



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Βελτιστοποίηση προγράμματος παραγωγής εργοστασίου με χρήση Excel VBA

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ Ι. ΔΡΑΚΟΣ

Επιβλέπων : Ασκούνης Δημήτριος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2018

Στους γονείς μου,
Ιωσήφ-Χρήστο και Κωνσταντίνα



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Βελτιστοποίηση προγράμματος παραγωγής εργοστασίου με χρήση Excel VBA

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ Ι. ΔΡΑΚΟΥ

Επιβλέπων : Ασκούνης Δημήτριος

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 14^η Μαρτίου 2018.

.....
Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Χρυσόστομος Δούκας
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2018

.....
Ευάγγελος Ι. Δράκος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ Ι. ΔΡΑΚΟΣ, 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Την σύγχρονη εποχή, ο προγραμματισμός της παραγωγής κατέχει εξέχουσα θέση σε οποιοδήποτε παραγωγικό σύστημα και αποτελεί έναν από τους πιο συνηθισμένους χώρους εφαρμογής των μοντέλων και των τεχνικών της Διοικητικής Επιστήμης. Βασικό πεδίο του προγραμματισμού παραγωγής αποτελεί η διαδικασία της σειριοποίησης των διεργασιών μιας παραγωγικής μονάδας και η ανάθεσή τους καταλλήλως σε γραμμές παραγωγής. Το πρόβλημα αυτό χαρακτηρίζεται από μεγάλο βαθμό πολυπλοκότητας, αν αναλογιστεί κανείς, τόσο τον μεγάλο όγκο των διαθέσιμων δεδομένων που χρήζουν διαχείρισης, όσο και των ταχύτατων αλλαγών στα συστήματα παραγωγής και τις μεθόδους διοίκησής τους, όπου δημιουργούνται διαρκώς νέες συνθήκες και νέες ανάγκες οργάνωσης και λειτουργίας τους.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία υλοποιείται ένα εργαλείο το οποίο καλείται να διαχειριστεί αυτόν τον μεγάλο όγκο δεδομένων και να πραγματοποιήσει τις απαραίτητες αλλαγές στο πρόγραμμα παραγωγής ενός εργοστασίου με γνώμονα την βελτιστοποίηση ορισμένων πολύ βασικών δεικτών που χαρακτηρίζουν κάθε παραγωγική διαδικασία, όπως είναι η παραγωγικότητα και η διαθεσιμότητα των γραμμών παραγωγής, ο μέσος χρόνος καθυστέρησης των παραγγελιών και άλλων, οι οποίοι θα αναλυθούν στην συνέχεια.

Το εργαλείο αναπτύχθηκε σε γλώσσα Visual Basic for Applications (VBA), λόγω του γεγονότος ότι είναι μία εύκολη σχετικά γλώσσα προγραμματισμού σε συνδυασμό με τον γεγονός ότι λειτουργεί στο Microsoft Excel, ένα περιβάλλον ευρέως διαδεδομένο και γνωστό στο ευρύ κοινό.

Η διπλωματική εργασία υλοποιήθηκε σε συνεργασία με το εργοστάσιο της Johnson and Johnson Hellas, η οποία παρείχε όλα τα απαραίτητα δεδομένα, ώστε το εργαλείο που αναπτύχθηκε να βασίζεται σε πραγματικές βιομηχανικές συνθήκες και όχι σε κάποιο θεωρητικό πρόβλημα. Να σημειωθεί εδώ ότι η διπλωματική εργασία δεν θα έχει καμία εμπορική εκμετάλλευση από την Johnson and Johnson Hellas.

Λέξεις Κλειδιά: Προγραμματισμός παραγωγής, επιχειρησιακή έρευνα, διοίκηση παραγωγής, βελτιστοποίηση προγράμματος παραγωγής, λήψη αποφάσεων

Abstract

In modern times, production planning holds a prominent place in any production system and is one of the most common applying areas of models and techniques of Management Science. The basic scope of production planning is the process of scheduling tasks and allocating them to production lines appropriately. This problem is characterized by a great deal of complexity, considering both the large amount of data that needs to be taken under consideration and the rapid changes in production systems and their management methods, where new conditions and new organizing and operational needs are appeared.

This diploma thesis implements a tool that is required to manage this large amount of data and make the necessary adjustments to a plant's production program, in order to optimize some of the key performance indicators that characterize each production process, such as production lines' productivity and availability, average order's delay time and others, which will be analyzed below.

The tool was developed in Visual Basic for Applications (VBA), as it is an easy to use programming language in conjunction with the fact that VBA applies in Microsoft Excel, a widespread application, well-known to the general public.

The diploma thesis was implemented in collaboration with the plant of Johnson and Johnson Hellas, which provided all the necessary data. That way, the developed tool is based on real industrial conditions rather than a theoretical problem. Let it be noted here that the diploma thesis will not be commercially exploited by Johnson and Johnson Hellas.

Keywords: Production planning, operations research, production management, production schedule optimization, decision making

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στην σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στο Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης. Η εκκίνηση της διπλωματικής εργασίας τοποθετείται χρονικά τον Ιανουάριο του 2017.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη του προβλήματος του προγραμματισμού παραγωγής και η διαχείριση και επεξεργασία του προγράμματος της παραγωγής εργοστασίου με βάση πραγματικά βιομηχανικά δεδομένα. Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Δημήτριο Ασκούνη για την ευκαιρία που μου δόθηκε να συνεργαστώ με το εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης και να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους κυρίους Μιχάλη Αυγουλή και Παναγιώτη Κοκκινάκο για την καθοδήγηση, τις γνώσεις και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν κατά την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Διοίκηση του εργοστασίου της Johnson and Johnson Hellas για το γεγονός πως μου δόθηκε η δυνατότητα να έρθω σε επαφή με πραγματικές βιομηχανικές συνθήκες ενός εργοστασίου υψηλών προδιαγραφών, όπως επίσης και την ομάδα του Προγραμματισμού Παραγωγής του εργοστασίου ξεχωριστά για την στήριξη και την βοήθεια κατά την διάρκεια της υλοποίησης της διπλωματικής μου εργασίας και της ανάπτυξης του αντίστοιχου αλγορίθμου. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την υποστήριξή τους σε όλη τη διάρκεια της φοιτητικής μου διαδρομής.

Ευάγγελος Δράκος

Μάρτιος 2018

Πίνακας Περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
ABSTRACT	10
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	11
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	15
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
1.1 ΣΚΟΠΟΣ.....	19
1.2 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΜΟΥ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	21
2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	23
2.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	24
2.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	26
2.4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING - MRP)	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS (VBA) ΣΤΟ EXCEL	33
3.1 ΓΕΝΙΚΑ	35
3.2 EXCEL VBA	36
3.2.1. Το περιβάλλον του VBA Editor	36
3.2.2. Μεταβλητές και τύποι δεδομένων.....	37
3.2.3. Βασικές Εντολές.....	38
3.2.4. Σύνταξη βασικών επαναληπτικών διαδικασιών	40
3.2.5. Δημιουργία συναρτήσεων.....	40
3.2.6. Υπορουτίνες.....	41
3.2.7. Διαχείριση ημερολογιακών δεδομένων.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	43
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	45
4.2 Η ΡΟΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ	45
4.3 ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	47
4.3.Α Επίπεδο τελικού προϊόντος (τμήμα Filling).....	47
4.3.Β Επίπεδο ημιέτοιμου προϊόντος (τμήμα Mixing)	48
4.3.Γ Επίπεδο πρώτων υλών	49
4.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ	53
5.1 ΓΕΝΙΚΑ	55

5.1.1. Δεδομένα	55
5.1.2. Έξοδος	56
5.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ	56
5.3 ΒΗΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ	57
5.3.1. Macros για άντληση πληροφοριών	57
5.3.2. Αφρίζοντα χύμα προϊόντα	58
5.3.3. Διαχείριση μικρών ποσοτήτων παραγγελίας	58
5.3.4. Ομαδοποίηση εντός επτά ημερών	59
5.3.5. Ομαδοποίηση flushing κωδικών.....	59
5.3.6. Επιβεβαιωμένη ημερομηνία ανάμιξης	61
5.3.7. Εναλλαγές δοχείων – μεταξύ δοχείων μεγάλης δυναμικότητας	61
5.3.8. Εναλλαγές δοχείων – από δοχείο μεγάλης προς δοχείο μικρότερης δυναμικότητας.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ	67
6.1 ΓΕΝΙΚΑ	69
6.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΔΟΣΗΣ	69
6.2.1. Παραγωγικότητα.....	69
6.2.2. Changeovers (C/O).....	70
6.2.3. Δείκτης διαθεσιμότητας	70
6.2.4. Παραγωγή παρτίδων εντός χρόνου.....	71
6.3 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ	71
6.3.1. Εφαρμογή 1 - Παράδειγμα με ένα δοχείο ανάμιξης.....	71
<i>A. Αρχική Κατάσταση</i>	71
<i>B. Ομαδοποίηση εντός επτά ημερών</i>	76
<i>Γ. Ομαδοποίηση Flushing</i>	79
<i>Δ. Συγκριτικά αποτελέσματα</i>	82
6.3.2. Εφαρμογή 2 - Παράδειγμα με δύο δοχεία ανάμιξης (αλλαγή δοχείου καθυστερημένων παραγγελιών)	83
<i>A. Αρχική Κατάσταση</i>	83
<i>B. Εναλλαγή δοχείου καθυστερημένων παραγγελιών</i>	86
<i>Γ. Συγκριτικά αποτελέσματα</i>	88
6.3.3. Εφαρμογή 3 - Παράδειγμα με δύο δοχεία ανάμιξης (αλλαγή δοχείου μη καθυστερημένων παραγγελιών)	90
<i>A. Αρχική Κατάσταση</i>	90
<i>B. Εναλλαγή δοχείου μη καθυστερημένων παραγγελιών</i>	93
<i>Γ. Συγκριτικά αποτελέσματα</i>	95
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	97
7.1 ΣΥΝΟΨΗ	99
7.2 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	101

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 2.1: Διάγραμμα μοντέλου παραγωγικού συστήματος (πηγή: Κοπούκης 2004)

Εικόνα 2.2: Διάγραμμα αλληλεπίδρασης χρονοπρογραμματισμού παραγωγής με άλλες λειτουργίες του παραγωγικού συστήματος (πηγή: Καρόπουλος 2005)

Εικόνα 2.3: Διάγραμμα ροής πληροφοριών σε ένα σύστημα MRP (Πηγή: «Διοίκηση εκμετάλλευσης», Shim, Siegel)

Εικόνα 3.1: Ιεραρχία αντικειμένων

Εικόνα 3.2: Εύρεση του Visual Basic Editor σε ένα αρχείο Excel

Εικόνα 3.3: Το περιβάλλον του VBA Editor

Εικόνα 4.1: Η ροή της ζήτησης

Εικόνα 4.2: Διάγραμμα ροής της εβδομαδιαίας διαδικασίας προγραμματισμού παραγωγής

Εικόνα 5.1: Διάγραμμα Ροής Αλγορίθμου

Εικόνα 5.2: Διάγραμμα ροής των μακροεντολών για εναλλαγή δοχείου

Εικόνα 6.1: Διαγραμματική απεικόνιση της παραγωγικότητας και διαθεσιμότητας του δοχείου της εφαρμογής 1

Εικόνα 6.2: Διαγραμματική απεικόνιση της διάρκειας πλυσίματος και της αναλογίας παρτίδων και C/O του δοχείου της εφαρμογής 1

Εικόνα 6.3: Διαγραμματική απεικόνιση του αριθμού των καθυστερημένων παραγγελιών και της μέσης καθυστέρησής τους στο δοχείο μεγάλης δυναμικότητας της εφαρμογής 2

Εικόνα 6.4: Διαγραμματική απεικόνιση του ποσοστού των μη καθυστερημένων παραγγελιών στο δοχείο μεγάλης δυναμικότητας της εφαρμογής 2

Εικόνα 6.5: Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης καθυστέρησής των εκτός χρόνου παραγγελιών στο δοχείο μεγάλης δυναμικότητας της εφαρμογής 3

Πίνακας πινάκων

Πίνακας 5.1: Παράδειγμα αρχικής αλληλουχίας τεσσάρων κωδικών

Πίνακας 5.2: Αλληλουχία κωδικών μετά την εκτέλεση του πρώτου βήματος Flushing

Πίνακας 5.3: Τελική αλληλουχία κωδικών έπειτα από την ολοκλήρωση της ομαδοποίησης flushing

Πίνακας 5.4: Ενδεικτικό πρόγραμμα αναμίξεων

Πίνακας 6.1: Αλληλουχία παραγγελιών ενός δοχείου πριν την εκτέλεση του εργαλείου

Πίνακας 6.2: Υπόμνημα πίνακα 6.1

Πίνακας 6.3: Προσδιορισμός πλυσιμάτων και εναλλαγών μεταξύ flushing κατά την αρχική κατάσταση

Πίνακας 6.4: Υπόδειξη με ίδιο χρώμα των κωδικών που μπορούν να ομαδοποιηθούν

Πίνακας 6.5: Αλληλουχία παραγγελιών μετά την ομαδοποίηση ίδιων κωδικών

Πίνακας 6.6: Αλληλουχία παραγγελιών μετά την εκτέλεση του 1ου βήματος flushing

Πίνακας 6.7: Τελική αλληλουχία παραγγελιών

Πίνακας 6.8: Συγκεντρωτικός πίνακας δεικτών του δοχείου της εφαρμογής 1

Πίνακας 6.9: Αρχική αλληλουχία των παραγγελιών του δοχείου μεγάλης δυναμικότητας

Πίνακας 6.10: Αρχική αλληλουχία των παραγγελιών του δοχείου μικρής δυναμικότητας

Πίνακας 6.11: Αλληλουχία παραγγελιών του δοχείου μεγάλης δυναμικότητας, έπειτα από την εναλλαγή δοχείου καθυστερημένων παραγγελιών

Πίνακας 6.12: Αλληλουχία παραγγελιών του δοχείου μικρής δυναμικότητας, έπειτα από την εναλλαγή δοχείου καθυστερημένων παραγγελιών

Πίνακας 6.13: Συγκεντρωτικός πίνακας δεικτών του δοχείου της εφαρμογής 2

Πίνακας 6.14: Αρχική αλληλουχία των παραγγελιών του δοχείου μεγάλης δυναμικότητας

Πίνακας 6.15: Αρχική αλληλουχία των παραγγελιών του δοχείου μικρής δυναμικότητας

Πίνακας 6.16: Αλληλουχία παραγγελιών του δοχείου μεγάλης δυναμικότητας, έπειτα από την εναλλαγή δοχείου μη καθυστερημένων παραγγελιών

Πίνακας 6.17: Αλληλουχία παραγγελιών του δοχείου μικρής δυναμικότητας, έπειτα από την εναλλαγή δοχείου μη καθυστερημένων παραγγελιών

Πίνακας 6.18: Συγκεντρωτικός πίνακας δεικτών του δοχείου της εφαρμογής 3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός

Σκοπός της συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η υλοποίηση ενός εργαλείου το οποίο θα διαχειρίζεται το πρόγραμμα παραγωγής ενός εργοστασίου και πιο συγκεκριμένα το πρόγραμμα του τμήματος των αναμίξεων. Η ανάπτυξη του εργαλείου αυτού πραγματοποιήθηκε με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Visual Basic for Applications στο περιβάλλον του Microsoft Excel.

Κύριος στόχος αποτελεί η αυτοματοποίηση της επεξεργασίας του προγράμματος αναμίξεων του εργοστασίου, ώστε να πραγματοποιηθεί η κατάλληλη αλληλουχία (scheduling) και ανάθεση (allocation) των παρτίδων ανάμιξης στα διαθέσιμα δοχεία παραγωγής, βάσει των χαρακτηριστικών και των προδιαγραφών κάθε παρτίδας. Βασικό μέλημα αποτελεί η βελτιστοποίηση βασικών παραγωγικών δεικτών.

Η δυσκολία στην συγκεκριμένη διαδικασία της σειριοποίησης και ανάθεσης παραγγελιών σε δοχεία ανάμιξης υφίσταται λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων τα οποία είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη σε συνδυασμό με το μεγάλο αριθμό παραγγελιών που ο υπεύθυνος του προγράμματος αναμίξεων καλείται να διαχειριστεί. Πέραν τούτου, λόγω του γεγονότος ότι το παραγωγικό περιβάλλον είναι ιδιαίτερα ευμετάβλητο, η πιθανότητα αλλαγής του προγράμματος αναμίξεων είναι μεγάλη, ακόμη και στα πλαίσια της ίδιας εβδομάδας. Η επανάληψη λοιπόν της διαδικασίας της σειριοποίησης και ανάθεσης των παραγγελιών με βάση μόνο εμπειρικούς κανόνες και ανθρώπινους χειρισμούς είναι πολύ δύσκολο να πραγματοποιηθεί, ενέχει μεγάλο κίνδυνο λάθους και απαιτεί πολύ χρόνο. Αυτοί είναι και οι βασικότεροι λόγοι που οδήγησαν στην ανάπτυξη του εν λόγω εργαλείου στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

1.2 Οργάνωση τόμου

Η διπλωματική εργασία αποτελείται από οκτώ κεφάλαια. Το παρόν, *πρώτο κεφάλαιο* περιλαμβάνει την εισαγωγή όπου καθορίζεται το πλαίσιο μέσα στο οποίο κινείται η παρούσα διπλωματική εργασία, περιγράφεται το αντικείμενο της και αναλύονται τα σχετικά κεφάλαια.

Στο *δεύτερο κεφάλαιο* γίνεται μία εισαγωγή στις βασικές έννοιες των συστημάτων παραγωγής και στην συνέχεια, αφού αναλυθεί το πεδίο του προγραμματισμού της παραγωγής και οι περιορισμοί που τον διέπουν, πραγματοποιείται μία ανάλυση της λειτουργίας του προγραμματισμού απαιτούμενων πόρων (MRP) και της ροής των πληροφοριών μέσα στο συγκεκριμένο σύστημα.

Το *τρίτο κεφάλαιο* περιλαμβάνει βασικές πληροφορίες για την γλώσσα Visual Basic for Applications στο Excel που χρησιμοποιήθηκε, παραθέτοντας τον τρόπο λειτουργίας της, καθώς και τις βασικότερες εντολές και εργαλεία που είναι διαθέσιμα και χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Με το *τέταρτο κεφάλαιο* περνάμε στην παρούσα κατάσταση λειτουργίας του εργοστασίου, περιγράφοντας την ροή της ζήτησης των προϊόντων, όπως επίσης και την εβδομαδιαία διαδικασία του προγραμματισμού της παραγωγής. Τέλος,

περιγράφεται ποιο είναι το πρόβλημα και προσδιορίζονται οι λόγοι οι οποίοι οδηγούν στην ανάγκη χρήσης του εργαλείου που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής.

Το *πέμπτο κεφάλαιο* αποτελεί την περιγραφή του αλγορίθμου και του τρόπου λειτουργίας του εργαλείου που αναπτύχθηκε, μέσω της ανάλυσης των επιμέρους βημάτων εκτέλεσης. Παρατίθενται ακόμη ποια είναι τα δεδομένα του προβλήματος ως είσοδοι στο εργαλείο και ποιες οι έξοδοί του.

Το *έκτο κεφάλαιο* περιλαμβάνει τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του εργαλείου μέσω της χρήσης του σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Επίσης, παρατίθενται οι δείκτες με τους οποίους θα αξιολογηθούν τα αποτελέσματα αυτά και γίνεται η σχετική σύγκριση ανά περίπτωση.

Στο *έβδομο κεφάλαιο* παρουσιάζονται επιγραμματικά τα βασικότερα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας και οι προοπτικές εξέλιξης.

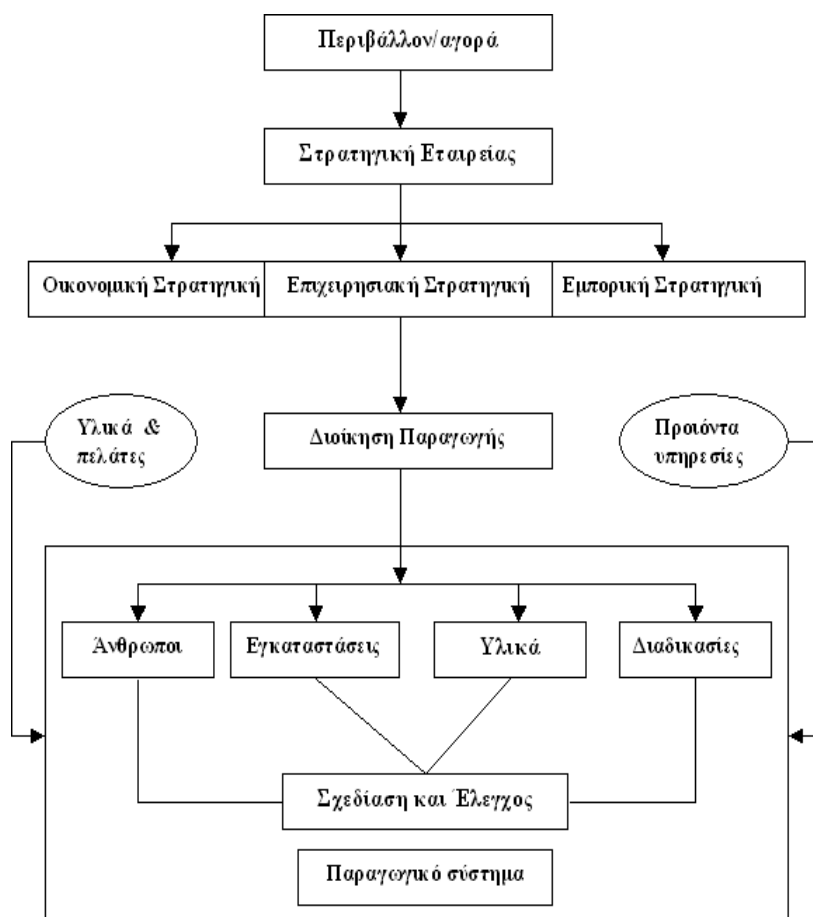
Στο *όγδοο και τελευταίο κεφάλαιο* υπάρχει παράθεση της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε για την συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ***

2.1 Βασικές έννοιες των συστημάτων παραγωγής

Κάθε οργανωμένη δραστηριότητα που αποσκοπεί στην αύξηση της αξίας ή της χρησιμότητας υλικών πραγμάτων, καθώς και στην παροχή υπηρεσιών ορίζεται ως **παραγωγή**.

Κάθε σύστημα, κάθε οργανωμένο δηλαδή σύνολο στοιχείων, που παράγει προϊόντα ή υπηρεσίες ονομάζεται **παραγωγικό σύστημα**. Στην εικόνα 2.1 δίνεται το διάγραμμα του μοντέλου του παραγωγικού συστήματος.



Εικόνα 2.1: Διάγραμμα μοντέλου παραγωγικού συστήματος (πηγή: Κοπούκης 2004)

Τα παραγωγικά συστήματα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- **Συστήματα συνεχούς ροής (Flow shop)**

Τα συστήματα συνεχούς ροής επικεντρώνονται στην παραγωγή πεπερασμένου αριθμού τυποποιημένων τελικών προϊόντων, τα οποία προορίζονται για ευρεία κατανάλωση. Σε κάθε τελικό προϊόν αντιστοιχεί μία γραμμή παραγωγής, ενώ η ροή του εν λόγω προϊόντος σε κάθε γραμμή είναι ίδια για κάθε κομμάτι. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την συνεχή «ροή» κάθε κομματιού στην αλυσίδα παραγωγής και ο βαθμός αυτοματοποίησης είναι μεγάλος. Στην παραπάνω κατηγορία εμπίπτει και η περίπτωση στην οποία οι εισροές μετασχηματίζονται σε ένα ή περισσότερα προϊόντα.

- **Συστήματα παραγωγής κατά παραγγελία (job-shop)**

Τα συστήματα παραγωγής κατά παραγγελία παράγουν προϊόντα των οποίων τόσο οι τελικές ιδιότητες, όσο και οι προδιαγραφές ορίζονται από τον πελάτη. Η ποικιλία των προϊόντων που δύναται να παραχθούν είναι σαφώς μεγάλη, ενώ ο όγκος της παραγωγής διαφέρει για κάθε παραγγελία. Η ροή του προϊόντος στα συστήματα αυτά είναι επίσης διαφορετική για κάθε παραγγελία (παρτίδα παραγωγής). Στην κατηγορία αυτή ο εξοπλισμός είναι μη εξειδικευμένος και ο βαθμός αυτοματοποίησης είναι περιορισμένος.

- **Συστήματα παραγωγής σε παρτίδες (batch-shop)**

Τα συστήματα παραγωγής σε παρτίδες είναι υβριδικά, καθώς έχουν χαρακτηριστικά συστημάτων τόσο συνεχούς ροής όσο και παραγωγής κατά παραγγελία. Τα τελικά προϊόντα είναι αποθηκεύσιμα και παράγονται με κοινό παραγωγικό εξοπλισμό. Προκειμένου για τη μείωση του όγκου των αποθεμάτων, και συνακόλουθα του κόστους αποθήκευσης που επιβαρύνει την παραγωγική μονάδα, η ετήσια ποσότητα που πρέπει να παραχθεί από κάθε προϊόν διαιρείται σε παρτίδες, οι οποίες διαδέχονται χρονικά η μία την άλλη.

- **Συστήματα κατασκευής έργων (projects)**

Τα συστήματα αυτού του τύπου παράγουν συνήθως ένα προϊόν που προορίζεται για έναν πελάτη. Το τελικό προϊόν είναι μεγάλου μεγέθους και αξίας και κατά την διάρκεια της παραγωγής παραμένει ακίνητο, ενώ τα μέσα παραγωγής διατάσσονται γύρω από αυτό. Ο παραγωγικός εξοπλισμός στην κατηγορία αυτή χαρακτηρίζεται από μικρό βαθμό αυτοματοποίησης.

2.2 Το πρόβλημα του προγραμματισμού παραγωγής

Οι σύγχρονες απαιτήσεις της βιομηχανικής δραστηριότητας, όπως αυτές έχουν διαμορφωθεί από την εξέλιξη της τεχνολογίας και τη μεταβολή του οικονομικοπολιτικού περιβάλλοντος, στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας. Η ποιότητα, η αξιοπιστία και η ταχύτητα, σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση του κόστους, είναι τα ελάχιστα προαπαιτούμενα για την επιτυχία μιας φιλόδοξης επιχείρησης. Στο πλαίσιο που διαμορφώνουν οι προαναφερθείσες συνθήκες, υπάρχει απαίτηση για νέες προτάσεις και στρατηγικές. Σε αυτή τη λογική εντάσσεται και η μελέτη του προγραμματισμού της παραγωγής, μίας από τις πιο βασικές εργασίες που πρέπει να διεκπεραιωθούν στα πλαίσια της διοίκησης της παραγωγής.

Προγραμματισμός παραγωγής είναι η διαδικασία ανάθεσης εργασιών σε διάφορους πόρους. Συνιστά λοιπόν μια διαδικασία λήψης δύο κατηγοριών αποφάσεων: αποφάσεις χρονικής τοποθέτησης των διεργασιών και αποφάσεις κατανομής των πόρων σε κάθε διεργασία. Και οι δύο κατηγορίες αποφάσεων έχουν οικονομική διάσταση, καθώς σχετίζονται με τη διαχείριση μίας οικονομικής μονάδας.

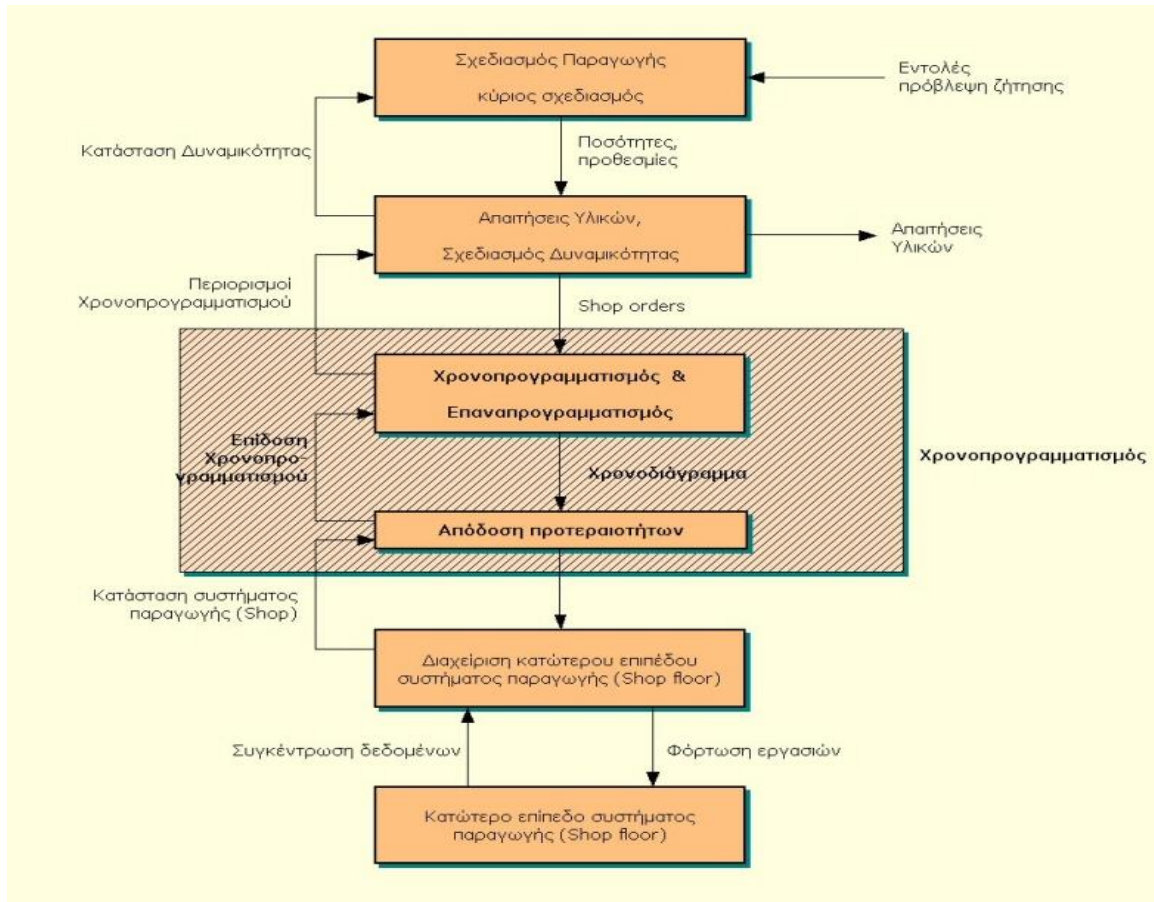
Ο προγραμματισμός, επομένως, συνίσταται στη λήψη αποφάσεων, με σκοπό τη βέλτιστη χρονική ανάθεση των περιορισμένων πόρων ενός συστήματος για την επεξεργασία ενός αριθμού εργασιών. Η αξιολόγηση της ποιότητας της ανάθεσης πραγματοποιείται εκτιμώντας την εξυπηρέτηση των στόχων της επιχείρησης και τη βελτιστοποίηση των αντικειμενικών σκοπών της. Η διαδικασία της ανάθεσης των πόρων στις εργασίες γίνεται υπό την επίδραση μιας ποικιλίας περιορισμών και προτιμήσεων.

Στόχος λοιπόν του προγραμματισμού παραγωγής είναι ο σχεδιασμός και ο έλεγχος συγκεκριμένων διεργασιών ούτως ώστε να επιτευχθεί μια γρήγορη, ποιοτική και οικονομική παραγωγή. Τα βήματα που ακολουθούνται κατά την διαδικασία του προγραμματισμού είναι τα εξής:

- Προεπεξεργασία: Εξετάζεται το εκάστοτε πρόβλημα με σκοπό να αποφασιστούν οι πόροι που χρειάζονται, το ανθρώπινο δυναμικό, τα μηχανήματα καθώς και το μοντέλο προγραμματισμού στο οποίο θα στηριχτεί
- Έναρξη των συστημάτων: Τίθενται σε λειτουργία τα μέρη της παραγωγής, ετοιμάζεται ο εξοπλισμός και τα μηχανήματα και συγκεντρώνονται οι πόροι που απαιτούνται
- Λειτουργία των συστημάτων: Η κύρια λειτουργία της παραγωγής είναι η λήψη απόφασης για την σειρά που θα δρομολογηθούν οι δουλειές και για τη συχνότητα καθεμίας στα αντίστοιχα μηχανήματα, ανάλογα με τις απαιτήσεις της παραγωγής και τις προθεσμίες
- Επίβλεψη και έλεγχος του συστήματος: Πρέπει ο προγραμματιστής να βρίσκεται σε συνεχή επιφυλακή και να παρακολουθεί την εξέλιξη της διαδικασίας για τυχόν τροποποιήσεις όταν και όπου αυτές χρειαστούν

Για να δούμε το ρόλο του προγραμματισμού ας περιγράψουμε ένα γενικευμένο περιβάλλον παραγωγής. Οι παραγγελίες που δίνονται σε ένα περιβάλλον παραγωγής θα πρέπει να μεταφραστούν σε εργασίες που πρέπει να γίνουν, και μάλιστα μέσα σε συγκεκριμένες ημερομηνίες. Οι εργασίες αυτές, θα πρέπει να δρομολογηθούν στις μηχανές της μονάδας παραγωγής με συγκεκριμένη αλληλουχία. Πολλές φορές, η δρομολόγηση μπορεί να καθυστερήσει αν ορισμένες μηχανές είναι απασχολημένες, όπως επίσης μπορούν να δοθούν και συγκεκριμένες προτεραιότητες σε επείγουσες εργασίες. Απρόβλεπτα γεγονότα, όπως βλάβες σε μηχανές, ή καθυστερήσεις στην παραγωγή, πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη, καθώς επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το συνολικό χρονοδιάγραμμα.

Η διαδικασία του προγραμματισμού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και ένας απ' αυτούς είναι ο σχεδιασμός της παραγωγής (βραχυπρόθεσμος ή μακροπρόθεσμος). Σκοπός του είναι να βελτιστοποιήσει τη συνολική παραγωγή της εταιρίας με τον υπολογισμό και εύρεση των κατάλληλων πόρων και τη πρόβλεψη της ζήτησης. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε αυτό το επίπεδο υψηλού σχεδιασμού έχουν άμεσο αντίκτυπο στον προγραμματισμό. Η λειτουργία του χρονοπρογραμματισμού παραγωγής μέσα σε ένα παραγωγικό σύστημα όπως είναι λογικό αλληλεπιδρά με πολλές άλλες λειτουργίες, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.2. Ο τρόπος αυτής της αλληλεπίδρασης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της κάθε επιχείρησης και διαφέρει από το ένα περιβάλλον στο άλλο.



Εικόνα 2.2: Διάγραμμα αλληλεπίδρασης χρονοπρογραμματισμού παραγωγής με άλλες λειτουργίες του παραγωγικού συστήματος (πηγή: Καρόπουλος 2005)

2.3 Περιορισμοί κατά τον προγραμματισμό παραγωγής

Τα προβλήματα προγραμματισμού παραγωγής βασίζονται σε περιορισμούς. Μια ποικιλία από αυτούς μπορεί να έχει επιπτώσεις στο σχεδιασμό του προβλήματος. Η διάρκεια μιας δραστηριότητας, η ημερομηνία έναρξης και η τελική προθεσμία, οι περιορισμοί προτεραιότητας, οι χρόνοι μεταφοράς και οργάνωσης των πρώτων υλών και των προϊόντων, οι πόροι που βρίσκονται σε διαθεσιμότητα (μετατοπίσεις, χρόνος διακοπής, συντήρηση των πόρων) και διανομή αυτών. Περιορισμοί χαλάρωσης χαρακτηρίζουν την ποιότητα του σχεδιασμού των αποφάσεων. Έχουν να κάνουν συνήθως με τις οφειλόμενες ημερομηνίες, με την παραγωγικότητα, με το κάθε πότε αλλάζει η συχνότητα των μηχανών, με τις υπερωρίες. Μερικοί από αυτούς τους περιορισμούς μπορούν να συνδυαστούν στη λειτουργία αξιολόγησης για την βελτιστοποίηση του προβλήματος. Η αλληλεξάρτηση μεταξύ των μεμονωμένων μερών ενός προβλήματος και των διαφορετικών δραστηριοτήτων της ίδιας πηγής πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Για αυτό, ο επιτυχημένος προγραμματισμός απαιτεί έρευνα σε πολλές διαφορετικές κατανομές των πόρων και τρόπους αντιμετώπισης των εκάστοτε στόχων. Η διευκόλυνση τέτοιων σύνθετων προβλημάτων με τον έλεγχο και την αποτελεσματικότητα είναι το κλειδί του

τεχνικού πλεονεκτήματος του προγραμματισμού στηριζόμενου σε περιορισμούς. Χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του προβλήματος με σκοπό να περιοριστεί το πιθανό διάστημα αναζήτησης, τα σύνθετα προβλήματα μπορούν να λυθούν αποτελεσματικότερα .

Βιομηχανικές εφαρμογές που δουλεύουν με την χρήση περιορισμών είναι και οι παρακάτω:

- Σχεδιασμός παραγωγής (διάταξη εργοταξίου / ροή εργασίας)
- Μεταφορά, λογιστικός σχεδιασμός & προγραμματισμός
- Διαχείριση κυκλοφορίας ή δικτύων & δρομολόγηση αυτών
- Προγραμματισμός των ατόμων ή των πόρων
- Κατανομή προσωπικού, συμπεριλαμβανομένου του μηχανικού που σχεδιάζει τις εφαρμογές
- Τοποθέτηση και δρομολόγηση, συμπεριλαμβανομένων των διοικητικών μεριμών δρομολόγησης και διανομής οχημάτων
- Διαμόρφωση των μηχανών

Είναι προφανές πως υπάρχουν πολλά αλληλοσχετιζόμενα προβλήματα και υποπροβλήματα στον τομέα του προγραμματισμού παραγωγής. Στην πράξη, για πραγματικά βιομηχανικά και κοινωνικά συστήματα τα σύνορα μεταξύ αυτών είναι πολύ θολά. Δεν έχουν υπάρξει περιπτώσεις όπου να συναντάει κανείς κάποιο πραγματικό πρόβλημα και να λύνεται εξ ολοκλήρου με την βοήθεια ενός προϋπάρχοντος μοντέλου χωρίς να χρειαστεί να περικόψει κάποια τμήματα του προβλήματος και να προσθέσει κάποια άλλα ώστε να το φέρει στην επιθυμητή μορφή. Άρα, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι οι προσεγγίσεις που γίνονται περιέχουν αρκετή δόση εξιδανίκευσης προκειμένου να ικανοποιήσουν τις εκάστοτε απαιτήσεις.

Περαιτέρω περιπλοκή προκαλεί το θέμα της βελτιστοποίησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο χρήστης είναι ικανοποιημένος απλά με το να βρει μια γενικευμένη απάντηση που να αυτοματοποιεί το πρόβλημά του. Οι περισσότεροι όμως θέλουν τουλάχιστον μια καλή απάντηση ενώ υπάρχουν και αυτοί που επιζητούν την καλύτερη δυνατή. Λόγω της μεγάλης συνδυαστικής πολυπλοκότητας των περισσότερων πραγματικών -παγκόσμιων προβλημάτων παραγωγής, η βελτιστοποίηση αποτελεί μια πολύ δύσκολη διαδικασία και για αυτό πολλές φορές ο προγραμματισμός με την χρήση περιορισμών συνδυάζεται και με άλλες μεθόδους όπως είναι οι γενετικοί αλγόριθμοι, με στόχο να δώσουν μια αρκετά βέλτιστη λύση μέσα σε λογικό χρονικό διάστημα.

Τα τμήματα της παράγωγης που συνδέονται άμεσα με τον προγραμματισμό παραγωγής και καθορίζονται από αυτόν είναι τα εξής:

ΠΟΡΟΙ

Μιας και ο προγραμματισμός παραγωγής είναι η τοποθέτηση δραστηριοτήτων μέσα στο χρόνο, πρωταρχικά θα πρέπει να αναφερθεί ένα σημείο εκκίνησης της όλης διαδικασίας. Είναι προφανές πως η όποια διαδικασία παραγωγής για να επιτευχθεί απαιτεί πόρους, πρώτες ύλες που μέσω της διαδικασίας παραγωγής θα

δώσουν το τελικό προϊόν που ζητείται. Έτσι, μέρος της εργασίας του προγραμματιστή είναι να υπολογίσει τί ποσότητες πρώτων υλών χρειάζονται, αν υπάρχει αρκετός αποθηκευτικός χώρος και αν όχι, πώς αυτός θα βρεθεί. Πρέπει να αποφασιστεί ποιόι πόροι θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε δραστηριότητα και για εξοικονόμηση χρόνου να εξασφαλιστεί η αποθήκευση τους σε χώρους κοντά στα αντίστοιχα μηχανήματα.

Σημαντική επιδίωξη αποτελεί το γεγονός πως πρέπει πάντα να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ποσότητα πόρων έτσι ώστε να μην δημιουργείται μεγάλο στοκ άλλα ούτε και στοκ-άουτ. Και στις δυο περιπτώσεις ανακύπτει πρόβλημα στα οικονομικά της επιχείρησης, καθώς στην περίπτωση μεγάλου στοκ χρεώνονται αποθήκες για την φύλαξη του προϊόντος, ενώ αντίστοιχα στην περίπτωση του στοκ-άουτ υπάρχει διαφυγόν κέρδος. Σε ορισμένα εύκαμπτα κατασκευαστικά συστήματα, οι ομάδες που είναι υπεύθυνες για τον τεχνολογικό τομέα διαιρούν τα προϊόντα που παράγουν σε υποομάδες. Έτσι, τυχόν αλλαγές για αυτά επηρεάζουν μόνο το κομμάτι παραγωγής που είναι υπεύθυνο σε αυτόν τον τομέα, περιορίζοντας το γενικότερο στοκ-άουτ. Αν η παραγωγή περάσει από ένα προϊόν σε ένα άλλο που ανήκουν στην ίδια οικογένεια, θα χρειαστεί ελάχιστος χρόνος για την ρύθμιση της αλλαγής. Εάν όμως γίνει κάποια αλλαγή εξωτερική της οικογένειας, τότε θα χαθεί αρκετός χρόνος. Μόνο και μόνο από αυτά τα παραδείγματα καταλαβαίνει κανείς πόσο αλληλένδετοι είναι μεταξύ τους οι διάφοροι παράγοντες του προγραμματισμού παραγωγής. Έτσι οι πόροι συνδέονται άμεσα με τα οικονομικά της επιχείρησης.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ

Το οικονομικό μέρος της παραγωγής ενός έργου, αποτελεί με τη σειρά του σημαντικό κομμάτι του προγραμματισμού παραγωγής. Όταν καταστρώνεται ένα πρόγραμμα πάντα απαιτείται και η αντίστοιχη οικονομική μελέτη. Καταρτίζεται ένας προϋπολογισμός που καθορίζει το κατά πόσον μπορεί η εταιρία να φέρει εις πέρας το έργο. Επίσης, η διαδικασία παραγωγής υπόκειται σε περιορισμούς αναφορικά με τις δαπάνες που μπορούν να γίνουν. Το γεγονός αυτό, καθιστά πολύ σημαντική την ύπαρξη μιας βέλτιστης λύσης που να περιλαμβάνει δεδομένα όπως αυτά που προαναφέρθηκαν, δηλαδή ενδεχόμενα στοκ και στοκ-άουτ. Ο τελικός στόχος είναι πάντα η ελαχιστοποίηση του κόστους και η μεγιστοποίηση του κέρδους. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που εξασφαλίζει την διατήρηση των δαπανών στα προγραμματισμένα πλαίσια είναι η τήρηση του προκαθορισμένου χρονοδιαγράμματος και των προθεσμιών.

ΧΡΟΝΟΣ

Από τα πιο απλά πράγματα της καθημερινότητας μέχρι και τα πιο σύνθετα ο χρόνος παίζει καταλυτικό ρόλο. Αρκεί να αναλογιστεί κανείς πως αν την περίοδο που γίνεται μια πρόταση για κάποιο έργο, η εταιρία είναι ήδη απασχολημένη με την διεκπεραίωση κάποιας άλλης εργασίας, χάνεται η δυνατότητα υλοποίησης του, συνεπώς και όλα τα οικονομικά οφέλη που θα είχε αποφέρει. Στον προγραμματισμό παραγωγής το πρόβλημα του χρόνου συναντάται σε πολλές μεταβλητές. Αρχικά, ζητείται να καθοριστεί μια τελική προθεσμία για την παράδοση του έργου. Δεν είναι

λίγες οι περιπτώσεις όπου εξαιτίας λανθασμένων υπολογισμών στο χρονοδιάγραμμά της, μια εταιρία είχε μεγάλες ζημιές. Εάν οι υπολογισμοί είχαν σαν αποτέλεσμα το έργο να μην είναι τελειωμένο στην ώρα του, ο εργοδότης πολύ απλά ακυρώνει την συμφωνία καθώς δεν τηρήθηκαν οι προδιαγραφές. Εάν πάλι τελειώσει νωρίτερα το έργο, η ζημιά εμφανίζεται με τη μορφή διαφυγόντος κέρδους καθώς θα μπορούσαν να είχαν παραχθεί μεγαλύτερες ποσότητες εντός των καθορισμένων προθεσμιών.

Κατά την διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών μπορεί να προκύψουν κάποιοι εξωγενείς ή ακόμα και ενδογενείς παράγοντες που να έχουν σαν άμεση συνέπεια την απόκλιση από το αρχικό χρονοδιάγραμμα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην βλάβη μιας μηχανής, σε ασθένεια του προσωπικού, είτε στην ανάθεση μιας νέας εργασίας που πρέπει να μπει στην παραγωγή το συντομότερο δυνατό. Πρέπει λοιπόν ο προγραμματιστής να έχει την δυνατότητα να τροποποιήσει οποιαδήποτε στιγμή τη διεργασία και να την προσαρμόσει στα νέα δεδομένα.

2.4 Προγραμματισμός απαιτούμενων υλικών (Material Requirements Planning - MRP)

Ο προγραμματισμός απαιτούμενων υλικών αποτελεί μια διοικητική λειτουργία, που εντάσσεται στη συνολική διαδικασία του προγραμματισμού της παραγωγής. Η μέθοδος αυτή αφορά τη διαχείριση ημετοίμων υλικών που αποτελούν εξαρτήματα ή τμήματα προϊόντων και γενικά πρώτη ύλη για την παραγωγή των τελικών προϊόντων ενός παραγωγικού συστήματος. Ο προγραμματισμός απαιτήσεων σε υλικά είναι ένα σύστημα ελέγχου ροής προκειμένου να εξασφαλίζεται ότι τα ημιέτοιμα υλικά και οι πρώτες ύλες του τελικού προϊόντος είναι διαθέσιμα την περίοδο κατά την οποία απαιτούνται, ενώ τον υπόλοιπο χρόνο υπάρχουν σε μικρή ή και μηδενική ποσότητα.

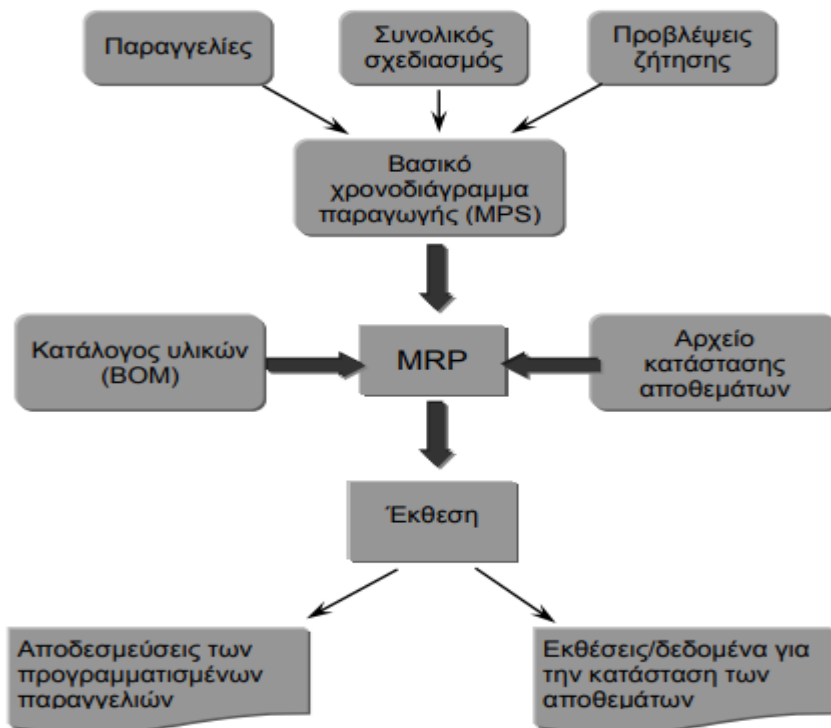
Ο γενικός στόχος του προγραμματισμού απαιτήσεων σε υλικά είναι να παρέχει μια αποτελεσματική, ευέλικτη, και πειθαρχημένη μέθοδο για τον καθορισμό των υλικών απαιτήσεων της επιχείρησης. Ειδικότερα, ο στόχος των συστημάτων MRP είναι να διασφαλίσει τη διαθεσιμότητα των υλικών, εξαρτημάτων και προϊόντων, να διατηρήσει το χαμηλότερο δυνατό επίπεδο αποθέματος και να προγραμματίσει τις δραστηριότητες της παραγωγής, τα χρονοδιαγράμματα αποστολών και τις διαδικασίες προμηθειών. Ουσιαστικά, με δεδομένο ένα βασικό χρονοδιάγραμμα παραγωγής, ο προγραμματισμός απαιτήσεων σε υλικά επιχειρεί να απαντήσει στα ερωτήματα τι υλικό απαιτείται, πότε απαιτείται, πόση ποσότητα απαιτείται και πότε πρέπει να γίνει η παραγγελία. Απώτερος σκοπός ενός MRP συστήματος, μέσω της ελαχιστοποίησης του επιπέδου αποθέματος και της μεγιστοποίησης της αποτελεσματικότητας της παραγωγικής λειτουργίας, είναι η βελτίωση της εξυπηρέτησης του πελάτη.

Τα ημιέτοιμα υλικά και οι πρώτες ύλες χαρακτηρίζονται από τη λεγόμενη εξαρτημένη ζήτηση, δηλαδή ζήτηση που εξαρτάται από το αποφασισμένο βασικό χρονοδιάγραμμα παραγωγής, ενώ αντίθετα τα τελικά προϊόντα χαρακτηρίζονται από ανεξάρτητη ζήτηση που προκύπτει απευθείας από την αγορά.

Η εξαρτημένη ζήτηση είναι εσωτερική, προέρχεται δηλαδή από το ίδιο το σύστημα, και είναι ασυνεχής. Τα υλικά που την αφορούν είναι απαραίτητα για την εκτέλεση

του προγράμματος παραγωγής. Ο προγραμματισμός της παραγωγής τους, δηλαδή ο καθορισμός των ποσοτήτων και του χρόνου που πρέπει να είναι διαθέσιμα, στηρίζεται στις απαιτήσεις του τελικού προϊόντος, που καθορίζεται από το βασικό χρονοδιάγραμμα παραγωγής, και όχι τόσο σε προβλέψεις. Γνωρίζοντας, δηλαδή, το πρόγραμμα παραγωγής μπορεί να καθοριστούν με ακρίβεια οι ποσότητες των πρώτων υλών, των εξαρτημάτων και των τμημάτων των προϊόντων που θα απαιτηθούν, καθώς και τις αντίστοιχες χρονικές περιόδους που πρέπει να είναι διαθέσιμα.

Στην εικόνα 2.3 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής των πληροφοριών ώστε να λειτουργήσει ένα σύστημα MRP. Έτσι, οι πληροφορίες και οι προβλέψεις για τη ζήτηση των τελικών προϊόντων από τυχαίους πελάτες και οι ήδη υπάρχουσες παραγγελίες από γνωστούς πελάτες απαιτούνται για την εκπόνηση του βασικού χρονοδιαγράμματος παραγωγής (Master Production Schedule - MPS), με βάση κριτήρια και κατευθύνσεις που καθορίζονται από τη διοίκηση στο γενικό σχεδιασμό παραγωγής της επιχείρησης.



Εικόνα 2.3: Διάγραμμα ροής πληροφοριών σε ένα σύστημα MRP
(Πηγή: «Διοίκηση εκμετάλλευσης», Shim, Siegel)

Τα δεδομένα που απαιτεί ένα MRP σύστημα είναι τα εξής:

- **Βασικό χρονοδιάγραμμα παραγωγής (MPS):** δηλώνει πόσο επιθυμητό είναι ένα τελικό προϊόν και για πότε. Αναφέρει ποια τελικά προϊόντα θα παραχθούν, πότε είναι απαραίτητα τα προϊόντα αυτά και ποιες ποσότητες απαιτούνται. Η ζήτηση των τελικών προϊόντων προκύπτει αρχικά από δύο βασικές πηγές. Η πρώτη είναι οι γνωστοί πελάτες της επιχείρησης, που έχουν ήδη στείλει τις παραγγελίες τους, οι οποίες συνήθως ακολουθούνται

και από μία συγκεκριμένη ημερομηνία παράδοσης. Δεν υπάρχει καμία πρόβλεψη ζήτησης σε αυτήν την περίπτωση και απλώς η συνολική ζήτηση προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους παραγγελιών. Η δεύτερη περίπτωση είναι η ζήτηση που πρέπει να προβλεφθεί. Για την πρόβλεψη της ανεξάρτητης αυτής ζήτησης απαιτείται η εφαρμογή διαφόρων μοντέλων πρόβλεψης, η ανάλυση αγοράς και άλλες μέθοδοι. Ο συνδυασμός της ζήτησης από τους γνωστούς πελάτες και της πρόβλεψης είναι η είσοδος του βασικού χρονοδιαγράμματος παραγωγής.

- **Αρχείο κατάστασης υλικών (Bill Of Materials - BOM):** συχνά αποκαλείται και αρχείο δομής προϊόντος ή δέντρο προϊόντος. Περιέχει την πλήρη περιγραφή του προϊόντος, υποδηλώνοντας όχι μόνο τα υλικά, τα υποσύνολα και τα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται το προϊόν, αλλά και την ποσότητα που απαιτείται για κάθε ένα από αυτά για τη δημιουργία ενός κομματιού από το τελικό αυτό προϊόν.
- **Αρχείο κατάστασης αποθεμάτων:** Το αρχείο κατάστασης αποθεμάτων περιέχει πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα σε αποθέματα ενός υλικού που είναι διαθέσιμα ή έχουν παραγγελθεί σε προμηθευτές. Περιέχει πληροφορίες όπως τις μικτές απαιτήσεις, τις προγραμματισμένες παραλαβές και την αναμενόμενη διαθέσιμη ποσότητα. Επίσης, μπορεί να περιέχει τον προμηθευτή, το μέγεθος της παρτίδας και τους ανεκτούς χρόνους παράδοσης για την απόκτηση των αγοραζόμενων υλικών.

Ειδικότερα, με τη χρήση των δεδομένων από το βασικό χρονοδιάγραμμα παραγωγής, αφού συσχετιστούν με τα αρχεία των αποθεμάτων υλικών, θα προκύψουν οι συνολικές ποσότητες από κάθε υλικό που θα απαιτηθούν στην παραγωγή, καθώς και ο χρόνος κατά τον οποίο θα πρέπει να είναι διαθέσιμες αυτές. Το είδος των υλικών και οι ποσότητες ανά μονάδα προϊόντος εμφανίζονται στο αρχείο κατάστασης υλικών, που περιγράφει τη δομή του τελικού προϊόντος αναλύοντας τα συστατικά του. Έτσι, από τις προδιαγραφές των τελικών προϊόντων θα προκύψει το είδος των πρώτων υλών, υλικών και εξαρτημάτων που απαιτούνται για την παραγωγή των προϊόντων, καθώς και οι αντίστοιχες ποσότητες ανά μονάδα προϊόντος, με σκοπό την κάλυψη της ζήτησης του τελικού προϊόντος και την διευθέτηση της παραγγελίας του την κατάλληλη χρονική στιγμή, έτσι ώστε να είναι διαθέσιμο όταν ακριβώς χρειάζεται, λαμβάνοντας υπόψη κάποιο ανεκτό χρόνο παραλαβής.

***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: VISUAL BASIC
FOR APPLICATIONS (VBA)
ΣΤΟ EXCEL***

3.1 Γενικά

Το Microsoft Excel ως γνωστόν αποτελεί ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιήσει κανείς ώστε να διαχειριστεί, να αναλύσει και να παρουσιάσει δεδομένα. Με το Excel μπορεί κανείς να ταξινομήσει, να διαχειριστεί και να χρησιμοποιήσει για υπολογισμούς έναν τεράστιο όγκο δεδομένων από διαφορετικές πηγές, που υπό άλλες συνθήκες θα ήταν πολύ δύσκολο να τον διαχειριστεί.

Μερικές φορές ωστόσο, παρά την τεράστια γκάμα επιλογών που διαθέτει το γνωστό σε όλους περιβάλλον του Excel, ενδέχεται κάποιος να επιθυμεί να βρει έναν πιο εύκολο τρόπο να παρουσιάσει κάποια τετριμμένη και επαναλαμβανόμενη εργασία ή να εκτελέσει κάποια εφαρμογή που το περιβάλλον του Excel φαίνεται να μην μπορεί να υποστηρίξει. Για τον λόγο αυτό το Microsoft Excel διαθέτει την Visual Basic for Applications (VBA), μία γλώσσα προγραμματισμού τύπου "scripting", που δίνει την δυνατότητα να διευρυνθούν οι εφαρμογές αυτές εντός του περιβάλλοντος του Excel.

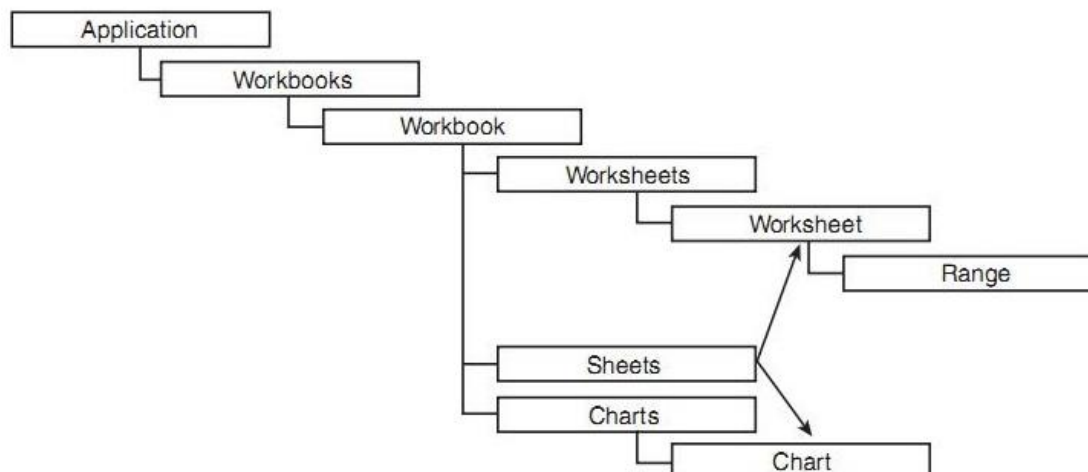
Η γλώσσα VBA προέρχεται από την Visual Basic 6, μία από τις γλώσσες προγραμματισμού που έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερο στον κόσμο. Σήμερα η VBA αποτελεί το τελευταίο προπύργιο της κλασικής γλώσσας Visual Basic και βοηθά ώστε να πραγματοποιούνται εργασίες γρήγορα και εύκολα. Αποτελεί έναν πολύ καλό τρόπο τόσο για δημιουργία εφαρμογών οι οποίες θα είναι βασισμένες στο Excel, όσο και στην γενικότερη αυτοματοποίησή του.

Ωστόσο, η γλώσσα VBA δεν ενδείκνυται μόνο για εφαρμογές που επαναλαμβάνονται συχνά. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να αναπτυχθούν νέες δυνατότητες στο Excel, όπως για παράδειγμα η δημιουργία ενός νέου αλγορίθμου ανάλυσης δεδομένων που στην συνέχεια θα απεικονίζει τα αποτελέσματα μέσω διαγραμμάτων, όπως επίσης και για εκτέλεση εργασιών που απαιτούν την συνεργασία του Excel με άλλες εφαρμογές του Microsoft Office, όπως είναι η Microsoft Access.

Λειτουργεί μέσω της εκτέλεσης μακροεντολών, δηλαδή βήμα προς βήμα διαδικασιών που έχουν συναχθεί σε Visual Basic. Με τον τρόπο αυτό συντάσσονται κάποιες αυστηρές οδηγίες τις οποίες το Excel ακολουθεί. Το να μάθει κανείς μία νέα γλώσσα προγραμματισμού ίσως να φαίνεται δύσκολο, ωστόσο η εξοικείωση ακόμα και με ένα μικρό αριθμό εντολών σε VBA θα κάνει πολλές δουλειές στο Excel πιο εύκολες και θα δώσει την δυνατότητα να πραγματοποιηθούν εργασίες που οποιοσδήποτε θα νόμιζε πως είναι αδύνατο να υλοποιηθούν στο κοινό περιβάλλον του Excel.

Η VBA αποτελεί μία αντικειμενοστραφή γλώσσα προγραμματισμού. Αυτό σημαίνει ότι λειτουργεί με αντικείμενα (objects), δηλαδή αυτόνομες οντότητες με δικά τους χαρακτηριστικά η κάθε μία. Τα αντικείμενα ανήκουν σε συλλογές όπως για παράδειγμα η συλλογή των βιβλίων εργασίας στο excel περιέχει όλα τα ανοιχτά βιβλία (Workbooks), την συλλογή όλων των φύλλων εργασίας (Worksheets), την συλλογή των γραφημάτων και τα λοιπά. Επίσης, τα αντικείμενα ταξινομούνται με βάση την ιεραρχία που φαίνεται στην εικόνα 3.1. Όταν ανοίγει κανείς ένα αρχείο excel, στην ουσία ανοίγει ένα βιβλίο εργασίας (workbook). Αυτό αποτελείται από ένα ή περισσότερα φύλλα εργασίας (worksheet). Επειδή κάθε φύλλο Excel περιέχει

πολλά φύλλα εργασίας, αυτά συγκεντρώνονται σε μία συλλογή worksheets. Τα βιβλία εργασίας με την σειρά τους συγκεντρώνονται σε μια αντίστοιχη συλλογή από workbooks. Μία συλλογή δηλαδή είναι ένα σύνολο από σχετιζόμενα αντικείμενα με κοινές ιδιότητες. Το Excel δηλαδή ως εφαρμογή αποτελείται από συλλογές βιβλίων εργασίας. Κάθε βιβλίο εργασίας αποτελείται από συλλογή φύλλων εργασίας. Κάθε φύλλο εργασίας με την σειρά του αποτελείται από ένα εύρος κελιών (range) και γραφήματα (charts). Αυτή είναι η βασική ιεραρχία στο Excel VBA.



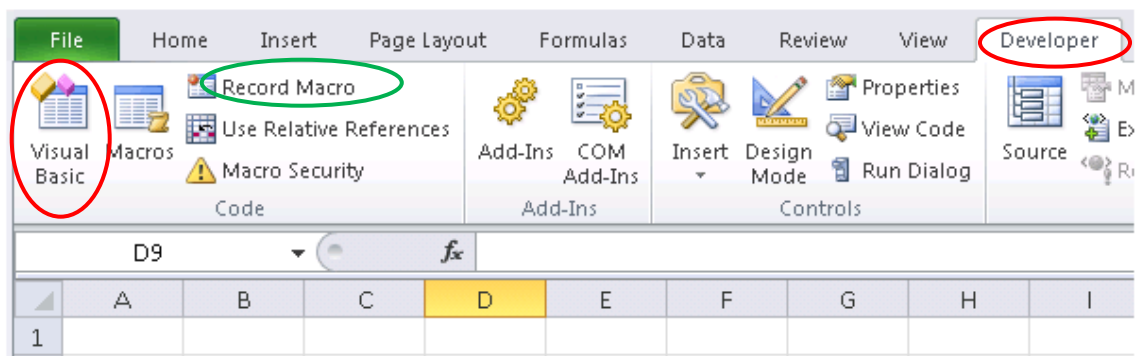
Εικόνα 3.1: Ιεραρχία αντικειμένων

Επιπλέον, τα αντικείμενα έχουν κάποιες ιδιότητες, δηλαδή χαρακτηριστικά, οι τιμές και οι ρυθμίσεις των οποίων περιγράφουν το αντικείμενο. Οι τιμές των ιδιοτήτων είναι συνήθως αριθμοί, κείμενο, δηλώσεις True or False κ.τ.λ. Τέλος, τα αντικείμενα διαθέτουν κάποιες μεθόδους, ένα σύνολο δηλαδή από προκαθορισμένες λειτουργίες που μπορεί ένα αντικείμενο να χρησιμοποιήσει. Παραδείγματα τέτοιων μεθόδων μπορεί να είναι η αντιγραφή της τιμής ενός κελιού, η ενεργοποίηση ενός συγκεκριμένου βιβλίου εργασίας, η διαγραφή ενός φύλλου εργασίας κ.ο.κ.

3.2 Excel VBA

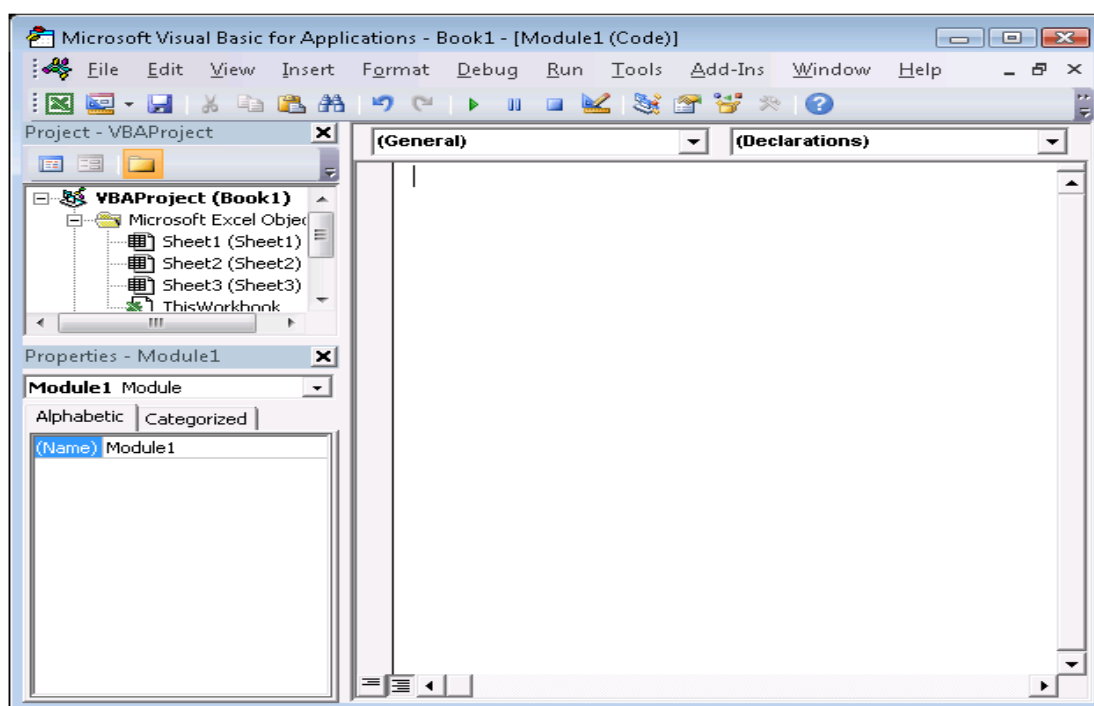
3.2.1. Το περιβάλλον του VBA Editor

Η σύνταξη ενός προγράμματος VBA (macro) πραγματοποιείται σε ένα ειδικό πεδίο του αρχείου Excel που είναι ο VBA editor. Στις τελευταίες εκδόσεις Excel βρίσκεται στην καρτέλα «Προγραμματιστής (Developer)» της βασικής γραμμής εργαλείων του αρχείου, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.2: Εύρεση του Visual Basic Editor σε ένα αρχείο Excel

Το πεδίο συγγραφής των μακροεντολών έχει την ακόλουθη μορφή:



Εικόνα 3.3: Το περιβάλλον του VBA Editor

3.2.2. Μεταβλητές και τύποι δεδομένων

Οι μεταβλητές χρησιμοποιούνται ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης και εύκολης διαχείρισης των δεδομένων. Η μορφή των δεδομένων ανήκει σε διάφορους τύπους και όπως είναι λογικό ο τύπος επηρεάζει και το μέγεθος της μνήμης που δεσμεύεται για την αποθήκευσή τους. Οι συνήθεις τύποι των δεδομένων είναι : integers, long, Booleans (True or False), dates, string, variant. Ο τύπος variant μπορεί να αναπαραστήσει όλα τα δεδομένα, αλλά στην περίπτωση αυτή δεσμεύεται περισσότερη μνήμη.

Για να δηλώσει κάποιος μια μεταβλητή χρησιμοποιεί την δήλωση *Dim* (από την λέξη dimension – δηλαδή δίνω διάσταση στην μεταβλητή) ακολουθούμενη από τον επιθυμητό τύπο της μεταβλητής, δηλαδή:

Dim name as type

Με τον ίδιο τρόπο ορίζονται και οι πίνακες. Για παράδειγμα αν θέλουμε να δημιουργήσουμε έναν πίνακα με όνομα array διάστασης $n \times m$ θα γράψουμε:

Dim array (n to m) as type

Γενικά για την δήλωση των μεταβλητών μπορεί να χρησιμοποιηθεί η δήλωση *Option Explicit* η οποία μας υποχρεώνει να δηλώνουμε τον τύπο κάθε μεταβλητής που θα χρησιμοποιήσουμε στον κώδικα. Σε περίπτωση που αυτό δεν δηλωθεί δεν είναι απαραίτητο να καθορίζουμε τον τύπο κάθε μεταβλητής, αλλά το πρόγραμμα θα χρησιμοποιεί ως τύπο έναν γενικό τύπο. Το μειονέκτημα στην περίπτωση αυτή είναι ότι οι μεταβλητές αυτές θα καταλαμβάνουν περισσότερο χώρο στη μνήμη (ο τύπος variant που αναφέρθηκε παραπάνω).

3.2.3. Βασικές Εντολές

Κάθε πρόγραμμα- υπορουτίνα που θα συνταχθεί θα πρέπει να ξεκινά με την εντολή:

Sub name ()

Και να τελειώνει με την εντολή:

End Sub

Στο πεδίο name συμπληρώνουμε το όνομα που εμείς επιθυμούμε για τον εν λόγω macro.

Για να παρουσιαστεί κάποιο μήνυμα στον χρήστη ή το περιεχόμενο μιας μεταβλητής κατά την εκτέλεση του macro γίνεται χρήση της εντολής:

MsgBox “Μήνυμα” ή MsgBox & μεταβλητή

Στην περίπτωση που το πρόγραμμα πρέπει να λάβει είσοδο χειροκίνητα από τον χρήστη τότε η αντίστοιχη εντολή είναι:

A = InputBox (“Μήνυμα”)

Όπου κατά την εκτέλεση του προγράμματος, θα παρουσιαστεί στην οθόνη το “μήνυμα”, περιμένοντας από τον χρήστη να εισάγει την αντίστοιχη πληροφορία ή οποία θα αποθηκευτεί στην μεταβλητή με όνομα A.

Μία πολύ χρήσιμη λειτουργία αποτελεί η καταγραφή μακροεντολών, αν επιλεγθεί το πεδίο «καταγραφή μακροεντολών (Record Macro)» στην καρτέλα «Προγραμματιστής», όπως φαίνεται με πράσινο κύκλο στην εικόνα 3.1. Με την λειτουργία αυτή οποιαδήποτε εργασία πραγματοποιεί ο χρήστης στο αρχείο Excel χειροκίνητα, αυτή καταγράφεται και μεταφράζεται σε αντίστοιχες εντολές σε γλώσσα VBA. Έτσι, ακόμα και αν δεν γνωρίζει κάποιος πως συντάσσεται ακριβώς κάποια συγκεκριμένη εργασία, η λειτουργία αυτή θα δώσει την απάντησή.

Για να μπορέσει να αναφερθεί κάποιος σε κάποιο συγκεκριμένο κελί ενός φύλλου του Excel θα πρέπει να χρησιμοποιήσει την εντολή *Range*, ως εξής:

$$\text{Range}("B1").\text{value} = X$$

Έτσι, το κελί B1 θα λάβει την τιμή X. Εναλλακτικός τρόπος είναι:

$$\text{Cells}(1, 2).\text{value} = X$$

Στην δεύτερη περίπτωση θέλει προσοχή το γεγονός πως στο όρισμα της συνάρτησης *Cells* γράφεται πρώτα ο αριθμός της γραμμής και στην συνέχεια ο αριθμός της στήλης. Η ιδιότητα *Value* μπορεί να παραληφθεί.

Για αποφυγή λαθών και σύγχυσης είναι προτιμότερο να καθορίζεται ακριβώς η ιεραρχία. Για παράδειγμα αν έχουμε δημιουργήσει την μεταβλητή B η οποία θα παίρνει τιμή από το κελί A1 που βρίσκεται στο φύλλο εργασίας «Sheet1» του βιβλίου εργασίας «Book1» τότε θα πρέπει να εισάγουμε μέσα στον κώδικα την έκφραση :

$$B = \text{Workbooks}("Book1").\text{Worksheets}("Sheet1").\text{Range}("A1")$$

Για την αποφυγή της συγγραφής ολόκληρης της εντολής ξανά και ξανά κατά την διάρκεια σύνθεσης του κώδικα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εντολή *set* με τον παρακάτω τρόπο:

$$\text{Set Workbooks}("Book1").\text{Worksheets}("Sheet1") \text{ as } \text{object_name}$$

Έτσι, η εντολή ανάθεσης στην μεταβλητή B γίνεται:

$$B = \text{object_name}.\text{Range}("A1")$$

Είναι δυνατό επίσης, με χρήση του κώδικα να πραγματοποιηθεί άνοιγμα κάποιου άλλου αρχείου excel μέσα από τον υπολογιστή που τρέχει το πρόγραμμα, ώστε να αντληθούν οι απαραίτητες πληροφορίες. Αυτό πραγματοποιείται με την κάτωθι εντολή:

$$\text{Workbooks.Open Filename:= Path}$$

Όπου "Path" θα είναι το αντίστοιχο μονοπάτι που θα βρίσκεται το αρχείο από το οποίο θα αντληθεί η πληροφορία.

Σε περιπτώσεις που κάποιος επιθυμεί να χρησιμοποιήσει μία συνάρτηση του Excel θα πρέπει να καλέσει την εφαρμογή του Excel. Η σύνταξη στην προκειμένη περίπτωση είναι:

$$\text{Application.WorksheetFunction.Excel_Function (argument1,argument2...)}$$

όπου Excel_Function είναι το όνομα της συνάρτησης του Excel που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε. Στην VBA τα ορίσματα μιας συνάρτησης χωρίζονται μεταξύ τους με « , » και όχι με « ; ».

3.2.4. Σύνταξη βασικών επαναληπτικών διαδικασιών

- Επαναληπτική μέθοδος FOR

```

For i = A to B
    .
    .
    .
Next i
  
```

Αυτό σημαίνει ότι για κάθε i, ξεκινώντας από το A μέχρι και το B, επανέλαβε οτιδήποτε εμπεριέχεται εντός της FOR loop.

- Επαναληπτική μέθοδος Do While

```

Do while Συνθήκη
    .
    .
    .
Loop
  
```

Αυτό σημαίνει ότι η επανάληψη πραγματοποιείται όσο η συνθήκη είναι αληθής. Όταν η συνθήκη γίνει ψευδής τότε η επαναληπτική διαδικασία τερματίζει.

- Επαναληπτική διαδικασία Do Until

```

Do until Συνθήκη Τερματισμού
    .
    .
    .
Loop
  
```

Στην προκειμένη περίπτωση, η επανάληψη πραγματοποιείται μέχρις ότου η συνθήκη τερματισμού γίνει αληθής.

3.2.5. Δημιουργία συναρτήσεων

Ένας από τους βασικούς λόγους χρήσης της VBA είναι η δημιουργία συναρτήσεων από τον χρήστη. Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν ενσωματωμένες συναρτήσεις του Excel που να εξυπηρετούν ή το αποτέλεσμα να προκύπτει από την χρήση πολλών άλλων συναρτήσεων. Για τους λόγους αυτούς μπορεί κανείς να

δημιουργήσει δικές του συναρτήσεις ώστε να πραγματοποιήσει τους υπολογισμούς που επιθυμεί ταχύτερα.

Η σύνταξη μιας νέας συνάρτησης είναι όμοια με αυτή μιας υπορουτίνας, όπως φαίνεται παρακάτω:

```
Function f_name (όρισμα1 as type, όρισμα2 as type, . . . , όρισμα n as type) as type
.
.
.
.
.
f_name=έκφραση
End function
```

Τα ορίσματα εισάγονται από τον χρήστη την στιγμή που καλεί την συνάρτηση, όπως και με τις ενσωματωμένες συναρτήσεις του Excel και δεν είναι απαραίτητο να δηλωθούν σαν μεταβλητές. Αυτό που είναι απαραίτητο όμως είναι να δηλωθεί ο τύπος του κάθε ορίσματος, όπως και ο τύπος του αποτελέσματος που θα υπολογίσει η συνάρτηση. Στο εσωτερικό του κώδικα μιας συνάρτησης θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ανάθεση στο όνομά της, όπως φαίνεται παραπάνω, το οποίο θα είναι και το αποτέλεσμα που η συνάρτηση θα επιστρέψει.

Επίσης, είναι δυνατό μέσα στον κώδικα μιας συνάρτησης που δημιουργήθηκε από τον χρήστη, να πραγματοποιηθεί κλήση και άλλων συναρτήσεων που έχει δημιουργήσει. Αυτό που χρειάζεται προσοχή στην προκειμένη περίπτωση είναι η συνάρτηση που καλείται μέσα στον κώδικα, να έχει καθορισμένα τα ορίσματα της είτε μέσω των ορισμάτων της αρχικής συνάρτησης, είτε μέσω των μεταβλητών που ορίζονται στον κώδικα.

3.2.6. Υπορουτίνες

Πέραν των συναρτήσεων κατά την εκτέλεση ενός προγράμματος, μπορούν να κληθούν επιπλέον διαφορετικές υπορουτίνες, ακολουθώντας την ίδια λογική με τις συναρτήσεις.

```
Σύνταξη: Sub s_name (όρισμα1 as type, όρισμα2 as type, . . . , όρισμα n as type)
.
.
.
.
.
End Sub
```

Η διαφορά σε σχέση με τις συναρτήσεις είναι ότι, αν αλλάξουν οι τιμές στα ορίσματα κατά την εκτέλεση της υπορουτίνας, τότε η αλλαγή θα διατηρηθεί και θα μεταφερθεί και στο κυρίως πρόγραμμα που την κάλεσε, σε αντίθεση με την συνάρτηση, όπου ως αποτέλεσμα επιστρέφει η τιμή της έκφρασης που ανατέθηκε σε αυτήν.

3.2.7. Διαχείριση ημερολογιακών δεδομένων

Η Excel VBA διαθέτει επίσης συναρτήσεις που κάνουν δυνατή την επεξεργασία και διαχείριση αρχείων που περιέχουν ημερομηνίες ως δεδομένα. Οι βασικότερες εξ αυτών οι οποίες χρησιμοποιηθήκαν ιδιαίτερα και κατά την υλοποίηση του εργαλείου μας είναι:

- **Πρόσθεση σε ημερομηνία (συνάρτηση DateAdd)**

Σύνταξη: $Τελική_Ημερομηνία = DateAdd("type", number, Αρχική_Ημερομηνία)$

Το όρισμα *type* υποδηλώνει το τι επιθυμεί ο χρήστης να προσθέσει στην *Αρχική_Ημερομηνία*, δηλαδή ημέρες ("d"), μήνες ("m"), ώρες ("h") κ.ο.κ., ενώ το όρισμα *number* δηλώνει τον αριθμό των ημερών, μηνών, ωρών της επιθυμίας του.

- **Διαφορά μεταξύ δύο ημερομηνιών**

Σύνταξη: $Διαφορά = DateDiff("type", Ημερομηνία_1, Ημερομηνία_2)$

Το όρισμα *type* υποδηλώνει το αν η διαφορά μεταξύ της *Ημερομηνίας_1* και *Ημερομηνίας_2* θα είναι σε ημέρες ("d"), μήνες ("m"), ώρες ("h") κ.ο.κ. Η *Ημερομηνία_2* αποτελεί τον μειωτέο, ενώ η *Ημερομηνία_1* αποτελεί τον αφαιρετέο της συνάρτησης.

- **Μορφοποίηση ημερομηνίας**

Πολύ χρήσιμη είναι και η συνάρτηση που έχει την δυνατότητα να μορφοποιήσει ημερολογιακά δεδομένα.

Σύνταξη: $Νέα_Ημερομηνία = Format(Ημερομηνία, "τύπος")$

Η νέα ημερομηνία που προκύπτει μπορεί να πάρει διάφορες μορφές, αναλόγως τον τύπο που θα δηλωθεί ως όρισμα. Έτσι, μπορεί να έχει την μορφή ημέρα/μήνας/χρόνος, ημέρα/μήνας/χρόνος ώρα : λεπτά, χρόνος/μήνας/ημέρα κ.τ.λ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

4.1 Γενικά

Η διπλωματική εργασία εκπονήθηκε σε συνεργασία με το εργοστάσιο της Johnson and Johnson Hellas, εταιρεία που δραστηριοποιείται στον χώρο της παραγωγής και πώλησης προϊόντων φροντίδας υγείας.

Δύο από τα βασικότερα τμήματα της παραγωγικής διαδικασίας του εν λόγω εργοστασίου είναι το τμήμα των αναμίξεων (Mixing) στο οποίο πραγματοποιείται η ανάμιξη των πρώτων υλών για την παρασκευή χύμα ή αλλιώς ημέτοιμου προϊόντος (bulk) και το τμήμα των γεμιστικών μηχανών (Filling) στο οποίο γίνεται το γέμισμα του εκάστοτε υγρού στα αντίστοιχα μπουκάλια και το προϊόν λαμβάνει την τελική του μορφή για να διατεθεί στην αγορά. Όπως είναι εύκολα κατανοητό το τμήμα Mixing τροφοδοτεί το τμήμα του Filling, επομένως η συνεργασία μεταξύ των δύο αυτών τμημάτων αποτελεί βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική λειτουργία του εργοστασίου, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους.

Όσον αφορά το τμήμα των αναμίξεων, αυτό διαθέτει δοχεία παρασκευής bulk συγκεκριμένης χωρητικότητας το καθένα. Πιο συγκεκριμένα, η δυναμικότητα των δοχείων ανάμιξης είναι της τάξης του τόνου και κυμαίνεται στο εύρος του ενός έως δέκα τόνων. Κάθε δοχείο έχει τις δικές του δυνατότητες πράγμα που σημαίνει ότι στο καθένα από αυτά μπορεί να παραχθεί ένας συγκεκριμένος αριθμός από bulk βάσει των προδιαγραφών του που προκύπτουν έπειτα από τις ενδεδειγμένες μελέτες και δοκιμές. Την συγκεκριμένη χρονική περίοδο, ο συνολικός αριθμός των κωδικών bulk ξεπερνά τους 140, πράγμα που κάνει ευκολά αντιληπτό πόσο δύσκολη αλλά εξίσου σημαντική είναι η ανάθεση του κατάλληλου δοχείου ανά περίπτωση.

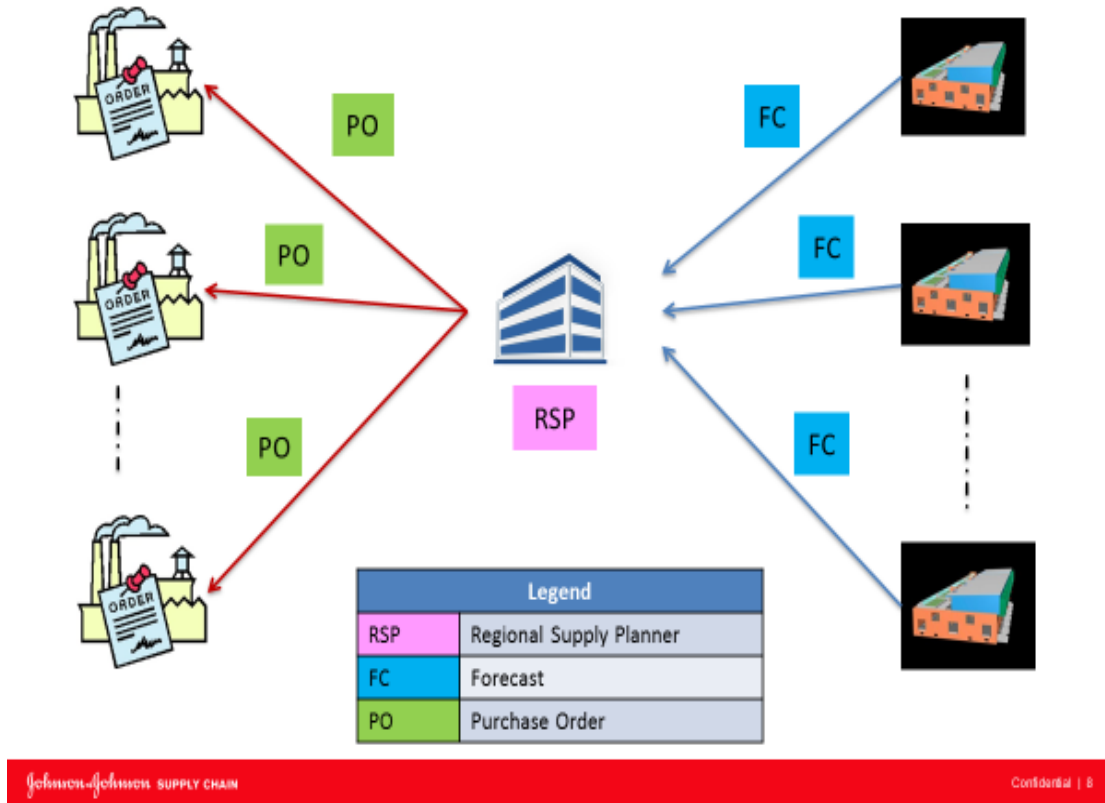
Αντίστοιχα, το τμήμα των γεμιστικών διαθέτει γραμμές παραγωγής στις οποίες αναλώνονται τα bulk, ώστε να παραχθεί το τελικό προϊόν. Κάθε μία από αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή συγκεκριμένων κωδικών τελικού προϊόντος σύμφωνα με το επίπεδο αυτοματοποίησης και προδιαγραφών της. Με άλλα λόγια δεν είναι δυνατή η παραγωγή οποιουδήποτε προϊόντος σε οποιαδήποτε από τις διαθέσιμες μηχανές, αλλά κάθε προϊόν αντιστοιχίζεται σε μία ή περισσότερες γεμιστικές μηχανές. Ο αριθμός των κωδικών τελικού προϊόντος ξεπερνά αυτή την στιγμή τους 450 και διαρκώς κυμαίνεται.

4.2 Η ροή της ζήτησης

Πριν φτάσουμε όμως στο σημείο της ανάμιξης των πρώτων υλών και της παραγωγής των προϊόντων θα πρέπει πρώτα να έχουμε την αντίστοιχη ζήτηση για το εκάστοτε προϊόν.

Παρακάτω, στην εικόνα 4.1, φαίνεται η ροής της ζήτησης των προϊόντων σε γενικό επίπεδο.

Flow of Demand



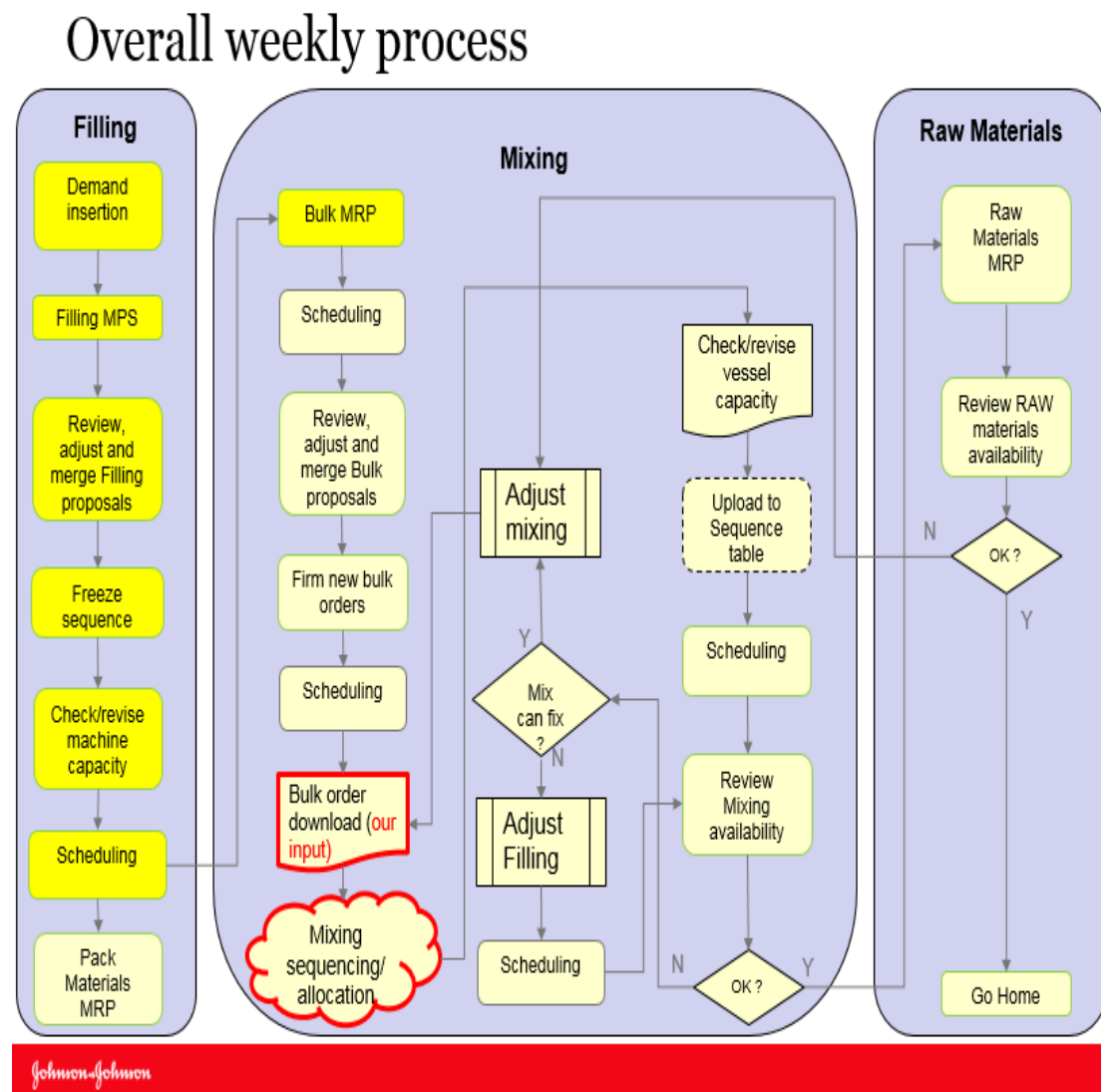
Εικόνα 4.1: Η ροή της ζήτησης

Η ζήτηση για κάθε τελικό προϊόν αποστέλλεται από τα διάφορα θυγατρικά καταστήματα (affiliates) που διαθέτει η JnJ στον Regional Supply Planner (RSP) υπό την μορφή πρόβλεψης. Τα εν λόγω καταστήματα έχουν έδρα σε διάφορες χώρες του κόσμου και είναι υπεύθυνα να διανέμουν τα προϊόντα στην αγορά. Αφού λοιπόν οι προβλέψεις της ζήτησης ληφθούν από τον RSP, αυτές «μεταφράζονται» σε εντολές αγοράς (Purchase order – PO) και αποστέλλονται στην ομάδα του προγραμματισμού παραγωγής του εργοστασίου, όπως φαίνεται παραπάνω.

Την παρούσα χρονική περίοδο, το εργοστάσιο διαθέτει ένα χρονικό διάστημα οκτώ εβδομάδων το οποίο θεωρείται «παγωμένο», με την έννοια ότι όλες οι παραγγελίες που είναι εντός αυτής της περιόδου δεν μπορούν να αλλάξουν είτε ως προς την ποσότητα είτε ως προς την επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης, όπως επίσης δεν είναι εφικτή η λήψη νέων παραγγελιών με ημερομηνία παράδοσης εντός της συγκεκριμένης περιόδου. Σε ειδικές περιπτώσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν αλλαγές εντός της «παγωμένης» περιόδου, αυτές γίνονται μόνο αν τόσο ο RSP όσο και η ομάδα του προγραμματισμού παραγωγής του εργοστασίου δώσουν την έγκριση ότι οι αλλαγές μπορούν να δρομολογηθούν, αφού εξεταστεί και επιβεβαιωθεί ότι αυτό δεν θα δημιουργήσει κάποιο πρόβλημα στο πρόγραμμα παραγωγής. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται Order Change Request (OCR).

4.3 Εβδομαδιαία διαδικασία προγραμματισμού παραγωγής

Ένα πολύ σημαντικό βήμα για την σωστή λειτουργία κάθε εργοστασίου είναι η διαχείριση της εκάστοτε ζήτησης και η δημιουργία των κατάλληλων παραγγελιών παραγωγής για την κάλυψή της. Εδώ λοιπόν, έρχεται η διαδικασία του χρονοπρογραμματισμού της παραγωγής, η οποία περιγράφεται στην εικόνα 4.2.



Εικόνα 4.2: Διάγραμμα ροής της εβδομαδιαίας διαδικασίας προγραμματισμού παραγωγής

4.3.A Επίπεδο τελικού προϊόντος (τμήμα Filling)

Η διαδικασία του χρονοπρογραμματισμού παραγωγής είναι μία διαδικασία που επαναλαμβάνεται κάθε εβδομάδα και ξεκινά με την λήψη των εντολών αγοράς σε επίπεδο τελικού προϊόντος (purchase orders – POs) στο σύστημα ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού (Enterprise Resource Planning – ERP). Αφού λοιπόν η ζήτηση γίνει γνωστή, ακολουθεί η διαμόρφωση του Βασικού Χρονοδιαγράμματος

Παραγωγής ή αλλιώς η διαδικασία του MPS (Master Production Scheduling). Με την διαδικασία αυτή, δημιουργούνται οι κατάλληλες παραγγελίες παραγωγής σε επίπεδο τελικού προϊόντος, ώστε να μπορέσει να καλυφθεί κάθε μία από τις νέες εντολές αγοράς του συστήματος.

Ωστόσο, τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά. Η ζητούμενη ποσότητα κάθε τελικού προϊόντος δεν μπορεί να είναι οποιαδήποτε, αλλά θα πρέπει να είναι ίση ή ακέραιο πολλαπλάσιο μιας συγκεκριμένης ελάχιστης ποσότητας παραγγελίας (Minimum Order Quantity – MOQ). Το MOQ διαφέρει από κωδικό σε κωδικό. Ο βασικός κανόνας λέει πως το δοχείο με την μικρότερη δυναμικότητα, όπου μπορεί να παρασκευαστεί το bulk που εμπεριέχει ο κάθε κωδικός, είναι αυτό που προσδιορίζει και το εκάστοτε MOQ. Με άλλα λόγια αν ένα bulk μπορεί να παραχθεί σε ένα δοχείο Χ τόνων και σε ένα δοχείο των 2Χ τόνων, τότε η ζητούμενη ποσότητα ενός τελικού προϊόντος που εμπεριέχει το συγκεκριμένο bulk θα έχει ως MOQ τον αριθμό των μπουκαλιών που αντιστοιχούν σε Χ τόνους bulk. Άλλος παράγοντας που επηρεάζει το MOQ των τελικών προϊόντων είναι η χωρητικότητα του μπουκαλιού κάθε κωδικού. Αν για παράδειγμα, ένα προϊόν των 200 ml και ένα των 400 ml εμπεριέχουν το ίδιο bulk, τότε είναι προφανές πως το MOQ του πρώτου θα είναι διπλάσιο από το MOQ του δεύτερου προϊόντος, καθώς χρειάζεται διπλάσιος αριθμός μπουκαλιών για να καταναλώσουν την ίδια ποσότητα bulk.

Η ύπαρξη λοιπόν του MOQ επιβάλλει τον έλεγχο κάθε νέας παραγγελίας τελικού προϊόντος και την τροποποίησή της, αν χρειάζεται, ώστε να είναι ίση ή ακέραιο πολλαπλάσιο του MOQ, λαμβάνοντας υπόψη και τα άλλα τελικά προϊόντα που μοιράζονται το ίδιο bulk. Το συγκεκριμένο βήμα έχει πολύ μεγάλη σημασία καθώς στην περίπτωση που μία παραγγελία δεν συνάδει με το MOQ, τότε θα οδηγήσει σε διάφορα προβλήματα όπως παραδείγματος χάριν αύξηση αποθέματος σε bulk, επιπλέον κόστη για πρώτες ύλες και υλικά συσκευασίας κ.ά.

Αφού λοιπόν, διορθωθούν οι παραγγελίες και λάβουν τις σωστές ποσότητες με βάση το MOQ, στην συνέχεια προγραμματίζεται η αλληλουχία με την οποία αυτές θα παραχθούν, γίνεται η κατάλληλη ανάθεση στις γραμμές παραγωγής και προσδιορίζονται οι βάρδιες που χρειάζονται. Πλέον, όλα είναι έτοιμα για να υπολογιστούν οι πραγματικές ημερομηνίες παραγωγής κάθε παραγγελίας του filling (μια διαδικασία που ονομάζεται scheduling).

Η ολοκλήρωση όλων των παραπάνω αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση ώστε να ακολουθήσει ο προγραμματισμός των απαιτήσεων τόσο σε επίπεδο ημιέτοιμου προϊόντος (Bulk Material Requirements Planning - Bulk MRP), όσο και σε υλικά συσκευασίας (Packaging Materials – Material Requirements Planning ή PM - MRP). Έτσι, μετά την εκτέλεση του PM - MRP έχει καθοριστεί το χρονοδιάγραμμα από το οποίο προκύπτει πότε και τι ποσότητα από το κάθε bulk πρέπει να παραχθεί καθώς και πότε και τι ποσότητα από κάθε υλικό συσκευασίας θα πρέπει να παραγγελθεί για να ολοκληρωθεί η παραγωγή του τελικού προϊόντος.

4.3.B Επίπεδο ημιέτοιμου προϊόντος (τμήμα Mixing)

Για την παραγωγή του τελικού προϊόντος, πέραν των υλικών συσκευασίας, απαιτείται και το αντίστοιχο ημιέτοιμο προϊόν. Όμοια διαδικασία με το PM – MRP είναι και ο προγραμματισμός των απαιτήσεων σε επίπεδο Bulk (Bulk - Material

Requirements Planning ή Bulk - MRP), ώστε να προσδιοριστούν οι επιθυμητές ημερομηνίες ολοκλήρωσης της παραγωγής και οι αντίστοιχες ποσότητες σε bulk. Ακολουθεί ένας επανέλεγχος των νέων παραγγελιών σε ημιέτοιμο προϊόν σε σύγκριση με τις παραγγελίες της προηγούμενης εβδομάδας και γίνονται οι κατάλληλες τροποποιήσεις αν χρειάζεται. Για παράδειγμα ενδέχεται για έναν κωδικό bulk να είχαμε προγραμματισμένη μία παραγωγή δύο τόνων από προηγούμενη εβδομάδα και να προέκυψαν ακόμη τέσσερις τόνοι για τον ίδιο κωδικό. Στην περίπτωση αυτή, είναι προτιμητέο να πραγματοποιηθεί παραγωγή μίας παρτίδας των έξι τόνων παρά τρεις παρτίδες των δύο τόνων κ.ο.κ.

Ακολουθώντας, οι νέες παραγγελίες τροποποιούνται στο σύστημα ώστε να απεικονίζονται ως τελικές επιβεβαιωμένες παραγγελίες παραγωγής αντί για προβλέψεις παραγγελίας που ήταν ως τώρα και αποδίδονται οι χρόνοι παραγωγής της κάθε παραγγελίας (μέσω της διαδικασίας του scheduling) με βάση την αλληλουχία και την ανάθεση δοχείου που έχει πραγματοποιηθεί από το σύστημα.

Ωστόσο, η αλληλουχία και η ανάθεση σε δοχείου από το σύστημα δεν είναι η καλύτερη δυνατή εξ ου και η ανάγκη χρήσης του εργαλείου που αναπτύξαμε. Για τον λόγο αυτό, όλες οι παραγγελίες του Mixing εξάγονται σε ένα αρχείο excel, το οποίο ονομάζεται Mixing Proposal και θα αποτελέσει την βασικότερη είσοδο του εργαλείου μας, όπως θα αναλυθεί εκτενέστερα στην συνέχεια.

Στην συνέχεια, θεωρώντας πως έχουμε την σωστή αλληλουχία και ανάθεση σε δοχείου των παραγγελιών του Mixing (Mixing sequencing and allocation), θα πρέπει να γίνει επανεκτίμηση και τροποποίηση των βαρδιών των δοχείων ανάμιξης. Έπειτα, το νέο πρόγραμμα θα μεταφορτωθεί εκ νέου στο σύστημά μας για να εκτελεστεί εκ νέου η διαδικασία του scheduling και να υπολογιστούν οι ημερομηνίες της ανάμιξης κάθε παραγγελίας.

Στην περίπτωση που το βραχυπρόθεσμο πρόγραμμα στο διάστημα των επτά με δέκα ημερών δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί, με την έννοια ότι δεν μπορούν όλες οι παρτίδες ημιέτοιμου προϊόντος να παραδοθούν εντός του απαιτούμενου χρόνου, τότε γίνεται εκ νέου έλεγχος στο πρόγραμμα αναμίξεων και οι κατάλληλες τροποποιήσεις, αν αυτό είναι εφικτό, ώστε να διορθωθεί το πρόβλημα. Αν το τμήμα του Mixing δεν είναι σε θέση να βελτιώσει το πρόγραμμα, τότε σειρά έχει ο έλεγχος και οι κατάλληλες τροποποιήσεις στο πρόγραμμα του Filling, δηλαδή ένα επίπεδο πιο πριν. Το βήμα αυτό των τροποποιήσεων επαναλαμβάνεται μέχρις ότου να έχουμε ένα πραγματοποιήσιμο βραχυπρόθεσμο πρόγραμμα τόσο σε επίπεδο αναμίξεων όσο και σε επίπεδο τελικού προϊόντος, με βάση τις ανάγκες του πελάτη. Πέραν όμως του βραχυπρόθεσμου προγράμματος, σχεδιάζεται και το πρόγραμμα αναμίξεων σε πιο μακροπρόθεσμο ορίζοντα, δηλαδή σε βάθος περίπου δύο μηνών.

4.3.Γ Επίπεδο πρώτων υλών

Το τελικό πρόγραμμα αναμίξεων είναι αυτό που θα καθορίσει και τις απαιτούμενες ανάγκες σε πρώτες ύλες. Αυτές προκύπτουν μέσω της εκτέλεσης του προγραμματισμού απαιτήσεων στο επίπεδο των πρώτων υλών (Raw Materials – Material Requirements Planning ή RM – MRP). Στην περίπτωση που προκύψει μη διαθεσιμότητα κάποιας πρώτης ύλης για τον οποιοδήποτε λόγο, τότε το πρόγραμμα αναμίξεων θα πρέπει να επανεκτιμηθεί και να τροποποιηθεί καταλλήλως, μέχρις

όπου όλες οι απαιτούμενες πρώτες ύλες να είναι διαθέσιμες και το πρόγραμμα να μπορεί να οδεύσει προς εκτέλεση.

4.4 Προσδιορισμός του προβλήματος

Όπως επισημάνθηκε και προηγουμένως, η πραγματοποίηση της κατάλληλης αλληλουχίας και ανάθεσης σε δοχείο των παραγγελιών ανάμιξης είναι η βασική αιτία της ανάπτυξης και χρήσης του εργαλείου μας και όπως φαίνεται στην εικόνα 4.2, αποτελεί το βήμα που έχει επισημανθεί με κόκκινο πλαίσιο στην εβδομαδιαία λειτουργία του προγραμματισμού της παραγωγής.

Έως και σήμερα, το βήμα αυτό της διαχείρισης των παραγγελιών ανάμιξης πραγματοποιούταν χειροκίνητα με την χρήση excel και βασιζόταν σε εμπειρικούς κανόνες και ανθρώπινους χειρισμούς. Όπως είναι λογικό όμως, η διαχείριση ενός τόσο μεγάλου όγκου παραγγελιών σε ένα φύλλο του excel, που ενδέχεται να υπερβαίνουν ακόμη και τις 700 γραμμές, καθίσταται πολύ δύσκολη έως αδύνατη. Πέραν τούτου, ο χρόνος επεξεργασίας ενός τέτοιου είδους αρχείου είναι πάρα πολύ μεγάλος και η ποιότητα του αποτελέσματος δεν είναι ανάλογη με τον χρόνο που αφιερώνεται σε αυτό.

Ένας ακόμη παράγοντας που εντείνει την δυσκολία διαχείρισης του προγράμματος αναμίξεων και κάνει επιτακτική την ανάγκη χρήσης του εργαλείου που αναπτύξαμε, είναι πως κατά την διάρκεια της εβδομάδας ενδέχεται να παρουσιαστούν αλλαγές στο πρόγραμμα του filling, καθώς βρισκόμαστε σε ένα δυναμικό περιβάλλον, όπως είναι το παραγωγικό. Οι αλλαγές αυτές είναι προφανές πως επηρεάζουν άμεσα και το τμήμα του mixing. Μια τέτοια αλλαγή μπορεί να οφείλεται για παράδειγμα στην προσθήκη μιας ή περισσότερων έκτακτων παραγγελιών ενός προϊόντος (Order Change Request - OCR) το οποίο επείγει, λόγω αύξησης των πωλήσεων, ώστε να μην μείνει η αγορά χωρίς απόθεμα (Out of Stock όπως ονομάζεται). Η επιπλέον παραγγελία οδηγεί σε αύξηση των αναγκών τόσο σε υλικά συσκευασίας όσο και σε χύμα προϊόν και πρώτες ύλες.

Επίσης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω κατά την περιγραφή της εβδομαδιαίας διαδικασίας προγραμματισμού της παραγωγής, λόγω μη διαθεσιμότητας είτε σε bulk είτε σε πρώτες ύλες, είναι πολύ συχνό φαινόμενο η επανεξέταση και τροποποίηση του προγράμματος αναμίξεων αρκετές φορές μέχρι να προκύψει το τελικό πρόγραμμα, όπου τόσο τα ημιτέτοιμα προϊόντα όσο και οι πρώτες ύλες θα είναι επαρκώς διαθέσιμες για την πραγματοποίησή του.

Γίνεται εύκολα αντιληπτό λοιπόν, ότι η διαχείριση μόνο με βάση τον ανθρώπινο παράγοντα είναι πάρα πολύ δύσκολη και χρονοβόρα.

Με την χρήση του εργαλείου που αναπτύχθηκε, ο χρόνος αυτός μειώνεται κατά πολύ και γίνεται πιο εύκολη η επανεξέταση και τροποποίηση του προγράμματος αναμίξεων που ενδέχεται να προκύψει. Επίσης, σε αντίθεση με ότι συνέβαινε έως τώρα που οι παραγγελίες που διαχειριζόμασταν περιορίζονταν σε εύρος περίπου δέκα ημερών, το εργαλείο δεν διαθέτει κάποιο περιορισμό ως προς τον αριθμό των παραγγελιών που καλείται να διαχειριστεί παρά έχουμε την δυνατότητα να επεξεργαστούμε το πρόγραμμα αναμίξεων σε μακροχρόνιο επίπεδο. Με τον τρόπο αυτό, πραγματοποιείται η κατάλληλη αλληλουχία και ανάθεση ακόμα και για

μακρινές χρονικά παραγγελίες, κάτι που σε βάθος χρόνου θα οδηγήσει σε πιο σταθερό πρόγραμμα, μειώνοντας ακόμη περισσότερο τον χρόνο επεξεργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

5.1 Γενικά

Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας λαμβάνει ως βασική είσοδο το πρόγραμμα αναμίξεων του εργοστασίου (Mixing Proposal), όπως προκύπτει από το κύριο σύστημα χρονοπρογραμματισμού, που ονομάζεται Compass. Ωστόσο, το συγκεκριμένο πρόγραμμα αναμίξεων που προτείνεται από το σύστημα Compass απαιτεί αρκετή χειροκίνητη επεξεργασία από τον υπεύθυνο του προγράμματος αναμίξεων ώστε να είναι εφικτό να υλοποιηθεί στην πραγματικότητα. Υλοποιήσιμο είναι ένα πρόγραμμα το οποίο θα πληροί δύο πολύ βασικές προϋποθέσεις:

1. Το εκάστοτε πρόγραμμα αναμίξεων θα πρέπει να στοχεύει όσο το δυνατόν περισσότερο στον περιορισμό του αριθμού των πλυσιμάτων των δοχείων (changeovers). Με τον τρόπο αυτό θα επιτευχθεί σημαντική βελτίωση της παραγωγικότητας μέσω της μείωσης του χρόνου καθυστέρησης από παρτίδα σε παρτίδα
2. Ο αριθμός των παραγγελιών που θα παραχθούν χρονικά μεταγενέστερα σε σχέση με την απαιτούμενη ημερομηνία παράδοσης, να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος. Με άλλα λόγια είναι επιθυμητό η ανάμιξη κάθε παραγγελίας να έχει πραγματοποιηθεί πριν από τον αντίστοιχο απαιτούμενο χρόνο παράδοσης

Το προτεινόμενο από το Compass πρόγραμμα αναμίξεων δεν ακολουθεί τις δύο αυτές πολύ βασικές προϋποθέσεις, εξ ου και η σημασία της επιπρόσθετης επεξεργασίας του προγράμματος η οποία πραγματοποιείται από τον αλγόριθμο που αναπτύξαμε.

5.1.1. Δεδομένα

Το εργαλείο που αναπτύχθηκε, πέραν του προτεινόμενου προγράμματος αναμίξεων όπως προκύπτει από το Compass, λαμβάνει ως δεδομένα τα εξής στοιχεία:

- τις βάρδιες κάθε δοχείου ανάμιξης όπως αυτές προκύπτουν από τον υπεύθυνο προγραμματισμού αναμίξεων με βάση την ζήτηση και το διαθέσιμο ανθρώπινο δυναμικό
- το σύνολο των δοχείων στα οποία μπορεί να παραχθεί κάθε bulk
- το χρόνο που απαιτείται για να παραχθεί κάθε bulk στο αντίστοιχο δοχείο
- το χρόνο που χρειάζεται κάθε δοχείο για το πλύσιμο και αποστείρωσή του έπειτα από την παραγωγή ενός bulk. Αν στο ίδιο δοχείο παραχθούν διαδοχικά δύο ή περισσότερες παρτίδες του ίδιου bulk τότε ο χρόνος πλυσίματος μεταξύ των παραγγελιών αυτών είναι μηδενικός
- αφρώδη bulk (Foaming): ένας συγκεκριμένος αριθμός bulk κατά την παραγωγή τους έχουν την ιδιαιτερότητα να προκαλούν μεγάλο όγκο αφρού, πράγμα που κάνει αναγκαία την ειδική διαχείριση τους σε σχέση με τα υπόλοιπα, όπως θα περιγραφεί στην συνέχεια

- flushing: υπάρχουν bulks τα οποία έχουν παρόμοια σύσταση σε τέτοιο βαθμό που μπορούν να θεωρηθούν ότι αποτελούν το ίδιο ακριβώς bulk. Στην περίπτωση αυτή που έχουμε διαδοχικά ανάμιξη κωδικών που είναι flushing μεταξύ τους, ο χρόνος πλυσίματος του δοχείου είναι μηδενικός. Αξίζει εδώ να αναφερθεί πως η σχέση αυτή μεταξύ δύο flushing κωδικών δεν είναι απαραίτητα αμφίδρομη, δηλαδή αν το bulk A έχει ως flushing το bulk B, αυτό δεν σημαίνει ότι και το bulk B έχει ως flushing το bulk A

5.1.2. Έξοδος

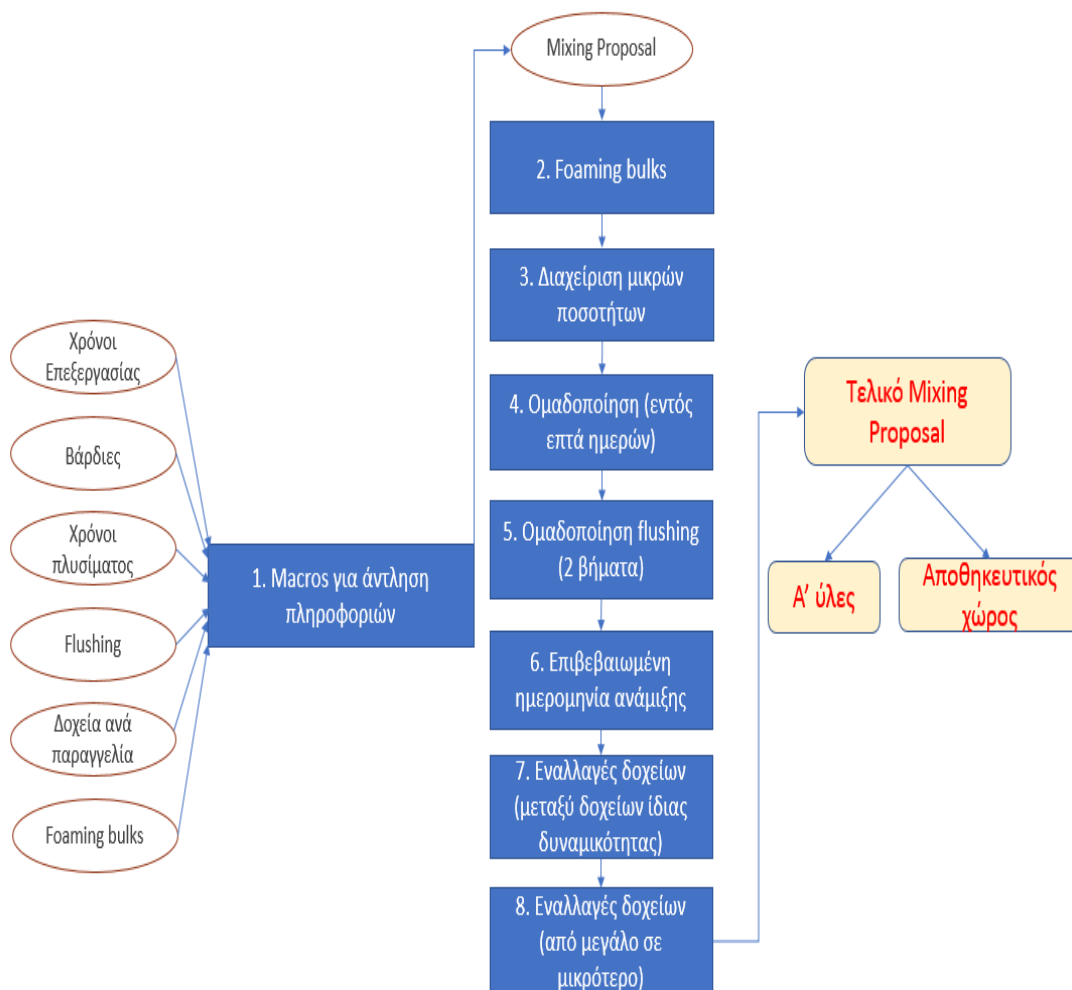
Το πιο σημαντικό αποτέλεσμα του εργαλείου που αναπτύχθηκε και βασικό ζητούμενο αποτελεί το πρόγραμμα αναμίξεων του εργοστασίου. Σαν απόρροια αυτού προκύπτει επιπλέον ο απαιτούμενος αποθηκευτικός χώρος καθώς επίσης και οι ανάγκες των πρώτων υλών.

Οι παραδοχές που πραγματοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξη του αλγορίθμου είναι:

- Θεωρούμε ότι ο αποθηκευτικός χώρος είναι απεριόριστος. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας δεν απαιτείται να εξετάζουμε αν το πρόγραμμα αναμίξεων, που προκύπτει μετά την εκτέλεση του εργαλείου μας, δημιουργεί κάποιο πρόβλημα στον χώρο της αποθήκης
- Η προμήθεια των πρώτων υλών που απαιτούνται για την παραγωγή των παραγγελιών θεωρείται just in time. Με τον τρόπο αυτό όλες οι πρώτες ύλες είναι άμεσα διαθέσιμες προς χρήση
- Στο πρόγραμμα αναμίξεων που λαμβάνεται ως είσοδος (όπως αυτό προκύπτει από το Compass) υπάρχουν κάποιες παραγγελίες οι οποίες θεωρούμε πως δεν γίνεται να μεταβληθούν ή με άλλα λόγια ονομάζονται «παγωμένες». Αυτό σημαίνει ότι ο αλγόριθμος λαμβάνει ως δεδομένα την σειρά εκτέλεσης, το δοχείο στο οποίο έχει αντιστοιχιστεί καθώς και τον χρόνο που θα παραδοθεί κάθε μια εκ των «παγωμένων» παραγγελιών

5.2 Διάγραμμα Ροής

Στο παρακάτω διάγραμμα ροής παρουσιάζεται η πορεία την οποία ακολουθεί ο αλγόριθμος για την βελτιστοποίηση του προγράμματος αναμίξεων:



Εικόνα 5.1: Διάγραμμα Ροής Αλγορίθμου

Σε κυκλικό πλαίσιο παρουσιάζονται τα δεδομένα που χρησιμοποιεί ο αλγόριθμος ως είσοδο, με τετράγωνο έχουμε τα βήματα που ακολουθεί, ενώ με κόκκινα γράμματα παρατίθενται οι έξοδοί του.

5.3 Βήματα Εκτέλεσης αλγορίθμου

Τα επιμέρους προγράμματα του εργαλείου που αναπτύξαμε θα πρέπει να εκτελούνται με την σειρά που φαίνεται στο διάγραμμα ροής της εικόνας 5.1. Αυτό γιατί, το καθένα εξ αυτών έχει δημιουργηθεί να λαμβάνει ως είσοδο την έξοδο του αμέσως προηγούμενου βήματος με στόχο την περαιτέρω βελτίωση της εικόνας που έχει το πρόγραμμα έως αυτό το σημείο.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα ροής του αλγορίθμου που παρατέθηκε παραπάνω, έχουμε τα εξής βήματα εκτέλεσης:

5.3.1. Macros για άντληση πληροφοριών

Το εργαλείο μας εκκινεί με την άντληση των δεδομένων και την εισαγωγή τους στο προτεινόμενο πρόγραμμα αναμίξεων από το σύστημα του Compass. Η άντληση των στοιχείων που μας ενδιαφέρουν πραγματοποιείται απευθείας από τα αρχεία που

διαθέτει το τμήμα προγραμματισμού παραγωγής του εργοστασίου και αφορούν κάθε είδους bulk και δοχείο ανάμιξης.

Το πρώτο αυτό βήμα αποτελείται από τρία επιμέρους προγράμματα μακροεντολών:

- Το πρώτο πρόγραμμα macro αντλεί τον χρόνο επεξεργασίας κάθε παραγγελίας στο δοχείο που έχει ήδη ανατεθεί, το σύνολο των δοχεία που μπορεί να παραχθεί εναλλακτικά καθώς και τους αντίστοιχους χρόνους επεξεργασίας σε καθένα από τα δοχεία αυτά
- Το δεύτερο πρόγραμμα μακροεντολών αντλεί τις ημερήσιες βάρδιες λειτουργίας κάθε δοχείου ανάμιξης
- Το τρίτο πρόγραμμα μακροεντολών εξετάζει την πιθανότητα ύπαρξης flushing κωδικών εντός του προγράμματος αναμίξεων. Πιο συγκεκριμένα, κάθε bulk του προγράμματος αναμίξεων το αντιστοιχίζουμε με τα bulks, ένα ή και περισσότερα, με τα οποία είναι flushing

Η σημασία του πρώτου αυτού βήματος έγκειται στο γεγονός ότι έπειτα από την εκτέλεση του, πλέον όλα τα δεδομένα του προβλήματός μας έχουν συγκεντρωθεί στο ίδιο αρχείο excel στο οποίο περιέχεται και το προτεινόμενο από το Compass πρόγραμμα αναμίξεων και το οποίο εμείς στην συνέχεια θα επεξεργαστούμε για να προκύψει η τελική του μορφή.

Επειδή, βασικό μας κριτήριο αποτελεί η έγκαιρη παραγωγή των παραγγελιών χύμα προϊόντος, στην αρχή της εκτέλεσης των μακροεντολών γίνεται ταξινόμηση των παραγγελιών ως προς την επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης. Από την στιγμή που ταξινομήσαμε τις παραγγελίες βάσει της επιθυμητής ημερομηνίας παράδοσης, το πρόγραμμα ακολουθεί αυτή την στιγμή την λογική FIFO (First- In-First-Out). Με τον τρόπο αυτό προκύπτει και η βάση πάνω στην οποία θα δουλέψει το εργαλείο μας.

5.3.2. Αφρίζοντα χύμα προϊόντα

Όπως αναφέραμε νωρίτερα, υπάρχουν κάποια προϊόντα τα οποία κατά την παραγωγή τους δημιουργούν αφρό. Αυτό κάνει αναγκαία την αποθήκευσή τους για επτά ημέρες έως ότου να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο τελικό στάδιο των γεμιστικών μηχανών, σε αντίθεση με τα μη αφρίζοντα προϊόντα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα μετά την παραγωγή τους, για το γέμισμα φιαλιδίων. Στόχος, λοιπόν, του δεύτερου βήματος εκτέλεσης του αλγορίθμου είναι να συνυπολογιστούν οι επτά αυτές ημέρες καθυστέρησης στην περίπτωση των προϊόντων με αφρό, φροντίζοντας όλοι οι κωδικοί με την προαναφερθείσα ιδιαιτερότητα να παραχθούν μία εβδομάδα νωρίτερα σε σχέση με τον φαινομενικά απαιτούμενο χρόνο παράδοσης.

5.3.3. Διαχείριση μικρών ποσοτήτων παραγγελίας

Σε ορισμένες εκ των παραγγελιών του προγράμματος αναμίξεων, συναντάμε την περίπτωση η ζητούμενη ποσότητα είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με την δυναμικότητα που διαθέτει το αντίστοιχο δοχείο ανάμιξης. Στις περιπτώσεις που η ποσότητα αυτή είναι μικρότερη από το 10% της δυναμικότητας του δοχείου, η

παραγγελία αυτή προγραμματίζεται να παραχθεί με την αμέσως επόμενη παραγγελία του ίδιου κωδικού. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται να παραχθεί μία ολόκληρη παρτίδα bulk όταν η ποσότητα που στην πραγματικότητα χρειαζόμαστε είναι αισθητά μικρότερη και δεν επιβαρύνεται η αποθήκη με προϊόντα τα οποία δεν θα αναλωθούν άμεσα από τις γεμιστικές μηχανές.

5.3.4. Ομαδοποίηση εντός επτά ημερών

Ένα από τα σημαντικότερα βήματα του αλγορίθμου αποτελεί η ομαδοποίηση παραγγελιών που αναφέρονται στον ίδιο κωδικό προϊόντος. Η ομαδοποίηση αυτή πραγματοποιείται μόνο όταν οι απαιτούμενες ημερομηνίες παράδοσης των παραγγελιών του ίδιου κωδικού βρίσκονται εντός του διαστήματος των επτά ημερών.

Παράλληλα, εξετάζουμε αν οι ομαδοποιημένες αυτές παραγγελίες που βρίσκονται στο διάστημα των επτά ημερών έχουν ανατεθεί προς παραγωγή στο ίδιο ή σε διαφορετικά δοχεία ανάμιξης. Αν για κάποιο λόγο έχουν προγραμματιστεί να παραχθούν σε διαφορετικά δοχεία, τότε γίνεται ανάθεση στο πρωτεύον δοχείο, όπως αυτό έχει οριστεί βάσει των προδιαγραφών του εκάστοτε κωδικού χύμα προϊόντος. Έτσι, εξασφαλίζουμε πως στην ίδια χρονική περίοδο απασχολείται μόνο ένα δοχείο για την παρασκευή ενός μόνο bulk. Αυτό μπορεί να συμβεί βέβαια στην περίπτωση για παράδειγμα που κάποιο bulk είναι εκτάκτως απαραίτητο ή απαιτείται πολύ μεγάλη ποσότητα για την ίδια χρονική περίοδο και η απασχόληση παραπάνω από ένα δοχείο αποτελεί μονόδρομο. Ωστόσο, αυτό δεν παύει να αποτελεί την εξαίρεση.

Η σημασία του εν λόγω macro έγκειται στο γεγονός ότι όλες οι παραγγελίες του ίδιου κωδικού σε επίπεδο εβδομάδας παράγονται διαδοχικά η μία μετά την άλλη στο ίδιο δοχείο χωρίς να απαιτείται επιπλέον πλύσιμο και αποστείρωσή του. Ο χρόνος λοιπόν που εξοικονομείται με τον τρόπο αυτό μεταφράζεται σε μείωση του αριθμού των πλυσιμάτων και αύξηση των παραγόμενων παραγγελιών και αν σκεφτούμε ακόμη πιο μακροπρόθεσμα, τελικά, σε καλύτερη εξυπηρέτηση του πελάτη.

5.3.5. Ομαδοποίηση flushing κωδικών

Με την ίδια λογική με το βήμα 4 λειτουργεί και το βήμα 5 του αλγορίθμου μας μόνο που στην προκειμένη περίπτωση αντί για παραγγελίες ίδιου κωδικού εξετάζουμε την ύπαρξη κωδικών flushing εντός του διαστήματος της μιας εβδομάδας.

Το συγκεκριμένο βήμα αποτελείται ουσιαστικά από δύο ξεχωριστά macros:

- Το πρώτο εξ αυτών εξετάζει, για κάθε μία από τις παραγγελίες, αν ο αντίστοιχος κωδικός προϊόντος αποτελεί ο ίδιος flushing για κάποια μεταγενέστερη χρονικά παραγγελία εντός διαστήματος μιας εβδομάδας. Αν αυτό συμβαίνει, τότε η παραγγελία που ήταν προγραμματισμένη να παραχθεί μεταγενέστερα, μεταφέρεται ώστε να παραχθεί πριν την παραγγελία που εξετάζουμε και αποτελεί τον flushing κωδικό. Με τον τρόπο αυτό εκμεταλλευόμαστε την αλληλουχία κωδικών που είναι flushing.

- Το δεύτερο πρόγραμμα macro εξετάζει, για κάθε μία από τις παραγγελίες, αν ο αντίστοιχος κωδικός προϊόντος διαθέτει έναν ή και παραπάνω κωδικούς flushing και αν ναι τότε αναζητεί αν υπάρχει μεταγενέστερη χρονικά παραγγελία κάποιου εκ των flushing κωδικών. Στην περίπτωση που υπάρχει, τότε οι παραγγελίες του flushing κωδικού προγραμματίζονται προς παραγωγή αμέσως μετά την παραγγελία που εξετάζουμε.

Παράδειγμα 5.1

Παρακάτω ακολουθεί ένα απλό παράδειγμα για να γίνει κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας το βήματος 5:

Έστω ότι η αλληλουχία τεσσάρων κωδικών ενός δοχείου αναμίξεων είναι η ακόλουθη:

Κωδικός	Έχει ως flushing:
A	Δ
B	
Γ	A
Δ	

Πίνακας 5.1: Παράδειγμα αρχικής αλληλουχίας τεσσάρων κωδικών

Ο κωδικός A έχει ως flushing τον κωδικό Δ και ο κωδικός Γ έχει ως flushing τον κωδικό Γ. Στην προκειμένη περίπτωση στο δοχείο ανάμιξης θα πρέπει να πραγματοποιηθούν τρία πλυσίματα.

Μετά την εκτέλεση του πρώτου μέρους του βήματος 5, η νέα αλληλουχία μεταξύ των κωδικών θα ήταν η εξής:

Κωδικός	έχει ως flushing:
Γ	A
A	Δ
B	
Δ	

Πίνακας 5.2: Αλληλουχία κωδικών μετά την εκτέλεση του πρώτου βήματος Flushing

Στο βήμα αυτό εξετάστηκε αν ο κάθε κωδικός αποτελεί flushing για κάποια εκ των μεταγενέστερων χρονικά παραγγελιών και βρέθηκε ότι ο κωδικός A αποτελεί flushing του κωδικού Γ. Επομένως, ο κωδικός Γ είναι προτιμότερο να παραχθεί πριν τον κωδικό A ώστε να εκμεταλλευτούμε την ιδιότητα του flushing και ο αριθμός των πλυσιμάτων το δοχείου από τρία, που ήταν πριν να γίνει 2.

Τέλος, μετά και την εκτέλεση του δεύτερου μέρους του βήματος 5, η σειρά παραγωγής των κωδικών θα ήταν η κάτωθι:

Κωδικός	έχει ως flushing:
Γ	A
A	Δ
Δ	
B	

Πίνακας 5.3: Τελική αλληλουχία κωδικών έπειτα από την ολοκλήρωση της ομαδοποίησης flushing

Εδώ εξετάστηκε αν ο κάθε κωδικός έχει ως flushing κάποιον εκ των επόμενων χρονικά κωδικών. Στην περίπτωση μας, ο A έχει ως flushing τον Δ και επομένως ο κωδικός Δ θα πρέπει να παραχθεί αμέσως μετά τον κωδικό A. Τελικά, με τον τρόπο αυτό ο αριθμός των changeovers μειώθηκε σε ένα.

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι το βήμα 5 λαμβάνει υπόψη την ομαδοποίηση εντός επτά ημερών του βήματος 4. Αν δηλαδή στο προηγούμενο παράδειγμα είχαμε δύο παραγγελίες του κωδικού Δ διαδοχικά η μία με την άλλη τότε η τελική σειρά παραγωγής των κωδικών θα ήταν: Γ, A, Δ, Δ, B.

5.3.6. Επιβεβαιωμένη ημερομηνία ανάμιξης

Έχοντας ως δεδομένη την αλληλουχία των παραγγελιών έπειτα από την εκτέλεση των προηγούμενων βημάτων, το εν λόγω macro υπολογίζει τις ημερομηνίες παράδοσης κάθε παρτίδας, δηλαδή το πότε η κάθε παραγγελία θα έχει ολοκληρωθεί, με βάση τους χρόνους επεξεργασίας κάθε κωδικού προϊόντος στο αντίστοιχο δοχείο ανάμιξης και τις βάρδιες με τις οποίες αυτό λειτουργεί. Επίσης, υπολογίζει την απόκλιση μεταξύ της επιβεβαιωμένης ημερομηνίας ανάμιξης κάθε παρτίδας από την επιθυμητή ημερομηνία παράδοσής της, ώστε να μπορεί να προσδιοριστεί ευκρινώς αν αυτή παράγεται εντός ή εκτός του απαιτούμενου χρόνου.

5.3.7. Εναλλαγές δοχείων – μεταξύ δοχείων μεγάλης δυναμικότητας

Αποτελεί το πολυπλοκότερο από άποψη υλοποίησης βήμα του εργαλείου μας και αποτελείται από το κυρίως πρόγραμμα και τέσσερα επιπλέον υποπρογράμματα που καλούνται κατά την διάρκεια της εκτέλεσης.

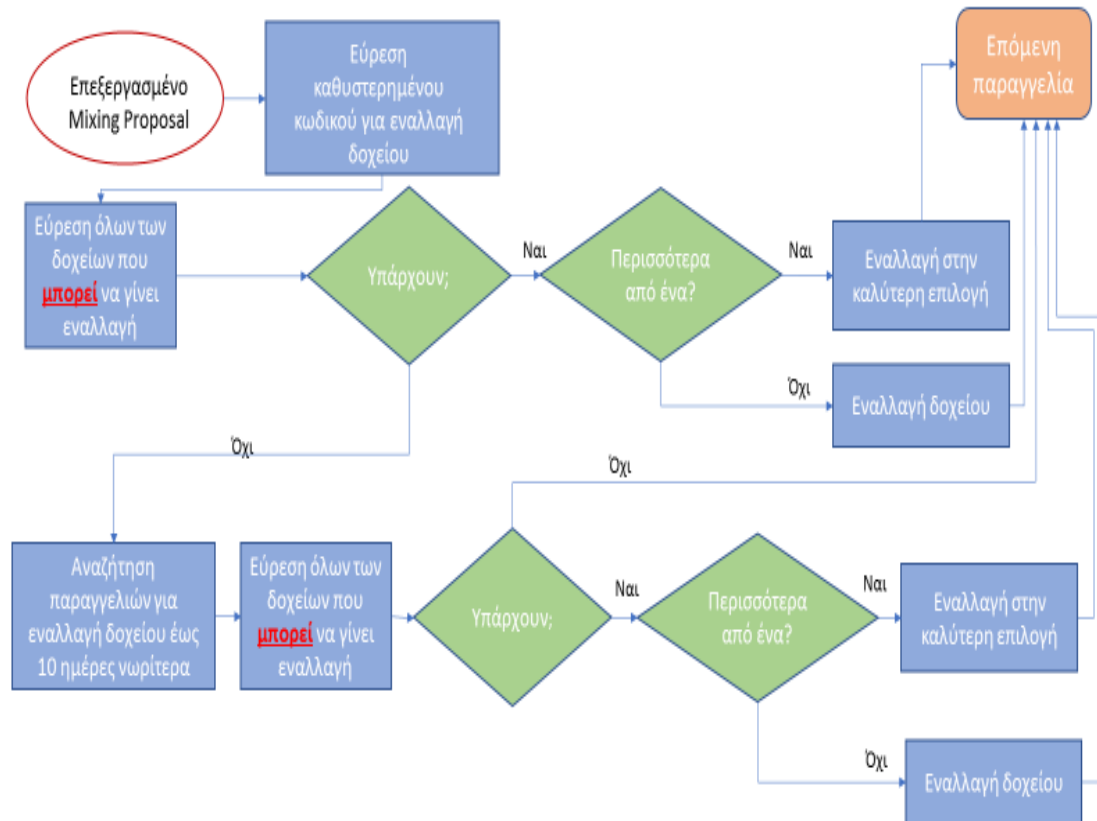
Ουσιαστικά το βήμα αυτό καλείται να διαχειριστεί εκείνες τις παραγγελίες των δοχείων μεγάλης δυναμικότητας που, έπειτα από την εκτέλεση των προηγούμενων βημάτων, δεν έγινε εφικτό να παραχθούν εντός του απαιτούμενου χρόνου, οπότε και καθυστερούν. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να αναζητηθούν τα υπόλοιπα δοχεία ίδιας δυναμικότητας που βάσει προδιαγραφών μπορούν να παράγουν κάθε έναν από τους εμπλεκόμενους κωδικούς, να ελεγχθεί αν στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα υπάρχει η δυνατότητα να παραχθούν σε κάποιο από τα εναλλακτικά δοχεία με στόχο την βελτίωση της κατάστασης και να γίνει η κατάλληλη ανάθεση σε κάποιο εξ αυτών.

Η λογική πίσω από το συγκεκριμένο βήμα είναι πως, αν κάποια παραγγελία καθυστερεί να παραχθεί σε ένα δοχείο π.χ. A, τότε θα πρέπει να παραχθεί σε κάποιο άλλο δοχείο. Αν αυτό δεν είναι εφικτό, τότε θα εξεταστεί αν κάποια από τις

παραγγελίες που παράγονται νωρίτερα στο δοχείο A συμφέρει να παραχθούν σε κάποιο άλλο δοχείο ακόμη και αν δεν παρουσιάζουν καθυστέρηση, απλά και μόνο για να καλυφθεί η καθυστέρηση της αρχικώς υπό εξέταση παραγγελίας.

Το εν λόγω κομμάτι του εργαλείου μας έχει ως είσοδο το πρόγραμμα αναμίξεων όπως διαμορφώθηκε έπειτα από την εκτέλεση όλων των προηγούμενων βημάτων.

Η πορεία που ακολουθείται, φαίνεται στο διάγραμμα ροής της εικόνας 5.2.



Εικόνα 5.2: Διάγραμμα ροής των μακροεντολών για εναλλαγή δοχείου

Αρχικά, σειριακά στο πρόγραμμα αναμίξεων, γίνεται αναζήτηση κάποιας παραγγελίας η οποία παράγεται τουλάχιστον έξι ημέρες αργότερα σε σχέση με την επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης. Η παραγγελία αυτή είναι υποψήφια για εναλλαγή δοχείου, συμπεριλαμβανομένων όμως και των υπολοίπων παραγγελιών του ίδιου κωδικού προϊόντος, αν υπάρχουν, που έχουν ομαδοποιηθεί μαζί από προηγούμενο βήμα. Η λογική που ακολουθήσαμε είναι πως, αν υπάρχει καμπάνια ενός προϊόντος τότε παραμένουμε πιστοί σε αυτή και δεν διαχωρίζουμε τις ομαδοποιημένες παραγγελίες.

Όπως αναφέραμε και στο κεφάλαιο 4, δεν είναι εφικτό κάθε κωδικός προϊόντος να παράγεται σε οποιοδήποτε δοχείο, αλλά σε μερικά εξ αυτών βάσει προδιαγραφών. Έτσι, πριν γίνει οποιαδήποτε εναλλαγή δοχείου, πρώτα εξετάζουμε αν κάποιο από τα συμβατά με τον κωδικό δοχεία έχει την δυναμικότητα ώστε να παράξει τις υπό εξέταση παραγγελίες, αν ανατεθούν σε αυτό.

Για να αποφανθούμε για το αν ένα δοχείο μπορεί να παράξει τις επιπλέον παραγγελίες θα πρέπει να εξετάσουμε δύο παραμέτρους. Η πρώτη είναι να δούμε

αν οι υπό εξέταση παραγγελίες θα είναι εντός ή εκτός χρόνου στην περίπτωση που μετακινηθεί στο νέο δοχείο. Για τον λόγο αυτό αρκεί να αναζητήσουμε την παραγγελία του υπό εξέταση νέου δοχείου που θα παραχθεί αμέσως πριν από τις παραγγελίες προς μετακίνηση. Αν η παραγγελία αυτή παράγεται για παράδειγμα 2 ημέρες νωρίτερα από την επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης και οι παραγγελίες που εξετάζουμε προς εναλλαγή έχουν χρόνο επεξεργασίας μικρότερο από αυτές τις δύο ημέρες, αυτό σημαίνει πως οι παραγγελίες μας θα παραχθούν εντός χρόνου. Ωστόσο, θα πρέπει να πληρείται και μία δεύτερη παράμετρος ώστε να θεωρηθεί πως το δοχείο έχει την δυναμικότητα να παράξει τις υπό εξέταση παραγγελίες. Έχουμε θεωρήσει ότι θα πρέπει για τις επόμενες επτά ημέρες καμία εκ των παραγγελιών του υπό εξέταση νέου δοχείου να μην καθυστερεί αν σε αυτές προστεθούν επιπλέον και οι παραγγελίες που προέρχονται από το αρχικό δοχείο. Μόνον, όταν πληρούνται και οι δύο αυτές προϋποθέσεις, το δοχείο θεωρείται ως επιλογή για να μετακινηθούν οι αρχικές παραγγελίες.

Παράδειγμα 5.2

Ένα απλό παράδειγμα για να καταλάβουμε την συλλογιστική πορεία που ακολουθούμε, παρατίθεται παρακάτω:

Δοχείο	Προϊόν	Επιθυμητή ημερομηνία	Ημερομηνία παραγωγής	Διαφορά ημερών	Χρόνος επεξεργασίας
A	1	24-Ιαν	24-Ιαν	0	
B	2	24-Ιαν	23-Ιαν	-1	
A	3	25-Ιαν	26-Ιαν	1	8
B	X	27-Ιαν	25-Ιαν	-2	
B	X	29-Ιαν	25-Ιαν	-4	
B	> 1 ημέρας	
B	X	01-Φεβ	29-Ιαν	-2	

Πίνακας 5.4: Ενδεικτικό πρόγραμμα αναμίξεων

Παρατηρούμε ότι στην τρίτη γραμμή του πίνακα 5.1 υπάρχει η παραγγελία του προϊόντος 3 η οποία παράγεται καθυστερημένα κατά μία ημέρα στο δοχείο A. Ο κωδικός αυτός μπορεί να παραχθεί και στο δοχείο B με χρόνο επεξεργασίας 8 ώρες. Άρα, θα πρέπει να ελέγξουμε την επιλογή του δοχείου B.

Το πρώτο βήμα που εξετάζουμε, όπως περιγράψαμε παραπάνω, είναι, αν η προς μετακίνηση παραγγελία θα είναι εντός ή εκτός χρόνου και στο υπό εξέταση νέο δοχείο B. Για το λόγο αυτό αναζητούμε την προηγούμενη παραγγελία του δοχείου B, η οποία, όπως φαίνεται στο παράδειγμα, παράγεται κατά μία ημέρα νωρίτερα και παραδίδεται στις 23 Ιανουαρίου. Στην περίπτωση αυτή, η υπό εξέταση παραγγελία, που έχει 8 ώρες χρόνο επεξεργασίας, θα είναι εντός χρόνου, καθώς η επιθυμητή ημερομηνία παράδοσής της είναι 25 Ιανουαρίου. Επομένως, πληρείται η πρώτη παράμετρος.

Η δεύτερη παράμετρος εξετάζει αν στον χρονικό ορίζοντα των επτά ημερών, το νέο δοχείο B μπορεί να υποστηρίξει την επιπλέον παραγωγή της υπό εξέταση παραγγελίας, με την έννοια να μην βγει κάποια άλλη παραγγελία εκτός χρόνου. Στην προκειμένη περίπτωση όλες οι παραγγελίες παράγονται νωρίτερα από την

επιθυμητή ημερομηνία και η μετακίνηση της υπό εξέταση παραγγελίας στο δοχείο B δεν θα δημιουργήσει πρόβλημα καθυστέρησης σε κάποια εκ των παραγγελιών. Από την στιγμή που πληρούνται και οι δύο παράμετροι, η εναλλαγή του δοχείου μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Στην περίπτωση που υπάρχουν περισσότερα από ένα δοχεία τα οποία στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα που εξετάζουμε πληρούν και τις δύο παραμέτρους που αναφέρθηκαν προηγουμένως, η ανάθεση των υπό εξέταση παραγγελιών θα γίνει στο δοχείο το οποίο έχει μικρότερο μέσο χρόνο καθυστέρησης, ώστε να μην επιβαρύνουμε επιπλέον κάποιο δοχείο το οποίο γενικά είναι ήδη βεβαρυμμένο.

Παρόλα αυτά, υπάρχει και το ενδεχόμενο κανένα από τα εναλλακτικά δοχεία να μην πληρούν τις δύο παραπάνω παραμέτρους. Στην περίπτωση αυτή, αντί να εξετάσουμε αν μπορούν να μεταφερθούν σε άλλο δοχείο αυτές καθαυτές οι καθυστερημένες παραγγελίες, θα εξετάζουμε αν άλλες παραγγελίες, που παράγονται πρωτίτερα χρονικά στο ίδιο δοχείο, μπορούν να παραχθούν σε κάποιο άλλο δοχείο, ασχέτως αν αυτές καθυστερούν, με την ίδια ακριβώς λογική με προηγουμένως. Με τον τρόπο αυτό, αν μετακινηθούν σε άλλο δοχείο κάποιες παραγγελίες, το δοχείο θα μπορέσει να αποφορτιστεί και να βελτιωθεί η αρχική κατάσταση. Θεωρήσαμε πως το διάστημα των δέκα ημερών νωρίτερα θα είναι και το όριο μέχρι το οποίο πρέπει να εξετάσουμε για εύρεση εναλλακτικών παραγγελιών.

Κάθε φορά που πραγματοποιείται κάποια εναλλαγή δοχείου, γίνεται εκτέλεση εκ νέου του βήματος της επιβεβαιωμένης ημερομηνίας παράδοσης, ώστε να ενημερωθούν οι ημερομηνίες με βάση την νέα αλληλουχία των παραγγελιών.

Όταν εκτελεστεί η διαδικασία σε όλο το μήκος του Mixing Proposal, αυτή θα επαναληφθεί ξανά, εξετάζοντας τώρα τις παραγγελίες που καθυστερούν για παραπάνω από 3 ημέρες σε σχέση με την επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης και στην συνέχεια θα επαναληφθεί εκ νέου για οποιαδήποτε καθυστερημένη παραγγελία. Όπως είναι λογικό, αρχικά εξετάζουμε μόνο παραγγελίες με μεγάλη καθυστέρηση (μεγαλύτερη των 6 ημερών και όχι λιγότερο), ούτως ώστε να μην γίνεται άσκοπος έλεγχος για εναλλαγές δοχείου. Με άλλα λόγια, κάποιες καθυστερήσεις της τάξης των 1-2 ημερών ενδέχεται να εξαλειφθούν σε κάθε περίπτωση λόγω της εναλλαγής δοχείου που θα πραγματοποιηθεί για παραγγελίες με μεγαλύτερη καθυστέρηση.

5.3.8. Εναλλαγές δοχείων – από δοχείο μεγάλης προς δοχείο μικρότερης δυναμικότητας

Αφού έχει ολοκληρωθεί το βήμα της πραγματοποίησης εναλλαγής μεταξύ δοχείων μεγάλης δυναμικότητας και υπάρχουν ακόμη παραγγελίες οι οποίες καθυστερούν να παραχθούν, τότε θα πρέπει να εξετάσουμε για εναλλαγές από κάποιο δοχείο μεγάλης δυναμικότητας σε ένα εκ των μικρότερης δυναμικότητας δοχείων.

Ακριβώς την ίδια λογική με προηγουμένως ακολουθούμε και κατά την εναλλαγή από κάποιο μεγάλο δοχείο σε κάποιο εκ των δοχείων μικρότερης δυναμικότητας. Δηλαδή, αναζητούμε κάποια παραγγελία που είναι εκτός χρόνου στο μεγάλο δοχείο και εξετάζουμε αν μπορεί να μεταφερθεί σε κάποιο εκ των μικρότερων αυτή την φορά. Και σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να πληρούνται οι δύο προϋποθέσεις που περιγράψαμε νωρίτερα, δηλαδή η παραγγελία που θα μεταφερθεί στο νέο

δοχείο θα πρέπει να παράγεται προφανώς εντός χρόνου και να μην δημιουργείται πρόβλημα καθυστέρησης για τις παραγγελίες των επόμενων επτά ημερών.

Αν υπάρχουν περισσότερες από μία εναλλακτικές, τότε επιλέγουμε το δοχείο με τον καλύτερο μέσο χρόνο καθυστέρησης. Αν από την άλλη δεν υπάρχει κάποιο δοχείο που να πληροί τις δύο προϋποθέσεις μας, τότε εξετάζονται προς μεταφορά άλλες παραγγελίες που προηγούνται χρονικά της καθυστερημένης παραγγελίας.

Η διαφορά και παράλληλα η δυσκολία του συγκεκριμένου βήματος όμως είναι πως, λόγω της διαφοράς στην δυναμικότητα των δοχείων, ο αριθμός των παραγγελιών στο νέο δοχείο δεν είναι ίσος με τον αριθμό των παραγγελιών του αρχικού, όπως συνέβαινε προηγουμένων κατά την εναλλαγή των παραγγελιών μεταξύ ίδιας δυναμικότητας δοχείων.

Ενδεικτικά, αν μία παραγγελία ενός δοχείου για παράδειγμα 10 τόνων, πρέπει να μεταφερθεί σε ένα δοχείο των 4 τόνων, τότε θα πρέπει να παραχθούν 3 παραγγελίες στο νέο δοχείο.

Γενικότερα, αν το μεγάλο δοχείο έχει δυναμικότητα X τόνους και πρέπει να πραγματοποιηθεί εναλλαγή παραγγελιών σε μικρότερο δοχείο δυναμικότητας Y , τότε ο αριθμός των παραγγελιών στο νέο δοχείο θα είναι:

1. Αριθμός παραγγελιών στο μικρής δυναμικότητας δοχείο = $\text{Round}\left(\frac{X}{Y} * (\text{Αριθμός παραγγελιών στο μεγάλης δυναμικότητας δοχείο})\right)$

Αν για παράδειγμα έχουμε μία παραγγελία σε δοχείο εννέα τόνων και πρέπει να μεταφερθεί σε δοχείο των τριών τόνων, τότε:

$$\begin{aligned} \text{Αριθμός παραγγελιών σε 3-τονο} &= \text{Round}\left(\frac{9}{3} * (1 \text{ παραγγελία } 9\text{-τονο})\right) \\ &=> 3 \text{ παραγγελίες σε 3-τονο} \end{aligned}$$

Στην περίπτωση που έχουμε δύο παραγγελίες σε δοχείο εννέα τόνων και πρέπει να μεταφερθεί σε δοχείο τεσσάρων τόνων, τότε:

$$\begin{aligned} \text{Αριθμός παραγγελιών σε 4-τονο} &= \text{Round}\left(\frac{9}{4} * (2 \text{ παραγγελίες } 9\text{-τονο})\right) \\ &=> 5 \text{ παραγγελίες σε 4-τονο} \end{aligned}$$

Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι συνήθως τα δοχεία μεγάλης δυναμικότητας είναι και αυτά που έχουν αναλάβει να παράξουν και το μεγαλύτερο όγκο παραγγελιών, ενώ τα μικρότερα δοχεία έχουν περιθώριο να φιλοξενήσουν επιπλέον παραγγελίες προς παραγωγή. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που εξετάζεται η μεταφορά παραγγελιών από τα μεγάλα προς τα μικρότερα δοχεία και όχι το αντίστροφο. Επίσης, κάθε εργοστάσιο έχει ως βασικό μέλημα τον ισοδύναμο, όσο γίνεται, βαθμό χρησιμοποίησης των γραμμών παραγωγής του, ώστε να μην επιβαρύνονται συγκεκριμένες γραμμές παραγωγής έναντι κάποιων άλλων. Έτσι, το βήμα της εναλλαγής παραγγελιών μεταξύ των δοχείων στοχεύει προς αυτή την κατεύθυνση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

6.1 Γενικά

Αφού λοιπόν αναλύθηκαν τα βήματα εκτέλεσης και η λειτουργία του αλγορίθμου, στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστούν τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του, όταν ως είσοδο χρησιμοποιηθεί το Mixing proposal.

Το πλήθος των παραγγελιών που καλείται να διαχειριστεί το εργαλείο που αναπτύχθηκε ενδέχεται να είναι περισσότερες από επτακόσιες σε πραγματικές βιομηχανικές συνθήκες. Κάθε παραγγελία ουσιαστικά ισοδυναμεί με μία γραμμή ενός αρχείου excel, η οποία περιέχει τις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζονται. Επομένως, η βασική είσοδος αποτελείται από περισσότερες από επτακόσιες γραμμές σε ένα φύλλο excel. Ο αριθμός αυτός είναι προφανές πως κυμαίνεται από εβδομάδα σε εβδομάδα, καθώς είναι άμεσα εξαρτώμενος από την εκάστοτε ζήτηση τελικών προϊόντων. Ωστόσο, η διακύμανση στο πλήθος των παραγγελιών δεν επηρεάζει την λειτουργία και αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου, λόγω του ότι έχει δημιουργηθεί ώστε να διαβάζει δυναμικά τα δεδομένα και δεν περιορίζεται έως ένα ορισμένο πλήθος γραμμών.

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας έχει περιοριστεί το πλήθος των παραγγελιών που καλούμαστε να διαχειριστούμε συγκριτικά με αυτές που διαχειριζόμαστε σε πραγματικές συνθήκες. Ουσιαστικά, έχει γίνει αναγωγή του προγράμματος αναμίξεων σε επίπεδο δύο εβδομάδων, ώστε να είναι εφικτή η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας και των αλλαγών που πραγματοποιούνται στο πρόγραμμα αναμίξεων.

6.2 Βασικοί δείκτες επίδοσης

Για να γίνει κατανοητή η αποτελεσματικότητα του εργαλείου, σε κάθε μελέτη περίπτωσης που θα ακολουθήσει, πέραν της παρουσίασης των αλλαγών που θα πραγματοποιηθούν στο πρόγραμμα αναμίξεων, θα υπολογιστούν και ορισμένοι βασικοί δείκτες επίδοσης. Οι δείκτες επίδοσης είναι και αυτοί που θα αξιολογήσουν την επιρροή που έχει το εργαλείο στην παραγωγική διαδικασία.

6.2.1. Παραγωγικότητα

Με τον όρο παραγωγικότητα νοείται το μέτρο της παραγωγικής ικανότητας μιας μονάδας παραγωγής σε σύγκριση με τους πόρους που χρησιμοποιήθηκαν. Η παραγωγικότητα μπορεί να εκφραστεί με την παραγωγή μιας ποσότητας εργασίας ή μιας ποσότητας προϊόντων στη μονάδα του χρόνου ή ακόμη και με το κέρδος που επιτυγχάνεται με τη χρήση των διαθέσιμων πόρων. Στην τελευταία περίπτωση συχνά μιλάμε για αποδοτικότητα των πόρων ή της επιχείρησης. Η παραγωγικότητα των χρησιμοποιούμενων πόρων συμβάλλει άμεσα στη διαμόρφωση του κόστους παραγωγής μιας εργασίας, μιας υπηρεσίας ή ενός προϊόντος. Ουσιαστικά η παραγωγικότητα αποτελεί το δείκτη της αποτελεσματικότητας της χρήσης των διαθέσιμων πόρων μιας επιχείρησης. Για τους λόγους αυτούς γίνεται εύκολα αντιληπτό πόσο σημαντική είναι η μελέτη του εν λόγω δείκτη και η παρακολούθηση της επιρροής του εργαλείου μας στην παραγωγικότητα της διαδικασίας της ανάμιξης.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα επικεντρωθούμε στην έκφραση του δείκτη ως παραγωγή μιας ποσότητας προϊόντος στην μονάδα του χρόνου και πιο συγκεκριμένα σε επίπεδο μίας βάρδιας λειτουργίας.

Επομένως, η παραγωγικότητα υπολογίζεται με τον εξής τύπο:

$$\text{Παραγωγικότητα} = \frac{\text{Αριθμός παραγόμενων παρτίδων}}{\text{σύνολο βαρδιών}}$$

6.2.2. Changeovers (C/O)

Ως changeovers (C/O) ορίζεται η διαδικασία της εναλλαγής μια γραμμής παραγωγής ή μιας μηχανής από ένα προϊόν σε ένα άλλο με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Ο χρόνος των C/O εμπεριέχει τον χρόνο για το πλύσιμο και αποστείρωση της γραμμής ή της μηχανής, καθώς και τον χρόνο για την πραγματοποίηση των απαραίτητων τεχνικών ρυθμίσεων σε αυτή. Όπως είναι λογικό, στην περίπτωση που η γραμμή παραγωγής εναλλάσσεται μεταξύ προϊόντων με ίδια φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, δεν απαιτείται καθόλου χρόνος για C/O.

Οι τρεις εκφάνσεις του συγκεκριμένου δείκτη που θα εξεταστούν στην παρούσα διπλωματική είναι:

A. Συνολικός αριθμός C/O στον χρονικό ορίζοντα των δύο εβδομάδων

B. Συνολικός χρόνος πλυσίματος (σε ώρες), ο οποίος υπολογίζεται ως το γινόμενο του συνολικού αριθμού C/O επί τις ώρες που διαρκεί το πλύσιμο/αποστείρωση και οι ρυθμίσεις στο εκάστοτε δοχείο ανάμιξης:

$$\text{Sum χρόνου πλυσίματος} = (\text{αριθμός C/O}) \times (\text{διάρκεια C/O})$$

Γ. Αναλογία μεταξύ του αριθμού των παραγόμενων παρτίδων και του συνόλου των C/O. Ο δείκτης αυτός επιδεικνύει το πόσες παρτίδες χύμα προϊόντος είναι εφικτό να παραχθούν διαδοχικά η μία μετά την άλλη και στην συνέχεια να ακολουθήσει ένα πλύσιμο του δοχείου και υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Αναλογία αριθμού παρτίδων και C/O} = \frac{\text{αριθμός παραγόμενων παρτίδων}}{\text{Σύνολο C/O}}$$

Η μελέτη και παρακολούθηση των Changeovers είναι πολύ σημαντική, καθώς έχει μεγάλη επίδραση σε κάθε είδους παραγωγική διαδικασία. Αρκεί να αναλογιστεί κανείς πως μείωση του αριθμού των C/O θα έχει αντίκτυπο τόσο στην παραγωγικότητα μιας γραμμής ή μηχανής, καθώς θα αυξηθεί ο αριθμός των παραγόμενων προϊόντων, όσο και στο δείκτη της διαθεσιμότητας που θα περιγραφεί παρακάτω.

6.2.3. Δείκτης διαθεσιμότητας

Ο δείκτης διαθεσιμότητας ενός δοχείου αναμίξεων είναι ο καθαρός χρόνος που διαρκεί η διαδικασία της ανάμιξης (χρόνος παραγωγής) εκφρασμένος σαν ποσοστό επί του χρόνου επάνδρωσης ή αλλιώς του χρόνου λειτουργίας του δοχείου. Η

διαφορά μεταξύ του καθαρού χρόνου παραγωγής και του λειτουργικού χρόνου είναι πως ο παραγωγικός χρόνος ισούται με τον λειτουργικό χρόνο αν από αυτόν αφαιρέσουμε τον χρόνο για changeovers. Δηλαδή:

$$\text{Διαθεσιμότητα} = \frac{\text{ώρες παραγωγής}}{\text{λειτουργικός χρόνος}} \quad \text{ή αλλιώς}$$

$$\text{Διαθεσιμότητα} = \frac{\text{λειτουργικός χρόνος} - \text{συνολικός χρόνος C/O}}{\text{λειτουργικός χρόνος}}$$

Πρακτικά, χαμηλός δείκτης διαθεσιμότητας σημαίνει μεγάλος αριθμός changeovers και πολλές απώλειες λόγω βλαβών της μηχανής.

6.2.4. Παραγωγή παρτίδων εντός χρόνου

Ο συγκεκριμένος δείκτης υποδεικνύει τον αριθμό των παραγόμενων παρτίδων που είναι εντός του επιθυμητού χρόνου παράδοσης και το αντίστοιχο ποσοστό, όπως επίσης και τον μέσο χρόνο καθυστέρησης των παραγγελιών στο επίπεδο των δύο εβδομάδων.

6.3 Μελέτη περιπτώσεων

6.3.1. Εφαρμογή 1 - Παράδειγμα με ένα δοχείο ανάμιξης

A. Αρχική Κατάσταση

Αρχικά, θα περιγραφεί η πορεία του αλγορίθμου και τα αποτελέσματά του όταν εκτελεστεί σε ένα από τα δοχεία ανάμιξης. Η είσοδος του εργαλείου θα έχει την παρακάτω μορφή του πίνακα 6.1:

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Flushing to:		
1	PR-007761	31/01/2018 15:44	29/01/2018 17:00	-2			
2	PR-007761	01/02/2018 1:06	30/01/2018 0:00	-2			
3	PR-007786	01/02/2018 16:52	30/01/2018 11:00	-2	PR-009859		
4	PR-014620	05/02/2018 21:00	30/01/2018 21:00	-6			
5	PR-007786	03/02/2018 5:48	31/01/2018 8:00	-3	PR-009859		
6	PR-014620	06/02/2018 7:03	31/01/2018 18:00	-6			
7	PR-007786	07/02/2018 14:27	01/02/2018 5:00	-6	PR-009859		
8	PR-007786	07/02/2018 14:27	01/02/2018 12:00	-6	PR-009859		
9	PR-007786	07/02/2018 14:27	01/02/2018 19:00	-6	PR-009859		
10	PR-012991	07/02/2018 8:57	02/02/2018 6:00	-5	PR-012990	PR-012989	PR-012987
11	PR-012991	08/02/2018 8:23	02/02/2018 13:00	-6	PR-012990	PR-012989	PR-012987
12	PR-012989	08/02/2018 12:21	02/02/2018 20:00	-6	PR-012987		
13	PR-012987	08/02/2018 18:17	03/02/2018 3:00	-5			
14	PR-012987	08/02/2018 18:17	05/02/2018 13:00	-3			
15	PR-009859	09/02/2018 9:01	06/02/2018 0:00	-3			
16	PR-009859	09/02/2018 9:01	06/02/2018 7:00	-3			
17	PR-009859	09/02/2018 9:01	06/02/2018 14:00	-3			
18	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 1:00	-2	PR-007715	PR-007758	
19	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 8:00	-2	PR-007715	PR-007758	
20	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 15:00	-2	PR-007715	PR-007758	
21	PR-007715	12/02/2018 21:35	07/02/2018 22:00	-5	PR-007758		
22	PR-012990	13/02/2018 15:39	08/02/2018 9:00	-5	PR-012989	PR-012987	
23	PR-012990	13/02/2018 15:39	08/02/2018 16:00	-5	PR-012989	PR-012987	
24	PR-012990	13/02/2018 15:39	08/02/2018 23:00	-5	PR-012989	PR-012987	
25	PR-012990	14/02/2018 5:00	09/02/2018 6:00	-5	PR-012989	PR-012987	
26	PR-013200	12/02/2018 13:19	09/02/2018 17:00	-3	PR-007715	PR-007758	
27	PR-013200	12/02/2018 13:19	10/02/2018 0:00	-2	PR-007715	PR-007758	
28	PR-007715	13/02/2018 3:29	12/02/2018 13:00	-1	PR-007758		
29	PR-007715	13/02/2018 3:29	12/02/2018 20:00	-1	PR-007758		
30	PR-014004	13/02/2018 11:53	13/02/2018 7:00	0			
31	PR-007715	13/02/2018 3:29	13/02/2018 18:00	0	PR-007758		
32	PR-007758	15/02/2018 15:18	14/02/2018 1:00	-1			
33	PR-016657	20/02/2018 6:00	14/02/2018 12:00	-6			
34	PR-016657	20/02/2018 6:00	14/02/2018 19:00	-6			
35	PR-016657	20/02/2018 6:00	15/02/2018 2:00	-5			
36	PR-016657	20/02/2018 6:00	15/02/2018 9:00	-5			
37	PR-016657	20/02/2018 6:00	15/02/2018 16:00	-5			

Πίνακας 6.1: Αλληλουχία παραγγελιών ενός δοχείου πριν την εκτέλεση του εργαλείου

Το περιεχόμενο κάθε στήλης του πίνακα 6.1 περιγράφεται παρακάτω:

	Περιγραφή
Στήλη A	Αύξων αριθμός γραμμής
Στήλη B	Κωδικός χύμα προϊόντος
Στήλη C	Επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης της αντίστοιχης παραγγελίας
Στήλη D	Ημερομηνία ολοκλήρωσης της παραγωγής της αντίστοιχης παραγγελίας
Στήλη E	Διαφορά σε ημέρες μεταξύ της ημερομηνίας παραγωγής και της επιθυμητής ημερομηνίας παράδοσης
Στήλη F	Κωδικός προϊόντος ο οποίος είναι flushing του κωδικού της στήλης B (αν υπάρχει)
Στήλη G	Κωδικός προϊόντος ο οποίος είναι flushing του κωδικού της στήλης B (αν υπάρχει)
Στήλη H	Κωδικός προϊόντος ο οποίος είναι flushing του κωδικού της στήλης B (αν υπάρχει)

Πίνακας 6.2: Υπόμνημα πίνακα 6.1

Οι κωδικοί του πίνακα 6.1 που είναι τονισμένοι με κίτρινο χρώμα αντιστοιχούν σε χρονικό διάστημα δύο εβδομάδων σε παραγωγικό επίπεδο, από 29 Ιανουαρίου έως 10 Φεβρουαρίου, που είναι και η περίοδος που θα εξεταστεί. Ωστόσο, έγινε επέκταση λίγο παραπάνω από το διάστημα των δύο εβδομάδων, όσον αφορά τα δεδομένα εισόδου (κωδικοί με λευκό φόντο στον πίνακα 6.1), ούτως ώστε να γίνει ευκολότερα εμφανής η αύξηση των παραγόμενων παρτίδων στο ίδιο χρονικό διάστημα, μετά την χρησιμοποίηση του εργαλείου. Αυτό θα γίνει πιο εύκολα κατανοητό στην συνέχεια.

Το δοχείο λειτουργεί τρεις βάρδιες των οκτώ ωρών ανά ημέρα, για πέντε ημέρες την εβδομάδα. Ένα παραγωγικό εικοσιτετράωρο ξεκινά στις 6 π.μ. της αντίστοιχης ημέρας και τελειώνει στις 6 π.μ. της επομένης. Ο χρόνος πλυσίματος έστω ότι είναι τέσσερις ώρες και ο χρόνος επεξεργασίας ανά παρτίδα είναι έξι ή επτά ώρες, αναλόγως τον κωδικό του προϊόντος.

Ο γενικός κανόνας υποδηλώνει ότι δεν θα σταματήσει η παραγωγή μιας παρτίδας προϊόντος αν αυτή δεν ολοκληρωθεί. Και επίσης δεν θα ξεκινήσει η παραγωγή μιας νέας παρτίδας στην περίπτωση που η προηγούμενη παραδοθεί Σάββατο. Στην τελευταία περίπτωση, αν για παράδειγμα, μία παρτίδα παραδοθεί στις 4 π.μ. του Σαββάτου, τότε τις υπόλοιπες δύο ώρες έως το τέλος της βάρδιας, οι χειριστές θα επικεντρωθούν σε λοιπές εργασίες.

Όπως παρατηρούμε, στην εφαρμογή 1 αρχικά, ο αριθμός των παραγόμενων παρτίδων είναι 27 στο διάστημα των δύο εβδομάδων. Για να υπολογιστεί ο αριθμός των βαρδιών που το δοχείο λειτούργησε ώστε να παραχθούν οι εν λόγω παρτίδες, θα πρέπει να υπολογιστούν πρώτα οι λειτουργικές ώρες του δοχείου.

Στην προκειμένη περίπτωση, η παρτίδα με αύξοντα αριθμό 13, παραδίδεται στις 3 π.μ. ενώ η παραγωγική ημέρα θεωρητικά σταματά στις 6. Επομένως, την πρώτη εβδομάδα το δοχείο λειτούργησε 4 ολόκληρες ημέρες και 21 ώρες από την 5^η ημέρα. Αντίστοιχα, την δεύτερη εβδομάδα λειτούργησε 4 ολόκληρες ημέρες και 18

ώρες την 5^η ημέρα, καθώς η παρτίδα 27 παραδίδεται στις 12 π.μ. έτσι, οι αντίστοιχες λειτουργικές ώρες θα είναι:

$$\text{Λειτουργικές ώρες} = (8 \text{ ημέρες}) \times (24 \text{ ώρες/ημέρα}) + 21 \text{ ώρες} + 18 \text{ ώρες} = 231 \text{ ώρες}$$

Οι ώρες αυτές ισοδυναμούν σε: 28,875 βάρδιες λειτουργίας.

Επομένως, η αντίστοιχη παραγωγικότητα θα είναι:

$$\text{Παραγωγικότητα} = 27 \text{ παρτίδες} / 28,875 \text{ βάρδιες} = 0,94 \text{ παρτίδες ανά βάρδια}$$

Στην συνέχεια θα υπολογιστεί ο αριθμός των changeovers. Αρκεί απλώς να καταμετρηθεί ο αριθμός των εναλλαγών μεταξύ διαφορετικών κωδικών χύμα προϊόντος που δεν είναι flushing μεταξύ τους, με βάση την αλληλουχία των παραγγελιών του δοχείου, όπως φαίνεται παρακάτω στον πίνακα 6.3.

Ο συνολικός αριθμός των C/O στην αρχική κατάσταση είναι 10, κάτι που σημαίνει πως η διάρκεια πλυσίματος ισούται με:

$$\text{Διάρκεια πλυσίματος} = (10 \text{ C/O}) \times (4 \text{ ώρες}) = 40 \text{ ώρες C/O (σε δύο εβδομάδες)}$$

Η αναλογία μεταξύ του αριθμού των παραγόμενων παρτίδων και του αριθμού των πλυσιμάτων θα είναι:

$$\text{Αναλογία αριθμού παρτίδων και C/O} = (27 \text{ παρτίδες}) / (10 \text{ C/O}) = 2,7 \text{ παρτίδες ανά πλύσιμο}$$

Αυτό πρακτικά σημαίνει πως στο δοχείο παράγονται κατά μέσο όρο 2,7 παρτίδες και στην συνέχεια ακολουθεί πλύσιμο του δοχείου.

Οι καθαρές ώρες παραγωγής είναι:

$$\text{Ώρες παραγωγής} = 231 \text{ λειτουργικές ώρες} - 40 \text{ ώρες για C/O} = 191 \text{ ώρες (σε δύο εβδομάδες)}$$

Επομένως, η διαθεσιμότητα του δοχείου μας θα είναι:

$$\text{Διαθεσιμότητα} = \frac{\text{ώρες παραγωγής}}{\text{λειτουργικός χρόνος}} = (191 \text{ ώρες}) / (231 \text{ ώρες}) = 82,68 \%$$

	A	B	C	D	E	F	G	H
	A/A	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Flushing to:		
	1	PR-007761	31/01/2018 15:44	29/01/2018 17:00	-2			
+1	2	PR-007761	01/02/2018 1:06	30/01/2018 0:00	-2			
+1	3	PR-007786	01/02/2018 16:52	30/01/2018 11:00	-2	PR-009859		
+1	4	PR-014620	05/02/2018 21:00	30/01/2018 21:00	-6			
+1	5	PR-007786	03/02/2018 5:48	31/01/2018 8:00	-3	PR-009859		
+1	6	PR-014620	06/02/2018 7:03	31/01/2018 18:00	-6			
	7	PR-007786	07/02/2018 14:27	01/02/2018 5:00	-6	PR-009859		
	8	PR-007786	07/02/2018 14:27	01/02/2018 12:00	-6	PR-009859		
+1	9	PR-007786	07/02/2018 14:27	01/02/2018 19:00	-6	PR-009859		
	10	PR-012991	07/02/2018 8:57	02/02/2018 6:00	-5	PR-012990	PR-012989	PR-012987
Flush	11	PR-012991	08/02/2018 8:23	02/02/2018 13:00	-6	PR-012990	PR-012989	PR-012987
Flush	12	PR-012989	08/02/2018 12:21	02/02/2018 20:00	-6	PR-012987		
	13	PR-012987	08/02/2018 18:17	03/02/2018 3:00	-5			
+1	14	PR-012987	08/02/2018 18:17	05/02/2018 13:00	-3			
	15	PR-009859	09/02/2018 9:01	06/02/2018 0:00	-3			
	16	PR-009859	09/02/2018 9:01	06/02/2018 7:00	-3			
+1	17	PR-009859	09/02/2018 9:01	06/02/2018 14:00	-3			
	18	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 1:00	-2	PR-007715	PR-007758	
	19	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 8:00	-2	PR-007715	PR-007758	
Flush	20	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 15:00	-2	PR-007715	PR-007758	
+1	21	PR-007715	12/02/2018 21:35	07/02/2018 22:00	-5	PR-007758		
	22	PR-012990	13/02/2018 15:39	08/02/2018 9:00	-5	PR-012989	PR-012987	
	23	PR-012990	13/02/2018 15:39	08/02/2018 16:00	-5	PR-012989	PR-012987	
	24	PR-012990	13/02/2018 15:39	08/02/2018 23:00	-5	PR-012989	PR-012987	
	25	PR-012990	14/02/2018 5:00	09/02/2018 6:00	-5	PR-012989	PR-012987	
+1	26	PR-013200	12/02/2018 13:19	09/02/2018 17:00	-3	PR-007715	PR-007758	
	27	PR-013200	12/02/2018 13:19	10/02/2018 0:00	-2	PR-007715	PR-007758	
	28	PR-007715	13/02/2018 3:29	12/02/2018 13:00	-1	PR-007758		
	29	PR-007715	13/02/2018 3:29	12/02/2018 20:00	-1	PR-007758		
	30	PR-014004	13/02/2018 11:53	13/02/2018 7:00	0			
	31	PR-007715	13/02/2018 3:29	13/02/2018 18:00	0	PR-007758		
	32	PR-007758	15/02/2018 15:18	14/02/2018 1:00	-1			
	33	PR-016657	20/02/2018 6:00	14/02/2018 12:00	-6			
	34	PR-016657	20/02/2018 6:00	14/02/2018 19:00	-6			
	35	PR-016657	20/02/2018 6:00	15/02/2018 2:00	-5			
	36	PR-016657	20/02/2018 6:00	15/02/2018 9:00	-5			
	37	PR-016657	20/02/2018 6:00	15/02/2018 16:00	-5			

Πίνακας 6.3: Προσδιορισμός πλυσιμάτων και εναλλαγών μεταξύ flushing κατά την αρχική κατάσταση

B. Ομαδοποίηση εντός επτά ημερών

Αφού εξετάστηκε η αρχική μορφή του προγράμματος αναμίξεων και υπολογίστηκαν οι βασικοί δείκτες, στην συνέχεια θα εκτελεστεί το βήμα της ομαδοποίησης των παραγγελιών εντός των επτά ημερών, που όπως έχει περιγραφεί, στόχος της είναι να τροποποιήσει την αλληλουχία μεταξύ των παραγγελιών με τέτοιο τρόπο ώστε οι παραγγελίες του ίδιου κωδικού χύμα προϊόντος που έχουν επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης εντός του διαστήματος των επτά εβδομάδων να παράγονται διαδοχικά και όλες μαζί.

Ακολουθώντας την παραπάνω λογική, οι παραγγελίες του πίνακα 6.3 με αύξων αριθμό 5, 7, 8, 9 θα πρέπει να παραχθούν αμέσως μετά την παραγγελία υπ' αριθμόν 3. Αντίστοιχα, η παραγγελία 6 θα ομαδοποιηθεί με την παραγγελία 4 και ούτω καθεξής όπως υποδεικνύεται στον πίνακα 6.4.

Με τον τρόπο αυτό το πρόγραμμα διαμορφώνεται όπως φαίνεται στον πίνακα 6.5. Οι παραγόμενες παραγγελίες στο διάστημα των δύο εβδομάδων που εξετάζουμε, έπειτα από την ομαδοποίηση που πραγματοποιήθηκε, αυξήθηκαν σε 31, ενώ ο αριθμός των C/O περιορίστηκαν σε 7.

Οι λειτουργικές ώρες στην προκειμένη περίπτωση θα είναι:

$$\text{Λειτουργικές ώρες} = (10 \text{ ημέρες}) \times (24 \text{ ώρες /ημέρα}) + 3 \text{ ώρες} + 4 \text{ ώρες} = 247 \text{ ώρες}$$

Οι 3 και 4 ώρες προστίθενται στον παραπάνω υπολογισμό, γιατί η παραγγελία 15 παραδίδεται στις 9 π.μ. (ήτοι 3 ώρες πιο μετά από το τέλος της βάρδιας), ενώ η παραγγελία 31 παραδίδεται στις 10 π.μ.

Οι λειτουργικές αυτές ώρες ισοδυναμούν με: 30,875 βάρδιες λειτουργίας.

Έτσι, οι βασικοί μας δείκτες είναι:

$$\text{Παραγωγικότητα} = (31 \text{ παρτίδες}) / (30,875 \text{ βάρδιες}) = 1,004 \text{ παρτίδες ανά βάρδια}$$

$$\text{Διάρκεια πλυσίματος} = (7 \text{ C/O}) \times (4 \text{ ώρες}) = 28 \text{ ώρες σε C/O}$$

$$\text{Αναλογία αριθμού παρτίδων και C/O} = (31 \text{ παρτίδες}) / (7 \text{ C/O}) = 4,42 \text{ παρτίδες ανά πλύσιμο}$$

$$\text{Ώρες παραγωγής} = 247 \text{ ώρες} - 28 \text{ ώρες σε C/O} = 219 \text{ ώρες}$$

Επομένως:

$$\text{Διαθεσιμότητα} = (219 \text{ ώρες}) / (247 \text{ ώρες}) = 88,66 \%$$

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Flushing to:		
1	PR-007761	31/01/2018 15:44	29/01/2018 17:00	-2			
2	PR-007761	01/02/2018 1:06	30/01/2018 0:00	-2			
3	PR-007786	01/02/2018 16:52	30/01/2018 11:00	-2	PR-009859		
4	PR-014620	09/02/2018 21:00	30/01/2018 21:00	-6			
5	PR-007786	03/02/2018 5:48	31/01/2018 8:00	-3	PR-009859		
6	PR-014620	06/02/2018 7:03	31/01/2018 18:00	-6			
7	PR-007786	07/02/2018 14:27	01/02/2018 5:00	-6	PR-009859		
8	PR-007786	07/02/2018 14:27	01/02/2018 12:00	-6	PR-009859		
9	PR-007786	07/02/2018 14:27	01/02/2018 19:00	-6	PR-009859		
10	PR-012991	07/02/2018 8:57	02/02/2018 6:00	-5	PR-012990	PR-012989	PR-012987
11	PR-012991	08/02/2018 8:23	02/02/2018 13:00	-6	PR-012990	PR-012989	PR-012987
12	PR-012989	08/02/2018 12:21	02/02/2018 20:00	-6	PR-012987		
13	PR-012987	08/02/2018 18:17	03/02/2018 3:00	-5			
14	PR-012987	08/02/2018 18:17	05/02/2018 13:00	-3			
15	PR-009859	09/02/2018 9:01	06/02/2018 0:00	-3			
16	PR-009859	09/02/2018 9:01	06/02/2018 7:00	-3			
17	PR-009859	09/02/2018 9:01	06/02/2018 14:00	-3			
18	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 1:00	-2	PR-007715	PR-007758	
19	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 8:00	-2	PR-007715	PR-007758	
20	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 15:00	-2	PR-007715	PR-007758	
21	PR-007715	12/02/2018 21:35	07/02/2018 22:00	-5	PR-007758		
22	PR-012990	13/02/2018 15:39	08/02/2018 9:00	-5	PR-012989	PR-012987	
23	PR-012990	13/02/2018 15:39	08/02/2018 16:00	-5	PR-012989	PR-012987	
24	PR-012990	13/02/2018 15:39	08/02/2018 23:00	-5	PR-012989	PR-012987	
25	PR-012990	14/02/2018 5:00	09/02/2018 6:00	-5	PR-012989	PR-012987	
26	PR-013200	12/02/2018 13:19	09/02/2018 17:00	-3	PR-007715	PR-007758	
27	PR-013200	12/02/2018 13:19	10/02/2018 0:00	-2	PR-007715	PR-007758	
28	PR-007715	13/02/2018 3:29	12/02/2018 13:00	-1	PR-007758		
29	PR-007715	13/02/2018 3:29	12/02/2018 20:00	-1	PR-007758		
30	PR-014004	13/02/2018 11:53	13/02/2018 7:00	0			
31	PR-007715	13/02/2018 3:29	13/02/2018 18:00	0	PR-007758		
32	PR-007758	15/02/2018 15:18	14/02/2018 1:00	-1			
33	PR-016657	20/02/2018 6:00	14/02/2018 12:00	-6			
34	PR-016657	20/02/2018 6:00	14/02/2018 19:00	-6			
35	PR-016657	20/02/2018 6:00	15/02/2018 2:00	-5			
36	PR-016657	20/02/2018 6:00	15/02/2018 9:00	-5			
37	PR-016657	20/02/2018 6:00	15/02/2018 16:00	-5			

Πίνακας 6.4: Υπόδειξη με ίδιο χρώμα των κωδικών που μπορούν να ομαδοποιηθούν

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Flushing to:		
1	PR-007761	31/01/2018 15:44	29/01/2018 17:00	-2			
+1	PR-007761	01/02/2018 1:06	30/01/2018 0:00	-2			
	PR-007786	01/02/2018 16:52	30/01/2018 11:00	-2	PR-009859		
	PR-007786	03/02/2018 5:48	30/01/2018 18:00	-4	PR-009859		
	PR-007786	07/02/2018 14:27	31/01/2018 1:00	-7	PR-009859		
	PR-007786	07/02/2018 14:27	31/01/2018 8:00	-7	PR-009859		
+1	PR-007786	07/02/2018 14:27	31/01/2018 15:00	-7	PR-009859		
+1	PR-014620	05/02/2018 21:00	01/02/2018 1:00	-4			
+1	PR-014620	06/02/2018 7:03	01/02/2018 7:00	-5			
	PR-012991	07/02/2018 8:57	01/02/2018 18:00	-6	PR-012990	PR-012989	PR-012987
Flush	PR-012991	08/02/2018 8:23	02/02/2018 1:00	-6	PR-012990	PR-012989	PR-012987
Flush	PR-012989	08/02/2018 12:21	02/02/2018 8:00	-6	PR-012987		
	PR-012987	08/02/2018 18:17	02/02/2018 15:00	-6			
+1	PR-012987	08/02/2018 18:17	02/02/2018 22:00	-6			
	PR-009859	09/02/2018 9:01	03/02/2018 9:00	-6			
	PR-009859	09/02/2018 9:01	05/02/2018 13:00	-4			
+1	PR-009859	09/02/2018 9:01	05/02/2018 20:00	-4			
	PR-013200	09/02/2018 12:08	06/02/2018 7:00	-3	PR-007715	PR-007758	
	PR-013200	09/02/2018 12:08	06/02/2018 14:00	-3	PR-007715	PR-007758	
	PR-013200	09/02/2018 12:08	06/02/2018 21:00	-3	PR-007715	PR-007758	
	PR-013200	12/02/2018 13:19	07/02/2018 4:00	-5	PR-007715	PR-007758	
Flush	PR-013200	12/02/2018 13:19	07/02/2018 11:00	-5	PR-007715	PR-007758	
	PR-007715	12/02/2018 21:35	07/02/2018 18:00	-5	PR-007758		
	PR-007715	13/02/2018 3:29	08/02/2018 1:00	-5	PR-007758		
	PR-007715	13/02/2018 3:29	08/02/2018 8:00	-5	PR-007758		
+1	PR-007715	13/02/2018 3:29	08/02/2018 15:00	-5	PR-007758		
	PR-012990	13/02/2018 15:39	09/02/2018 2:00	-4	PR-012989	PR-012987	
	PR-012990	13/02/2018 15:39	09/02/2018 9:00	-4	PR-012989	PR-012987	
	PR-012990	13/02/2018 15:39	09/02/2018 16:00	-4	PR-012989	PR-012987	
+1	PR-012990	14/02/2018 5:00	09/02/2018 23:00	-5	PR-012989	PR-012987	
	PR-014004	13/02/2018 11:53	10/02/2018 10:00	-3			
	PR-007758	15/02/2018 15:18	12/02/2018 17:00	-3			
	PR-016657	20/02/2018 6:00	13/02/2018 4:00	-7			
	PR-016657	20/02/2018 6:00	13/02/2018 11:00	-7			
	PR-016657	20/02/2018 6:00	13/02/2018 18:00	-7			
	PR-016657	20/02/2018 6:00	14/02/2018 1:00	-6			
	PR-016657	20/02/2018 6:00	14/02/2018 8:00	-6			

Πίνακας 6.5: Αλληλουχία παραγγελιών μετά την ομαδοποίηση ίδιων κωδικών

Γ. Ομαδοποίηση Flushing

Πέραν των όμοιων παραγγελιών που ομαδοποιήθηκαν στο προηγούμενο βήμα, είναι εφικτή και η ομαδοποίηση των flushing κωδικών, ώστε να βελτιωθούν ακόμη παραπάνω οι εξεταζόμενοι δείκτες.

Όπως έχει διαμορφωθεί το πρόγραμμα έπειτα από την ομαδοποίηση των όμοιων παραγγελιών, παρατηρείται στον πίνακα 6.5 ότι ο κωδικός των παραγγελιών 27 έως και 30 έχει ως flushing τον κωδικό της παραγγελίας 12, επομένως η παραγωγή τους θα πρέπει να προηγηθεί της παραγωγής της παραγγελίας με αύξων αριθμό 12. Τέτοιου είδους αλλαγές στην αλληλουχία των παραγγελιών, όπου ο flushing κωδικός βρίσκεται πρωτύτερα χρονικά, πραγματοποιούνται μέσω του πρώτου βήματος της flushing ομαδοποίησης, μετά της εκτέλεση του οποίου προκύπτει η παρακάτω εικόνα του πίνακα 6.6.

Ωστόσο, υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω βελτίωσης του προγράμματος καθώς δεν αποκλείεται το ενδεχόμενο ο flushing κωδικός να μην βρίσκεται νωρίτερα (όπως συνέβη στο πρώτο βήμα), αλλά χρονικά μεταγενέστερα σε σχέση με την παραγγελία που εξετάζουμε κάθε φορά. Κάτι τέτοιο, για παράδειγμα, φαίνεται στον πίνακα 6.6 με τον κωδικό των παραγγελιών 19 έως 21, ο οποίος είναι flushing του κωδικού των παραγγελιών 3 έως 7 (στον πίνακα 6.6, τονισμένες με κόκκινο και μπλε κύκλο οι σχετικές παραγγελίες).

Η τελική μορφή του προγράμματος φαίνεται στον πίνακα 6.7.

Εδώ να τονιστεί ότι και τα δύο βήματα της flushing ομαδοποίησης σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να μην παραβιάζεται η ομαδοποίηση των όμοιων παραγγελιών που προηγήθηκε. Αυτό επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι οι παραγγελίες 19 – 21 του πίνακα 6.6 μεταφέρθηκαν όλες μαζί στην γραμμή 8 και μάλιστα χωρίς να διακόψει την καμπάνια του κωδικού των γραμμών 3 -7 (όπως φαίνεται στην τελική μορφή του πίνακα 6.7).

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Flushing to:		
1	PR-007761	31/01/2018 15:44	29/01/2018 17:00	-2			
2	PR-007761	01/02/2018 1:06	30/01/2018 0:00	-2			
3	PR-007786	01/02/2018 16:52	30/01/2018 11:00	-2	PR-009859		
4	PR-007786	03/02/2018 5:48	30/01/2018 18:00	-4	PR-009859		
5	PR-007786	07/02/2018 14:27	31/01/2018 1:00	-7	PR-009859		
6	PR-007786	07/02/2018 14:27	31/01/2018 8:00	-7	PR-009859		
7	PR-007786	07/02/2018 14:27	31/01/2018 15:00	-7	PR-009859		
8	PR-014620	05/02/2018 21:00	01/02/2018 1:00	-4			
9	PR-014620	06/02/2018 7:03	01/02/2018 7:00	-5			
10	PR-012991	07/02/2018 8:57	01/02/2018 18:00	-6	PR-012990	PR-012989	PR-012987
11	PR-012991	08/02/2018 8:23	02/02/2018 1:00	-6	PR-012990	PR-012989	PR-012987
12	PR-012990	13/02/2018 15:39	02/02/2018 8:00	-11	PR-012989	PR-012987	
13	PR-012990	13/02/2018 15:39	02/02/2018 15:00	-11	PR-012989	PR-012987	
14	PR-012990	13/02/2018 15:39	02/02/2018 22:00	-11	PR-012989	PR-012987	
15	PR-012990	14/02/2018 5:00	03/02/2018 5:00	-11	PR-012989	PR-012987	
16	PR-012989	05/02/2018 12:21	05/02/2018 13:00	-3	PR-012987		
17	PR-012987	08/02/2018 18:17	05/02/2018 20:00	-3			
18	PR-012987	08/02/2018 18:17	06/02/2018 3:00	-2			
19	PR-009859	09/02/2018 9:01	06/02/2018 14:00	-3			
20	PR-009859	09/02/2018 9:01	06/02/2018 21:00	-3			
21	PR-009859	09/02/2018 9:01	07/02/2018 4:00	-2			
22	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 15:00	-2	PR-007715	PR-007758	
23	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 22:00	-2	PR-007715	PR-007758	
24	PR-013200	09/02/2018 12:08	08/02/2018 5:00	-1	PR-007715	PR-007758	
25	PR-013200	12/02/2018 13:19	08/02/2018 12:00	-4	PR-007715	PR-007758	
26	PR-013200	12/02/2018 13:19	08/02/2018 19:00	-4	PR-007715	PR-007758	
27	PR-007715	12/02/2018 21:35	09/02/2018 2:00	-3	PR-007758		
28	PR-007715	13/02/2018 3:29	09/02/2018 9:00	-4	PR-007758		
29	PR-007715	13/02/2018 3:29	09/02/2018 16:00	-4	PR-007758		
30	PR-007715	13/02/2018 3:29	09/02/2018 23:00	-4	PR-007758		
31	PR-014004	13/02/2018 11:53	10/02/2018 10:00	-3			
32	PR-007758	15/02/2018 15:18	12/02/2018 17:00	-3			
33	PR-016657	20/02/2018 6:00	13/02/2018 4:00	-7			
34	PR-016657	20/02/2018 6:00	13/02/2018 11:00	-7			
35	PR-016657	20/02/2018 6:00	13/02/2018 18:00	-7			
36	PR-016657	20/02/2018 6:00	14/02/2018 1:00	-6			
37	PR-016657	20/02/2018 6:00	14/02/2018 8:00	-6			

Πίνακας 6.6: Αλληλουχία παραγγελιών μετά την εκτέλεση του 1^{ου} βήματος flushing

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Flushing to:		
1	PR-007761	31/01/2018 15:44	29/01/2018 17:00	-2			
2	PR-007761	01/02/2018 1:06	30/01/2018 0:00	-2			
3	PR-007786	01/02/2018 16:52	30/01/2018 11:00	-2	PR-009859		
4	PR-007786	03/02/2018 5:48	30/01/2018 18:00	-4	PR-009859		
5	PR-007786	07/02/2018 14:27	31/01/2018 1:00	-7	PR-009859		
6	PR-007786	07/02/2018 14:27	31/01/2018 8:00	-7	PR-009859		
7	PR-007786	07/02/2018 14:27	31/01/2018 15:00	-7	PR-009859		
8	PR-009859	09/02/2018 9:01	31/01/2018 22:00	-9			
9	PR-009859	09/02/2018 9:01	01/02/2018 5:00	-8			
10	PR-009859	09/02/2018 9:01	01/02/2018 12:00	-8			
11	PR-014620	05/02/2018 21:00	01/02/2018 22:00	-4			
12	PR-014620	06/02/2018 7:03	02/02/2018 4:00	-4			
13	PR-012991	07/02/2018 8:57	02/02/2018 15:00	-5	PR-012990	PR-012989	PR-012987
14	PR-012991	08/02/2018 8:23	02/02/2018 22:00	-6	PR-012990	PR-012989	PR-012987
15	PR-012990	13/02/2018 15:39	03/02/2018 5:00	-10	PR-012989	PR-012987	
16	PR-012990	13/02/2018 15:39	05/02/2018 13:00	-8	PR-012989	PR-012987	
17	PR-012990	13/02/2018 15:39	05/02/2018 20:00	-8	PR-012989	PR-012987	
18	PR-012990	14/02/2018 5:00	06/02/2018 3:00	-8	PR-012989	PR-012987	
19	PR-012989	08/02/2018 12:21	06/02/2018 10:00	-2	PR-012987		
20	PR-012987	08/02/2018 18:17	06/02/2018 17:00	-2			
21	PR-012987	08/02/2018 18:17	07/02/2018 0:00	-1			
22	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 11:00	-2	PR-007715	PR-007758	
23	PR-013200	09/02/2018 12:08	07/02/2018 18:00	-2	PR-007715	PR-007758	
24	PR-013200	09/02/2018 12:08	08/02/2018 1:00	-1	PR-007715	PR-007758	
25	PR-013200	12/02/2018 13:19	08/02/2018 8:00	-4	PR-007715	PR-007758	
26	PR-013200	12/02/2018 13:19	08/02/2018 15:00	-4	PR-007715	PR-007758	
27	PR-007715	12/02/2018 21:35	08/02/2018 22:00	-4	PR-007758		
28	PR-007715	13/02/2018 3:29	09/02/2018 5:00	-4	PR-007758		
29	PR-007715	13/02/2018 3:29	09/02/2018 12:00	-4	PR-007758		
30	PR-007715	13/02/2018 3:29	09/02/2018 19:00	-4	PR-007758		
31	PR-007758	15/02/2018 15:18	10/02/2018 2:00	-5			
32	PR-014004	13/02/2018 11:53	12/02/2018 17:00	-1			
33	PR-016657	20/02/2018 6:00	13/02/2018 4:00	-7			
34	PR-016657	20/02/2018 6:00	13/02/2018 11:00	-7			
35	PR-016657	20/02/2018 6:00	13/02/2018 18:00	-7			
36	PR-016657	20/02/2018 6:00	14/02/2018 1:00	-6			
37	PR-016657	20/02/2018 6:00	14/02/2018 8:00	-6			

Πίνακας 6.7: Τελική αλληλουχία παραγγελιών

Ο αριθμός των πλυσιμάτων τελικά έχουν περιοριστεί σε μόλις 4, ενώ ο αριθμός των παραγόμενων παρτίδων είναι 31.

Οι λειτουργικές ώρες διαμορφώθηκαν ως εξής:

Λειτουργικές ώρες = (8 ημέρες) x (24 ώρες/ημέρα) + 23 ώρες + 20 ώρες = 235 ώρες

Αυτό σημαίνει ότι το δοχείο λειτούργησε για: 29,375 βάρδιες

Οι εξεταζόμενοι δείκτες τελικά διαμορφώνονται ως εξής:

$$\text{Παραγωγικότητα} = (31 \text{ παρτίδες}) / (29,375 \text{ βάρδιας}) = 1,055 \text{ παρτίδες ανά βάρδια}$$

$$\text{Διάρκεια πλυσίματος} = (4 \text{ C/O}) \times (4 \text{ ώρες}) = 16 \text{ ώρες σε C/O}$$

$$\text{Αναλογία αριθμού παρτίδων και C/O} = (31 \text{ παρτίδες}) / (4 \text{ C/O}) = 7,75 \text{ παρτίδες ανά πλύσιμο}$$

$$\text{Ώρες παραγωγής} = 235 \text{ ώρες} - 16 \text{ ώρες σε C/O} = 219 \text{ ώρες}$$

Επομένως:

$$\text{Διαθεσιμότητα} = (219 \text{ ώρες}) / (235 \text{ ώρες}) = 93,19 \%$$

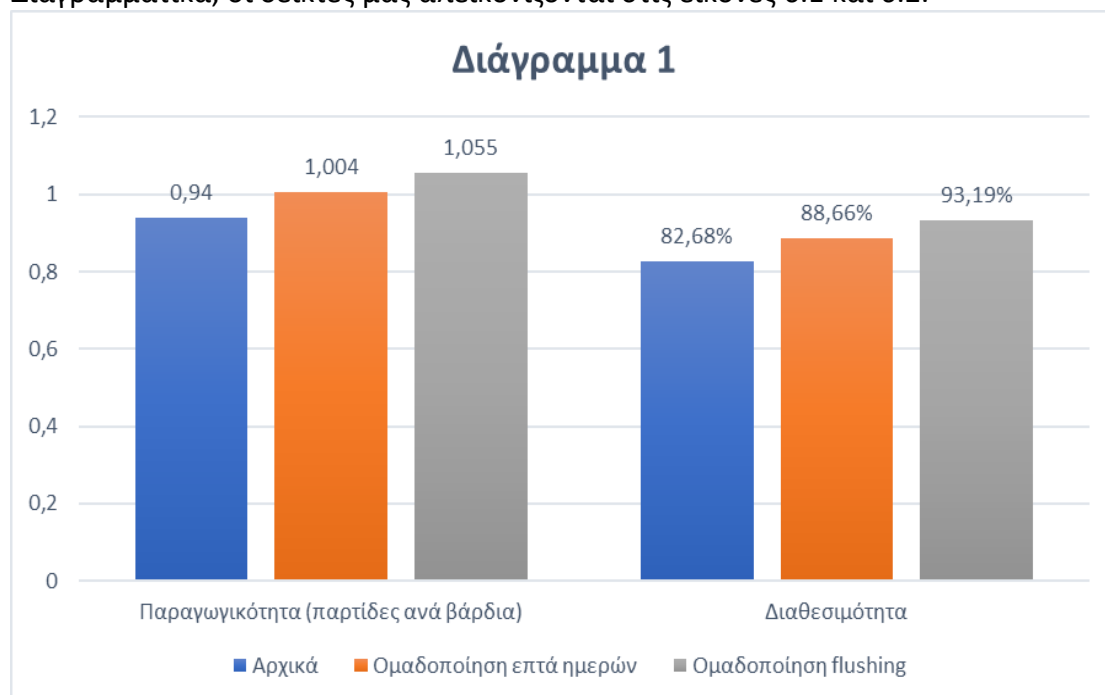
Δ. Συγκριτικά αποτελέσματα

Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα από την παραπάνω εφαρμογή φαίνονται στον πίνακα 6.8.

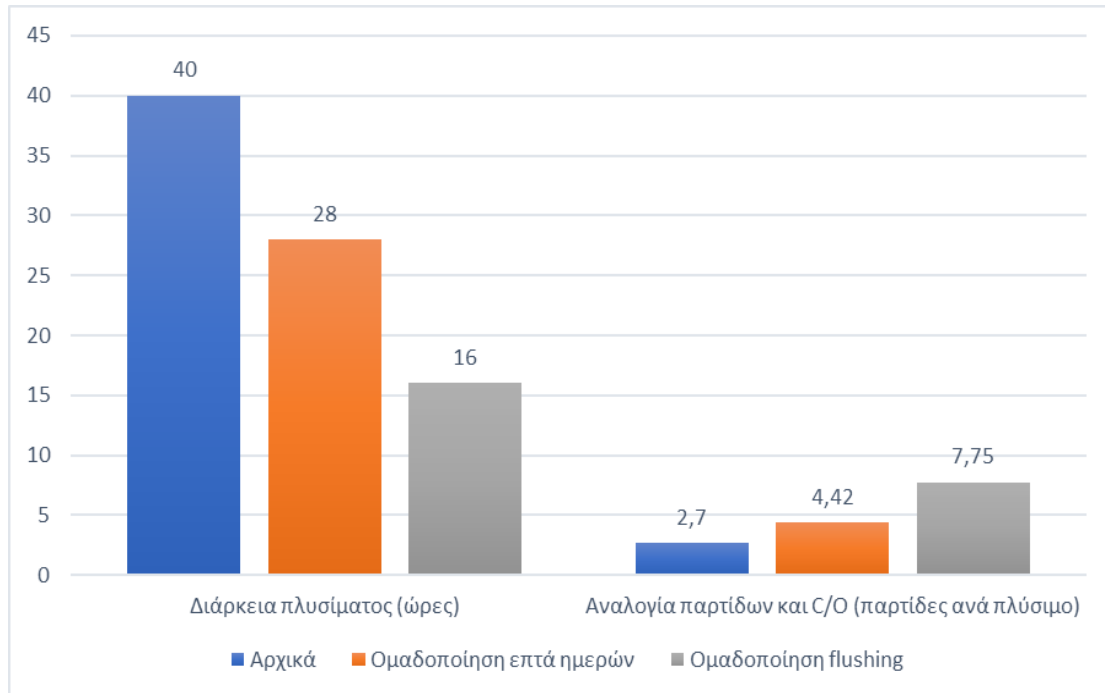
Δείκτες	Αρχικά	Ομαδοποίηση επτά ημερών	Ομαδοποίηση flushing	Ποσοστιαία μεταβολή
Παραγωγικότητα (παρτίδες ανά βάρδια)	0,94	1,004	1,055	+12,2%
Διάρκεια πλυσίματος (ώρες)	40	28	16	-60%
Αναλογία παρτίδων και C/O (παρτίδες ανά πλύσιμο)	2,7	4,42	7,75	+187%
Διαθεσιμότητα	82,68%	88,66%	93,19%	+10,5%

Πίνακας 6.8: Συγκεντρωτικός πίνακας δεικτών του δοχείου της εφαρμογής 1

Διαγραμματικά, οι δείκτες μας απεικονίζονται στις εικόνες 6.1 και 6.2.



Εικόνα 6.1: Διαγραμματική απεικόνιση της παραγωγικότητας και διαθεσιμότητας του δοχείου της εφαρμογής 1



Εικόνα 6.2: Διαγραμματική απεικόνιση της διάρκειας πλυσίματος και της αναλογίας παρτίδων και C/O του δοχείου της εφαρμογής 1

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι υπάρχει αισθητή βελτίωση στους εξεταζόμενους δείκτες, έπειτα από την εκτέλεση της ομαδοποίησης ίδιων κωδικών και κωδικών flushing. Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγικότητα του δοχείου μας αυξήθηκε κατά 12,2% σε σχέση με την αρχική εικόνα του δοχείου μας. Αυτό οφείλεται κυρίως στην μείωση του αριθμού των πλυσιμάτων του δοχείου και κατά συνέπεια και της διάρκειας τους (μείωση κατά 60%), που σε συνδυασμό με την αύξηση των παραγόμενων παρτίδων από 27 σε 31, οδηγεί και στην αύξηση της αναλογίας μεταξύ παραγόμενων παρτίδων και αριθμού C/O κατά 187%. Ανάλογη πορεία ακολούθησε και ο δείκτης διαθεσιμότητας του δοχείου με μία σημαντική αύξηση της τάξης του 10,5%.

6.3.2. Εφαρμογή 2 - Παράδειγμα με δύο δοχεία ανάμιξης (αλλαγή δοχείου καθυστερημένων παραγγελιών)

A. Αρχική Κατάσταση

Στο σημείο αυτό θα εξεταστεί το κομμάτι της εναλλαγής δοχείου και το αντίκτυπο που αυτό έχει στο πρόγραμμα των αναμίξεων.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είσοδος του συγκεκριμένου βήματος είναι το επεξεργασμένο πρόγραμμα αναμίξεων έπειτα από την εκτέλεση των βημάτων της ομαδοποίησης ίδιων κωδικών προϊόντος καθώς και κωδικών flushing. Λόγω του γεγονότος ότι η πορεία των βημάτων αυτών εξηγήθηκε εκτενώς στο υποκεφάλαιο 6.3.1, στο παρόν υποκεφάλαιο θα εστιάσουμε την προσοχή μας μόνο στη εναλλαγή δοχείων, εκ νέου στο διάστημα των δύο παραγωγικών εβδομάδων, από 29 Ιανουαρίου έως 11 Φεβρουαρίου.

Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι, ενώ τα προηγούμενα βήματα της ομαδοποίησης όμοιων κωδικών προϊόντος και ομαδοποίησης flushing στοχεύουν στην μείωση του αριθμού των C/O και κατά συνέπεια στην αύξηση της παραγωγικότητας των δοχείων, με το βήμα της εναλλαγής δοχείου βασικός στόχος είναι η διαχείριση και μείωση του αριθμού των παραγγελιών που δεν παράγονται εντός χρόνου και η βελτίωση του μέσου χρόνου καθυστέρησης γενικότερα.

Η αρχική κατάσταση στην προκειμένη περίπτωση φαίνεται στον πίνακα 6.9 για το δοχείο A και στον πίνακα 6.10 για το δοχείο B. Το δοχείο A αποτελεί το μεγάλης δυναμικότητας δοχείο και έστω ότι έχει τριπλάσια δυναμικότητα από το δοχείο B. Ο χρόνος επεξεργασίας κάθε παραγγελίας θεωρείται ότι είναι 8 ώρες στο μεγάλης δυναμικότητας δοχείο και 7 ώρες στο μικρής.

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Line id	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Valid vessel	Valid vessel
1	Δοχείο A	PR-017836	29/01/2018 13:17	29/01/2018 14:00	0	Δοχείο A	Δοχείο B
2	Δοχείο A	PR-017836	29/01/2018 20:35	29/01/2018 22:00	0	Δοχείο A	Δοχείο B
3	Δοχείο A	PR-013926	02/02/2018 20:53	30/01/2018 11:00	-3	Δοχείο B	Δοχείο A
4	Δοχείο A	PR-013926	02/02/2018 20:53	30/01/2018 19:00	-3	Δοχείο B	Δοχείο A
5	Δοχείο A	PR-017973	03/02/2018 16:24	31/01/2018 8:00	-3	Δοχείο A	
6	Δοχείο A	PR-013926	04/02/2018 14:33	31/01/2018 21:00	-4	Δοχείο B	Δοχείο A
7	Δοχείο A	PR-013926	05/02/2018 0:16	01/02/2018 5:00	-4	Δοχείο B	Δοχείο A
8	Δοχείο A	PR-018597	05/02/2018 9:31	01/02/2018 18:00	-4	Δοχείο A	
9	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 5:19	02/02/2018 7:00	-4	Δοχείο A	
10	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 5:19	02/02/2018 15:00	-4	Δοχείο A	
11	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 12:24	02/02/2018 23:00	-4	Δοχείο A	
12	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 12:24	03/02/2018 7:00	-3	Δοχείο A	
13	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 12:24	05/02/2018 14:00	-1	Δοχείο A	
14	Δοχείο A	PR-018316	07/02/2018 11:59	05/02/2018 22:00	-2	Δοχείο A	
15	Δοχείο A	PR-018316	09/02/2018 21:00	06/02/2018 6:00	-3	Δοχείο A	
16	Δοχείο A	PR-018316	10/02/2018 0:43	06/02/2018 14:00	-4	Δοχείο A	
17	Δοχείο A	PR-018316	10/02/2018 0:43	06/02/2018 22:00	-4	Δοχείο A	
18	Δοχείο A	PR-018316	11/02/2018 0:31	07/02/2018 6:00	-4	Δοχείο A	
19	Δοχείο A	PR-010017	06/02/2018 17:18	07/02/2018 19:00	1	Δοχείο A	Δοχείο B
20	Δοχείο A	PR-010017	06/02/2018 17:18	08/02/2018 3:00	2	Δοχείο A	Δοχείο B
21	Δοχείο A	PR-010017	06/02/2018 17:18	08/02/2018 11:00	2	Δοχείο A	Δοχείο B
22	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	09/02/2018 0:00	3	Δοχείο A	Δοχείο B
23	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	09/02/2018 8:00	3	Δοχείο A	Δοχείο B
24	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	09/02/2018 16:00	3	Δοχείο A	Δοχείο B
25	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	10/02/2018 0:00	4	Δοχείο A	Δοχείο B
26	Δοχείο A	PR-008280	10/02/2018 16:20	12/02/2018 14:00	2	Δοχείο A	Δοχείο B
27	Δοχείο A	PR-008280	10/02/2018 16:20	12/02/2018 22:00	2	Δοχείο A	Δοχείο B
28	Δοχείο A	PR-008280	10/02/2018 16:20	13/02/2018 6:00	3	Δοχείο A	Δοχείο B
29	Δοχείο A	PR-008280	10/02/2018 16:20	13/02/2018 14:00	3	Δοχείο A	Δοχείο B

Πίνακας 6.9: Αρχική αλληλουχία των παραγγελιών του δοχείου μεγάλης δυναμικότητας

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Line id	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Valid vessel	Valid vessel
1	Δοχείο B	PR-014215	01/02/2018 1:44	29/01/2018 12:00	-2	Δοχείο B	
2	Δοχείο B	PR-014215	01/02/2018 1:44	29/01/2018 19:00	-3	Δοχείο B	
3	Δοχείο B	PR-007786	03/02/2018 5:48	30/01/2018 6:00	-4	Δοχείο B	
4	Δοχείο B	PR-013929	03/02/2018 22:34	30/01/2018 17:00	-4	Δοχείο B	
5	Δοχείο B	PR-013929	03/02/2018 22:34	31/01/2018 0:00	-3	Δοχείο B	
6	Δοχείο B	PR-007761	04/02/2018 15:44	31/01/2018 11:00	-4	Δοχείο B	
7	Δοχείο B	PR-007761	04/02/2018 15:44	31/01/2018 18:00	-4	Δοχείο B	
8	Δοχείο B	PR-007761	05/02/2018 1:06	01/02/2018 1:00	-4	Δοχείο B	
9	Δοχείο B	PR-007761	05/02/2018 1:06	01/02/2018 8:00	-4	Δοχείο B	
10	Δοχείο B	PR-014423	05/02/2018 16:52	01/02/2018 19:00	-4	Δοχείο B	Δοχείο A
11	Δοχείο B	PR-014620	09/02/2018 21:00	02/02/2018 5:00	-7	Δοχείο B	
12	Δοχείο B	PR-014620	10/02/2018 7:03	02/02/2018 11:00	-8	Δοχείο B	
13	Δοχείο B	PR-012991	11/02/2018 8:57	02/02/2018 22:00	-9	Δοχείο B	
14	Δοχείο B	PR-012991	12/02/2018 8:23	03/02/2018 5:00	-9	Δοχείο B	
15	Δοχείο B	PR-012989	12/02/2018 12:21	05/02/2018 13:00	-7	Δοχείο B	
16	Δοχείο B	PR-012989	19/02/2018 5:27	05/02/2018 20:00	-14	Δοχείο B	
17	Δοχείο B	PR-012989	19/02/2018 5:27	06/02/2018 3:00	-13	Δοχείο B	
18	Δοχείο B	PR-012987	12/02/2018 18:17	06/02/2018 10:00	-6	Δοχείο B	
19	Δοχείο B	PR-012987	12/02/2018 18:17	06/02/2018 17:00	-6	Δοχείο B	
20	Δοχείο B	PR-007786	11/02/2018 14:27	07/02/2018 4:00	-4	Δοχείο B	
21	Δοχείο B	PR-007786	11/02/2018 14:27	07/02/2018 11:00	-4	Δοχείο B	
22	Δοχείο B	PR-007786	11/02/2018 14:27	07/02/2018 18:00	-4	Δοχείο B	
23	Δοχείο B	PR-007786	11/02/2018 14:27	08/02/2018 1:00	-3	Δοχείο B	
24	Δοχείο B	PR-009859	13/02/2018 9:01	08/02/2018 8:00	-5	Δοχείο B	
25	Δοχείο B	PR-009859	13/02/2018 9:01	08/02/2018 15:00	-5	Δοχείο B	
26	Δοχείο B	PR-009859	13/02/2018 9:01	08/02/2018 22:00	-5	Δοχείο B	
27	Δοχείο B	PR-013200	13/02/2018 12:08	09/02/2018 9:00	-4	Δοχείο B	
28	Δοχείο B	PR-013200	13/02/2018 12:08	09/02/2018 16:00	-4	Δοχείο B	
29	Δοχείο B	PR-013200	13/02/2018 12:08	09/02/2018 23:00	-4	Δοχείο B	
30	Δοχείο B	PR-013200	16/02/2018 13:19	10/02/2018 6:00	-6	Δοχείο B	

Πίνακας 6.10: Αρχική αλληλουχία των παραγγελιών του δοχείου μικρής δυναμικότητας

Η μωβ γραμμή του πίνακα 6.9 υποδεικνύει το τέλος του χρονικού διαστήματος που εξετάζεται.

Έτσι, στο διάστημα των δύο εβδομάδων που εξετάζουμε, στο δοχείο A έχουμε:

Αριθμός παραγγελιών που καθυστερούν = 7 παραγγελίες

Παραγόμενες παραγγελίες = 25 παραγγελίες

Ποσοστό παραγγελιών εντός χρόνου = $(25 - 7) / 25 = 72\%$

Μέση καθυστέρηση (των εκτός χρόνου παραγγελιών) = 2,57 ημέρες ανά καθυστερημένη παραγγελία

B. Εναλλαγή δοχείου καθυστερημένων παραγγελιών

Όπως φαίνεται στον πίνακα 6.9, οι παραγγελίες με αύξοντα αριθμό 19 έως 21 παράγονται μεταγενέστερα από την επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης, άρα είναι υποψήφιες να παραχθούν εναλλακτικά στο δοχείο B, από την στιγμή που υπάρχει αυτή η εναλλακτική.

Από την στιγμή που εξετάζουμε την εναλλαγή σε δοχείο υποτριπλάσιας δυναμικότητας, οι τρεις παραγγελίες του δοχείου A ισοδυναμούν με εννέα παραγγελίες του δοχείου B, ήτοι 63 ώρες επιπλέον θα προστεθούν στο δοχείο B, αν η εναλλαγή πραγματοποιηθεί (9 παραγγελίες επί 7 ώρες επεξεργασίας η κάθε μία). Αρχικά, το εργαλείο ελέγχει αν στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα, το δοχείο B έχει την δυναμικότητα να παράξει τις συγκεκριμένες παραγγελίες οι οποίες έχουν επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης την 6^η Φεβρουαρίου. Αν υποθετικά, η εναλλαγή πραγματοποιηθεί, τότε οι νέες αυτές παραγγελίες θα παραχθούν μεταξύ των παραγγελιών υπ' αριθμόν 10 και 11 του πίνακα 6.10, καθώς έχουν επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης 5 και 9 Φεβρουαρίου αντίστοιχα. Από την στιγμή που η παραγγελία 10 παραδίδεται 1^η Φεβρουαρίου και οι νέες παραγγελίες χρειάζονται 63 ώρες παραγωγής (δηλαδή 2,6 ημέρες περίπου), φαίνεται πως οι νέες παραγγελίες οριακά θα παραχθούν εντός του απαιτούμενου χρόνου που είναι η 6^η Φεβρουαρίου. Άρα, η πρώτη παράμετρος πληρείται.

Επιπλέον, θα πρέπει να εξασφαλιστεί και η δεύτερη παράμετρος που επιβάλλει ότι, έπειτα από την εναλλαγή δοχείου, καμία εκ των παραγγελιών του δοχείου B σε διάστημα μιας εβδομάδας δεν θα παραχθεί καθυστερημένα. Στην προκειμένη περίπτωση παρατηρούμε ότι όλες οι παραγγελίες παράγονται τουλάχιστον τρεις ημέρες νωρίτερα, οπότε τηρείται και η δεύτερη παράμετρος.

Η τελική μορφή των δύο δοχείων φαίνεται στους πίνακες 6.11 και 6.12 αντίστοιχα. Με μπλε κύκλο στον πίνακα 6.11 υποδεικνύονται οι παραγγελίες του δοχείου A, που ενώ αρχικώς ήταν εκτός του διαστήματος των δύο εβδομάδων, λόγω της εναλλαγής δοχείου θα παραχθούν νωρίτερα. Με μπλε φόντο στον πίνακα 6.12 απεικονίζονται οι νέες παραγγελίες που δημιουργήθηκαν στο δοχείο B.

Τελικά, στο δοχείο A οι δείκτες διαμορφώνονται ως εξής:

Αριθμός παραγγελιών που καθυστερούν = 4 παραγγελίες

Παραγόμενες παραγγελίες = 26 παραγγελίες

Ποσοστό παραγγελιών εντός χρόνου = $(26 - 4) / 26 = 84,62\%$

Μέση καθυστέρηση (των εκτός χρόνου παραγγελιών) = 1,75 ημέρες ανά καθυστερημένη παραγγελία

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Line id	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Valid vessel	Valid vessel
1	Δοχείο Α	PR-017836	29/01/2018 13:17	29/01/2018 14:00	0	Δοχείο Α	Δοχείο Β
2	Δοχείο Α	PR-017836	29/01/2018 20:35	29/01/2018 22:00	0	Δοχείο Α	Δοχείο Β
3	Δοχείο Α	PR-013926	02/02/2018 20:53	30/01/2018 11:00	-3	Δοχείο Β	Δοχείο Α
4	Δοχείο Α	PR-013926	02/02/2018 20:53	30/01/2018 19:00	-3	Δοχείο Β	Δοχείο Α
5	Δοχείο Α	PR-017973	03/02/2018 16:24	31/01/2018 8:00	-3	Δοχείο Α	
6	Δοχείο Α	PR-013926	04/02/2018 14:33	31/01/2018 21:00	-4	Δοχείο Β	Δοχείο Α
7	Δοχείο Α	PR-013926	05/02/2018 0:16	01/02/2018 5:00	-4	Δοχείο Β	Δοχείο Α
8	Δοχείο Α	PR-018597	05/02/2018 9:31	01/02/2018 18:00	-4	Δοχείο Α	
9	Δοχείο Α	PR-018316	06/02/2018 5:19	02/02/2018 7:00	-4	Δοχείο Α	
10	Δοχείο Α	PR-018316	06/02/2018 5:19	02/02/2018 15:00	-4	Δοχείο Α	
11	Δοχείο Α	PR-018316	06/02/2018 12:24	02/02/2018 23:00	-4	Δοχείο Α	
12	Δοχείο Α	PR-018316	06/02/2018 12:24	03/02/2018 7:00	-3	Δοχείο Α	
13	Δοχείο Α	PR-018316	06/02/2018 12:24	05/02/2018 14:00	-1	Δοχείο Α	
14	Δοχείο Α	PR-018316	07/02/2018 11:59	05/02/2018 22:00	-2	Δοχείο Α	
15	Δοχείο Α	PR-018316	09/02/2018 21:00	06/02/2018 6:00	-3	Δοχείο Α	
16	Δοχείο Α	PR-018316	10/02/2018 0:43	06/02/2018 14:00	-4	Δοχείο Α	
17	Δοχείο Α	PR-018316	10/02/2018 0:43	06/02/2018 22:00	-4	Δοχείο Α	
18	Δοχείο Α	PR-018316	11/02/2018 0:31	07/02/2018 6:00	-4	Δοχείο Α	
19	Δοχείο Α	PR-008280	06/02/2018 17:18	07/02/2018 19:00	1	Δοχείο Α	Δοχείο Β
20	Δοχείο Α	PR-008280	06/02/2018 17:18	08/02/2018 3:00	2	Δοχείο Α	Δοχείο Β
21	Δοχείο Α	PR-008280	06/02/2018 17:18	08/02/2018 11:00	2	Δοχείο Α	Δοχείο Β
22	Δοχείο Α	PR-008280	06/02/2018 17:18	08/02/2018 19:00	2	Δοχείο Α	Δοχείο Β
23	Δοχείο Α	PR-008280	10/02/2018 16:20	09/02/2018 3:00	-1	Δοχείο Α	Δοχείο Β
24	Δοχείο Α	PR-008280	10/02/2018 16:20	09/02/2018 11:00	-1	Δοχείο Α	Δοχείο Β
25	Δοχείο Α	PR-008280	10/02/2018 16:20	09/02/2018 19:00	-1	Δοχείο Α	Δοχείο Β
26	Δοχείο Α	PR-008280	10/02/2018 16:20	10/02/2018 3:00	0	Δοχείο Α	Δοχείο Β

Πίνακας 6.11: Αλληλουχία παραγγελιών του δοχείου μεγάλης δυναμικότητας, έπειτα από την εναλλαγή δοχείου καθυστερημένων παραγγελιών

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Line id	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Valid vessel	Valid vessel
1	Δοχείο B	PR-014215	01/02/2018 1:44	29/01/2018 12:00	-2	Δοχείο B	
2	Δοχείο B	PR-014215	01/02/2018 1:44	29/01/2018 19:00	-3	Δοχείο B	
3	Δοχείο B	PR-007786	03/02/2018 5:48	30/01/2018 6:00	-4	Δοχείο B	
4	Δοχείο B	PR-013929	03/02/2018 22:34	30/01/2018 17:00	-4	Δοχείο B	
5	Δοχείο B	PR-013929	03/02/2018 22:34	31/01/2018 0:00	-3	Δοχείο B	
6	Δοχείο B	PR-007761	04/02/2018 15:44	31/01/2018 11:00	-4	Δοχείο B	
7	Δοχείο B	PR-007761	04/02/2018 15:44	31/01/2018 18:00	-4	Δοχείο B	
8	Δοχείο B	PR-007761	05/02/2018 1:06	01/02/2018 1:00	-4	Δοχείο B	
9	Δοχείο B	PR-007761	05/02/2018 1:06	01/02/2018 8:00	-4	Δοχείο B	
10	Δοχείο B	PR-014423	05/02/2018 16:52	01/02/2018 19:00	-4	Δοχείο B	Δοχείο A
11	Δοχείο B	PR-010017	06/02/2018 17:18	02/02/2018 6:00	-4	Δοχείο A	Δοχείο B
12	Δοχείο B	PR-010017	06/02/2018 17:18	02/02/2018 13:00	-4	Δοχείο A	Δοχείο B
13	Δοχείο B	PR-010017	06/02/2018 17:18	02/02/2018 20:00	-4	Δοχείο A	Δοχείο B
14	Δοχείο B	PR-010017	06/02/2018 17:18	03/02/2018 4:00	-3	Δοχείο A	Δοχείο B
15	Δοχείο B	PR-010017	06/02/2018 17:18	05/02/2018 14:00	-1	Δοχείο A	Δοχείο B
16	Δοχείο B	PR-010017	06/02/2018 17:18	05/02/2018 22:00	-1	Δοχείο A	Δοχείο B
17	Δοχείο B	PR-010017	06/02/2018 17:18	06/02/2018 6:00	0	Δοχείο A	Δοχείο B
18	Δοχείο B	PR-010017	06/02/2018 17:18	06/02/2018 14:00	0	Δοχείο A	Δοχείο B
19	Δοχείο B	PR-010017	06/02/2018 17:18	06/02/2018 22:00	0	Δοχείο A	Δοχείο B
20	Δοχείο B	PR-014620	09/02/2018 21:00	07/02/2018 8:00	-2	Δοχείο B	
21	Δοχείο B	PR-014620	10/02/2018 7:03	07/02/2018 14:00	-3	Δοχείο B	
22	Δοχείο B	PR-012991	11/02/2018 8:57	08/02/2018 1:00	-3	Δοχείο B	
23	Δοχείο B	PR-012991	12/02/2018 8:23	08/02/2018 8:00	-4	Δοχείο B	
24	Δοχείο B	PR-012989	12/02/2018 12:21	08/02/2018 15:00	-4	Δοχείο B	
25	Δοχείο B	PR-012989	19/02/2018 5:27	08/02/2018 22:00	-11	Δοχείο B	
26	Δοχείο B	PR-012989	19/02/2018 5:27	09/02/2018 5:00	-10	Δοχείο B	
27	Δοχείο B	PR-012987	12/02/2018 18:17	09/02/2018 12:00	-3	Δοχείο B	
28	Δοχείο B	PR-012987	12/02/2018 18:17	09/02/2018 19:00	-3	Δοχείο B	
29	Δοχείο B	PR-007786	11/02/2018 14:27	10/02/2018 6:00	-1	Δοχείο B	

Πίνακας 6.12: Αλληλουχία παραγγελιών του δοχείου μικρής δυναμικότητας, έπειτα από την εναλλαγή δοχείου καθυστερημένων παραγγελιών

Γ. Συγκριτικά αποτελέσματα

Στον πίνακα 6.13, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα που επέφερε η εναλλαγή δοχείου που εξετάσαμε στην εφαρμογή 2.

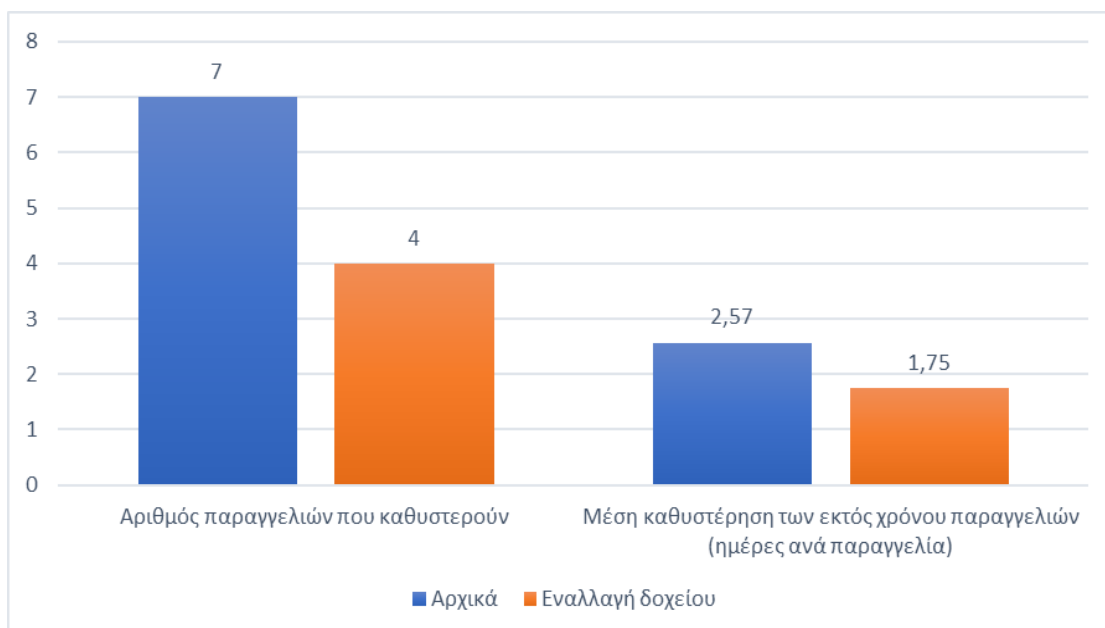
Δείκτες (δοχείο μεγάλης δυναμικότητας)	Αρχικά	Εναλλαγή δοχείου	Ποσοστιαία μεταβολή
Αριθμός παραγγελιών που καθυστερούν	7	4	- 42,86%
Ποσοστό παραγγελιών εντός χρόνου	72,00%	84,62%	+ 14,62%
Μέση καθυστέρηση των εκτός χρόνου παραγγελιών (ημέρες ανά παραγγελία)	2,57	1,75	- 31,9%

Πίνακας 6.13: Συγκεντρωτικός πίνακας δεικτών του δοχείου της εφαρμογής 2

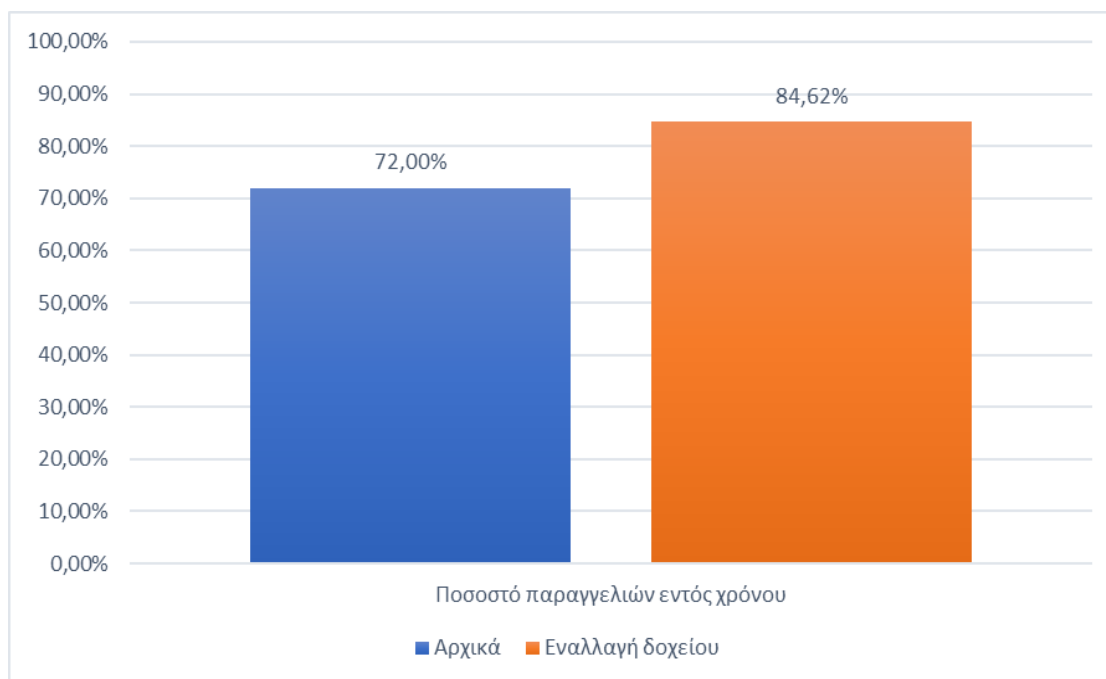
Από την μελέτη του πίνακα 6.13 προκύπτει ότι η εναλλαγή δοχείου ορισμένων εκ των καθυστερημένων παραγγελιών έχει σαν αντίκτυπο την βελτίωση της εικόνας του δοχείου μεγάλης δυναμικότητας. Ο αριθμός των παραγόμενων παρτίδων αυξήθηκε κατά μία, ενώ ο αριθμός των παραγγελιών που παράγονται καθυστερημένα σε σχέση με την επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης μειώθηκε κατά 43% περίπου (από 7 σε 4 παρτίδες). Για τον λόγο αυτό, τόσο το ποσοστό των παραγγελιών που παράγονται εντός χρόνου παρουσίασε μία αύξηση της τάξης του 14,62%, όσο και η μέση καθυστέρηση των παραγγελιών, που συνέχισαν να είναι καθυστερημένες και μετά την εναλλαγή δοχείου, μειώθηκε κατά 32% περίπου (από 2,57 μεταβήκαμε σε 1,75 ημέρες καθυστέρησης ανά παραγγελία).

Παράλληλα, όλες οι παραγγελίες του δοχείου μικρής δυναμικότητας Β εξακολουθούν να παράγονται εντός του απαιτούμενου χρόνου, κάτι που σημαίνει ότι η εναλλαγή δοχείου των παραγγελιών δεν δημιούργησε πρόβλημα στο δοχείο αυτό.

Διαγραμματικά, οι δείκτες μας απεικονίζονται ως εξής:



Εικόνα 6.3: Διαγραμματική απεικόνιση του αριθμού των καθυστερημένων παραγγελιών και της μέσης καθυστέρησής τους στο δοχείο μεγάλης δυναμικότητας της εφαρμογής 2



Εικόνα 6.4: Διαγραμματική απεικόνιση του ποσοστού των μη καθυστερημένων παραγγελιών στο δοχείο μεγάλης δυναμικότητας της εφαρμογής 2

6.3.3. Εφαρμογή 3 - Παράδειγμα με δύο δοχεία ανάμιξης (αλλαγή δοχείου μη καθυστερημένων παραγγελιών)

A. Αρχική Κατάσταση

Στο προηγούμενο παράδειγμα, για τις υπό εξέταση καθυστερημένες παραγγελίες, τηρούνταν και οι δύο βασικές παράμετροι πριν πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε εναλλαγή δοχείου. Τώρα θα εξετάσουμε την περίπτωση όπου καμία εκ των παραγγελιών οι οποίες είναι εκτός χρόνου δεν είναι εφικτό να μεταφερθούν αυτές καθαυτές σε διαφορετικό δοχείο, επομένως θα πρέπει να εξεταστούν αντίστοιχα παραγγελίες που παράγονται νωρίτερα, με στόχο να αποφορτιστεί το δοχείο που παρουσιάζει το πρόβλημα. Η αρχική εικόνα των δοχείων μας είναι η κάτωθι.

Η μωβ γραμμή του πίνακα 6.14 υποδεικνύει το τέλος του χρονικού διαστήματος των υπό εξέταση δύο εβδομάδων. Οι παραγγελίες 27 και 28 είναι εκτός του διαστήματος αυτού στην αρχική κατάσταση.

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Line id	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Valid vessel	Valid vessel
1	Δοχείο A	PR-017836	29/01/2018 13:17	29/01/2018 14:00	0	Δοχείο A	Δοχείο B
2	Δοχείο A	PR-017836	29/01/2018 20:35	29/01/2018 22:00	0	Δοχείο A	Δοχείο B
3	Δοχείο A	PR-013926	02/02/2018 20:53	30/01/2018 11:00	-3	Δοχείο B	Δοχείο A
4	Δοχείο A	PR-013926	02/02/2018 20:53	30/01/2018 19:00	-3	Δοχείο B	Δοχείο A
5	Δοχείο A	PR-017973	03/02/2018 16:24	31/01/2018 8:00	-3	Δοχείο A	
6	Δοχείο A	PR-013926	04/02/2018 14:33	31/01/2018 21:00	-4	Δοχείο B	Δοχείο A
7	Δοχείο A	PR-013926	05/02/2018 0:16	01/02/2018 5:00	-4	Δοχείο B	Δοχείο A
8	Δοχείο A	PR-018597	05/02/2018 9:31	01/02/2018 18:00	-4	Δοχείο A	
9	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 5:19	02/02/2018 7:00	-4	Δοχείο A	
10	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 5:19	02/02/2018 15:00	-4	Δοχείο A	
11	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 12:24	02/02/2018 23:00	-4	Δοχείο A	
12	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 12:24	03/02/2018 7:00	-3	Δοχείο A	
13	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 12:24	05/02/2018 14:00	-1	Δοχείο A	
14	Δοχείο A	PR-018316	07/02/2018 11:59	05/02/2018 22:00	-2	Δοχείο A	
15	Δοχείο A	PR-018316	09/02/2018 21:00	06/02/2018 6:00	-3	Δοχείο A	
16	Δοχείο A	PR-018316	10/02/2018 0:43	06/02/2018 14:00	-4	Δοχείο A	
17	Δοχείο A	PR-018316	10/02/2018 0:43	06/02/2018 22:00	-4	Δοχείο A	
18	Δοχείο A	PR-018316	11/02/2018 0:31	07/02/2018 6:00	-4	Δοχείο A	
19	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	07/02/2018 19:00	1	Δοχείο A	Δοχείο B
20	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	08/02/2018 3:00	2	Δοχείο A	Δοχείο B
21	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	08/02/2018 11:00	2	Δοχείο A	Δοχείο B
22	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	08/02/2018 19:00	2	Δοχείο A	Δοχείο B
23	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	09/02/2018 3:00	3	Δοχείο A	Δοχείο B
24	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	09/02/2018 11:00	3	Δοχείο A	Δοχείο B
25	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	09/02/2018 19:00	3	Δοχείο A	Δοχείο B
26	Δοχείο A	PR-008280	10/02/2018 16:20	10/02/2018 3:00	0	Δοχείο A	Δοχείο B
27	Δοχείο A	PR-008280	10/02/2018 16:20	12/02/2018 14:00	2	Δοχείο A	Δοχείο B
28	Δοχείο A	PR-008280	10/02/2018 16:20	12/02/2018 22:00	2	Δοχείο A	Δοχείο B

Πίνακας 6.14: Αρχική αλληλουχία των παραγγελιών του δοχείου μεγάλης δυναμικότητας

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Line id	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Valid vessel	Valid vessel
1	Δοχείο B	PR-014215	01/02/2018 1:44	29/01/2018 12:00	-2	Δοχείο B	
2	Δοχείο B	PR-014215	01/02/2018 1:44	29/01/2018 19:00	-3	Δοχείο B	
3	Δοχείο B	PR-007786	03/02/2018 5:48	30/01/2018 6:00	-4	Δοχείο B	
4	Δοχείο B	PR-013929	03/02/2018 22:34	30/01/2018 17:00	-4	Δοχείο B	
5	Δοχείο B	PR-013929	03/02/2018 22:34	31/01/2018 0:00	-3	Δοχείο B	
6	Δοχείο B	PR-007761	04/02/2018 15:44	31/01/2018 11:00	-4	Δοχείο B	
7	Δοχείο B	PR-007761	04/02/2018 15:44	31/01/2018 18:00	-4	Δοχείο B	
8	Δοχείο B	PR-007761	05/02/2018 1:06	01/02/2018 1:00	-4	Δοχείο B	
9	Δοχείο B	PR-007761	05/02/2018 1:06	01/02/2018 8:00	-4	Δοχείο B	
10	Δοχείο B	PR-014423	05/02/2018 16:52	01/02/2018 19:00	-4	Δοχείο B	Δοχείο A
11	Δοχείο B	PR-014620	09/02/2018 21:00	02/02/2018 5:00	-7	Δοχείο B	
12	Δοχείο B	PR-014620	10/02/2018 7:03	02/02/2018 11:00	-8	Δοχείο B	
13	Δοχείο B	PR-012991	11/02/2018 8:57	02/02/2018 22:00	-9	Δοχείο B	
14	Δοχείο B	PR-012991	12/02/2018 8:23	03/02/2018 5:00	-9	Δοχείο B	
15	Δοχείο B	PR-012989	12/02/2018 12:21	05/02/2018 13:00	-7	Δοχείο B	
16	Δοχείο B	PR-012989	19/02/2018 5:27	05/02/2018 20:00	-14	Δοχείο B	
17	Δοχείο B	PR-012989	19/02/2018 5:27	06/02/2018 3:00	-13	Δοχείο B	
18	Δοχείο B	PR-012987	12/02/2018 18:17	06/02/2018 10:00	-6	Δοχείο B	
19	Δοχείο B	PR-012987	12/02/2018 18:17	06/02/2018 17:00	-6	Δοχείο B	
20	Δοχείο B	PR-007786	11/02/2018 14:27	07/02/2018 4:00	-4	Δοχείο B	
21	Δοχείο B	PR-007786	11/02/2018 14:27	07/02/2018 11:00	-4	Δοχείο B	
22	Δοχείο B	PR-007786	11/02/2018 14:27	07/02/2018 18:00	-4	Δοχείο B	
23	Δοχείο B	PR-007786	11/02/2018 14:27	08/02/2018 1:00	-3	Δοχείο B	
24	Δοχείο B	PR-009859	13/02/2018 9:01	08/02/2018 8:00	-5	Δοχείο B	
25	Δοχείο B	PR-009859	13/02/2018 9:01	08/02/2018 15:00	-5	Δοχείο B	
26	Δοχείο B	PR-009859	13/02/2018 9:01	08/02/2018 22:00	-5	Δοχείο B	
27	Δοχείο B	PR-013200	13/02/2018 12:08	09/02/2018 9:00	-4	Δοχείο B	
28	Δοχείο B	PR-013200	13/02/2018 12:08	09/02/2018 16:00	-4	Δοχείο B	
29	Δοχείο B	PR-013200	13/02/2018 12:08	09/02/2018 23:00	-4	Δοχείο B	
30	Δοχείο B	PR-013200	16/02/2018 13:19	10/02/2018 6:00	-6	Δοχείο B	

Πίνακας 6.15: Αρχική αλληλουχία των παραγγελιών του δοχείου μικρής δυναμικότητας

Επομένως, στο δοχείο A αρχικά οι δείκτες διαμορφώνονται ως εξής:

Αριθμός παραγγελιών που καθυστερούν = 7 παραγγελίες

Παραγόμενες παραγγελίες = 26 παραγγελίες

Ποσοστό παραγγελιών εντός χρόνου = $(26 - 7) / 26 = 73,08\%$

Μέση καθυστέρηση (των εκτός χρόνου παραγγελιών) = 2,29 ημέρες ανά καθυστερημένη παραγγελία

B. Εναλλαγή δοχείου μη καθυστερημένων παραγγελιών

Όπως φαίνεται στον πίνακα 6.14, οι παραγγελίες με αύξοντα αριθμό 19 έως 28 παράγονται καθυστερημένα στο δοχείο A, επομένως θα πρέπει να εξεταστεί αν μπορούν να μεταφερθούν σε άλλο δοχείο. Ωστόσο, επειδή αποτελούν καμπάνια 10 παραγγελιών, στο νέο δοχείο θα έπρεπε να δημιουργηθούν 30 νέες παραγγελίες που σημαίνει ότι το δοχείο θα πρέπει να δεσμευτεί για περίπου 9 παραγωγικές ημέρες μόνο και μόνο για την παραγωγή αυτών των παραγγελιών, κάτι που δεν είναι εφικτό.

Επόμενο βήμα λοιπόν, είναι το εργαλείο να εξετάσει αν κάποιες εκ των παραγγελιών του δοχείου A που παράγονται νωρίτερα είναι εφικτό να παραχθούν στο δοχείο B, όπως συμβαίνει με τις παραγγελίες υπ' αριθμόν 6 και 7 του πίνακα 6.14. Οι δύο παραγγελίες του δοχείου A ισοδυναμούν με 6 παραγγελίες του δοχείου B, δηλαδή 42 παραγωγικές ώρες ή αλλιώς περίπου 2 ημέρες παραγωγής. Το πότε αυτές θα παραχθούν στο νέο δοχείο προκύπτει με βάση την επιθυμητή ημερομηνία παραγωγής τους που είναι 4 και 5 Φεβρουαρίου. Έτσι, θα πρέπει να εξεταστεί αν είναι εφικτό να παραχθούν έπειτα από την παραγγελία 5 του πίνακα 6.15, η οποία έχει επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης 3 Φεβρουαρίου. Επειδή η παραγγελία 5 παράγεται στις 31 Ιανουαρίου δηλαδή 3 ημέρες νωρίτερα, συμπεραίνεται ότι οι νέες παραγγελίες που θα μεταφερθούν θα παραχθούν εντός χρόνου καθώς απαιτούν 2 ημέρες ώστε να παραχθούν. Έτσι, η πρώτη εκ των δύο παραμέτρων πληρείται. Στην συνέχεια, παρατηρώντας τον πίνακα 6.15 από την παραγγελία 5 και έπειτα, το δοχείο έχει την δυναμικότητα να παράξει τις υπό εξέταση παραγγελίες καθώς και πάλι όλες οι παραγγελίες που έχουν επιθυμητή ημερομηνία παράδοσης εντός των επόμενων 7 ημερών, παράγονται τουλάχιστον 3 ημέρες νωρίτερα. Άρα πληρείται και η δεύτερη παράμετρος και η εναλλαγή μπορεί να πραγματοποιηθεί. Η τελική εικόνα των δοχείων είναι αυτή των πινάκων 6.16 και 6.17.

Λόγω της εναλλαγής δοχείου των δύο παραγγελιών που αναφέρθηκαν, στο δοχείο A πλέον θα παραχθούν επιπλέον οι παραγγελίες 25 και 26 του πίνακα 6.16 (μπλε φόντο).

Αντίστοιχα, στον πίνακα 6.17 με μπλε φόντο απεικονίζονται οι 6 νέες παραγγελίες που προήλθαν από το δοχείο A και τελικώς θα παραχθούν στο δοχείο B.

Ας εξετάσουμε τώρα τους δείκτες για το δοχείο A:

Αριθμός παραγγελιών που καθυστερούν = 7 παραγγελίες

Παραγόμενες παραγγελίες = 26 παραγγελίες

Ποσοστό παραγγελιών εντός χρόνου = $(26 - 7) / 26 = 73,08\%$

Μέση καθυστέρηση (των εκτός χρόνου παραγγελιών) = 1,71 ημέρες ανά καθυστερημένη παραγγελία

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Line id	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Valid vessel	Valid vessel
1	Δοχείο A	PR-017836	29/01/2018 13:17	29/01/2018 14:00	0	Δοχείο A	Δοχείο B
2	Δοχείο A	PR-017836	29/01/2018 20:35	29/01/2018 22:00	0	Δοχείο A	Δοχείο B
3	Δοχείο A	PR-013926	02/02/2018 20:53	30/01/2018 11:00	-3	Δοχείο B	Δοχείο A
4	Δοχείο A	PR-013926	02/02/2018 20:53	30/01/2018 19:00	-3	Δοχείο B	Δοχείο A
5	Δοχείο A	PR-017973	03/02/2018 16:24	31/01/2018 8:00	-3	Δοχείο A	
6	Δοχείο A	PR-018597	05/02/2018 9:31	31/01/2018 21:00	-5	Δοχείο A	
7	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 5:19	01/02/2018 10:00	-5	Δοχείο A	
8	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 5:19	01/02/2018 18:00	-5	Δοχείο A	
9	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 12:24	02/02/2018 2:00	-4	Δοχείο A	
10	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 12:24	02/02/2018 10:00	-4	Δοχείο A	
11	Δοχείο A	PR-018316	06/02/2018 12:24	02/02/2018 18:00	-4	Δοχείο A	
12	Δοχείο A	PR-018316	07/02/2018 11:59	03/02/2018 2:00	-4	Δοχείο A	
13	Δοχείο A	PR-018316	09/02/2018 21:00	05/02/2018 14:00	-4	Δοχείο A	
14	Δοχείο A	PR-018316	10/02/2018 0:43	05/02/2018 22:00	-5	Δοχείο A	
15	Δοχείο A	PR-018316	10/02/2018 0:43	06/02/2018 6:00	-4	Δοχείο A	
16	Δοχείο A	PR-018316	11/02/2018 0:31	06/02/2018 14:00	-5	Δοχείο A	
17	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	07/02/2018 3:00	1	Δοχείο A	Δοχείο B
18	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	07/02/2018 11:00	1	Δοχείο A	Δοχείο B
19	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	07/02/2018 19:00	1	Δοχείο A	Δοχείο B
20	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	08/02/2018 3:00	2	Δοχείο A	Δοχείο B
21	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	08/02/2018 11:00	2	Δοχείο A	Δοχείο B
22	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	08/02/2018 19:00	2	Δοχείο A	Δοχείο B
23	Δοχείο A	PR-008280	06/02/2018 17:18	09/02/2018 3:00	3	Δοχείο A	Δοχείο B
24	Δοχείο A	PR-008280	10/02/2018 16:20	09/02/2018 11:00	-1	Δοχείο A	Δοχείο B
25	Δοχείο A	PR-008280	10/02/2018 16:20	09/02/2018 19:00	-1	Δοχείο A	Δοχείο B
26	Δοχείο A	PR-008280	10/02/2018 16:20	10/02/2018 3:00	0	Δοχείο A	Δοχείο B

Πίνακας 6.16: Αλληλουχία παραγγελιών του δοχείου μεγάλης δυναμικότητας, έπειτα από την εναλλαγή δοχείου μη καθυστερημένων παραγγελιών

A	B	C	D	E	F	G	H
A/A	Line id	Bulk id	Delivery date	Confirmed mixing date	Date difference	Valid vessel	Valid vessel
1	Δοχείο Β	PR-014215	01/02/2018 1:44	29/01/2018 12:00	-2	Δοχείο Β	
2	Δοχείο Β	PR-014215	01/02/2018 1:44	29/01/2018 19:00	-3	Δοχείο Β	
3	Δοχείο Β	PR-007786	03/02/2018 5:48	30/01/2018 6:00	-4	Δοχείο Β	
4	Δοχείο Β	PR-013929	03/02/2018 22:34	30/01/2018 17:00	-4	Δοχείο Β	
5	Δοχείο Β	PR-013929	03/02/2018 22:34	31/01/2018 0:00	-3	Δοχείο Β	
6	Δοχείο Β	PR-013926	04/02/2018 14:33	31/01/2018 11:00	-4	Δοχείο Β	Δοχείο Α
7	Δοχείο Β	PR-013926	04/02/2018 14:33	31/01/2018 18:00	-4	Δοχείο Β	Δοχείο Α
8	Δοχείο Β	PR-013926	04/02/2018 14:33	01/02/2018 1:00	-3	Δοχείο Β	Δοχείο Α
9	Δοχείο Β	PR-013926	04/02/2018 14:33	01/02/2018 8:00	-3	Δοχείο Β	Δοχείο Α
10	Δοχείο Β	PR-013926	04/02/2018 14:33	01/02/2018 15:00	-3	Δοχείο Β	Δοχείο Α
11	Δοχείο Β	PR-013926	05/02/2018 0:16	01/02/2018 22:00	-4	Δοχείο Β	Δοχείο Α
12	Δοχείο Β	PR-007761	04/02/2018 15:44	02/02/2018 9:00	-2	Δοχείο Β	
13	Δοχείο Β	PR-007761	04/02/2018 15:44	02/02/2018 16:00	-2	Δοχείο Β	
14	Δοχείο Β	PR-007761	05/02/2018 1:06	02/02/2018 23:00	-3	Δοχείο Β	
15	Δοχείο Β	PR-007761	05/02/2018 1:06	03/02/2018 6:00	-2	Δοχείο Β	
16	Δοχείο Β	PR-014423	05/02/2018 16:52	05/02/2018 17:00	0	Δοχείο Β	Δοχείο Α
17	Δοχείο Β	PR-014620	09/02/2018 21:00	06/02/2018 3:00	-3	Δοχείο Β	
18	Δοχείο Β	PR-014620	10/02/2018 7:03	06/02/2018 9:00	-4	Δοχείο Β	
19	Δοχείο Β	PR-012991	11/02/2018 8:57	06/02/2018 20:00	-5	Δοχείο Β	
20	Δοχείο Β	PR-012991	12/02/2018 8:23	07/02/2018 3:00	-5	Δοχείο Β	
21	Δοχείο Β	PR-012989	12/02/2018 12:21	07/02/2018 10:00	-5	Δοχείο Β	
22	Δοχείο Β	PR-012989	19/02/2018 5:27	07/02/2018 17:00	-12	Δοχείο Β	
23	Δοχείο Β	PR-012989	19/02/2018 5:27	08/02/2018 0:00	-11	Δοχείο Β	
24	Δοχείο Β	PR-012987	12/02/2018 18:17	08/02/2018 7:00	-4	Δοχείο Β	
25	Δοχείο Β	PR-012987	12/02/2018 18:17	08/02/2018 14:00	-4	Δοχείο Β	
26	Δοχείο Β	PR-007786	11/02/2018 14:27	09/02/2018 1:00	-2	Δοχείο Β	
27	Δοχείο Β	PR-007786	11/02/2018 14:27	09/02/2018 8:00	-2	Δοχείο Β	
28	Δοχείο Β	PR-007786	11/02/2018 14:27	09/02/2018 15:00	-2	Δοχείο Β	
29	Δοχείο Β	PR-007786	11/02/2018 14:27	09/02/2018 22:00	-2	Δοχείο Β	
30	Δοχείο Β	PR-009859	13/02/2018 9:01	10/02/2018 5:00	-3	Δοχείο Β	

Πίνακας 6.17: Αλληλουχία παραγγελιών του δοχείου μικρής δυναμικότητας, έπειτα από την εναλλαγή δοχείου μη καθυστερημένων παραγγελιών

Γ. Συγκριτικά αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής 3 με την εναλλαγή δοχείου ορισμένων εκ των μη καθυστερημένων παραγγελιών συγκεντρώνονται στον πίνακα 6.18.

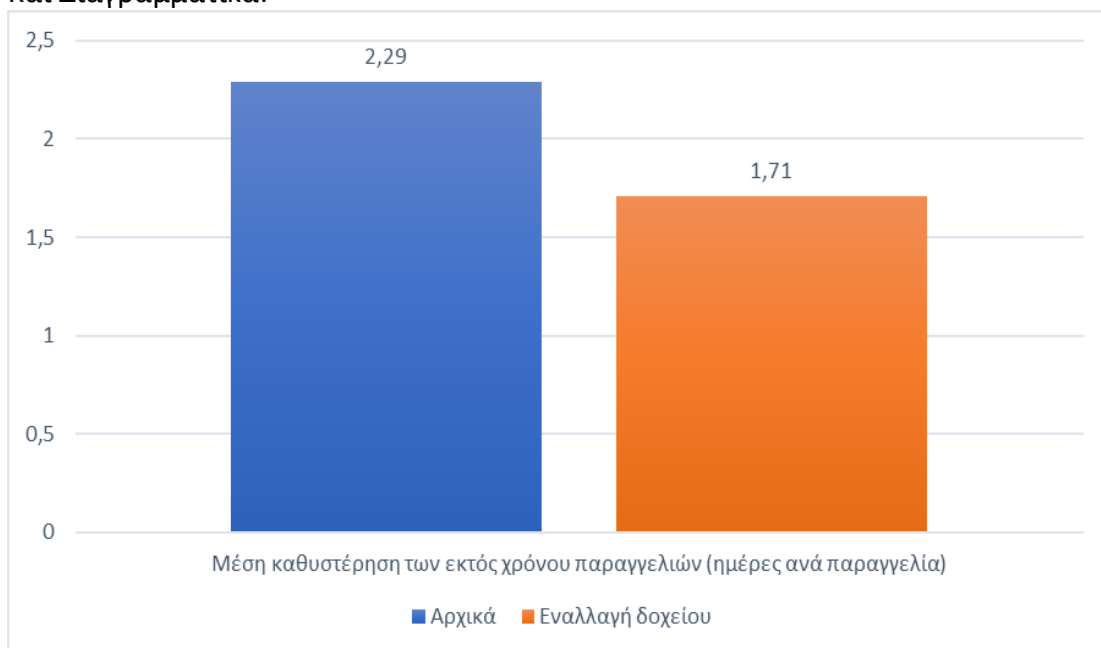
Δείκτες (δοχείο μεγάλης δυναμικότητας)	Αρχικά	Εναλλαγή δοχείου	Ποσοστιαία μεταβολή
Αριθμός παραγγελιών που καθυστερούν	7	7	-
Ποσοστό παραγγελιών εντός χρόνου	73,08%	73,08%	-
Μέση καθυστέρηση των εκτός χρόνου παραγγελιών (ημέρες ανά παραγγελία)	2,29	1,71	-25,33%

Πίνακας 6.18: Συγκεντρωτικός πίνακας δεικτών του δοχείου της εφαρμογής 3

Παρατηρούμε ότι παρόλο που τόσο ο αριθμός των καθυστερημένων παραγγελιών στο δοχείο Α, όσο και το ποσοστό των εντός χρόνου παραγγελιών στην προκειμένη περίπτωση παρέμεινε ο ίδιος έπειτα από την εναλλαγή του δοχείου, ωστόσο υπήρξε βελτίωση στην εικόνα του δοχείου μεγάλης δυναμικότητας η οποία απεικονίζεται μέσω της μείωσης κατά 25% περίπου της μέσης καθυστέρησης των εκτός χρόνου παραγγελιών, κάτι που δεν μπορούμε να αμελήσουμε.

Επιπλέον, στο δοχείο Β όλες οι παραγγελίες εξακολουθούν να παράγονται εντός του απαιτούμενου χρόνου και καμία δεν παράγεται καθυστερημένα μετά την εναλλαγή των παραγγελιών. Επομένως, προκύπτει ως συμπέρασμα ότι η κατάσταση του δοχείου Α βελτιώθηκε χωρίς αυτό να προκαλέσει κάποιο πρόβλημα στο δοχείο Β, μιας και όλες οι παραγγελίες παρέμειναν εντός χρόνου.

Και Διαγραμματικά:



Εικόνα 6.5: Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης καθυστέρησης των εκτός χρόνου παραγγελιών στο δοχείο μεγάλης δυναμικότητας της εφαρμογής 3

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ
ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**

7.1 Σύνοψη

Παρατηρώντας κανείς τα αποτελέσματα από την εκτέλεση του εργαλείου που αναπτύχθηκε και το αντίκτυπο που έχει σε βασικούς δείκτες ενός εργοστασίου, αντιλαμβάνεται πόσο σημαντική είναι η λήψη των σωστών αποφάσεων και κατ' επέκταση αυτού, την πολύ μεγάλη σημασία και συμβολή που έχει ο προγραμματισμός της παραγωγής στην εύρυθμη λειτουργία του. Σε ένα ιδιαίτερα δυναμικό περιβάλλον όπως είναι το παραγωγικό τμήμα ενός εργοστασίου, η ορθή διαχείριση των περιορισμένων πόρων με σκοπό να παραχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα στον επιθυμητό χρόνο, υπό την τεράστια πίεση πολλών περιορισμών, καθιστά επιτακτική την ανάγκη εύρεσης εναλλακτικών τρόπων διαχείρισης ενός μεγάλου όγκου δεδομένων. Και προς αυτήν την κατεύθυνση κινηθήκαμε με την ανάπτυξη του εργαλείου μας κατά την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής. Στόχος ήταν η αυτοματοποίηση και βελτιστοποίηση ορισμένων διαδικασιών, οι οποίες επαναλαμβάνονται διαρκώς και απαιτούν τον ανθρώπινο παράγοντα, ο οποίος καλείται να διαχειριστεί τεράστιο όγκο δεδομένων σε περιορισμένο χρονικό διάστημα. Μέσω της αυτοματοποίησης αυτής, ο χρόνος που απαιτείται για να πραγματοποιηθούν οι εν λόγω διαδικασίες έχει περιοριστεί κατά πολύ και η πιθανότητα λάθους έχει μειωθεί, καθώς το εργαλείο στηρίζεται σε αυστηρούς περιορισμούς και κριτήρια που εμείς έχουμε θέσει.

7.2 Προοπτικές

Ωστόσο, όπως είναι λογικό, το εργαλείο που αναπτύχθηκε έχει πολλά περιθώρια βελτίωσης, καθώς θα μπορούσε να λάβει υπόψη ακόμη παραπάνω δεδομένα και να γίνει πιο ευέλικτο. Πιο συγκεκριμένα:

2. Θα μπορούσε να διαβάζει στοιχεία από το αρχείο κατάστασης υλικών (Bill of Materials – BOM) και να αντιστοιχίζει κάθε παραγγελία bulk με τις πρώτες ύλες από τις οποίες αποτελείται. Στη συνέχεια, κάθε μία ποσότητα bulk να την μετατρέπει στις αντίστοιχες απαιτήσεις σε πρώτες ύλες και λαμβάνοντας υπόψη το απόθεμα πρώτων υλών, να υπολογίζει την διαθεσιμότητά τους και να αποφασίζει ποιες παραγγελίες είναι εφικτό να παραχθούν.
3. Θα μπορούσε οι βάρδιες να μην θεωρούνται δεδομένες και να πραγματοποιείται το πρόγραμμα των αναμίξεων, βελτιστοποιώντας την χρήση του ανθρώπινου δυναμικού, με βάση ορισμένα κριτήρια που θα εισάγει ο αποφασίζων.
4. Επιπλέον, θα μπορούσε να λαμβάνεται υπόψιν και ο αποθηκευτικός χώρος κατά την διαμόρφωση του προγράμματος αναμίξεων ώστε να μην δημιουργείται μεγάλο απόθεμα.
5. Ακόμη, θα μπορούσε να υλοποιηθεί και το κομμάτι για εναλλαγές δοχείου όχι μόνο από μεγάλης δυναμικότητας σε όμοιας ή μικρότερης δυναμικότητας δοχείο, αλλά και το αντίστροφο, δηλαδή από μικρής σε μεγάλης δυναμικότητας και να είναι στην ευχέρεια του χρήστη το πότε θεωρεί πως πρέπει να χρησιμοποιηθεί.
6. Τέλος, όπως είναι φυσικό, ενδέχεται κάποια πρώτη ύλη να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε παραγωγή λόγω του ότι, για παράδειγμα, απαιτείται επιπλέον ποιοτικός έλεγχος για αυτήν. Στην περίπτωση αυτή, θα μπορούσε

να υπάρχει μία λειτουργία η οποία θα ζητούσε από τον χρήστη την σχετική πρώτη ύλη, ώστε να υποδείξει το εργαλείο ποια ή ποιες παρτίδες επηρεάζονται. Στην συνέχεια, ο αποφασίζων θα έδινε την εντολή σε ποιο δοχείο και τότε θα ήθελε να μεταφερθούν οι εμπλεκόμενες παρτίδες ημιτέτοιμου προϊόντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Ι. Ψαρράς, Δ. Ασκούνης**, Διοίκηση Παραγωγής και Συστημάτων Υπηρεσιών, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2001
2. **F. R. Jacobs, R. B. Chase**, Operations and Supply Chain Management, 2012
3. **Μ. Αυγουλής**, Πολυκριτήριο πρόβλημα χρονοπρογραμματισμού εργασιών σε γραμμές συναρμολόγησης: Μοντελοποίηση και επίλυση σε περιβάλλον GAMS, Διπλωματική Εργασία, σχολή Η.Μ.Μ.Υ., Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2012
4. **Σ. Κουτσιανικούλη**, Προγραμματισμός Παραγωγής στην Αυτοκινητοβιομηχανία: Σύγχρονες Τάσεις Έρευνας και Εφαρμογές, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Η.Μ.Μ.Υ., Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2004.
5. **Δ. Αντωνόπουλος**, Προγραμματισμός παραγωγής με χρήση λογικού προγραμματισμού, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Η.Μ.Μ.Υ., Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2003.
6. **Θ. Κοπούκης**, Χρονοπρογραμματισμός Εργασιών με Χρήση Ευφυών Υβριδικών Τεχνικών, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Η.Μ.Μ.Υ., Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2004.
7. **Β. Καρόπουλος**, Μελέτη Εργαλείων Υλοποίησης Έμπειρων Συστημάτων Για Εφαρμογή Στον Χρονοπρογραμματισμό Παραγωγής, Διπλωματική Εργασία, σχολή Η.Μ.Μ.Υ., Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2005
8. **C. Frye, W. S. Freeze, F. K. Buckingham**, Microsoft Office Excel 2003 Programming Inside Out, 2004

Χρήσιμοι Σύνδεσμοι

1. [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/office/ee814737\(v=office.14\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/office/ee814737(v=office.14).aspx): Εισαγωγή στην γλώσσα VBA Excel
2. <http://www.i-programmer.info/ebooks/automating-excel/1264-getting-started.html>: Βασικά βήματα της γλώσσας VBA Excel
3. <http://www.excel-easy.com/vba.html>: Βασικές λειτουργίες της γλώσσας VBA
4. https://eclass.aueb.gr/modules/document/file.php/INF118/%CE%A6%CF%8D%CE%BB%CE%BB%CE%B1%20%CE%9B%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D/Excel_VBA_NotesBourJul09.pdf: Εισαγωγικές σημειώσεις για το Microsoft Excel και την VBA