954	2978,333	5556	2919	3062	143
	T12=5.500/h	0	b		2919					
	T13=1000/h	6,5	c		3062					
5	T5=1,5	1,5	a	401,1	2923	2924,333	485	2903	2947	44
	T12=5.500/h	0	b		2903					
	T13=1000/h	6,5	c		2947					
6	T5=1,17	1,17	a	400,9	2961	2995,667	2126	2961	3048	87
	T12=5.500/h	0	b		2978					
	T13=1000/h	6,5	c		3048					
7	T5=2,25	2,25	a	400,5	3005	2975	724	2953	3005	52
	T12=5.500/h	0	b		2967					
	T13=1300/h	5,1	c		2953					
8	T5=1,5	1,5	a	399,7	3020	2996,333	3500	2929	3040	111
	T12=5.500/h	0	b		2929					
	T13=1300/h	5,1	c		3040					
9	T5=1,17	1,17	a	399,5	2961	3002	3423	2961	3069	108
	T12=5.500/h	0	b		2976					
	T13=1300/h	5,1	c		3069					

Πίνακας 5.10: Αποτελέσματα προσομοιώσεων TRANSAMIN

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ 2015

6.1 Εισαγωγή

Σε μια περίοδο γενικευμένης οικονομικής ύφεσης και αποβιομηχάνισης, η Ελληνική Φαρμακοβιομηχανία προσπαθεί να συνεισφέρει, κατά το δυνατόν, στην οικονομία, την ανάπτυξη και την απασχόληση με νέες θέσεις εργασίας, εξαγωγές και επενδύσεις, αποτελώντας τομέα προτεραιότητας για την Εθνική Οικονομία. Σε προηγούμενη ενότητα της παρούσας διπλωματικής έχει αποτυπωθεί πλήρως η εικόνα της εγχώριας και παγκόσμιας αγοράς φαρμάκου, οι συνθήκες και οι διαρθρωτικές αλλαγές που συντελούνται στον συγκεκριμένο τομέα.

Η εταιρία Help pharmaceuticals αποτελεί μια μικρή αλλά αναπτυσσόμενη μονάδα παραγωγής, ιδιαίτερα σημαντική για την τοπική κοινωνία και οικονομία, ωστόσο τα μεγέθη της στην αγορά είναι μικρά συγκρινόμενα με τα μεγέθη των παγκόσμιων εταιριών-κολοσσών του κλάδου της φαρμακοβιομηχανίας. Παρά το γενικό υφεσιακό κλίμα στη χώρα η εταιρία συνεχίζει την σταθερή πορεία της στην ελληνική αγορά και προσπαθεί να επεκτείνει την εξαγωγική της δράση ξεπερνώντας τα εμπόδια της οικονομικής και πολεμικής κατάστασης των χωρών δραστηριοποίησής της. Λανσάρει στην αγορά νέες σειρές προϊόντων καλλυντικών και συμπληρωμάτων διατροφής και προωθεί την παραγωγή γενόσημων φαρμάκων.

6.2 Παραγωγές προηγούμενων ετών

Επόμενος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η πρόβλεψη των παραγωγών της γραμμής των ενέσιμων προϊόντων για το έτος 2015. Η πρόβλεψη μελλοντικής δραστηριότητας αποτελεί σημαντικό κομμάτι για κάθε επιχείρηση. Για το σκοπό αυτό παραχωρήθηκαν από την εταιρία ευαίσθητα δεδομένα που αφορούν στους όγκους παραγωγών και πωλήσεων των υπό μελέτη προϊόντων, για την τριετία 2012-2013-2014. Ακολουθούν πίνακες που παρουσιάζουν τις παραγωγές κάθε προϊόντος της υπό μελέτη γραμμής παραγωγής για το προαναφερθέν διάστημα, καθώς και διαγράμματα (εικόνες 6.1-6.7) που απεικονίζουν την παραγωγή κάθε προϊόντος σε όλο το φάσμα της τριετίας. Σε κάποια προϊόντα η παραγωγή έχει υπολογιστεί ανά μήνα και σε κάποια ανά τρίμηνο ανάλογα με τον όγκο παραγωγής (στα προϊόντα που έχει γίνει αυτό παρατηρήθηκε πως κατά μέσο όρο οι 2 από τους 3 μήνες κάθε τριμήνου είχαν μηδενική παραγωγή. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνταν έτσι τα μοντέλα πρόβλεψης δε θα έβγαζαν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Οι ποσότητες που καταγράφονται είναι σε κουτιά φαρμάκου, όπως διατίθενται στην αγορά.

Έτος	2012		
Μήνας Προϊόν	1η ομάδα	Betrimine Regimed	Ferrinemia
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	50240
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5991	0	51992
ΜΑΡΤΙΟΣ	23496	6539	13586
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5991	0	29939
ΜΑΪΟΣ	19031	9725	37765
ΙΟΥΝΙΟΣ	47170	0	13500
ΙΟΥΛΙΟΣ	42815	26670	40802
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	5990	6666	1651
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	17991	13383	46804
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	64766	20011	31122
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	5996	6584	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	29274

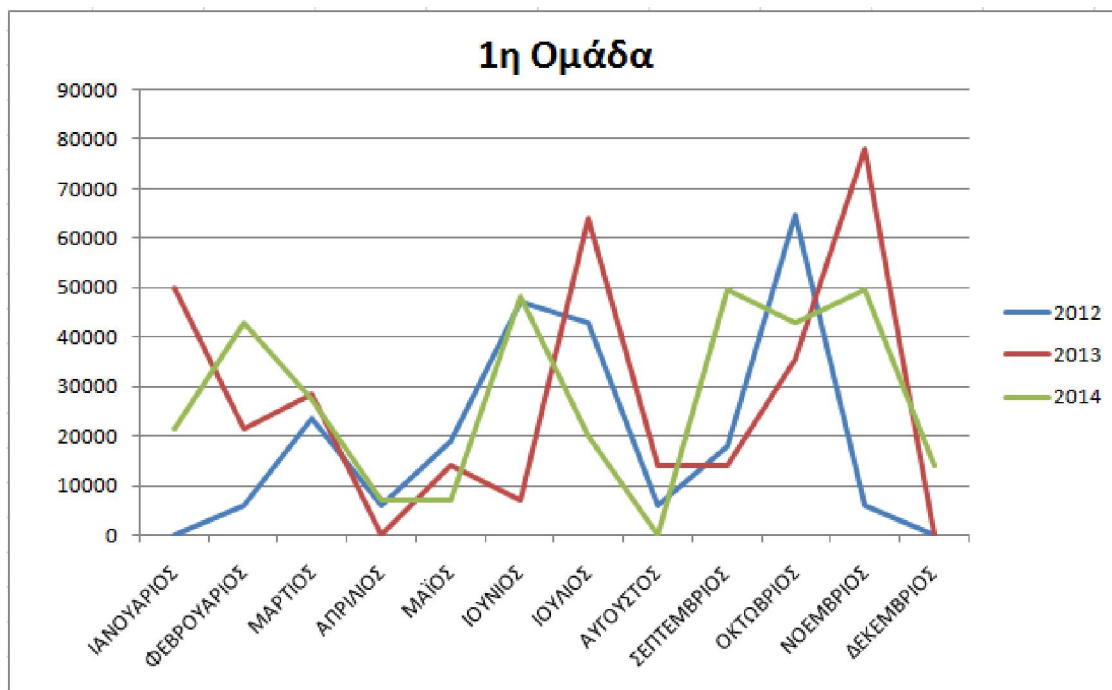
Πίνακας 6.1: Παραγωγές ενέσιμων προϊόντων ανά μήνα για το έτος 2012

Έτος	2013		
Μήνας Προϊόν	1η ομάδα	Betrimine Regimed	Ferrinemia
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	49866	6328	32821
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	21387	13124	13750
ΜΑΡΤΙΟΣ	28500	0	33777
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	13345	13224
ΜΑΪΟΣ	14134	6366	13350
ΙΟΥΝΙΟΣ	7128	6630	16223
ΙΟΥΛΙΟΣ	64156	6737	19841
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	14259	13309	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	14147	0	67041
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	35520	19963	12986
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	78203	26835	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	22347

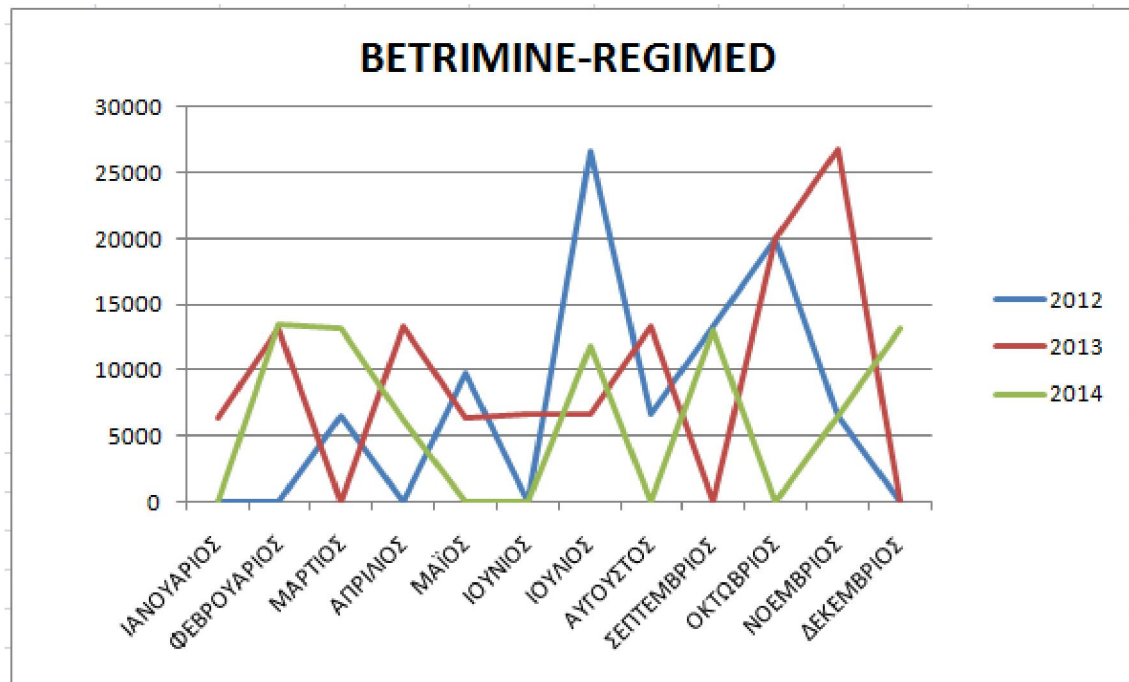
Πίνακας 6.2: Παραγωγές ενέσιμων προϊόντων ανά μήνα για το έτος 2013

Έτος	2014		
Μήνας Προϊόν	1η ομάδα	Betrimine Regimed	Ferrinemia
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	21384	0	20089
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	42761	13435	38680
ΜΑΡΤΙΟΣ	27531	13252	13262
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6975	6250	39811
ΜΑΪΟΣ	7131	0	31475
ΙΟΥΝΙΟΣ	48054	0	39638
ΙΟΥΛΙΟΣ	19948	11814	19924
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	49447	13002	25708
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	42752	0	26837
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	49704	6575	19018
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	14238	13182	0

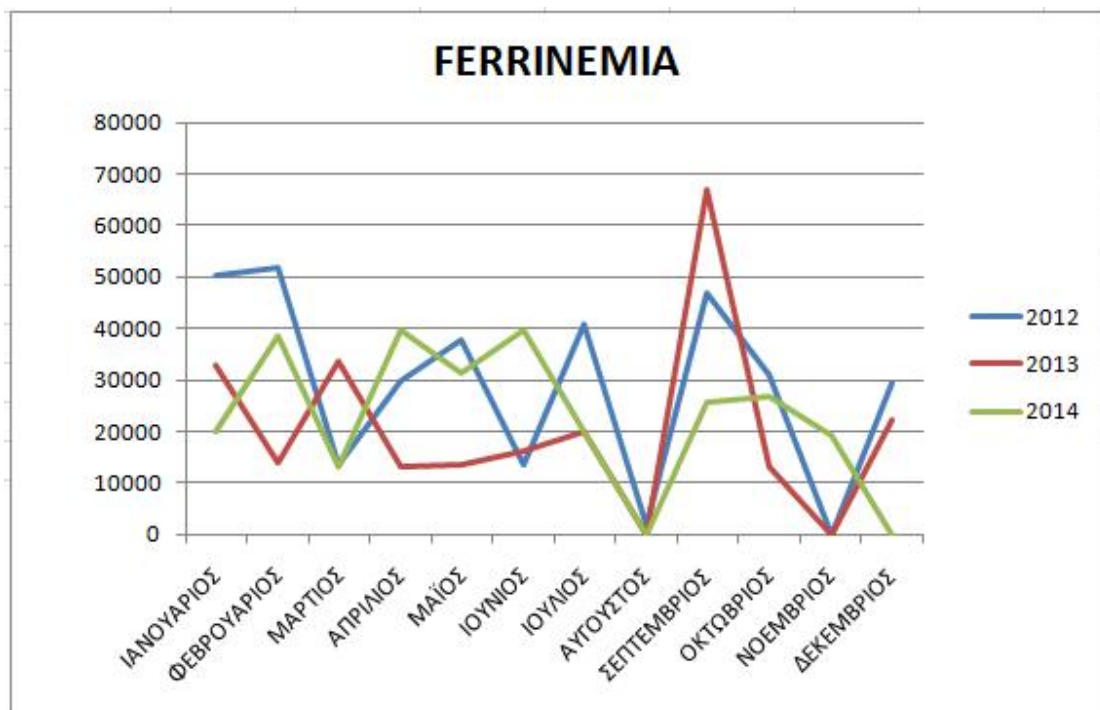
Πίνακας 6.3: Παραγωγές ενέσιμων προϊόντων ανά μήνα για το έτος 2014



Εικόνα 6.1: Ετήσιες πωλήσεις 1^{ης} ομάδας προϊόντων



Εικόνα 6.2: Ετήσιες πωλήσεις Betrimine-Regimed



Εικόνα 6.3: Ετήσιες πωλήσεις Ferrinemia

Για τα προϊόντα της πρώτης ομάδας (Almiba, Inestom, Karnilev, Steatel), Betrimine, Regimed και Ferrinemia παρουσιάζονται αναλυτικά οι παραγόμενες ποσότητες των προηγούμενων ετών ανά μήνα, ενώ για τα Flumidon, Meloxicam, Ptinolin, Transamin έγινε ομαδοποίηση των τιμών σε τρίμηνα για καλύτερη επεξεργασία τους όπως φαίνεται και στους πίνακες που ακολουθούν. Τέλος, να σημειωθεί πως για το προϊόν Diakarmon, λόγω μηδενικών παραγωγών στο υπό μελέτη χρονικό διάστημα, δεν ήταν επαρκείς οι πληροφορίες από πλευράς της εταιρίας ώστε να μπορεί να συμπεριληφθεί στη μελέτη για την πρόβλεψη της μελλοντικής παραγωγής του και έχει εξαιρεθεί.

2012				
	flumidon	meloxicam	ptinolin	transamin
1ο τρίμηνο	9844	0	30612	0
2ο τρίμηνο	4925	78809	38323	5285
3ο τρίμηνο	4925	19787	39900	0
4ο τρίμηνο	9820	118557	54725	10596

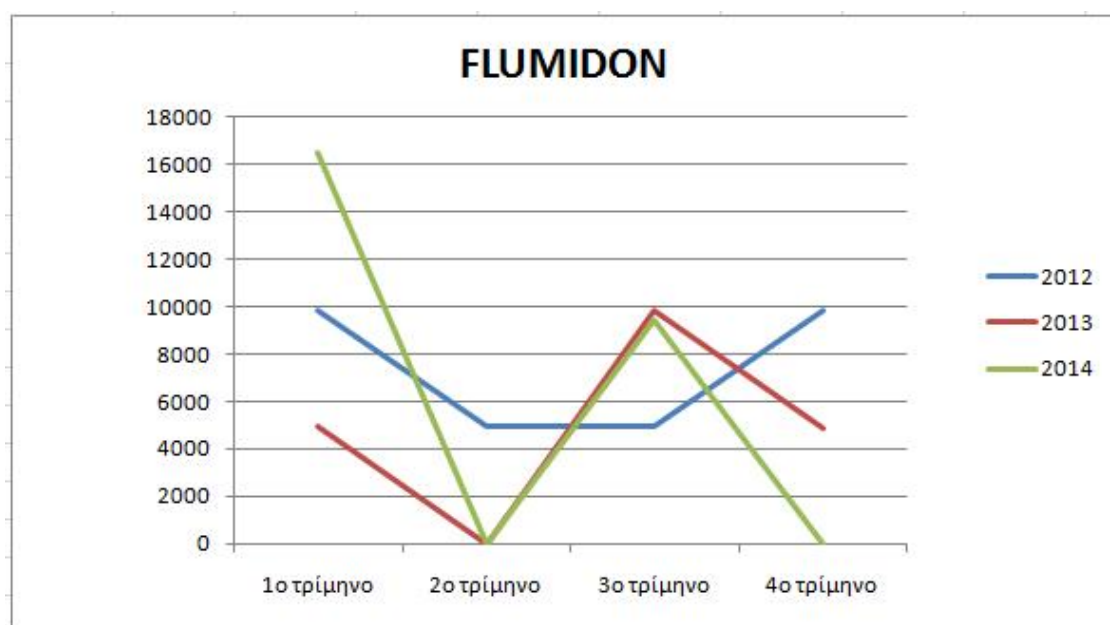
Πίνακας 6.4: Παραγωγές ενέσιμων προϊόντων ανά τρίμηνο για το έτος 2012

2013				
	flumidon	meloxicam	ptinolin	transamin
1ο τρίμηνο	4925	58634	0	0
2ο τρίμηνο	0	58801	24434	8898
3ο τρίμηνο	9807	59618	9940	14875
4ο τρίμηνο	4898	77555	14470	0

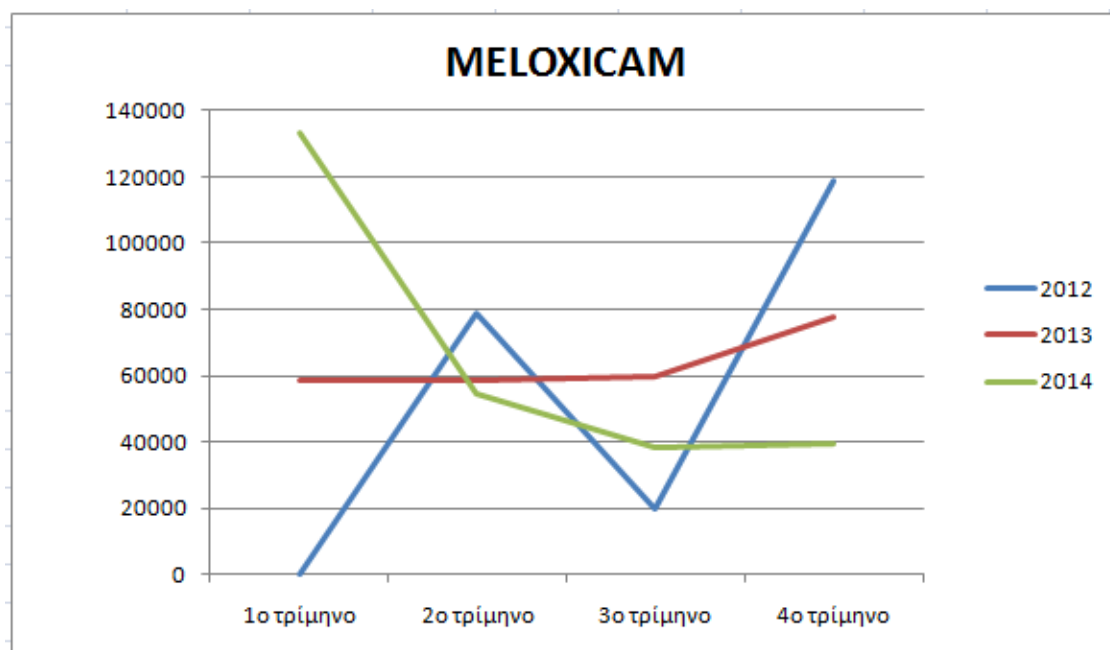
Πίνακας 6.5: Παραγωγές ενέσιμων προϊόντων ανά τρίμηνο για το έτος 2013

2014				
	flumidon	meloxicam	ptinolin	transamin
1ο τρίμηνο	16533	133115	20249	5994
2ο τρίμηνο	0	54362	34891	5864
3ο τρίμηνο	9420	38324	52314	5703
4ο τρίμηνο	0	39388	22765	5771

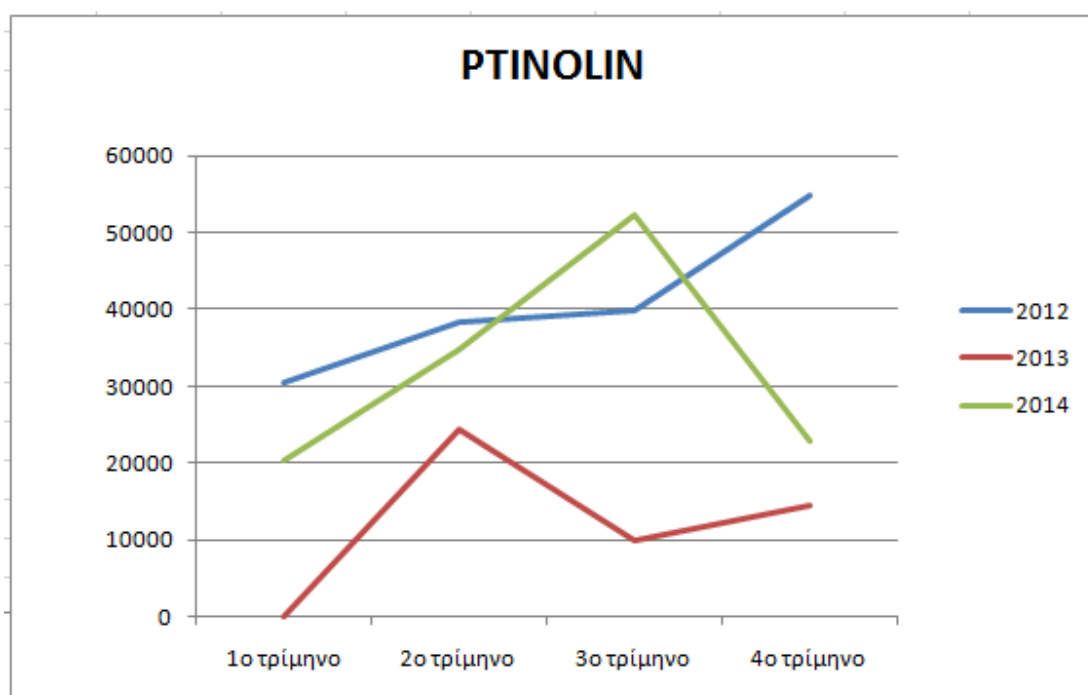
Πίνακας 6.6: Παραγωγές ενέσιμων προϊόντων ανά τρίμηνο για το έτος 2014



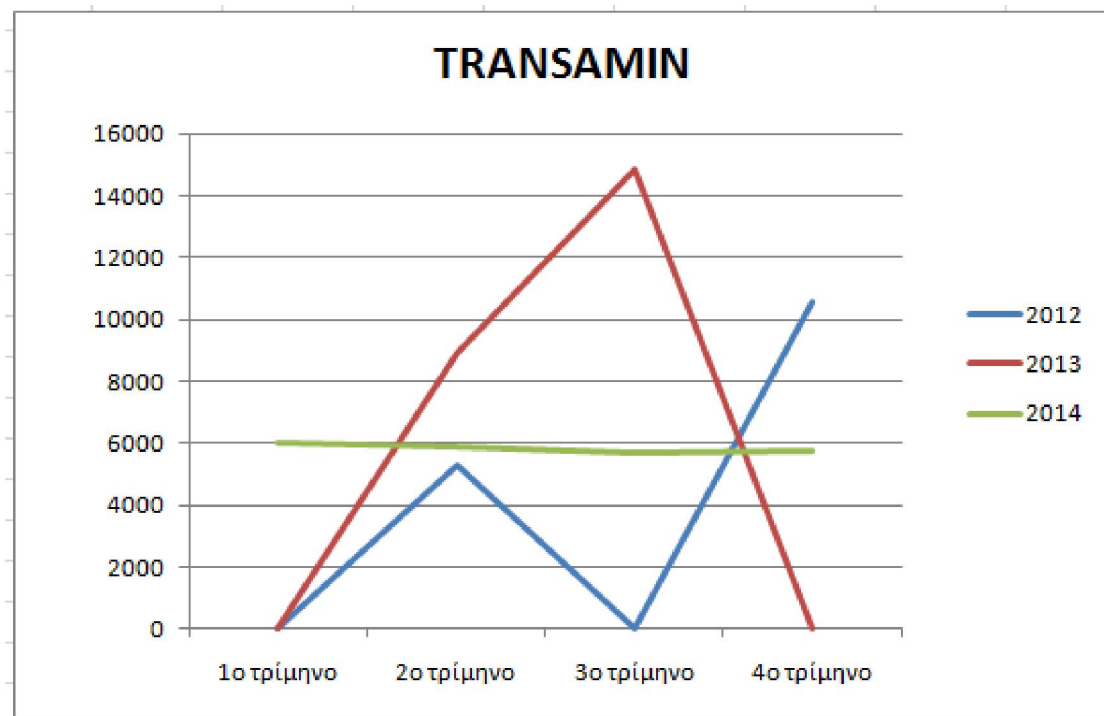
Εικόνα 6.4: Ετήσιες πωλήσεις Flumidon



Εικόνα 6.5: Ετήσιες πωλήσεις Meloxicam



Εικόνα 6.6: Ετήσιες πωλήσεις Ptinolin



Εικόνα 6.7: Ετήσιες πωλήσεις Transamin

6.3 Ανάλυση πρόβλεψης

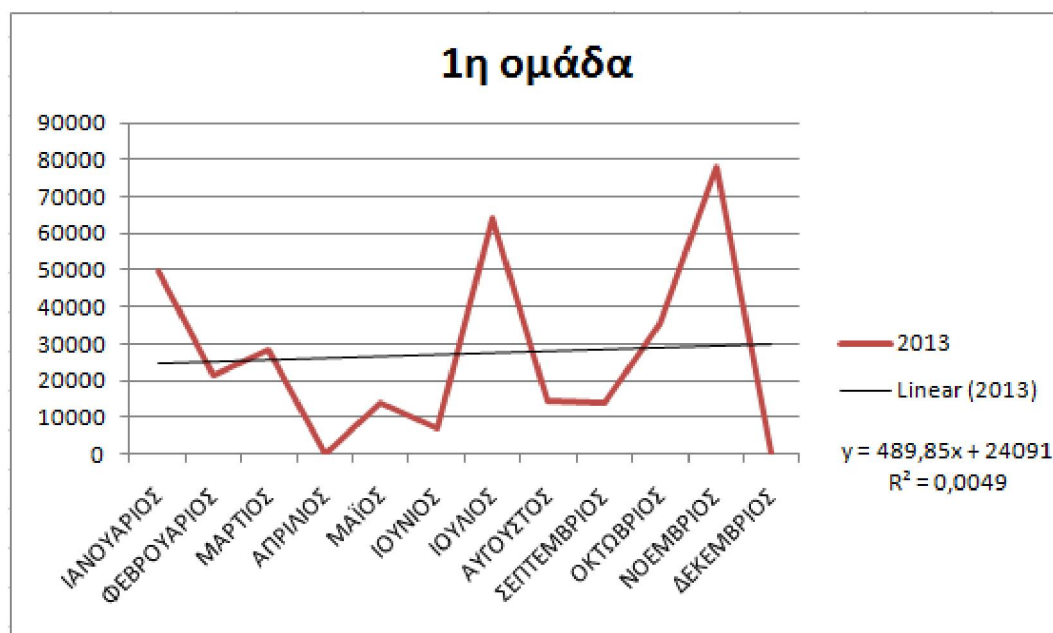
Μετά την καταγραφή των παραγωγών της προηγούμενης τριετίας ακολουθεί η ανάλυση της πρόβλεψης για κάθε προϊόν ξεχωριστά. Για την εξαγωγή ορθότερων και σφαιρικών συμπερασμάτων κρίθηκε απαραίτητο να δοκιμαστούν διαφορετικά μοντέλα πρόβλεψης και να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα τα οποία δίνουν για την τελική επιλογή. Στη συνέχεια παρουσιάζονται επιγραμματικά τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι αιτίες αποδοχής και απόρριψής τους.

Αρχικά έγινε προσπάθεια για τον εντοπισμό σχετικής εποχικότητας στην παραγωγή κάθε προϊόντος με χρήση κατάλληλων συναρτήσεων. Το μικρό δείγμα και η ιδιαιτερότητα των τιμών που διατέθηκαν δεν ήταν ικανά να δώσουν σαφή συμπεράσματα, συνεπώς η μέθοδος απορρίφθηκε.

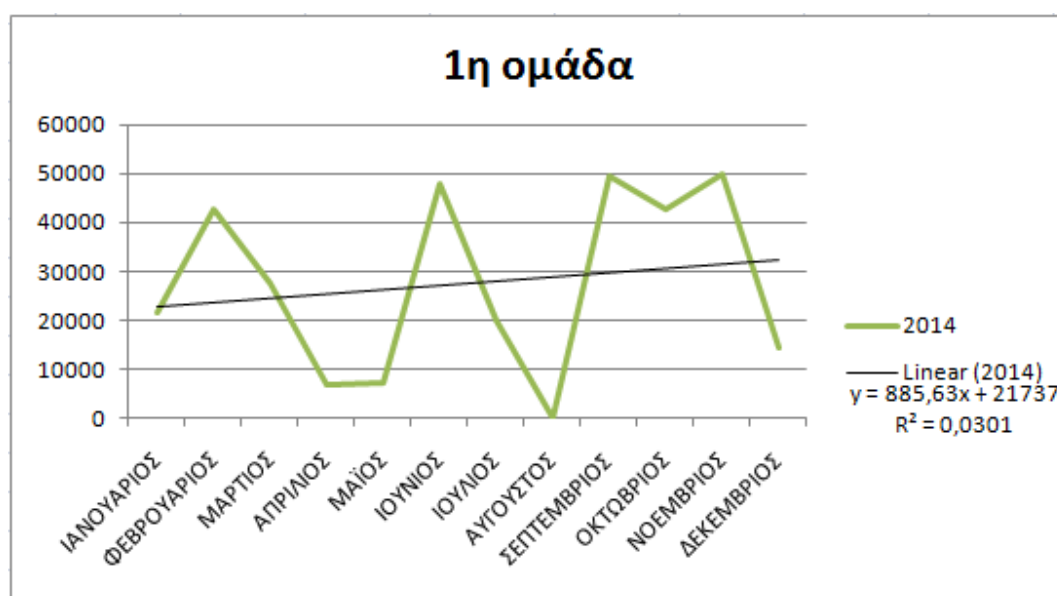
Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης για κάθε προϊόν για τα προηγούμενα έτη. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε ένα διάγραμμα με όλες τις τιμές στη σειρά για να εξεταστεί αν μια γραμμή τάσης (γραμμική παλινδρόμηση) μοιάζει να περιγράφει ικανοποιητικά το μοντέλο που ακολουθούν τα σημεία – δηλαδή αν αυτά μοιάζουν να βρίσκονται σε ευθεία γραμμή). Σε αυτό προστέθηκε και γραμμή τάσης μαζί με εξίσωση που περιγράφει το γραμμικό μοντέλο και το R^2 . Για να είναι ικανοποιητικό το γραμμικό μοντέλο για την περιγραφή της ζήτησης θα πρέπει το R^2 να κινείται κοντά στο 0.9. Η εφαρμογή της μεθόδου σε όλα τα προϊόντα δεν έφερε ικανοποιητικά αποτελέσματα, συνεπώς απορρίφθηκε. για οικονομία χρόνου αλλά και ταυτόχρονα πληρότητα της εργασίας, παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου γραμμικής παλινδρόμησης για την 1^η ομάδα προϊόντων (εικόνες 6.8- 6.10).



Εικόνα 6.8: Μέθοδος γραμμικής παλινδρόμησης για το έτος 2012 για την 1^η ομάδα προϊόντων



Εικόνα 6.9: Μέθοδος γραμμικής παλινδρόμησης για το έτος 2013 για την 1^η ομάδα προϊόντων



Εικόνα 6.10: Μέθοδος γραμμικής παλινδρόμησης για το έτος 2014 για την 1^η ομάδα προϊόντων

Η επόμενη μέθοδος ήταν η εκθετική εξομάλυνση για τρεις διαφορετικές τιμές της σταθεράς εξομάλυνσης $\alpha=0,1$, $\alpha=0,2$ και $\alpha=0,3$. Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιεί τις πιο πρόσφατες από τις παρελθοντικές τιμές που δίνονται, ωστόσο στην περίπτωση της εταιρίας *help pharmaceuticals* παρατηρήθηκε ότι παρά τη γενική ακρίβειά της η μέθοδος που εφαρμόστηκε για όλα τα προϊόντα, δεν παρήγαγε ρεαλιστικά αποτελέσματα. Η απόφαση για την απόρριψη της μεθόδου λήφθηκε σε συνεργασία με τη γενική διευθύντρια της εταιρίας, η οποία έκρινε ότι τα αποτελέσματα δεν ανταποκρίνονται στις ενδείξεις και την εμπορική τάση της εταιρίας όπως αυτή προκύπτει με τα ως τώρα δεδομένα. Στον πίνακα 6.7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης μόνο για την πρώτη ομάδα προϊόντων.

1^η ΟΜΑΔΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ - ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ						
1η ομάδα	2012	2013	2014	Εκθετική εξομάλυνση $\alpha=0,1$	Εκθετική εξομάλυνση $\alpha=0,2$	Εκθετική εξομάλυνση $\alpha=0,3$
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	49866	21384	33432,00	31299,33	29166,67
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5991	21387	42761	32426,77	29715,40	27430,57
ΜΑΡΤΙΟΣ	23496	28500	27531	31834,99	29074,12	27154,10
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5991	0	6975	29083,69	24123,70	20304,47
ΜΑΪΟΣ	19031	14134	7131	27518,52	21985,36	18242,73
ΙΟΥΝΙΟΣ	47170	7128	48054	28178,40	24411,75	23005,11
ΙΟΥΛΙΟΣ	42815	64156	19948	29591,20	27990,67	28795,48
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	5990	14259	0	27307,04	23742,47	22181,73
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	17991	14147	49447	27295,84	24432,97	23685,71
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	64766	35520	42752	29334,19	29082,25	30883,80
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	5996	78203	49704	30864,20	32192,66	35008,96
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	14238	28252,38	26703,33	25930,07

Πίνακας 6.7 : Αποτελέσματα μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης για την 1^η ομάδα προϊόντων

Τέλος, με την απόρριψη των προηγούμενων μεθόδων και σε συνεργασία με τα στελέχη της εταιρίας, η μέθοδος του κινούμενου μέσου όρου κρίθηκε η καταλληλότερη στην προκειμένη περίπτωση. 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. Χρησιμοποιείται ο όρος 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 συγκεκριμένη μεθοδολογία χρησιμοποιεί δηλαδή ένα κινητό παράθυρο τιμών σταθερού μεγέθους. Ο αριθμός των παρατηρήσεων του δείγματος (n) που συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό του μέσου προσδιορίζεται στην αρχή της διαδικασίας πρόβλεψης.

Εν προκειμένω, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές για $n=3$, $n=4$ και $n=5$ κατά περίπτωση. Ανάλογα με τις ιδιαίτερες συνθήκες και χαρακτηριστικά κάθε προϊόντος επιλέχθηκε η κατάλληλη τιμή του n , η οποία παρέχει τα πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα. Στη συνέχεια, η προβλεπόμενη τιμή αυξήθηκε κατά ένα ποσοστό της τάξης του 20%, απαραίτητο ώστε η παραγωγή να καλύπτει τη ζήτηση και να μην υπάρξει ενδεχόμενο αδυναμίας κάλυψης αυτής (ποσοστό ασφαλείας που σε μεγάλο βαθμό έχει να κάνει και με τον ευαίσθητο τομέα του φαρμάκου). Επειδή η παραγωγή δε γίνεται μεμονωμένα σε τεμάχια αλλά σε παρτίδες, ο αριθμός που προέκυψε στρογγυλοποιήθηκε στον αμέσως μεγαλύτερο ακέραιο. Επίσης, υπολογίστηκε η αθροιστική παραγωγή από την αρχή ως το τέλος του έτους 2015 τόσο σε επίπεδο τεμαχίων (κουτιών φαρμάκων), όσο και σε επίπεδο παρτίδων ανά μήνα. Το τελικό αποτέλεσμα της πρόβλεψης είναι ο μηνιαίος προγραμματισμός που πρέπει να εφαρμοστεί για την παραγωγή κάθε προϊόντος σε παρτίδες, δηλαδή πόσες παρτίδες από κάθε προϊόν πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στο μηνιαίο πλάνο του τμήματος παραγωγής ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες της αγοράς (πάντα η παραγωγή σε παρτίδες να είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση σύμφωνα και με το ποσοστό ασφαλείας). Ακολουθούν πίνακες που δείχνουν αναλυτικά τη διαδικασία που ακολουθήθηκε για όλα τα προϊόντα που μελετήθηκαν.

Για την 1^η ομάδα προϊόντων τα δεδομένα που διατέθηκαν από την εταιρία *help pharmaceuticals* ήταν επαρκή ώστε να μπορεί να γίνει ανάλυση των προβλέψεων σε μηνιαίο επίπεδο. Έγινε εφαρμογή της μεθόδου του κινούμενου μέσου όρου για τρεις τιμές του n , $n=3$, $n=4$ και $n=5$. Ύστερα από συνεργασία με στελέχη της εταιρίας επιλέχθηκε ως καταλληλότερος ο αριθμός των παρατηρήσεων του δείγματος (n) που συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό του μέσου να είναι $n=5$, καθώς τα αποτελέσματα ήταν πιο ρεαλιστικά συγκριτικά με τις άλλες δύο περιπτώσεις. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στη δεύτερη στήλη του πίνακα 6.8. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η ποσότητα περιγράφει κουτιά προϊόντος όπως διατίθενται στην αγορά. Στην επόμενη στήλη εμφανίζεται η προβλεπόμενη ποσότητα προσαυξημένη κατά 20%, αύξηση που υπαγορεύεται από σχετική νομοθεσία για την παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων και συγχρόνως απαιτείται για την αποφυγή δημιουργίας ελλείμματος στην αγορά. Στη συνέχεια, υπολογίζεται αθροιστικά η ποσότητα που πρέπει να παραχθεί, από τον πρώτο ως και τον τελευταίο μήνα του έτους και η συνολική αυτή ποσότητα διαμοιράζεται σε παρτίδες σύμφωνα με τις ιδιαιτερότητες του προϊόντος. Εφόσον κάθε κουτί περιέχει πέντε φύσιγγες, η ποσότητα διαιρείται με τον αριθμό των φυσιγγών. Η τελευταία στήλη του πίνακα παρουσιάζει τις παρτίδες προϊόντων που πρέπει να παραχθούν σε μηνιαία βάση για το έτος 2015 με στόχο την κάλυψη της προβλεπόμενης ζήτησης λαμβάνοντας συγχρόνως υπόψη τις δυνατότητες και τους περιορισμούς του εργοστασίου.

1^η Ομάδα (Almiba, Inestom, Karnilev, Steatel)						
Μήνας	Πρόβλεψη με n=5	Παραγωγή Με Απόθεμα Ασφαλείας	Αθροιστική Παραγωγή	Αθροιστική Παραγωγή Σε Παρτίδες	Στρογγυλοποιημένη Αθροιστική Παραγωγή	Παρτίδες /μήνα
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31228,20	37473,84	37473,84	5,20	6	6
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	37473,84	44968,61	82442,45	11,45	12	6
ΜΑΡΤΙΟΣ	35079,21	42095,05	124537,50	17,30	18	6
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	33544,65	40253,58	164791,08	22,89	23	5
ΜΑΪΟΣ	30312,78	36375,34	201166,41	27,94	28	5
ΙΟΥΝΙΟΣ	33527,74	40233,28	241399,70	33,53	34	6
ΙΟΥΛΙΟΣ	33987,64	40785,17	282184,87	39,19	40	6
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	33290,40	39948,48	322133,35	44,74	45	5
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	32932,64	39519,17	361652,52	50,23	51	6
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	32810,24	39372,29	401024,81	55,70	56	5
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	33309,73	39971,68	440996,49	61,25	62	6
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	33266,13	39919,36	480915,85	66,79	67	5

Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα πρόβλεψης με κινούμενο μέσο όρο για την 1^η ομάδα προϊόντων

Για τα προϊόντα Betrimine – Regimed καθώς και για το Ferrinemia, η διαδικασία πρόβλεψης που εφαρμόστηκε είναι όμοια με την περίπτωση της 1^{ης} ομάδας, και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες 6.9 και 6.10 αντίστοιχα.

Betrimine -Regimed						
Μήνας	Πρόβλεψη με n=5	Παραγωγή Με Απόθεμα Ασφαλείας	Αθροιστική Παραγωγή	Αθροιστική Παραγωγή Σε Παρτίδες	Στρογγυλοποιημένη Αθροιστική Παραγωγή	Παρτίδες /μήνα
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	6551,80	7862,16	7862,16	1,16	2	2
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	7862,16	9434,59	17296,75	2,54	3	1
ΜΑΡΤΙΟΣ	6834,19	8201,03	25497,78	3,75	4	1
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8201,03	9841,24	35339,02	5,20	6	2
ΜΑΪΟΣ	8526,24	10231,48	45570,50	6,70	7	1
ΙΟΥΝΙΟΣ	7595,08	9114,10	54684,60	8,04	9	2
ΙΟΥΛΙΟΣ	7803,74	9364,49	64049,09	9,42	10	1
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7792,06	9350,47	73399,56	10,79	11	1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	7983,63	9580,36	82979,92	12,20	13	2
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	7940,15	9528,18	92508,09	13,60	14	1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7822,93	9387,52	101895,61	14,98	15	1
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7868,50	9442,20	111337,81	16,37	17	2

Πίνακας 6.9: Αποτελέσματα πρόβλεψης με κινούμενο μέσο όρο για τα προϊόντα Betrimine – Regimed

Ferrinemia						
Μήνας	Πρόβλεψη με n=5	Παραγωγή Με Απόθεμα Ασφαλείας	Αθροιστική Παραγωγή	Αθροιστική Παραγωγή Σε Παρτίδες	Στρογγυλοποιημένη Αθροιστική Παραγωγή	Παρτίδες /μήνα
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	14312,60	17175,12	17175,12	2,45	3	3
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	17175,12	20610,14	37785,26	5,40	6	3
ΜΑΡΤΙΟΣ	15468,54	18562,25	56347,52	8,05	9	3
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13194,85	15833,82	72181,34	10,31	11	2
ΜΑΪΟΣ	12030,22	14436,27	86617,61	12,37	13	2
ΙΟΥΝΙΟΣ	14436,27	17323,52	103941,13	14,85	15	2
ΙΟΥΛΙΟΣ	14461,00	17353,20	121294,33	17,33	18	3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	13918,18	16701,81	137996,15	19,71	20	2
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	13608,10	16329,73	154325,87	22,05	23	3
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	13690,76	16428,91	170754,78	24,39	25	2
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	14022,86	16827,43	187582,21	26,80	27	2
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	13940,18	16728,22	204310,43	29,19	30	3

Πίνακας 6.10: Αποτελέσματα πρόβλεψης με κινούμενο μέσο όρο για το προϊόν Ferrinemia

Για τα υπόλοιπα προϊόντα που μελετήθηκαν, Flumidon, Meloxicam, Ptinolin και Transamin, ακολουθήθηκε ελαφρώς διαφορετική διαδικασία σε σχέση με τα προηγούμενα. Τα δεδομένα που διατέθηκαν από την εταιρία για τις πωλήσεις των εν λόγω προϊόντων δεν ήταν αρκούντως αναλυτικά ώστε να μπορεί να γίνει μελέτη σε μηνιαίο επίπεδο, έτσι η μελέτη έγινε ανά τρίμηνο. Στη συνέχεια, η διαδικασία ακολουθήθηκε με τον ίδιο τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω. Επιλέχθηκε ο καταλληλότερος αριθμός παρατηρήσεων n, όπου για τα προϊόντα Flumidon, Meloxicam και Transamin n=4, ενώ για το Ptinolin n=3. Προσαυξήθηκε κατά 20% η τιμή της πρόβλεψης, ώστε να δημιουργηθεί απόθεμα ασφαλείας, υπολογίστηκε η αθροιστική παραγωγή σε σύνολο αλλά και σε παρτίδες και τέλος παρουσιάστηκε ο αριθμός παρτίδων που πρέπει να παράγεται ανά τρίμηνο ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες της εταιρίας. Στους πίνακες 6.11 έως 6.14 που ακολουθούν, αποτυπώνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της πρόβλεψης παραγωγής για το 2015, με χρήση της μεθόδου κινούμενου μέσου όρου.

Flumidon						
Μήνας	Πρόβλεψη με n=4	Παραγωγή Με Απόθεμα Ασφαλείας	Αθροιστική Παραγωγή	Αθροιστική Παραγωγή Σε Παρτίδες	Στρογγυλοποιημένη Αθροιστική Παραγωγή	Παρτίδες /τρίμηνο
1ο τρίμηνο	6488,25	7785,90	7785,90	1,56	2	2
2ο τρίμηνο	3977,06	4772,48	12558,38	2,51	3	1
3ο τρίμηνο	4971,33	5965,59	18523,97	3,70	4	1
4ο τρίμηνο	3859,16	4630,99	23154,96	4,63	5	1

Πίνακας 6.11: Αποτελέσματα πρόβλεψης με κινούμενο μέσο όρο για το προϊόν Flumidon

Meloxicam						
Μήνας	Πρόβλεψη με n=4	Παραγωγή Με Απόθεμα Ασφαλείας	Αθροιστική Παραγωγή	Αθροιστική Παραγωγή Σε Παρτίδες	Στρογγυλοποιημένη Αθροιστική Παραγωγή	Παρτίδες /τρίμηνο
1ο τρίμηνο	66297,25	79556,70	79556,70	3,98	4	4
2ο τρίμηνο	49592,81	59511,38	139068,08	6,95	7	3
3ο τρίμηνο	48400,52	58080,62	197148,69	9,86	10	3
4ο τρίμηνο	50919,64	61103,57	258252,27	12,91	13	3

Πίνακας 6.12: Αποτελέσματα πρόβλεψης με κινούμενο μέσο όρο για το προϊόν Meloxicam

Ptinolin						
Μήνας	Πρόβλεψη με n=3	Παραγωγή Με Απόθεμα Ασφαλείας	Αθροιστική Παραγωγή	Αθροιστική Παραγωγή Σε Παρτίδες	Στρογγυλοποιημένη Αθροιστική Παραγωγή	Παρτίδες /τρίμηνο
1ο τρίμηνο	36656,67	43988,00	43988,00	3,14	4	4
2ο τρίμηνο	37245,22	44694,27	88682,27	6,33	7	3
3ο τρίμηνο	32222,30	38666,76	127349,02	9,10	10	3
4ο τρίμηνο	35374,73	42449,67	169798,70	12,13	13	3

Πίνακας 6.13: Αποτελέσματα πρόβλεψης με κινούμενο μέσο όρο για το προϊόν Ptinolin

Transamin						
Μήνας	Πρόβλεψη με n=4	Παραγωγή Με Απόθεμα Ασφαλείας	Αθροιστική Παραγωγή	Αθροιστική Παραγωγή Σε Παρτίδες	Στρογγυλοποιημένη Αθροιστική Παραγωγή	Παρτίδες /τρίμηνο
1ο τρίμηνο	5833,00	6999,60	6999,60	2,25	3	3
2ο τρίμηνο	5792,75	6951,30	13950,90	4,49	5	2
3ο τρίμηνο	5774,94	6929,93	20880,83	6,72	7	2
4ο τρίμηνο	5792,92	6951,51	27832,33	8,96	9	2

Πίνακας 6.14: Αποτελέσματα πρόβλεψης με κινούμενο μέσο όρο για το προϊόν Transamin

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω αποτελέσματα από την πρόβλεψη που έγινε για τις παραγωγές του 2015 καταλήγουμε σε ένα συγκεντρωτικό πίνακα που αποτελεί το πλάνο παραγωγής που πρέπει να ακολουθηθεί. Αρχικά παρουσιάζεται ο προκαταρκτικός προγραμματισμός που γίνεται για κάθε τρίμηνο του έτους και αφορά την παραγωγή όλων των προϊόντων. Έτσι λοιπόν, στον πίνακα 6.15 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ποσότητες σε παρτίδες που πρέπει να παραχθούν κάθε τρίμηνο για κάθε προϊόν ώστε να πληρούνται όλοι οι περιορισμοί που τέθηκαν και να προκύπτει το βέλτιστο για την εταιρία αποτέλεσμα.

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟΣ (ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΟΣ) ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

	1 ^η ομάδα	betrimine- regimed	ferrinemia	flumidon	meloxicam	ptinolin	transamin
1ο τρίμηνο	18	4	9	2	4	4	3
2ο τρίμηνο	16	5	6	1	3	3	2
3ο τρίμηνο	17	4	8	1	3	3	2
4ο τρίμηνο	16	4	7	1	3	3	2

Πίνακας 6.15 : Τριμηνιαίος προγραμματισμός παραγωγής - παραγόμενες παρτίδες

Στη συνέχεια γίνεται ο μεσοπρόθεσμος (μηνιαίος) προγραμματισμός της γραμμής παραγωγής ενέσιμων προϊόντων της εταιρίας. Για τον μηνιαίο προγραμματισμό των τριών πρώτων προϊόντων χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της μεθόδου κινούμενου μέσου όρου. Η μετάβαση από τον προκαταρκτικό στον μεσοπρόθεσμο προγραμματισμό για τα προϊόντα Flumidon, Meloxicam, Ptinolin και Transamin -τα οποία μελετήθηκαν σε επίπεδο τριμήνου- παρουσιάζει μια ιδιαιτερότητα. Αυθαίρετα διαμοιράζεται το σύνολο των απαιτούμενων παραγόμενων παρτίδων στους τρεις μήνες της κάθε περιόδου έτσι ώστε να μην υπάρχει υπερβολική συγκέντρωση παραγόμενων παρτίδων σε συγκεκριμένο μήνα και χαμηλότερη στους υπόλοιπους. Έτσι προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας που δίνει τα ακριβή στοιχεία.

ΜΕΣΟΠΡΟΘΕΣΜΟΣ (ΜΗΝΙΑΙΟΣ) ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

	1η Ομάδα	Betrimine- Regimed	Ferrinemia	Flumidon	Meloxicam	Ptinolin	Transamin
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	6	2	3	1	1	1	1
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6	1	3	1	1	2	1
ΜΑΡΤΙΟΣ	6	1	3	0	2	1	1
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5	2	2	0	1	1	1
ΜΑΪΟΣ	5	1	2	1	1	1	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	6	2	2	0	1	1	1
ΙΟΥΛΙΟΣ	6	1	3	1	1	1	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	5	1	2	0	1	1	1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	6	2	3	0	1	1	1
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	5	1	2	0	1	1	1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6	1	2	0	1	1	1
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5	2	3	1	1	1	0

Πίνακας 6.16: Μηνιαίος προγραμματισμός παραγωγής – παραγόμενες παρτίδες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

7.1 Ανακεφαλαίωση και συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η λειτουργία της γραμμής παραγωγής ενέσιμων προϊόντων της φαρμακοβιομηχανίας Help pharmaceuticals. Αρχικά γίνεται γενική αναφορά στην παγκόσμια και εγχώρια αγορά φαρμάκου και παρουσιάζονται σημαντικά δεδομένα. Ακολουθεί παρουσίαση της εταιρίας και της ιστορίας, των παραγωγικών εγκαταστάσεων και των ειδικών προδιαγραφών λειτουργίας της, καθώς επίσης η γκάμα προϊόντων που παράγει μαζί με κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους.

Στη συνέχεια, περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία παραγωγής ενέσιμων προϊόντων. Συγκεκριμένα γίνεται παρουσίαση των βασικών σταδίων παραγωγής, 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 δεκατέσσερα ενδιάμεσα στάδια που εμφανίζονται αναλυτικά στα διαγράμματα ροής. Παρουσιάζονται ακόμα τα παραγόμενα προϊόντα, με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους και τις συνθήκες παραγωγής για το καθένα.

Βάσει των διαγραμμάτων ροής και κάποιων επιπλέον πληροφοριών που έχουν συγκεντρωθεί, γίνεται η μοντελοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας με δίκτυα Petri. Δημιουργείται μια παραλλαγή του μοντέλου για κάθε προϊόν λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τις ποσοτικές και ποιοτικές παραμέτρους του καθενός. Σύμφωνα με τις παραδοχές που έχουν γίνει προσομοιώνεται η λειτουργία του και καταγράφεται ο συνολικός χρόνος της παραγωγικής διαδικασίας για το εκάστοτε προϊόν. Γίνεται τροποποίηση επιλεγμένων παραμέτρων και εξετάζεται η επίδραση των αλλαγών αυτών στη διάρκεια των προσομοιώσεων. Συνολικά προσομοιώνονται 18 ή 9 σενάρια για κάθε επιμέρους προϊόν, με διαφορετικούς συνδυασμούς τιμών των παραμέτρων και καταγράφονται οι χρόνοι και οι παραγόμενες ποσότητες. Η διαφοροποίηση στον αριθμό των σεναρίων που εκτελούνται σχετίζεται με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε προϊόντος (για κάποια από αυτά παραλείπεται το στάδιο της τοποθέτησης ετικέτας). Κατά την εκτέλεση των προσομοιώσεων καταγράφονται τόσο ο χρόνος προσομοίωσης όσο και οι ποσότητες, ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων και τέλος υπολογίζονται στατιστικά στοιχεία (μέση τιμή, διακύμανση, εύρος κ.α.) για την παραγόμενη ποσότητα τελικών προϊόντων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά και σχολιάζονται εκτενώς.

Βάσει των δεδομένων παραγωγής και πωλήσεων των τριών τελευταίων ετών της εταιρίας γίνεται στη συνέχεια η πρόβλεψη παραγωγών για το 2015. Λόγω της φύσης των δεδομένων που διατέθηκαν από την εταιρία δεν μπόρεσαν να χρησιμοποιηθούν παρά συγκεκριμένα μοντέλα για την πρόβλεψη. Επίσης υπάρχουν περιορισμοί που αφορούν την ίδια τη φύση των προϊόντων και τη χρονική διάρκεια ζωής τους. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν και σε συνεννόηση με στελέχη

της help pharmaceuticals επιλέχθηκε τελικά να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος πρόβλεψης ο κινούμενος μέσος όρος. Επιπλέον εξαιτίας της δύσκολης οικονομικής συγκυρίας που έχει προκύψει λόγω της κρίσης, της εμπόλεμης κατάστασης αρκετών χωρών στις οποίες εκτείνεται η εξαγωγική δράση της εταιρίας αλλά και της πολιτικής που διέπει τη λειτουργία των φαρμακοβιομηχανιών επιβάλλεται να ορίσουμε ένα επιπλέον απόθεμα ασφαλείας της τάξεως του 20% στους τελικούς υπολογισμούς ποσοτήτων κάθε προϊόντος που πρέπει να παραχθούν.

Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης χρησιμοποιούνται για να γίνει ο ετήσιος προγραμματισμός παραγωγής της γραμμής ενέσιμων προϊόντων του εργοστασίου. 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 παρτίδων που θα παραχθούν, με δεδομένο πως δεν έχουν δοθεί διαφορετικοί χρόνοι προετοιμασίας, προτείνεται ένα μηνιαίο πλάνο παραγωγής για κάθε προϊόν για όλο το έτος 2015.

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 επενδυμένων κεφαλαίων. Επίσης, θα μπορούσε να γίνει προγραμματισμός της παραγωγικής δραστηριότητας σε επίπεδο τριμήνου ή τετραμήνου γεγονός που μειώνει κόστος διάθεσης πρώτων υλών, αποθεματοποίησης, αποθήκευσης υλικών και προϊόντων καθώς και ενδιάμεσων χρόνων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γεώργιος Τσιναράκης - Διδακτορική διατριβή: Μοντελοποίηση και μελέτη συστημάτων παραγωγής τυχαίας τοπολογίας με δίκτυα Petri, μια προσέγγιση ιεραρχικού ελέγχου, Χανιά 2007
2. Βασίλης Κουϊκόγλου – Σημειώσεις μαθήματος Προσομοίωση, Χανιά 2006
3. Μιχάλης Δούμπος – Μεθοδολογία επιχειρησιακής έρευνας, Χανιά 2006
4. Ιωάννης Φίλης – Σημειώσεις μαθήματος Συστήματα Παραγωγής, Χανιά 2006
5. Διοίκηση και προγραμματισμός έργου – Βασίλης Κώστογλου
6. www.help.com.gr ,ιστοσελίδα Help pharmaceuticals
7. Εκθέσεις IOBE για φαρμακοβιομηχανία
8. Εκθέσεις IOBE για ελληνική οικονομία (2011-2012-2013)
9. Ημερήσιος Τύπος
10. www.eof.gr , επίσημη ιστοσελίδα Εθνικού Οργανισμού Φαρμάκων
11. www.galinos.gr , οδηγός ελληνικού φαρμάκου
12. Patients attitudes towards experience with use of generics in Slovakia, performance of generic substitution., Palagyi and Lassanova, 2008
13. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη στάση ασθενών-καταναλωτών και επαγγελματιών υγείας στην Ελλάδα σχετικά με τα γενόσημα φάρμακα ΛΕΟΝΩΡΑ ΣΚΑΛΤΣΑ, Πάτρα 2013
14. Συνοπτική Φαρμακολογία, Τόμος 1, Μάριος Μαρσέλος, Ιωάννινα 2006
15. www.pef.gr επίσημη ιστοσελίδα Πανελλήνιας Ένωσης Φαρμακοβιομηχανίας
16. Διοίκηση – Διαχείριση Έργου(Project Management), Αντώνης Δημητριάδης, Αθήνα, 2009
17. Λογαριασμοί έσοδα- έξοδα, Διπλωματική Εργασία, Εμμανουέλλα Τζουανάκη, Ηράκλειο 2010
18. Διοίκηση Παραγωγής και Συστημάτων Υπηρεσιών/ Χρονοπρογραμματισμός και Έλεγχος Παραγωγής.
19. Εισαγωγή στο Microsoft Excel 2007
20. Βασικές αρχές και σύγχρονα θέματα του χρηματοοικονομικού μάντζμεντ – Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης
21. Ελληνική Οικονομία Προοπτικές και μέλλον – Μπατσαρισάκης Παναγιώτης
22. Drath R., Visual Object Net software package, v.2.07 a, διαθέσιμο στη διεύθυνση <http://www.ParamSoft.de/> 2002.
23. Γεώργιος Παναγιώτου-Διπλωματική εργασία: Προβλέψεις πωλήσεων των Ι.Χ. Αυτοκινήτων σε δεκαπέντε χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Πανεπιστήμιο Πειραιά <http://digilib.lib.unipi.gr/dspace/bitstream/unipi/878/1/Panagiotou.pdf>
24. Παπανδρικοπούλου Βασιλική - Διπλωματική εργασία: Πρόβλεψη και προγραμματισμός της γραμμής παραγωγής στραγγιστού γιαουρτιού της βιομηχανίας Φάγε, Πολυτεχνείο Κρήτης 2014