



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΚΑΙ LOGISTICS (ΔΕΑΛ) ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

CAMPARI GROUP

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΤΟΠΟΙΙΑ
ΚΑΛΟΓΙΑΝΝΗΣ – ΚΟΥΤΣΙΚΟΣ (ΟΥΖΟ12)



Διπλωματική Εργασία

Τσοσκούνογλου Λάμπρου

Επιβλέπων Καθηγητής : Σαχαρίδης Γεώργιος

Επιβλέπων : Λυμπερόπουλος Γεώργιος & Παντελής Δημήτρης

ΒΟΛΟΣ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού για τη βελτιστοποίηση του χρονοπρογραμματισμού παραγωγής σε μία βιομηχανία εμφιάλωσης αλκοολούχων ποτών (Ούζο & Βότκα). Ο χρονοπρογραμματισμός παραγωγής επικεντρώθηκε στο στάδιο της εμφιάλωσης, για μία 26-εβδομαδιαία ζήτηση προϊόντων. Η βιομηχανική μονάδα αποτελείται από τα τμήματα Απόσταξης – Ανάμιξης και Εμφιάλωσης, το τμήμα της εμφιάλωσης αποτελείται από τέσσερις γραμμές εμφιάλωσης δύο αυτοματοποιημένες γραμμές και δύο ημι-αυτόματες, όπου εμφιαλώνονται Ούζο και Βότκα σε διάφορες συσκευασίες. Το μοντέλο αποτελείται κυρίως από περιορισμούς έγκαιρης παραγωγής - παράδοσης, περιορισμούς που αφορούν τη σειρά επεξεργασίας των προϊόντων και τις ποσότητές τους, καθώς και περιορισμούς των χρόνων αλλαγής μεταξύ των προϊόντων. Στόχος αποτελεί η ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου παραγωγής καθώς επίσης και ο χρόνος που δαπανάται για την κατάρτιση του εβδομαδιαίου προγράμματος εμφιάλωσης. Το μοντέλο επιλύθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού βελτιστοποίησης CPLEX, ελαχιστοποιώντας αθροίσματα δύο διαφορετικών όρων. Για τη μεθοδολογία της επίλυσης του προβλήματος βασιστήκαμε στο πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή με την προσθήκη χρονικών περιορισμών χωρίς την ανάγκη επιστροφής στον αρχικό κόμβο (OTSPTW – Open TSP with Time Windows). Το όχημα για να καλύψει ένα δίκτυο πελατών, ξεκινάει από συγκεκριμένο σημείο εκκίνησης και καταλήγει σε διαφορετικό σημείο τερματισμού τηρώντας τους χρονικούς περιορισμούς.

Λέξεις κλειδιά : Μαθηματική Μοντελοποίηση, Σχεδιασμός παραγωγής, CPLEX, Excel VBA, OTSPTW

Abstract

The present diploma thesis aims the development of a mixed integer linear programming, mathematical model for production scheduling optimization of a Bottling Line for Ouzo & Vodka. The production plan has been focused only at the stage of the bottling procedure for a 26-week forecast period or shorter. The plant is consisting from the following departments, Distillation, Blending, bottling which is consisted from 4 Bottling Lines (2 semi automatized & 2 fully automatized lines) producing Ouzo & Vodka in several capacities & packaging. The main constrains of the model are sequencing and timing constrains as well as changeover time constrains between products. The objective function represents the minimization of makespan and minimizing the changeover cost, in addition of the objective function is to eliminate the manual construction of the production plan saving considerable time. The model was implemented and solved using the optimization software of ILOG CPLEX solver. The solution was built upon the TSP problem, using time windows without the necessity for returning at the initial node (OTSPTW – Open TSP with Time Windows).

Key Words: MILP, Schedule Production Planning, CPLEX, Excel VBA, OTSPTW

Ευχαριστίες

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας κ. Γεώργιο Σαχαρίδη ο οποίος μου έδωσε το κίνητρο να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο αντικείμενο, καθώς και για την συνεννόηση και συνεργασία μας σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης ένα θερμό ευχαριστώ οφείλω στον υποψήφιο διδάκτορα Αντώνη Φραγκογιό ο οποίος συνέβαλε σημαντικά στη διεκπεραίωση αυτής της εργασίας. Η βοήθειά του ήταν πολύτιμη σε όλα τα στάδια της εργασίας, καθώς και σε όλα τα απρόοπτα προβλήματα που προέκυψαν κατά τη εκπόνησή της.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων	6
1.Εισαγωγή.....	7
2.Στοιχεία Εταιρίας	19
2.2. Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας.....	21
2.3 Περιγραφή Τμήματος Εμφιάλωσης.....	25
2.4 Περιγραφή Υφιστάμενης διαδικασίας Υλοποίησης Πλάνου Παραγωγής	27
3. Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου	33
3.1. Προτεινόμενη Μεθοδολογία.....	33
3.2. Ονοματολογία	36
3.3. Μαθηματική Διατύπωση.....	37
3.3.1. Αντικειμενική Συνάρτηση.....	37
3.3.2. Περιορισμοί Προβλήματος.....	38
4. Αποτελέσματα.....	42
5. Συμπεράσματα	48
6. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	51
7. Βιβλιογραφία	52
8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - Δεδομένα	54
9.1 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β Κώδικας C++	56
9.2 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ Κώδικας Visual Basic (EXCEL)	70

Κατάλογος Πινάκων

Εικόνα 1 : Διάγραμμα Απόσταξης Ούζου	22
Εικόνα 2 : Διάγραμμα επεξεργασίας νερού	23
Εικόνα 3 : Διάγραμμα Παραγωγικής Διαδικασίας - Εμφιάλωσης	24
Εικόνα 4 : Διάγραμμα Παραγωγικής Διαδικασίας - Εμφιάλωσης -	24
Εικόνα 5 : Γραμμές Εμφιάλωσης 1&2	26
Εικόνα 6 : Αρχικός Πίνακας Πλάνου Παραγωγής	27
Εικόνα 7 : Προβλέψεις Ούζου - Ομίλου Campari	28
Εικόνα 8 : Προβλέψεις Ούζου – Διανομέας Α	28
Εικόνα 9 : Προβλέψεις Βότκας – Διανομέας Β	29
Εικόνα 10 : Παραγγελίες Ούζου & Βότκας	29
Εικόνα 11 : Πρόγραμμα Παραγωγής	30
Εικόνα 12 : Εβδομαδιαίο Πλάνο Παραγωγής.....	31
Εικόνα 13 : Διάγραμμα Υλοποίησης Προγράμματος Παραγωγής.....	32
Εικόνα 14 : Πίνακας Παραμέτρων (Προ-επεξεργασία Δεδομένων)	33
Εικόνα 15: Προβλέψεις - Παραγγελίες 1 Εξαμήνου 2020	35
Εικόνα 16 : Προ - Επεξεργασία Προβλέψεων - Παραγγελιών 1 Εξαμήνου 2020	35
Εικόνα 17 :Σύγκριση διαδικασία υλοποίησης προγράμματος παραγωγής (Υφιστάμενη Μεθοδολογία vs Προτεινόμενη)	42
Εικόνα 18 : Πίνακας πλάνου παραγωγής (προτεινόμενη λύση) -1 ^ο 4μηνο 2020	43
Εικόνα 19 : Πλάνο Παραγωγής : Υπάρχουσας vs Προτεινόμενης Μεθοδολογίας (2' Εξάμηνο 2018) 44	
Εικόνα 20 : Πλάνο Παραγωγής : Υπάρχουσας vs Προτεινόμενης Μεθοδολογίας (1' Εξάμηνο 2019)	45
Εικόνα 21 : Πλάνο Παραγωγής : Υπάρχουσας vs Προτεινόμενης Μεθοδολογίας (2' Εξάμηνο 2019) 46	
Εικόνα 22: Πλάνο Παραγωγής : Υπάρχουσας vs Προτεινόμενης Μεθοδολογίας (1' Εξάμηνο 2020) 47	
Εικόνα 23 Πρόγραμμα Παραγωγής (2019 2' Εξάμηνο)	47
Εικόνα 24 : Παράμετροι Υπολογισμού Πλάνου Παραγωγής.....	49
Εικόνα 25 : Πίνακας Ανάλυσης Εργατωρών για την υλοποίηση του προγράμματος.....	49
Εικόνα 26 : Πίνακας Sales Forecast	54
Εικόνα 27 : Πίνακας Παραμέτρων (Ταχύτητα Προϊόντος, Μέγιστη/Ελάχιστη επιτρεπόμενη Ποσότητα, Συντελεστής Βαρύτητας).....	54
Εικόνα 28 : Απαιτούμενος χρόνος αλλαγής απο το προϊόν i στο προϊόν j	54
Εικόνα 29 : Πίνακας Χρόνων Αλλαγών απο προϊόν σε προϊόν1	55

1. Εισαγωγή

Στο σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον το οποίο χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη όλο και περισσότερων βιομηχανιών καθώς και από την κυριαρχία του έντονου ανταγωνισμού, η ανάγκη για ένα αποδοτικό σύστημα χρονοπρογραμματισμού παραγωγής κρίνεται απαραίτητη ώστε να καταστεί δυνατή η επιβίωση τους. Οι απαιτήσεις των πελατών για μεγαλύτερη ποικιλία προϊόντων σε μικρές ποσότητες συνεχώς αυξάνονται, ενώ παράλληλα αυξάνονται οι πιέσεις για ελαχιστοποίηση του χρόνου παραγωγής και του κόστους παραγωγής, με αποτέλεσμα οι βιομηχανίες να πρέπει να ανταποκριθούν σε πολλές προθεσμίες με σκοπό να εξασφαλίσουν την αξιοπιστία τους προς τους πελάτες, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την μέγιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων και των παραγωγικών δυνατοτήτων τους. Η πολυπλοκότητα των συστημάτων παραγωγής τα τελευταία χρόνια οδήγησε στην ανάπτυξη νέων μαθηματικών μοντέλων βελτιστοποίησης τα οποία δίνουν πιο ακριβείς και βέλτιστες λύσεις σε σχέση με άλλες μεθόδους για ένα αποδοτικότερο σύστημα χρονοπρογραμματισμού παραγωγής.

Το 1974 ο *Baker* σημείωσε πως ο όρος «χρονοπρογραμματισμός» ορίζεται ως «...η κατανομή δεδομένων πόρων στη διάρκεια του χρόνου με σκοπό την ολοκλήρωση ενός συνόλου εργασιών». Η βελτιστοποίηση χρονοπρογραμματισμού παραγωγής ουσιαστικά στοχεύει, μέσα από μία διαδικασία λήψης αποφάσεων, στην επίτευξη ενός ή περισσότερων στόχων κάθε φορά, οι οποίοι καθορίζονται από τις ανάγκες της κάθε βιομηχανικής μονάδας. Οι στόχοι αυτοί μπορεί να είναι για παράδειγμα, η μεγιστοποίηση του κέρδους, η ελαχιστοποίηση του κόστους, η ελαχιστοποίηση του αποθέματος, η ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου εκκίνησης και τερματισμού της λειτουργίας του εργοστασίου (set up time and shut down time) ή του χρόνου αλλαγής μεταξύ των προϊόντων (changeover time) καθώς και η ελαχιστοποίηση του χρόνου ολοκλήρωσης παραγωγής (makespan).

Για την βελτιστοποίηση του χρονοπρογραμματισμού παραγωγής σε βιομηχανίες αναψυκτικών και ποτών, αλλά και τροφίμων γενικότερα, έχουν προταθεί στο παρελθόν διάφορα μοντέλα βελτιστοποίησης. Οι *Koranos et al. (2010)*, ανέπτυξαν ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού (MILP), συνεχούς-διακριτού χρόνου, για την βελτιστοποίηση χρονοπρογραμματισμού παραγωγής καθώς και μεγεθών παρτίδας (lot sizing) για μία βιομηχανία παραγωγής πολλών διαφορετικών προϊόντων γιαουρτιού. Στο μοντέλο

αυτό τα προϊόντα ομαδοποιούνται σε οικογένειες. Η αντικειμενική συνάρτηση έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους παραγωγής, στο οποίο περιλαμβάνονται το κόστος αποθέματος, το λειτουργικό κόστος, το κόστος αλλαγής μεταξύ των προϊόντων, το κόστος λειτουργίας των μονάδων και το κόστος προετοιμασίας των συνταγών ζύμωσης. Αν και το πρόβλημα αναφέρεται κυρίως στο στάδιο της συσκευασίας όπου οι μονάδες στο στάδιο αυτό λειτουργούν παράλληλα και μοιράζονται κοινούς πόρους (π.χ. αναμίχτες φρούτων), το μοντέλο περιλαμβάνει και χρονικούς περιορισμούς (timing constraints) καθώς και περιορισμούς χωρητικότητας (capacity constraints) οι οποίοι αναφέρονται στις δεξαμενές στο στάδιο της ζύμωσης. Το μοντέλο λαμβάνει υπ' όψιν τους χρόνους και τα κόστη αλλαγής μεταξύ των προϊόντων (changeover time and changeover cost) καθώς επίσης και τους χρόνους έναρξης (set up time) και τερματισμού (shut down time) του εργοστασίου καθημερινά.

Στην συνέχεια, οι Koranos et al. (2011), παρουσίασαν ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού (MILP) για την βελτιστοποίηση του χρονοπρογραμματισμού παραγωγής σε μία βιομηχανία παραγωγής παγωτών με 8 τελικά προϊόντα και 3 στάδια παραγωγής. Ωστόσο, το συγκεκριμένο μοντέλο, με ορισμένες τροποποιήσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και γενικά σε άλλες βιομηχανίες τροφίμων. Στόχος ήταν η ελαχιστοποίηση του χρόνου ολοκλήρωσης παραγωγής (makespan), ενώ η ταυτόχρονη βελτιστοποίηση όλων των σταδίων παραγωγής οδήγησε σε αύξηση της παραγωγικής δυναμικότητας του εργοστασίου καθώς και σε μείωση τους κόστους παραγωγής των τελικών προϊόντων. Επίσης οι Koranos et al. (2011) παρουσίασαν ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, για το χρονοπρογραμματισμό παραγωγής σε παράλληλες γραμμές παραγωγής. Το μοντέλο επικεντρώνεται στο στάδιο της συσκευασίας και τα προϊόντα ομαδοποιούνται σε οικογένειες. Το μοντέλο λαμβάνει υπ' όψιν περιορισμούς αλληλουχίας των οικογενειών προϊόντων, χρονικούς περιορισμούς, περιορισμούς μεγέθους παρτίδας προϊόντων καθώς επίσης και περιορισμούς αλλαγών μεταξύ προϊόντων που ολοκληρώνονται σε επόμενο χρονικό διάστημα (changeover-crossover constraints). Στόχος αποτελεί η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους.

Οι Mendez και Cerda (2001), παρουσίασαν ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού για το χρονοπρογραμματισμό παραγωγής σε διεργασίες συνεχούς ροής με ενδιάμεσες δεξαμενές αποθήκευσης, συμπεριλαμβάνοντας περιορισμούς που

αφορούσαν τους διαθέσιμους πόρους (resource constraints). Το πρόβλημα αποτελείται από τρία στάδια στα οποία παράγοντα επτά ενδιάμεσα προϊόντα και 15 τελικά. Συγκρινόμενο με άλλα μοντέλα συνεχούς χρόνου, το συγκεκριμένο παρουσιάζεται με λιγότερες μεταβλητές και περιορισμούς με αποτέλεσμα να δίνει πιο αποδοτικές λύσεις και ένα πιο βέλτιστο χρονοδιάγραμμα παραγωγής.

Επίσης, οι *Marinelli et al. (2007)*, παρουσίασαν ένα μοντέλο που αναφέρεται σε μία βιομηχανία παραγωγής γιαουρτιού. Το πρόβλημα απαρτίζεται από 17 προϊόντα τα οποία κατανέμονται σε 5 παράλληλες γραμμές συσκευασίας. Το μαθηματικό μοντέλο είναι διακριτού χρόνου και η αντικειμενική συνάρτηση στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του κόστους αποθέματος, παραγωγής και εκκίνησης του εργοστασίου. Ωστόσο το μοντέλο απέτυχε να αποκτήσει τη βέλτιστη λύση στο διαθέσιμο χρονικό ορίζοντα και για το λόγο αυτό τελικά πρότειναν ένα νέο μοντέλο που αποτελείται από 2 στάδια για την επίτευξη όσο το δυνατόν πιο βέλτιστων λύσεων.

Οι *Doganis and Sarimveis (2007)*, μελέτησαν ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης χρονοπρογραμματισμού παραγωγής, μεικτού ακέрайου γραμμικού προγραμματισμού, σε μία γαλακτοβιομηχανία στην Ελλάδα, η οποία παράγει 25 διαφορετικά προϊόντα. Το μοντέλο στοχεύει στον άριστο προγραμματισμό τριών παράλληλων γραμμών συσκευασίας μέσα στο χρονικό ορίζοντα των 5 ημερών. Όλα τα προϊόντα παράγονται σε όλες τις συσκευές, ωστόσο δεν είναι δυνατή η ταυτόχρονη συσκευασία διαφορετικών προϊόντων, καθώς οι παράλληλες μονάδες συσκευασίας διαθέτουν κοινή γραμμή τροφοδοσίας. Το μοντέλο λαμβάνει υπ' όψιν περιορισμούς για τους χρόνους αλλαγής μεταξύ των προϊόντων καθώς και περιορισμούς για το κόστος παραγωγής. Ωστόσο, περιορισμοί που αφορούν το στάδιο της ζύμωσης αγνοήθηκαν εντελώς.

Οι *Lütke entrup et al. (2005)*, παρουσίασαν τρία διαφορετικά μοντέλα μεικτού ακέрайου προγραμματισμού τα οποία συνδυάζουν ένα μοντέλο διακριτού-συνεχούς χρόνου για την βελτιστοποίηση χρονοπρογραμματισμού παραγωγής στο στάδιο συσκευασίας γραμμών παραγωγής γιαουρτιού. Το πρόβλημα αποτελείται από 30 προϊόντα τα οποία παράγονται από 11 συνταγές και συσκευάζονται σε 4 μονάδες συσκευασίας και περιλαμβάνει περιορισμούς για την δυναμικότητα των μηχανών ζύμωσης καθώς και για τη διάρκεια ζωής (shelf life) των προϊόντων. Ωστόσο, δεν λαμβάνονται υπ' όψιν περιορισμοί για τους χρόνους αλλαγής μεταξύ των προϊόντων καθώς και για τα κόστη παραγωγής γεγονός που καθιστά το μοντέλο

καταλληλότερο για σχεδιασμό παραγωγής (production planning) και όχι τόσο για χρονοπρογραμματισμό παραγωγής (production scheduling).

Οι *Brown et al. (2001)*, ανέπτυξαν ένα μαθηματικό μοντέλο μεγάλης κλίμακας γραμμικού προγραμματισμού για τη βελτιστοποίηση τόσο του χρονοπρογραμματισμού παραγωγής όσο και του δικτύου διανομής των προϊόντων της εταιρίας Kellogg, παραγωγής δημητριακών και άλλων τροφίμων. Αυτό που διαφοροποιεί το συγκεκριμένο μοντέλο από άλλα είναι η διαίρεση του χρονικού ορίζοντα άλλοτε σε διαστήματα της μίας εβδομάδας και άλλοτε σε διαστήματα ενός μήνα.

Οι *Berruto et al. (2006)*, πρότειναν ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού για την βελτιστοποίηση χρονοπρογραμματισμού παραγωγής σε ένα εργοστάσιο εμφιάλωσης διαφορετικών ειδών κρασιού. Ο χρονικός ορίζοντας αποτελείται από 4 εβδομάδες, ενώ υπάρχει η δυνατότητα επαναπρογραμματισμού παραγωγής (re-scheduling) κάθε εβδομάδα. Η βελτιστοποίηση πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο γίνεται η κατανομή των παραγγελιών κρασιού σε κάθε μία από τις εβδομάδες που ανήκουν στον χρονικό ορίζοντα. Οι περιορισμοί που λαμβάνονται υπ' όψιν αφορούν τους ρυθμούς παραγωγής, την αποθηκευτική δυναμικότητα του εργοστασίου, το κόστος εργασίας και αποθέματος καθώς και το ελάχιστο μέγεθος παρτίδων. Στο δεύτερο στάδιο παρουσιάζεται η αλληλουχία των προϊόντων σε κάθε ημέρα της εβδομάδας χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από το πρώτο στάδιο. Ωστόσο το μοντέλο επικεντρώθηκε κυρίως στη βέλτιστη διαδικασία κατανομής των προϊόντων στο πρώτο στάδιο.

Οι *Toledo et al. (2007)*, πρότειναν επίσης ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού για τη βελτιστοποίηση του προγραμματισμού και το μέγεθος των παρτίδων (lot sizing) σε ένα εργοστάσιο παραγωγής αναψυκτικών. Η παραγωγή οργανώνεται σε δύο αλληλοεξαρτώμενα στάδια, αυτό της προετοιμασίας των σιροπιών για τις γεύσεις των αναψυκτικών και αυτό της εμφιάλωσης. Στόχος ήταν να καθοριστεί η κατανομή των πρώτων υλών στις δεξαμενές για παραγωγή σιροπιών, καθώς και η γραμμή συσκευασίας που θα ακολουθήσει το κάθε μείγμα, ενώ ο χρόνος έναρξης και το κόστος των μηχανών για την προετοιμασία και την εμφιάλωση εξαρτώνται από το είδος της αποθηκευμένης πρώτης ύλης. Το μοντέλο βασίζεται στο General Lot Sizing And Scheduling Problem (GLSP), δηλαδή ο ορίζοντας σχεδιασμού χωρίζεται σε μακροπεριόδους που διαιρούνται σε μικροπεριόδους και

οι μικροπερίοδοι είναι τόσοι μικροί που μόνο ένα είδος προϊόντος μπορεί να παραχθεί σε κάθε μικροπερίοδο (Meyr, 2002).

Μία άλλη μελέτη που εξετάζει ένα πρόβλημα τόσο χρονοπρογραμματισμού παραγωγής όσο και μεγέθους παρτίδων, σε μία βιομηχανία μη αλκοολούχων ποτών και χυμών φρούτων πραγματοποιήθηκε από τους *Pagliari et al.* (2016). Το πρόβλημα είναι επίσης μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, και βασίζεται στο GLSPPL. Χαρακτηρίζεται από έναν ορίζοντα προγραμματισμού πολλαπλών περιόδων, ενώ στόχος αποτελεί η κατανομή των παρτίδων σε αυτές τις περιόδους. Επίσης, ενώ τα χαρακτηριστικά των προϊόντων είναι ίδια, δηλαδή περιορισμοί για τους χρόνους και τα κόστη εκκίνησης των συσκευών, είναι ανεξάρτητοι από την αλληλουχία των προϊόντων, υπάρχουν πολλαπλές συσκευές σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας (όπως αναμίκτης, δεξαμενές και συσκευές παστερίωσης και μηχανές πλήρωσης).

Οι *Ferreira et al.* (2009), παρουσίασαν επίσης ένα μοντέλο βασισμένο στο GLSP, μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, για μία βιομηχανία αναψυκτικών με πολλές γραμμές εμφιάλωσης και με αρκετές δεξαμενές οι οποίες προετοιμάζαν το σιρόπι για τις γεύσεις των αναψυκτικών. Το κόστος εκκίνησης του εργοστασίου και ο χρόνος εκκίνησης εξαρτώνται από την αλληλουχία των προϊόντων. Επίσης, οι *Leiva και Albornoz* (2016), παρουσίασαν ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού για την βελτιστοποίηση χρονοπρογραμματισμού παραγωγής επίσης σε μία βιομηχανία αναψυκτικών με διαφορετικές γεύσεις. Η παραγωγή οργανώνεται και εδώ σε δύο συγχρονισμένα στάδια, της προετοιμασίας του σιροπιού και αποθήκευσης του σε δεξαμενές και της εμφιάλωσης. Η διαφορά με τα προηγούμενα μοντέλα είναι ότι το συγκεκριμένο επιτρέπει τη διαίρεση μίας παρτίδας σε διαφορετικές δεξαμενές, γεγονός που μειώνει το χρόνο αναμονής στις γραμμές συσκευασίας. Επίσης μία άλλη διαφορά εντοπίζεται στην αντικειμενική συνάρτηση η οποία έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση του χρόνου ολοκλήρωσης παραγωγής.

Οι *Basso και Varras* (2017), παρουσίασαν ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού για τη βελτιστοποίηση χρονοπρογραμματισμού παραγωγής σε μία βιομηχανία εμφιάλωσης κρασιών. Η αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου στοχεύει ταυτόχρονα σε τρεις στόχους, την ελαχιστοποίηση των καθυστερημένων παραγγελιών, του τελικού χρόνου ολοκλήρωσης παραγωγής (completion time) κάθε παραγγελίας καθώς και του τελικού χρόνου επεξεργασίας (processing time) για κάθε εργασία.

Οι *Chatavithée et al. (2015)*, παρουσίασαν ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού σε μία βιομηχανία κατεψυγμένων τροφίμων για το χρονοπρογραμματισμό παραγωγής στο στάδιο της κατάψυξης. Οι καταψύκτες είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να παρέχουν ψυχρό αέρα πάνω στα προϊόντα τα οποία είτε στοιβάζονται πάνω σε παλέτες είτε σε τρόλεϊ και τοποθετούνται μέσα στον καταψύκτη. Η παραγωγική διαδικασία περιλαμβάνει διάφορα προϊόντα, ενώ ο ρυθμός κατάψυξης εξαρτάται από το είδος του προϊόντος (μέγεθος, σχήμα). Στόχος ήταν η ελαχιστοποίηση του κόστους στο οποίο συμπεριλαμβάνονται το κόστος για γέμισμα και άδειασμα της συσκευής κατάψυξης καθώς και το κόστος διακοπής αυτής.

Σε ορισμένες περιπτώσεις στα προβλήματα χρονοπρογραμματισμού παραγωγής είναι απαραίτητη η ταυτόχρονη βελτιστοποίηση περισσότερων του ενός στόχων. Λύση στο πρόβλημα αυτό δίνουν τα προβλήματα πολλαπλών στόχων μαθηματικού προγραμματισμού (Multi-Objective Mathematical Programming, MOMP) τα οποία ουσιαστικά αποτελούνται από περισσότερες από μία αντικειμενικές συναρτήσεις. (Mavrotas, 2009).

Ο *Sawik (2007)*, ανέπτυξε ένα μοντέλο μακροπρόθεσμου χρονοπρογραμματισμού παραγωγής σε μία βιομηχανία παραγωγής κατά παραγγελία. Η διαφορά στο συγκεκριμένο μοντέλο είναι ότι αποτελείται από περισσότερες από μία αντικειμενικές συναρτήσεις. Ο αρχικός στόχος ήταν η ελαχιστοποίηση του αριθμού των καθυστερημένων παραγγελιών στους πελάτες. Ο δεύτερος στόχος, δηλαδή η δεύτερη αντικειμενική συνάρτηση αφορούσε στην ελαχιστοποίηση του συνολικού αποθέματος.

Επίσης, οι *Bukchin et al. (2010)*, παρουσίασαν ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού βασισμένο στη βελτιστοποίηση με χρήση πολλαπλών κριτηρίων (multi-objective optimization). Η μία αντικειμενική συνάρτηση έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση του χρόνου ολοκλήρωσης παραγωγής, ενώ η άλλη την ελαχιστοποίηση του flowtime. Το flowtime είναι ο χρόνος ροής μιας παρτίδας, ο οποίος ισούται με το χρόνο ολοκλήρωσης παραγωγής της παρτίδας αυτής πολλαπλασιασμένος με τον αριθμό των στοιχείων της παρτίδας αυτής.

Οι *Kondili et al. (1993)*, εισήγαγαν για πρώτη τη φορά την έννοια του STN (State Task Network), παρουσιάζοντας ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, για την επίλυση γενικευμένων προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού παραγωγής διαλείπουσας

λειτουργίας (batch). Οι διαδικασίες αυτές, οι οποίες απεικονίζονται μέσω του δικτύου STN, περιλαμβάνουν ένα εύρος πολυπλοκότητας. Το χαρακτηριστικό του δικτύου STN είναι ότι αποτελείται από δύο τύπους κόμβων, αυτούς που αντιπροσωπεύουν τις τροφοδοσίες, τα ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα (states) και αυτούς που αντιπροσωπεύουν τις διαδικασίες επεξεργασίας που μετασχηματίζουν το υλικό από μία ή περισσότερες καταστάσεις εισόδου, σε μία ή περισσότερες καταστάσεις εξόδου (tasks). Οι κόμβοι states και tasks αναπαριστώνται με κύκλους και ορθογώνια αντίστοιχα.

Οι *Giannelos και Georgiadis (2002)*, παρουσίασαν μία νέα μαθηματική διατύπωση για το χρονοπρογραμματισμό διεργασιών συνεχούς λειτουργίας η οποία βασίζεται στο STN. Το μοντέλο είναι επίσης μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού και η αντικειμενική συνάρτηση αφορά στη μεγιστοποίηση του κέρδους. Εξετάζει διάφορες παραλλαγές μιας συνεχούς παραγωγικής διαδικασίας μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας για την εξακρίβωση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου. Επιπλέον, παρουσιάζει και μία νέα βέλτιστη λύση για τη δυνατότητα πεπερασμένης ενδιάμεσης αποθήκευσης των προϊόντων. Στη συνέχεια, οι *Maravellias και Grossmann (2003)*, πρότειναν ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, επίσης βασισμένο στο State Task Network (STN). Το μοντέλο χρησιμοποιείται για βραχυχρόνιο χρονοπρογραμματισμό σε διεργασίες διαλείπουσας λειτουργίας (multipurpose batch plants) με συνεχόμενο χρονικό ορίζοντα και περιλαμβάνει περιορισμούς για τη διαθεσιμότητα των πόρων (resources constraints). Το μοντέλο έχει ως στόχο τη μεγιστοποίηση του κέρδους ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ελαχιστοποίηση του χρόνου ολοκλήρωσης παραγωγής.

Οι *Schilling και Pantelidis (1996)*, εισήγαγαν την έννοια του RTN (Resource Task Network), για την απεικόνιση των διαδικασιών παραγωγής, μία απεικόνιση που βασίζεται στις αρχές του STN με ορισμένες διαφορές. Στα μοντέλα RTN, οι διεργασίες θεωρούνται ως γραφικές παραστάσεις που περιλαμβάνουν δύο τύπους κόμβων, τους πόρους (resources) και τις διεργασίες (tasks). Κάθε διεργασία είναι μία ενέργεια που μετατρέπει ένα συγκεκριμένο σύνολο πόρων σε ένα άλλο σετ. Οι πόροι περιλαμβάνουν όχι μόνο διαφορετικά υλικά (όπως πρώτες ύλες, τελικά και ενδιάμεσα προϊόντα) και ενέργεια, αλλά και τον εξοπλισμό των διεργασιών της αποθήκευσης και της μεταφοράς. Επίσης, οι διεργασίες (tasks) μπορούν να περιλαμβάνουν όχι μόνο τα στάδια επεξεργασίας αλλά και τον καθαρισμό, τη μεταφορά και άλλες λειτουργίες. Οι *Schilling and Pantelidis (1996)*, παρουσίασαν ένα μοντέλο μεικτού

ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού βασισμένο στο RTN. Η μορφή της απεικόνισης βασίζεται σε μία συνεχή αναπαράσταση του χρόνουωστόσο το μοντέλο οδηγεί σε ιδιαίτερα πολύπλοκες λύσεις και γι' αυτό χρησιμοποιήθηκαν αλγόριθμοι «διακλάδωσης και σύνδεσης» ('branch and bound'), για την εύρεση μιας αποτελεσματικότερης λύσης.

Στη συνέχεια, οι *Castro et al. (2001)*, παρουσίασαν ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, βασισμένο επίσης στο RTN, σε ένα συνεχόμενο χρονικό ορίζοντα, για διεργασίες διαλείπουσας λειτουργίας (multipurpose batch plants) το οποίο βασίστηκε στο μοντέλο των Schilling και Pantelidis (1996). Μέσα από τρία παραδείγματα παρουσιάζεται η αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου μοντέλου, το οποίο επιτρέπει αν είναι δυνατόν την πεπερασμένη αποθήκευση αποθεμάτων μέσα στα tasks επεξεργασίας τόσο των πρώτων υλών, όσο και των προϊόντων.

Το Πρόβλημα του Περιοδούοντος Πωλητή (Traveling Salesman Problem TSP)

Ο σχεδιασμός του μαθηματικού μοντέλου για την εξεύρεση της λύσης βασίστηκε στο πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή (TSP). Οι κωδικοί των προϊόντων αναπαριστούν τα σημεία – πόλεις, τα οποία πρέπει να παραχθούν βάσει συγκεκριμένης χρονικής περιόδου, βρίσκοντας τον βέλτιστο συνδυασμό μειώνοντας το χρόνο αλλαγής μεταξύ των προϊόντων.

Το Πρόβλημα του Περιοδούοντος Πωλητή είναι ένα από τα βασικότερα προβλήματα στη θεωρία βελτιστοποίησης και ως εκ τούτου έχει μελετηθεί εις βάθος. Παρότι όμως έχει μελετηθεί διεξοδικά από ερευνητές για δεκαετίες, το ενδιαφέρον για αυτό παραμένει αμείωτο. Ένας πωλητής ξεκινάει από μία αρχική πόλη με σκοπό να επισκεφτεί από ακριβώς μια φορά κάθε πόλη μιας δοθείσας λίστας και στη συνέχεια να επιστρέψει στην αρχική πόλη, επιλέγοντας εύλογα τη σειρά με την οποία θα επισκεφτεί τις πόλεις, ώστε η συνολική απόσταση που θα διανύσει να είναι η μικρότερη δυνατή. Το πρόβλημα εύρεσης της διαδρομής ονομάζεται «Το Πρόβλημα του Περιοδούοντος Πωλητή» και στην αγγλική βιβλιογραφία είναι γνωστό ως "Travelling Salesman Problem" (TSP). Το πρόβλημα αυτό μοιάζει, αρχικά, εύκολο καθώς για ένα δοθέν σύνολο n πόλεων υπάρχουν πεπερασμένες πιθανές διαδρομές. Υπάρχει, όμως, μια σημαντική δυσκολία. Από ένα πλήθος πόλεων και έπειτα, ο αριθμός των διαφορετικών, εφικτών λύσεων είναι υπερβολικά μεγάλος ώστε να τις ελέγξουμε όλες μία προς μία. Για n πόλεις υπάρχουν $(n-1)! / 2$ πιθανές διαδρομές που

αποτελούν λύσεις του προβλήματος. Για ένα συμμετρικό πρόβλημα 33 πόλεων έχουμε λοιπόν περίπου $131 \cdot 1033$ πιθανές διαδρομές-λύσεις του προβλήματος.

Το TSP είναι χαρακτηριστική περίπτωση των προβλημάτων «συνδυαστικής βελτιστοποίησης» (combinatorial optimization). Προσπαθούμε να ελαχιστοποιήσουμε τη συνολικά διανυόμενη απόσταση μίας διαδρομής που θα προκύψει μέσα από ένα πεπερασμένο πλήθος όλων των πιθανών διαδρομών του προβλήματος. Η σπουδαιότητα του προβλήματος αυτού, πέρα από την πληθώρα των εφαρμογών του, έγκειται και στα πολλά επίπεδα μοντελοποίησης. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται τόσο ακριβείς αλγόριθμοι, δηλαδή αλγόριθμοι που δίνουν ως λύση το ολικό βέλτιστο (global optimum), όσο και αλγόριθμοι προσεγγιστικής επίλυσης μέσω ανάπτυξης ευρετικών μηχανισμών (heuristics) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες μαθηματικές εφαρμογές πέραν των προβλημάτων συνδυαστικής βελτιστοποίησης.

Μαθηματικά, το πρόβλημα εκφράζεται ως εξής: θεωρούμε $G = (V, A)$ μια γραφική παράσταση με V ένα σύνολο n κόμβων. Θεωρούμε A το σύνολο των τόξων, ή ακμών που συνδέουν τους κόμβους μεταξύ τους, και C_{ij} τον πίνακα κόστους που σχετίζεται με τα τόξα. Το TSP συνίσταται στην εύρεση της κλειστής διαδρομής με το ελάχιστο κόστος, για την οποία κάθε κόμβος επισκέπτεται ακριβώς μία φορά. Αποτελεί ένα πρόβλημα Μικτού Ακέραιου Γραμμικού Προγραμματισμού (Mixed Integer Linear Programming – MILP). Οι μαθηματικές σχέσεις δηλαδή που το περιγράφουν είναι γραμμικές, ενώ οι μεταβλητές που περιέχονται είναι συνδυασμός συνεχών και ακέραιων. Ένας μεγάλος αριθμός ακριβών αλγορίθμων έχει προταθεί για την επίλυση του Προβλήματος του Περιοδεύοντος Πωλητή.

Οι απαρχές του TSP δεν είναι σαφείς. Ένα εγχειρίδιο για πλανόδιους πωλητές το 1832 αναφέρει το πρόβλημα και περιλαμβάνει παραδείγματα περιηγήσεων μέσω της Γερμανίας και της Ελβετίας, αλλά δεν περιέχει καμία μαθηματική προσέγγιση. Τον 19ο αιώνα το TSP ορίστηκε από τον Ιρλανδό μαθηματικό William Rowan Hamilton και το Βρετανό μαθηματικό Thomas Kirkman. Ο Hamilton δημιούργησε το Icosian Puzzle (το όνομα είναι από το αρχαίο ελληνικό είκοσι, ενώ αναφέρεται στη δεθνή βιβλιογραφία και ως Icosian game), που περιλαμβάνει την εύρεση ενός κύκλου από τις άκρες ενός δωδεκάεδρου, έτσι ώστε κάθε κόμβος να επισκέπτεται μία μόνο φορά, κανένας κόμβος να μην επισκέπτεται δεύτερη φορά και το τελικό σημείο να είναι ίδιο με το αρχικό. Ο κύκλος αυτός ονομάστηκε κύκλος του Hamilton ο οποίος είναι ένα μονοπάτι με την ιδιότητα αυτή. Οπότε, ένα μονοπάτι του

Hamilton είναι ένα μονοπάτι σε μη κατευθυνόμενο γράφημα το οποίο επισκέπτεται κάθε κόμβο ακριβώς μια φορά.

Η γενική μορφή του TSP φαίνεται να έχει μελετηθεί για πρώτη φορά κατά την δεκαετία του 1930 στη Βιέννη και στο Χάρβαρντ κυρίως από τον Karl Menger ο οποίος καθόρισε και το πρόβλημα. Ο Merrill Meeks Flood φαίνεται να είναι ο πρώτος που έδωσε, την ίδια περίοδο, μαθηματική υπόσταση στο πρόβλημα στην προσπάθειά του να λύσει το πρόβλημα δρομολόγησης ενός σχολικού λεωφορείου. Ο Hassler Whitney στο Πανεπιστήμιο του Princeton εισήγαγε το όνομα Travelling Salesman Problem (TSP) αμέσως μετά. Στην δεκαετία του 1950 και 1960, έγινε όλο και πιο δημοφιλές στους επιστημονικούς κύκλους της Ευρώπης και της Αμερικής, ειδικότερα αφότου σε ένα συνέδριο στην Santa Monica προσφέρθηκαν βραβεία σε όσους κατάφεραν να συνεισφέρουν στην επίλυση του προβλήματος. Οι κύριες συνιστώσες για τις σημερινές πιο επιτυχείς προσεγγίσεις για δύσκολα συνδυαστικά προβλήματα βελτιστοποίησης είναι οι αλγόριθμοι Ευρετικής Αναζήτησης, ο Γραμμικός Προγραμματισμός και οι αλγόριθμοι Branch and Bound (B&B), που αρχικά διατυπώθηκαν για το TSP αλλά συνήθιζαν να επιλύουν περιπτώσεις πιο πρακτικών προβλημάτων. Στις επόμενες δεκαετίες το πρόβλημα μελετήθηκε περαιτέρω από πολλούς ερευνητές διαφόρων κλάδων των Μαθηματικών, των Υπολογιστών, της Χημείας, της Φυσικής και της Επιχειρησιακής Έρευνας. Ο Richard Karp, έδειξε το 1972, ότι το πρόβλημα με τον κύκλο του Hamilton ήταν ένα NP-πλήρες πρόβλημα (δηλαδή μπορεί να επαληθευτεί σε πολυωνυμικό χρόνο), από το οποίο προκύπτει για το TSP ότι ανήκει στα NP-δύσκολα προβλήματα λόγω της πολυπλοκότητας του. Αυτό παρέχει μια μαθηματική εξήγηση για την προφανή υπολογιστική δυσκολία εύρεσης βέλτιστων περιηγήσεων. Αργότερα, αναπτύχθηκαν νέες αλγοριθμικές τεχνικές και εφαρμόστηκαν στο TSP για να αποδείξουν την αποτελεσματικότητά τους. Παραδείγματα τέτοιων τεχνικών, πέρα από τον αλγόριθμο B&B είναι η μέθοδος χαλάρωσης του Lagrange, ο αλγόριθμος και η ευριστική συνάρτηση των Lin-Kernighan, η Προσομοιωμένη Ανόπτηση και το πεδίο των συνδυαστικών πολύεδρων για δύσκολα συνδυαστικά προβλήματα βελτιστοποίησης.

Μεγάλη πρόοδος επιτεύχθηκε στα τέλη των δεκαετιών 1970 και 1980, όταν οι Grotschel, Radberg, Rinaldi και άλλοι, κατάφεραν να επιλύσουν ακριβώς περιπτώσεις με έως και 2.392 πόλεις, χρησιμοποιώντας τις μεθόδους Cutting Plane και B&B. Κατά την δεκαετία του 1990, οι Applegate, Bixby, Chvatal και Cook ανέπτυξαν το πρόγραμμα "Concorde TSP Solver" που

έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές πρόσφατες καταγεγραμμένες λύσεις ενώ είναι διαθέσιμο δωρεάν για ακαδημαϊκούς σκοπούς. Ο Gerhard Reinelt το 1991 δημοσίευσε το TSPLIB, το οποίο είναι μια συλλογή από συγκριτικές αξιολογήσεις περιπτώσεων διαφορετικής δυσκολίας και έχει χρησιμοποιηθεί επίσης από πολλούς ερευνητές για σύγκριση των αποτελεσμάτων. Το 2006, ο Cook και οι συνεργάτες του, υπολόγισαν μία περίπτωση βέλτιστης διαδρομής διαμέσου 85.900 πόλεων, η οποία δόθηκε από ένα πρόβλημα διάταξης ενός μικροσίπ και αποτελεί επί του παρόντος τη μεγαλύτερη λυμένη περίπτωση. Για πολλές άλλες περιπτώσεις, με εκατομμύρια πόλεις, οι λύσεις που μπορούν να βρεθούν εγγυώνται μόνο σε ποσοστό 1% να είναι μια βέλτιστη διαδρομή.

Ο Saharidis και οι συνεργάτες του, εξέτασαν σε μια σειρά από άρθρα, προσεγγίσεις επίλυσης για το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή. Συγκεκριμένα, ο Saharidis (2014) παραθέτει μια ανασκόπηση των πιο σημαντικών αλγορίθμων για το συμμετρικό πρόβλημα πλανόδιου πωλητή, κατηγοριοποιώντας τους σε 6 ομάδες : 1. Γενετικοί Αλγόριθμοι, 2. Ant colony αλγόριθμοι, 3. Νευρωνική μέθοδος 4. Μέθοδος Lagrangian, 5. Αλγόριθμος Branch and bound and branch and cut, 6. Αλγόριθμοι τοπικής αναζήτησης και tabu αναζήτησης. Επιπρόσθετα, οι Saharidis et al. (2014) προσεγγίζουν τη λύση ενός ασύμμετρου, μη ευκλείδειου TSP προβλήματος με την υποστήριξη ενός αλγορίθμου 2-OTP, καθώς και με τη χρήση τεμνόντων επιπέδων (cutting planes). Τέλος, οι Kolomvos et al. (2014) προτείνουν μια βελτίωση του αλγορίθμου για τον εντοπισμό μιας ακριβούς λύσης. Στόχος είναι η βελτίωση του υπολογιστικού χρόνου για την εύρεση της βέλτιστης λύσης ακολουθώντας τη προσέγγιση τεμνόντων επιπέδων. Πραγματοποιείται, λοιπόν, χαλάρωση των περιορισμών απαλοιφής υποδιαδρομών (SECs-Subtour Elimination Constraints), οι οποίοι καθιστούν το πρόβλημα περίπλοκο λόγω της εκθετικής τους φύσης, και εκτελείται σταδιακή προσθήκη περιορισμών στο αρχικό πρόβλημα.

Η μεθοδολογία του OTSPTW αποτελεί μια επέκταση του κλασσικού προβλήματος TSP. Στόχος του OTSPTW είναι η εύρεση της βέλτιστης – συντομότερης διαδρομής για ένα όχημα με απεριόριστη χωρητικότητα προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες των πελατών. Η σημαντική διαφορά από το κλασσικό TSP είναι ότι το όχημα δεν χρειάζεται να επιστρέψει στο σημείο αφετηρίας, μετά την επίσκεψη στον τελευταίο πελάτη – κόμβο, όπως επίσης ότι η παράδοση στους πελάτες θα πρέπει να πραγματοποιηθεί εντός συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου (time

window). Στοιχεία τα οποία αποτέλεσαν κριτήριο για την επιλογή του συγκεκριμένου μοντέλου.

Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιείται η παραπάνω μεθοδολογία του OTSPTW, προκειμένου να εντοπισθεί η βέλτιστη αλληλουχία αλλαγής προϊόντων μειώνοντας το χρόνο μεταξύ των αλλαγών και κατ' επέκταση μειώνοντας το χρόνο της συνολικής παραγωγής. Έτσι λοιπόν, αντικαθιστούμε τους κόμβους-πελάτες με τα προϊόντα που πρέπει να παραχθούν εντός μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Η επίσκεψη σε κάθε κόμβο θα πρέπει να γίνει εντός του χρονικού παραθύρου, δηλαδή αντίστοιχα η παραγωγή κάθε προϊόντος πρέπει να γίνει εντός κάποιου χρονικού παραθύρου, για να ικανοποιηθεί η προβλεπόμενη απαιτούμενη ζήτηση του κάθε προϊόντος, η διαδρομή από το ένα προϊόν στο άλλο θα αντιπροσωπεύει το χρόνο αλλαγής μεταξύ των προϊόντων. Εφόσον η παραγωγή αλλάζει διαρκώς τον τύπο παραγωγής, αναλόγως με τις απαιτήσεις των πελατών, γίνεται αντιληπτό ότι δε χρειάζεται να «επιστρέψει» από το προϊόν που ξεκίνησε. Επισημαίνεται ότι ο «πλανόδιος πωλητής» αντιστοιχεί στη μία υπάρχουσα γραμμή παραγωγής. Αν οι γραμμές παραγωγής ήταν περισσότερες της μιας, τότε το αντίστοιχο πρόβλημα θα μετατρέποταν σε Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων (Vehicle Routing Problem-VRP). Τέλος, (από όσο μπορώ να γνωρίζω βασισμένος στην βιβλιογραφική αναζήτηση) αξίζει να σημειωθεί πως δεν βρέθηκε άρθρο που να χρησιμοποιεί την αντίστοιχη μέθοδο OTSPTW για τη σύνταξη προγράμματος παραγωγής με στόχο τη μείωση του χρόνου μεταξύ της εναλλαγής προϊόντων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μελέτη για τη βελτιστοποίηση χρονοπρογραμματισμού παραγωγής σε μία βιομηχανία εμφιάλωσης ούζου και βότκας. Το πρόβλημα επικεντρώνεται κυρίως στο στάδιο της συσκευασίας καθώς αποτελεί το bottleneck στο διάγραμμα ροής προϊόντος. Στόχος αποτελεί η ελαχιστοποίηση του χρόνου ολοκλήρωσης παραγωγής (makespan). Στην επόμενη ενότητα γίνεται περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας εμφιάλωσης και δίνονται τα δεδομένα για τη βελτιστοποίηση του χρονοπρογραμματισμού παραγωγής. Στη συνέχεια, στην τρίτη ενότητα παρουσιάζεται το μαθηματικό μοντέλο και πραγματοποιείται αναλυτική περιγραφή των περιορισμών και της αντικειμενικής συνάρτησης που χρησιμοποιούνται. Στην τέταρτη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν με την χρήση του υπολογιστικού εργαλείου βελτιστοποίησης ILOG CPLEX και εξετάζονται ορισμένες μελέτες περίπτωσης. Τέλος, αναπτύσσονται τα συμπεράσματα και γίνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη του μοντέλου.

2.Στοιχεία Εταιρίας

Η Καλογιάννης - Κούτσικος ΑΕ είναι θυγατρική εταιρεία του ομίλου Campari. Η ιστορία του Ομίλου Campari ξεκινάει το 1860 από τον Ιταλό Gaspare Campari, στη Νοβάρα της Ιταλίας, μια πόλη που βρίσκεται 38 χιλιόμετρα μακριά από το Μιλάνο. Το 1904 άνοιξε το πρώτο εργοστάσιο του Campari, στην πόλη Σέστο σαν Τζιοβάνι, κοντά στο Μιλάνο. Ο Όμιλος Campari έχει 15 εργοστάσια σε όλο τον κόσμο: 3 στην Ιταλία (Canale d'Alba, Novi Ligure, Alghero), 3 στην Τζαμάικα, 2 στην Γαλλία (Grand Marnier) και ένα εργοστάσιο στην Ελλάδα, στην Σκωτία, στο Μεξικό, στην Αυστραλία, στη Βραζιλία, στις ΗΠΑ και στην Αργεντινή.

Η ιστορία του ούζου ως ποτού ξεκινάει στα μέσα του 18ου αιώνα. Παρουσιάζεται ως μια παραλλαγή του τσίπουρου και παίρνει το όνομά του από την ιταλική λέξη uso, η οποία αναγραφόταν πάνω στα τσουβάλια με γλυκάνισο που εισάγονταν από τη Σικελία προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες της εγχώριας αγοράς. Το 1950 το πρώτο εμφιαλωμένο ούζο είναι γεγονός και παίρνει το όνομα «Ούζο 12» προς τιμήν του βαρελιού με το Νο 12, που έκανε το εν λόγω αποσταγματοποιείο ξακουστό από το 1880. Για πάνω από 135 χρόνια το Ούζο 12 παράγεται με την ίδια αυθεντική συνταγή και ποιότητα. Παραγωγός οικογένεια του Ούζου 12 ήταν αυτή των Κωνσταντινουπολιτών αδελφών Καλογιάννη. Σύντομα το Ούζο 12 θα περάσει τα στενά ελληνικά σύνορα και θα αποτελέσει παράλληλη ατραξιόν με το Metaxa.

Στα τέλη της δεκαετίας του '80 η οικογένεια Καλογιάννη πουλάει στη UDV το Ούζο 12 και το 1999 γίνεται εξαγορά του προϊόντος από τον Όμιλο Campari. Η εγχώρια διανομή του ποτού από το 2016 γίνεται μέσω της εταιρίας Β.Σ. Καρούλιας ενώ στο εξωτερικό.

Τα προϊόντα, κατηγορίας λικέρ, τα οποία παρασκευάζονται και εμφιαλώνονται είναι:

- Ouzo12
- Ouzo12 100% απόσταγμα
- Ouzo Naftaki
- 12Gold anis Liquor καθώς και άλλα αλκοολούχα ποτά (ως co packers)
- Serkova Vodka
- Serkova Vodka pure
- Οι κύριες δραστηριότητες της εγκατάστασης είναι:
- Παραγωγή αλκοολούχων ποτών (απόσταξη, blending και εμφιάλωση)
- Εργασίες ανασυσκευασίας για προώθηση /διαφήμιση προϊόντος

- Χειρισμός Υλικών (παραλαβή/αποθήκευση/επεξεργασία πρώτων υλών και τελικών προϊόντων)
- Αποθήκευση τελικού προϊόντος και διανομή μέσω εργολάβων 3PL

Η παραγωγή του Ούζου πραγματοποιείται στο τμήμα της Απόσταξης και αποτελείται από 18 άμβυκες 1000 λίτρων, στους οποίους λαμβάνει μέρος η απόσταξη της αλκοόλης και των διάφορων μπαχαρικών – μυρωδικών που τοποθετούνται. Στη συνέχεια το απόσταγμα του κάθε άμβυκα συλλέγεται και μεταφέρεται στο χώρο επεξεργασίας (bleeding – ανάμειξης) όπου θα πάρει και την τελική του μορφή ως ούζου.

Στη συνέχεια μεταφέρεται με σωληνώσεις στο τμήμα εμφιάλωσης προκειμένου να λάβουν μέρος οι παραγωγικές διαδικασίες της εμφιάλωσης, ετικετοποίησης, εγκιβωτισμού και τέλος τη δημιουργία παλέτας.

Η ταχύτητα εμφιάλωσης για το προϊόν (6 φιάλες x 700ml) που αποτελεί και το 68% παραγωγής της εμφιάλωσης είναι 11.500φαω. Ο ετήσιος παραγόμενος όγκος (πωλήσεις) κυμαίνεται στα 5.500.000 λίτρα. Το 93% του όγκου παράγεται στις 2 αυτόματες γραμμές εμφιάλωσης (Ούζο12 και Βότκα αντίστοιχα) και το υπόλοιπο ποσοστό εμφιαλώνεται στις υπόλοιπες 3 ημι-αυτόματες γραμμές εμφιάλωσης.

2.2. Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας

Στο εργοστάσιο παράγονται δύο βασικές κατηγορίες προϊόντων, Ούζο και Βότκα. Στην περίπτωση του Ούζου η παραγωγική διαδικασία αφορά εν συντομία τα παρακάτω στάδια:

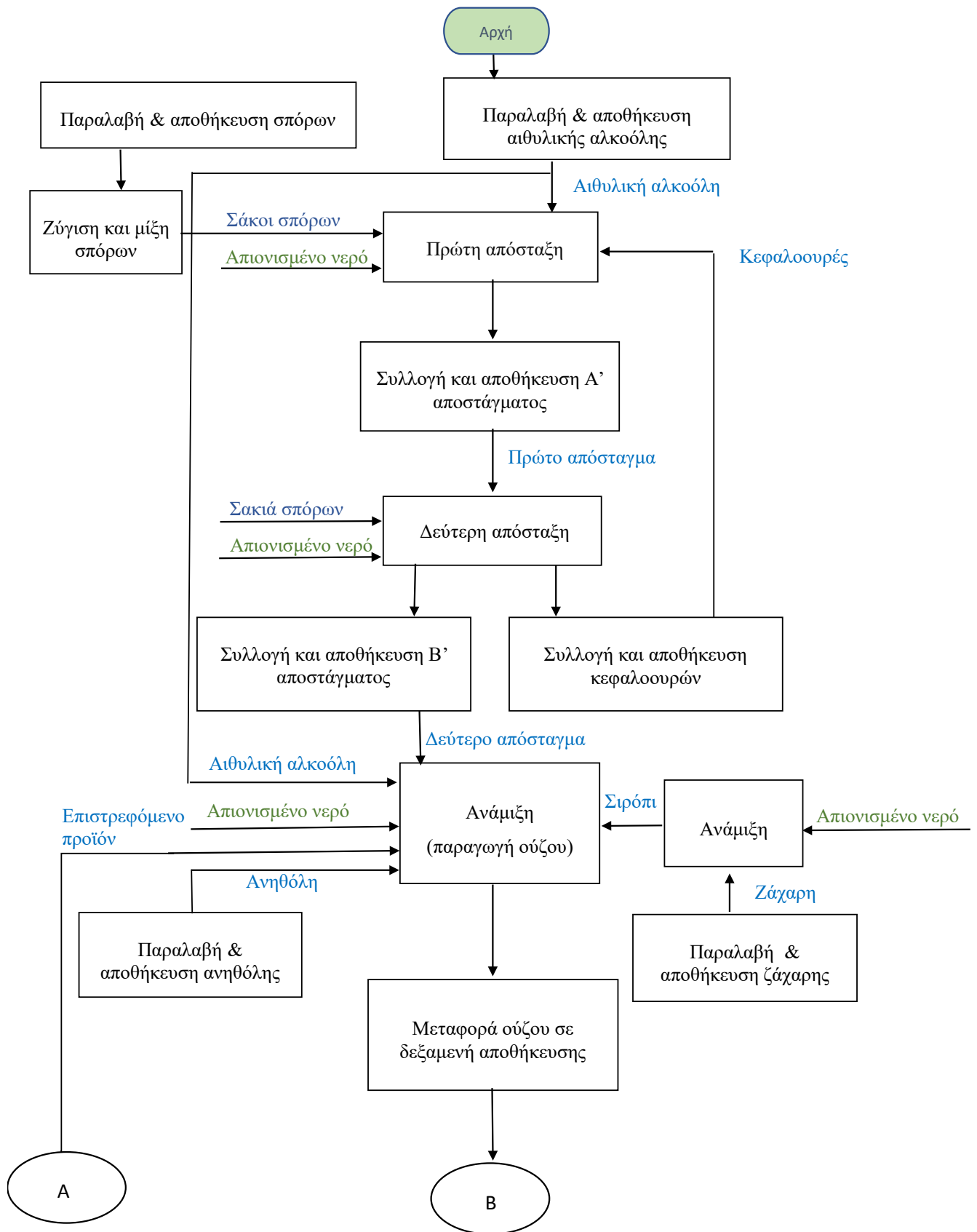
1. Παραλαβή πρώτης ύλης
2. Απόσταξη
3. Αποθήκευση αποστάγματος
4. Ανάμιξη (Blending)
5. Εμφιάλωση / Συσκευασία

Η παραγωγική διαδικασία της απόσταξης αφορά μόνο την παραγωγή ούζο ενώ η διεργασία της ανάμειξης (blending) αφορά και τη βότκα αλλά πραγματοποιείται κατά κανόνα για ένα προϊόν από τα δύο κάθε φορά. Η διαδικασία της εμφιάλωσης και συσκευασίας αφορά και τα δύο προϊόντα ανάλογα με τις παραγγελίες και τον προγραμματισμό της παραγωγής. Σπάνια όμως πραγματοποιείται εμφιάλωση και των δύο προϊόντων μέσα στην ίδια μέρα αλλά ακόμα και σε αυτήν την περίπτωση δεν γίνεται ποτέ ταυτόχρονα.

Αναλυτικότερα, η διαδικασία παραγωγής Ούζου περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

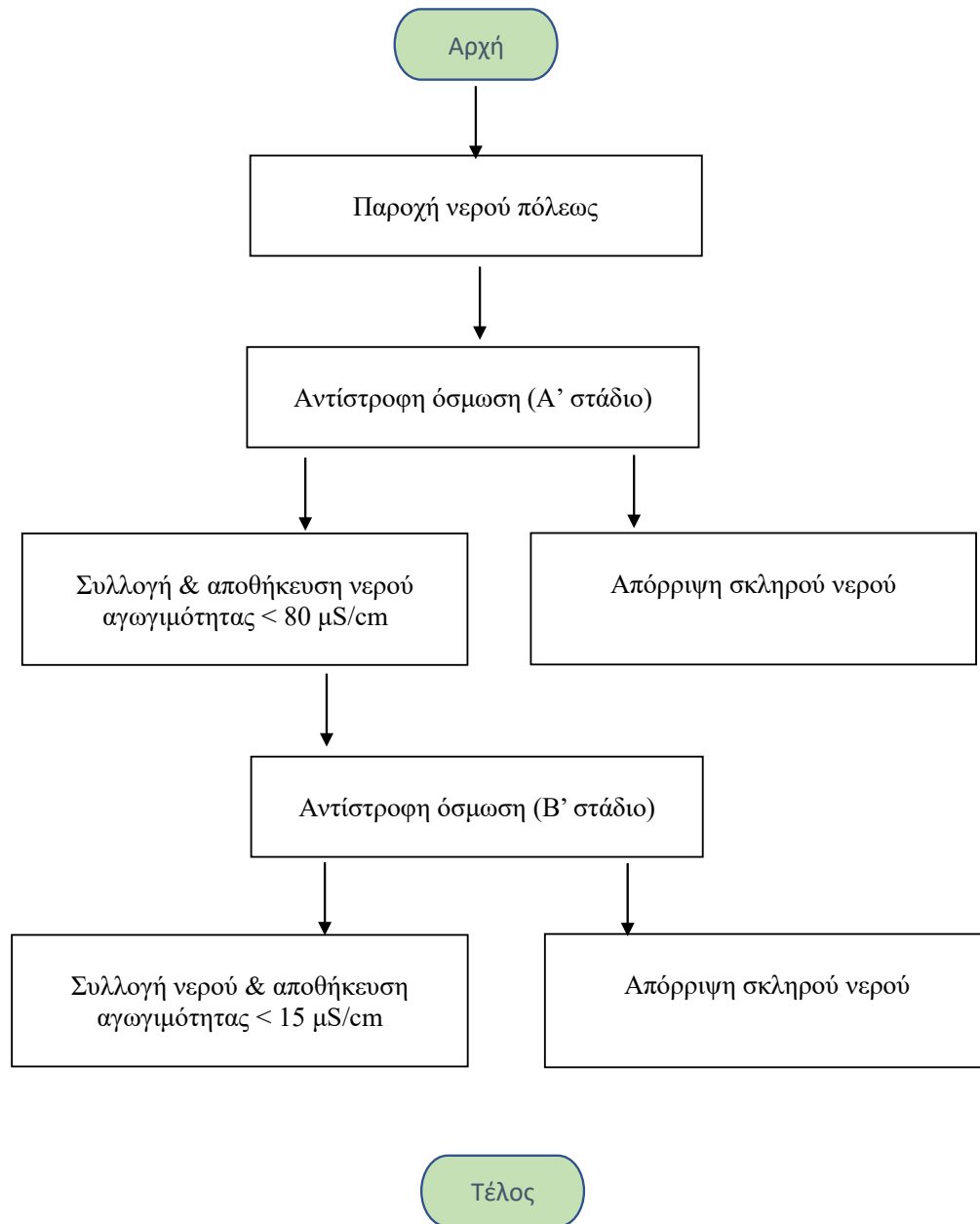
Παραλαβή της πρώτης ύλης (αλκοόλης) η οποία οδηγείται στην μονάδα απόσταξης η οποία πραγματοποιείται σε δύο φάσεις. Στη συνέχεια, ανάμειξη του προϊόντος απόσταξης με ζαχαρόνερο και απιονισμένο νερό. Τέλος, το ούζο αποθηκεύεται («ωριμάζει»), φιλτράρεται και οδηγείται στη μονάδα εμφιάλωσης.

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα της παραγωγικής διαδικασίας της απόσταξης :



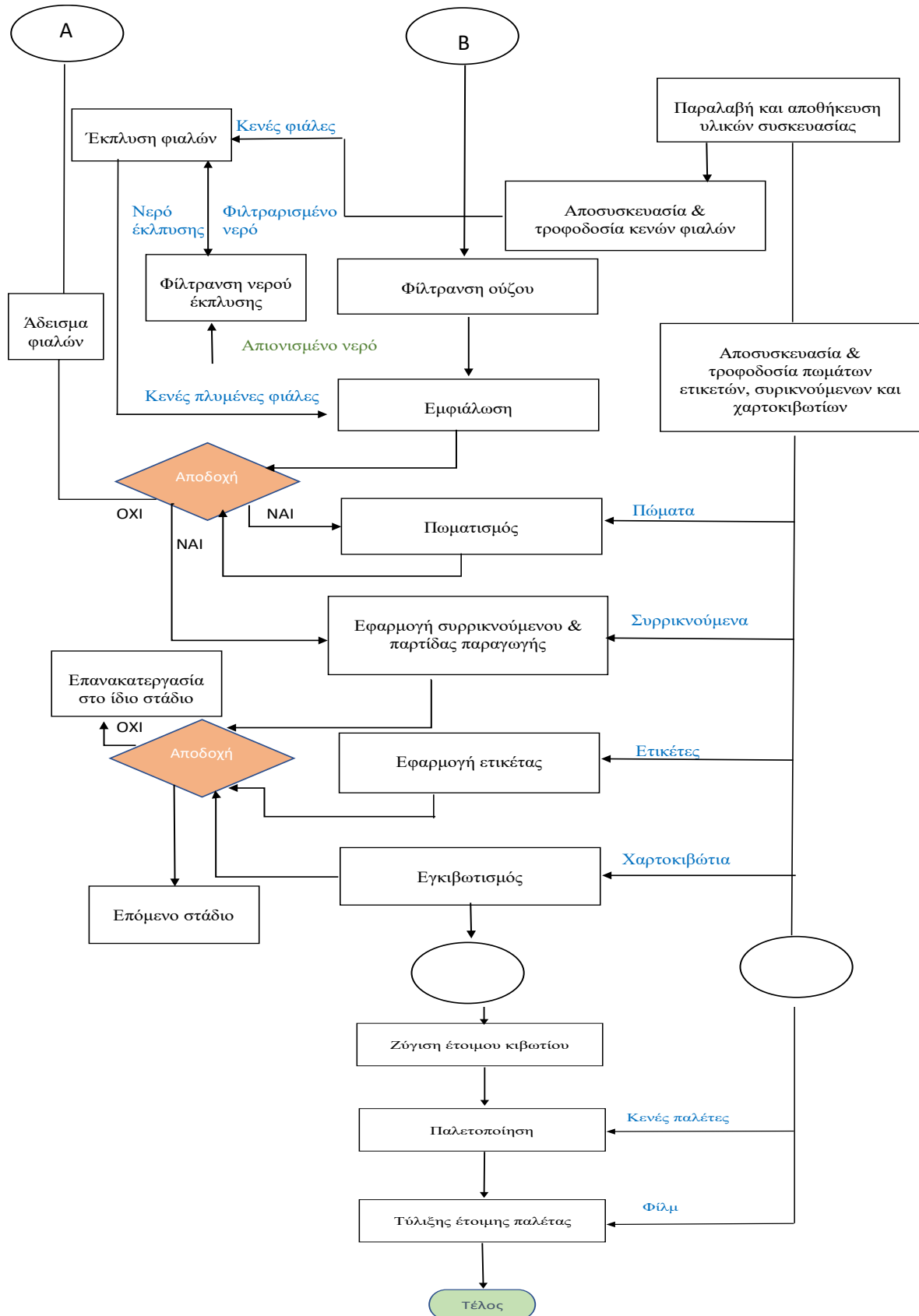
Εικόνα 1 : Διάγραμμα Απόσταξης Ούζου

Ακολουθεί το διάγραμμα επεξεργασίας του νερού που θα χρησιμοποιηθεί σε όλα τα στάδια παραγωγής του ούζου :



Εικόνα 2 : Διάγραμμα επεξεργασίας νερού

Τέλος, ολοκληρώνεται ο κύκλος απόσταξης – ανάμιξης – εμφιάλωσης μιας φιάλης ούζου στο παρακάτω διάγραμμα :



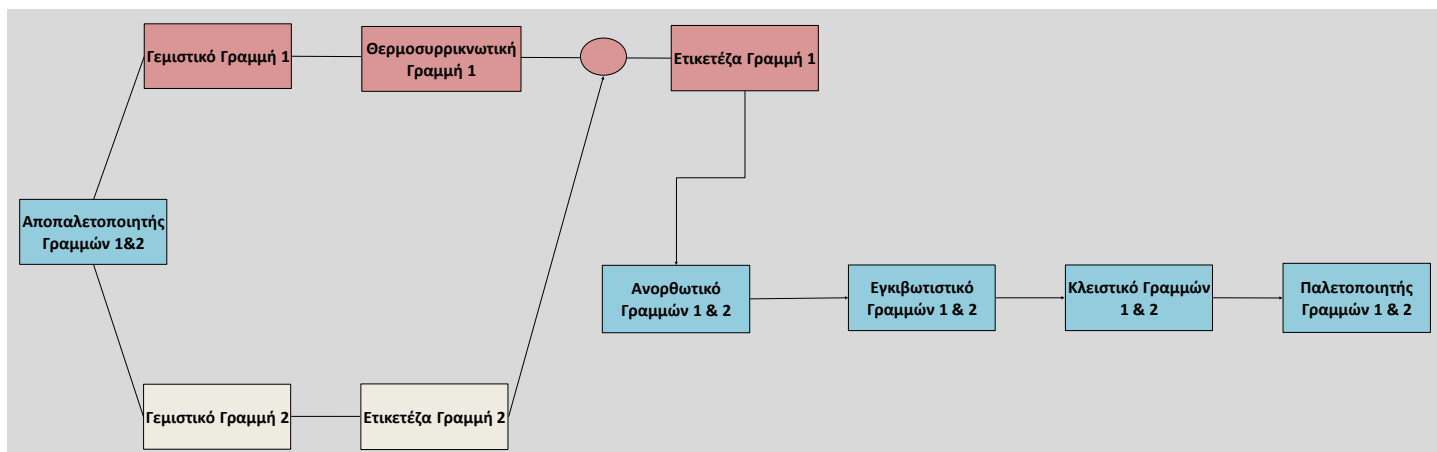
Εικόνα 3 : Διάγραμμα Παραγωγικής Διαδικασίας - Εμφιάλωσης

2.3 Περιγραφή Τμήματος Εμφιάλωσης

Το τμήμα εμφιάλωσης της Ποτοποιίας Ούζο12 (Campari Group) αποτελείται από 2 κύριες αυτοματοποιημένες γραμμές εμφιάλωσης και 3 ημι-αυτόματες γραμμές εμφιάλωσης όπου παράγονται όλοι οι κωδικοί των προϊόντων Ούζο12/Ούζο12 Gold και Serkova Std & Serkova Crystal Pure. Αξίζει να σημειωθεί πως μετά την εξαγορά της εταιρίας από τον όμιλο CAMPARI GROUP, το μεγαλύτερο μέρος του μηχανολογικού – ηλεκτρολογικού εξοπλισμού των αυτοματοποιημένων γραμμών αντικαταστάθηκε με σύγχρονο. Οι όγκοι εμφιάλωσης που διαχειρίζονται στο σύνολό τους οι γραμμές είναι περίπου 5.600.000 λίτρα/έτος. Η δυναμικότητα των γραμμών είναι κατά πολύ μεγαλύτερη, αλλά βάσει των απαιτήσεων το τμήμα εμφιάλωσης λειτουργεί μόνο 1 βάρδια από τις 07:00 – 15:00 σε αντίθεση με την απόσταξη που λειτουργεί από 07:00 – 23:00.

Το σύνολο των κωδικών που εμφιαλώνονται στις δύο αυτοματοποιημένες γραμμές είναι 32 SKU και στον παρακάτω πίνακα έχουμε τον κωδικό (SKU), την περιγραφή του καθώς και την ονομαστική ταχύτητα κάθε κωδικού στην αντίστοιχη γραμμή.

Το ούζο και η Βότκα παρασκευάζονται στο τμήμα Απόσταξης – Ανάμιξης όπου μέσω σωληνώσεων καταλήγουν στις Γεμιστικές Μηχανές της Εμφιάλωσης. Οι δύο αυτοματοποιημένες γραμμές εμφιάλωσης έχουν κοινό μηχάνημα αποπαλετοποίησης παλετών κενών φιαλών, ξεχωριστές γεμιστικές μηχανές και μηχανές ετικετοποίησης και κοινές μηχανές συσκευασίας. Στο παρακάτω σχέδιο με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται οι μηχανές που αφορούν αποκλειστικά τα προϊόντα του Ούζου12 και με ώχρα οι μηχανές που αφορούν αποκλειστικά τα προϊόντα της Βότκας, με γαλάζιο χρώμα είναι οι κοινές μηχανές και των δύο γραμμών.



Εικόνα 5 : Γραμμές Εμφιάλωσης 1&2

Για την αλλαγή προϊόντος μπορεί να έχουμε set-up σε κάθε μηχανή ανάλογα με τον τύπο της φιάλης, set-up μηχανών ανάλογα με τη γραμμή που λειτουργεί, set-up μηχανών σε περίπτωση που έχουμε αλλαγή ετικέτας, κιβωτίου, υγρού ή και συνδυασμό όλων αυτών. Επομένως, η κάθε αλλαγή μπορεί να λαμβάνει μέρος σε μία ή και στο σύνολο της γραμμής (8 μηχανές). Για αυτό το λόγο η σωστή αλληλουχία των αλλαγών στην υλοποίηση του προγράμματος παραγωγής έχει καθοριστικό ρόλο για τη μείωση του χρόνου που η γραμμή πρέπει να είναι σταματημένη για αλλαγή.

2.4 Περιγραφή Υφιστάμενης διαδικασίας Γλοποίησης Πλάνου Παραγωγής

Προκειμένου να μπορέσει η Ποτοποιία Καλογιάννης-Κούτσικος (ΚΚ), να ικανοποιήσει τις ανάγκες των πελατών της εκδίδει ένα πρόγραμμα παραγωγής βασιζόμενη στις προβλέψεις και τις τρέχουσες παραγγελίες. Για να μπορέσουμε να εξηγήσουμε καλύτερα την υφιστάμενη διαδικασία, θα πρέπει να την χωρίσουμε σε 3 φάσεις : Pre-Processing Phase, Model Phase, Post-Processing Phase.

Pre-Processing Phase:

Η πρώτη φάση είναι και η πιο χρονοβόρα καθώς η υπεύθυνη προγραμματισμού παραγωγής θα πρέπει να λάβει υπόψη της ένα σύνολο αρχείων και δεδομένων προκειμένου να καταλήξει στο φύλλο *Sales Forecast – Αρχικός Πίνακας Πλάνου Παραγωγής*.

SKU	Line	Planning Method	Av. Prod. Rate	Req. Mandays				Feb 2019 A	Feb 2019 B	Mar 2019 A	Mar 2019 B	April 2019 A	April 2019 B	May 2019 A	May 2019 B	June 2019 A	June 2019 B	July 2019 A	July 2019 B			
416512	Line1	OUZ012 6/700 38"/76P DE	MtS.	9125	5	6	0.7	125	10,125		23,625	27,000	23,625	16,875	16,875	23,625	16,875	27,000	27,000	23,625		
416513	Line1	OUZ012 6/1000 38"/76P DE	MtS.	5500	5	6	1	105					1,455		1,575						1,575	
416514	Line1	OUZ012 6/700 38"/76P DE+NECKH							27,000	3,375												
416515	Line1	12GOLD 6/700 36"/76P DE	MtS.	9125	5	6	0.7	125	6,534	3,170	6,500	9,750	6,500	6,500	3,250	9,750	6,500	9,750	6,500	9,750	6,500	
416634	Line1	OUZ012 4/700 38"/76P UK (DS)	MtoO.	7812	5	4	0.7	126	6	56			2,901					3,276			3,276	
416635	Line1	OUZ012 12/700 38"/76P FR	MtoO.	4650	5	12	0.7	65														
416636	Line1	OUZ012 6/700 38"/76P CH	MtoO.	9125	5	6	0.7	125			3,346											
416639	Line1	OUZ012 12/700 38"/76P ISR	MtoO.	4650	5	12	0.7	65														
416640	Line1	OUZ012 6/700 38"/76P CAMP. AU	MtoO.	9125	5	6	0.7	125			1,887				2,640						1,895	
416641	Line1	OUZ012 12/750 40"/80P US	MtS.	4200	5	12	0.75	60	1,298				1,440								1,440	
416642	Line1	OUZ012 12/750 40"/80P CA	MtS.	3575	6	12	0.75	55	885	550	440		1,115		1,170						1,115	
416643	Line1	OUZ012 12/1000 40"/80P CA	MtS.	2000	6	12	1	50													148	
416671	Line1	OUZ0 12 6/700 38"/76P EXP	MtS.	9125	5	6	0.7	100			2,932			3,700		4,100					3,400	
416840	Line1	OUZ012 6/700 38"/76P IT + F.S	MtoO.	9125	5	6	0.7	100														1,488
419034	Line1	OUZ012 24/350 38"/76P EXP - 2014	MtS.	2100	5	24	0.35	60		514				660		660					660	
424968	Line1	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	MtS.	3840	6	12	0.7	60	330		7,620	7,020		13,440		11,760					11,760	
425325	Line1	OUZ012 12/700ML 40"/80P GR	MtS.	4650	5	12	0.7	65			374										455	1,830
425327	Line1	OUZ012 12/1000ML 40"/80P AU/NZ	MtoO.	3500	5	12	1	50			264										270	
425460	Line1	OUZ012 PROCESS 12/1000ML 40"/GR17	MtS.	3500	5	12	1	40							144						200	320
425462	Line1	OUZ012 12/1000ML 40"/80P EXP17	MtS.	3500	5	12	1	40	2,278	2,120	2,480		2,240		2,200		2,880				1,160	
425463	Line1	OUZ012 24/200ML 40"/80P GR17	MtS.	1960	5	24	0.2	98	355	196	490	980	196	2,058	294	1,764	490	1,960			392	1,960
425464	Line1	OUZ012 24/350ML 40"/80P GR17	MtS.	2100	5	24	0.35	60		3	300		540		600		600				660	
425465	Line1	OUZ012 6/700ML 40"/80P EXP17	MtS.	9125	5	6	0.7	100	1,560	3,000	1,875		1,500	125	2,500	125	1,750	550			4,875	400
425469	Line1	OUZ012 PROC.12/700ML 40"/80 GR17	MtS.	4650	5	12	0.7	65			686				850							600
425481	Line1	OUZ012 12/1000ML 40"/80P GR17	MtS.	3500	5	12	1	50						300				100			300	400
425482	Line1	OUZ012 PROCESS 12/1000ML 40"/EXP17	MtS.	3500	5	12	1	40						458		400		300				680
425578	Line1	SERKOVA VODKA 12/1000ML 37.5%/75P_2015	MtS.	2800	5	12	1	45				278		675		675					675	
425760	Line1	OUZ012 6/1000 38"/76P ISR	MtS.	5500	5	6	1	105					1,788									
426056	Line3	SERKOVA PURE 12/70cl 40% vol GR18	MtoO.	400	6	12	0.7	48		480		480		480		480					480	
426429	Line1	Process OUZ012 24/350 40"/80 EXP17	#N/A	#N/A	#N/A	24	0.35	60			540											
426800	Line1	12GOLD 6/700 36% + NECKHANGERS DE19	#N/A	#N/A	#N/A	6	0.7	125			3,330											
426871	Line1	OUZ012 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	#N/A	#N/A	#N/A	12	0.7	65			2,015		1,950		1,755		2,990				1,290	

Εικόνα 6 : Αρχικός Πίνακας Πλάνου Παραγωγής

Αυτό γίνεται λαμβάνοντας υπόψη της, τις προβλέψεις για Ούζο (εξαγωγές), Ούζο (εγχώριες) και Βότκας, τις παραγγελίες και το απόθεμα του ετοιμού προϊόντος. Θα πρέπει λοιπόν τόσο από τα κεντρικά του ομίλου Campari, όσο και από τις εταιρίες διανομής, να επισημοποιηθεί το αρχείο προβλέψεων ανά μήνα. Να σημειωθεί πως οι ποσότητες στο φύλλο Sales Forecast

καταχωρούνται σύμφωνα με τη χρονική στιγμή που πρέπει να παραχθούν και όχι να παραδοθούν.

Παρακάτω περιγράφεται συνοπτικά η διαδικασία δημιουργίας του αρχείου Sales Forecast :

Συλλογή των τριών αρχείων προβλέψεων :

SKU	DESCRIPTION	VERSION F	Type Da	MON		HAL		01-10-19		01-10-19		01-11-19		01-11-19		01-12-19		01-12-19		01-01-20		01-01-20		01-02-20		01-02-20		01-03-20		01-03-20		01-04-20		01-04-20		01-05-20		01-05-20		01-06-20		01-06-20		01-07-20		01-07-20		01-08-20		01-08-20	
				1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half	1° Half	2° Half								
416640	Ouzo 12 6/700 38°/76P CAMP. AU12	910	ETD	1,895	0	0	0	0	0	0	0	0	2,640	0	0	0	0	0	1,895	0	0	0	1,895	0	1,895	0	0	0	0	1,895	0	0	0	1,895	0	0	0	1,895	0	0	0	2,640	0								

Εικόνα 7 : Προβλέψεις Ούζου - Ομίλου Campari

Budget 2019 K.K											
		SHIPMENTS	SHIPMENTS	SHIPMENTS	SHIPMENTS	SHIPMENTS	SHIPMENTS	SHIPMENTS	SHIPMENTS	SHIPMENTS	SHIPMENTS
		JAN	FEB	MAR	APRIL	MAY	JUNE	JULY	AUG	SEPT	OCT
		PH.	PH.	PH.	PH.	PH.	PH.	PH.	PH.	PH.	PH.
KK Code	DESCRIPTION	Cases	Cases	Cases	Cases	Cases	Cases	Cases	Cases	Cases	Cases
	OYZO 12										
425468	Ouzo 12 5 cl				570		684	684	456	456	342
425463	Ouzo 12 20 cl	0	98	1,274	1862	1,862	882	2,254	2,058	1,176	784
425471	Ouzo 12 20 cl CYL	0	0	168	168		168	336	168	168	
425464	Ouzo 12 350 ml				900	300	600	660	360	300	180
5325/ 4268	Ouzo 12 70 cl			2,665	1950	1,950	2,730	2,470	3,120	2,210	520
425470	Ouzo 12 70 cl CYL (new)				350	350	350	500	600		
425459	Ouzo 12 100 cl 12/12 CYL GR			160	160	120	160	200	320	80	80
425461	Ouzo 12 2 DOM (new)				48	96	192	48	48		
425481	Ouzo 12 1 l		100	150	100	300	300	450	100	250	
	TOTAL DOMESTIC	0	198	4,417	6,108	4,978	6,066	7,602	7,230	4,018	1,906
425479	Ouzo 12 20 cl CYL		168			168	168	336	168	168	168
425467	Ouzo 12 350 ml DFS	0	0		54	54	108	216	54	108	54
425465	Ouzo 12 70 cl DF 6 bt.					125	125	875	375	125	
425480	Ouzo 12 1 l 12/12 CYL DF	0	280	280	480	680	800	1,120	400	320	
425461	Ouzo 12 2 DF	0	288		240	144	576	528	528	144	
	TOTAL T.R.	0	736	280	774	1,171	1,777	3,075	1,525	865	222

Εικόνα 8 : Προβλέψεις Ούζου – Διανομέας Α

ΚΙΒΩΤΙΑ												
	Κωδικός	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ
Serkova Vodka 12/700ml 37.5%/75P_2017	424968	5,040	3,360	1,140	12,420	8,640	12,180	11,340	13,320	9,300	11,340	6,900
SERKOVA CRYSTAL PURE 12/70cl 40% vol GR18	426056	0	0	288	0	624	480	0	864	0	0	1,056
Serkova 6x 0,70L Crystal Pure	425683											
SERKOVA VODKA 12/1000ML 37.5%/75P GR17	425578	0	0	0	405	360	360	1,305	270	450	315	1,125
ΣΥΝΟΛΟ SERKOVA ΣΕ 8,4L		5,040	3,360	1,428	12,999	9,778	13,174	13,204	14,570	9,943	11,790	9,563

Εικόνα 9 : Προβλέψεις Βότκας – Διανομές Β

Shipped	Consignee Name	PO Posting Date	PO Number	BO Number	SAP Code	Item Description	Quantity Can	Quantity Bottle	Requested Arrival	Requested Departure	In stock	Booking date	Date of loading
No	Gersthofen	08-11-2019	4500544064		416512	OUZO 12 6/700 38°/76P DE12	3375	20250	11-12-19	29-11-2019		04-12-2019	4-12-2019
No	Gersthofen	08-11-2019	4500544081		416515	12GOLD 6/700 38°/76P DE12	3250	19500	11-12-19	29-11-2019	Y	04-12-2019	4-12-2019
No	Gersthofen	08-11-2019	4500544065		416512	OUZO 12 6/700 38°/76P DE12	3375	20250	11-12-19	29-11-2019		05-12-2019	5-12-2019
No	WS Karoulas SA	07-03-2019	2020/3000		493337	Ouzo Ναυτία 2/500CL 38% GR	48	96		2-5-2019	Y		
No	Markopoulo - Serkova	29-10-2019	S42/19		424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5%/75P_2017	3360	40320	18-11-19	18-11-19	Y		
No	YOUSEF M.HADDAD & PARTNERS CO	01-11-2019	4500542885	4117	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP	80	960	28-11-19	28-11-2019	Y		
No	YOUSEF M.HADDAD & PARTNERS CO	01-11-2019	4500542885	4117	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP	125	750	28-11-19	28-11-2019	Y		
No	YOUSEF M.HADDAD & PARTNERS CO	01-11-2019	4500542885	4117	425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR	98	2352	28-11-19	28-11-2019	Y		
No	WS Karoulas SA	30-10-2019	4296/2020		425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	3120	37440	01-12-19	1-12-2019	Y		
No	WS Karoulas SA	30-10-2019	4296/2020		425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR	1078	25872	01-12-19	1-12-2019	Y		
No	WS Karoulas SA	30-10-2019	4296/2020		425464	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR	300	7200	01-12-19	1-12-2019	Y		
No	WS Karoulas SA	30-10-2019	4296/2020		425459	OUZO12 12/1000 40°GR17-Cyl12H12	120	1440	01-12-19	1-12-2019			
No	WS Karoulas SA	30-10-2019	4296/2020		425461	OUZO12 6/2000ML 40°/80P GR/EXP	96	576	01-12-19	1-12-2019	Y		
No	WS Karoulas SA	30-10-2019	4296/2020		425479	OUZO12 12/200 40°+CYL12 EXP	168	2016	01-12-19	1-12-2019	Y		
No	WS Karoulas SA	30-10-2019	4296/2020		425468	OUZO12 60/5cl 40°/80P GR	456	27360	01-12-19	1-12-2019	Y		
No	WS Karoulas SA	30-10-2019	4296/2020		425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP	250	1500	01-12-19	1-12-2019	Y		
No	Markopoulo - Serkova	20-11-2019	S45/19		424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5%/75P_2017	1680	20160	02-12-19	02-12-19	Y		
No	Markopoulo - Serkova	20-11-2019	S47/19		425578	SERKOVA VODKA 12/1000ML 37.5%/75P GR17	90	1080	02-12-19	02-12-19	Y		
No	Markopoulo - Serkova	20-11-2019	S47/19		424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5%/75P_2017	1260	15120	02-12-19	02-12-19	Y		
No	Markopoulo - Serkova	20-11-2019	S47/19		426056	SERKOVA PURE 12/70cl 40% vol GR18	96	1152	02-12-19	02-12-19	Y		
No	NGAB	11-09-2019	4500532913	36886	419034	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	660	15840		3-12-2019	Y		
No	MAXXIUM BULGARIA LTD	10-10-2019	4500538652	4502019135	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP	1250	7500	03-12-19	3-12-2019	Y		
No	MAXXIUM BULGARIA LTD	10-10-2019	4500538652	4502019135	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP	440	5280	03-12-19	3-12-2019	Y		
No	Gersthofen	08-11-2019	4500544066		416512	OUZO 12 6/700 38°/76P DE12	3375	20250	18-12-19	6-12-2019			
No	Gersthofen	08-11-2019	4500544068		416512	OUZO 12 6/700 38°/76P DE12	3375	20250	18-12-19	6-12-2019			
No	Gersthofen	08-11-2019	4500544069		416512	OUZO 12 6/700 38°/76P DE12	3375	20250	18-12-19	6-12-2019			
No	Markopoulo - Serkova	20-11-2019	S46/19		424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5%/75P_2017	3360	40320	09-12-19	09-12-19			
No	NEDCARGO LOGISTICS	29-10-2019	4500541974		416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3300	19800	15-12-19	15-12-2019	Y		
No	Western Carriers - USA	14-11-2019	4500545121		416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	1440	17280	16-01-20	16-12-2019	Y		
No	Mankoba	18-11-2019	4500545889	230362	416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	55	660	18-12-19	18-12-2019			
No	Camp-AU-BevChain	12-11-2019	4500544662		416640	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP AU	2640	15840	04-03-20	17-1-2020			

Εικόνα 10 : Παραγγελίες Ούζου & Βότκας

Έχοντας στη διάθεσή της το σύνολο των αρχείων η Υπεύθυνη προγραμματισμού, και με βάσει το απόθεμα του κάθε κωδικού διαπιστώνει την απαιτούμενη ποσότητα που πρέπει να παραχθεί κάθε δεκαπενθήμερο του μήνα προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες πώλησης.

Ουσιαστικά εισάγει όλες τις προβλέψεις στο Αρχικό Πίνακα Προγραμματισμού Παραγωγής καθώς και τις παραγγελίες και εν συνεχεία αφαιρεί τις ποσότητες σε κάθε κωδικό βάσει του αποθέματος.

Εφόσον έχει δημιουργηθεί το φύλο Sales Forecast, η υπεύθυνη προγραμματισμού σε συνεργασία με τον Διευθυντή εργοστασίου, ορίζουν το **Master Plan**, που αποτελεί την πρώτη μορφή πλάνου παραγωγής. Για τη σύνθεση του πλάνου δαπανούνται περίπου **40 εργατοώρες μηνιαία** και αφορά διάστημα 6 μηνών, ανανεώνεται στην αρχή του κάθε μήνα. Οι περιορισμοί που υπολογίζονται από την υπεύθυνη προγραμματισμού είναι :

- Χρόνος Παράδοσης παραγγελίας (σε ποιο δεκαπενθήμερο πρέπει να παραδοθεί).
- Στους κωδικούς slow moving λαμβάνεται υπόψιν το προσεχές 3-4 μνηο, αθροίζοντας όλες τις προβλέψεις.

- Δημιουργία ομάδων προϊόντων, δηλαδή όταν θα έχουμε παραγωγή (200ml,350ml,1000ml) θα παραχθούν όλοι οι κωδικοί από το εκάστοτε φορμάτ φιάλης (βάσει της ελάχιστης παραγόμενης ποσότητας) ακόμα και αν δεν υπάρχει πρόβλεψη στο ελεγχόμενο διάστημα, εφόσον βέβαια υπάρχουν οι απαιτούμενες πρώτες ύλες.
- Ελάχιστη παραγόμενη ποσότητα – Μέγιστη Παραγόμενη ποσότητα
- Στοχεύοντας στην αποδοτικότητα της γραμμής μεταξύ των αλλαγών φορμάτ φιάλης στη Γραμμή1 (Ούζο), τοποθετείται παραγωγή στη Γραμμή2 (Βότκα), προκειμένου να πραγματοποιηθεί σε «νεκρό» χρόνο η αλλαγή στις μηχανές της Γραμμής1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
YEAR	Εβδομάδα	Month	Σειρά	SAP Code	Item Description	Format	Capacity	Cs/pal	Std. Speed/shift (cs)	Line	Planned Quantity (cs)	Open Qty (Btl)	Open Qty (Lts)	Open Qty (PAL)	Open Qty (Mach. Days)
2019	week5	January	2	425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	12	1	40	3,500	Line1	265	492	492	1.0	0.0
2019	week5	January	4	425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	12	1	40	3,500	Line1	491	612	612	1.3	0.0
2019	week5	January	5	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	12	1	40	3,500	Line1	5,878	70,536	70,536	147.0	1.7
2019	week5	January	6	425327	OUZO12 12/1000ML 40°/80P AU/NZ	12	1	50	3,500	Line1	264	3,168	3,168	5.3	0.1
2019	week5	January	7	416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	12	0.75	60	4,200	Line1	1,298	15,576	11,682	21.6	0.3
2019	week5	January	8	416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	12	0.75	55	3,575	Line1	1,815	21,780	16,335	33.0	0.5
2019	week6	February	1	416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	12	0.75	55	3,575	Line1	335	4,020	3,015	6.1	0.1
2019	week6	February	2	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	6	0.7	125	9,125	Line1	6,435	38,610	27,027	51.5	0.7
2019	week6	February	3	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	6	0.7	100	9,125	Line1	3,132	18,792	13,154	31.3	0.3
2019	week6	February	4	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	6	0.7	125	9,125	Line1	20,798	124,788	87,352	166.4	2.3
2019	week7	February	1	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	6	0.7	125	9,125	Line1	19,534	117,204	82,043	156.3	2.1
2019	week7	February	2	416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	6	0.7	125	4,875	Line1	11,500	69,000	48,300	92.0	2.4
2019	week8	February	1	416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	6	0.7	125	4,875	Line1	18,875	113,250	79,275	151.0	3.9
2019	week8	February	2	426056	SERKOVA PURE 12/70cl 40% vol GR18	12	0.7	48	400	Line3	160	1,920	1,344	3.3	0.4
2019	week9	February	1	426056	SERKOVA PURE 12/70cl 40% vol GR18	12	0.7	48	400	Line3	800	9,600	6,720	16.7	2.0
2019	week9	February	2	425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	24	0.2	98	1,960	Line1	3,960	95,040	19,008	40.4	2.0
2019	week10	March	1	425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	24	0.2	98	1,960	Line1	5,971	143,304	28,661	60.9	3.0
2019	week10	March	2	425464	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR17	24	0.35	60	2,100	Line1	2,703	64,872	22,705	45.1	1.3
2019	week10	March	3	426429	Process OUZO12 24/350 40°/80 EXP17	24	0.35	60	2,100	Line1	540	12,960	4,536	9.0	0.3
2019	week11	March	1	419034	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	24	0.35	60	2,100	Line1	2,494	59,856	20,950	41.6	1.2
2019	week11	March	1	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	12	0.7	60	3,840	Line2	9,630	115,560	80,892	160.5	2.5
2019	week12	March	2	425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	12	0.7	65	4,650	Line1	374	4,488	3,142	5.8	0.1
2019	week12	March	3	425469	OUZO12 PROC.12/700ML 40°/80 GR17	12	0.7	65	4,650	Line1	1,536	18,432	12,902	23.6	0.3
2019	week12	March	4	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	6	0.7	125	9,125	Line1	1,625	9,750	6,825	13.0	0.2
2019	week12	March	5	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	6	0.7	125	9,125	Line1	3,330	19,980	13,986	26.6	0.4
2019	week12	March	5	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	6	0.7	125	9,125	Line1	12,920	77,520	54,264	103.4	1.4
2019	week12	March	6	416640	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU	6	0.7	125	9,125	Line1	4,527	27,162	19,013	36.2	0.5
2019	week12	March	7	416636	OUZO12 6/700 38°/76P CH	6	0.7	125	9,125	Line1	3,346	20,076	14,053	26.8	0.4
2019	week13	March	1	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	6	0.7	125	9,125	Line1	27,000	162,000	113,400	216.0	3.0
2019	week14	April	1	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	6	0.7	125	9,125	Line1	37,125	222,750	155,925	297.0	4.1
2019	week15	April	1	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	6	0.7	125	9,125	Line1	10,125	60,750	42,525	81.0	1.1
2019	week15	April	2	425461	OUZO12 6/2000ML 40°/80P GR/EXP17	6	2	48	960	Line3	499	2,994	5,988	10.4	0.5
2019	week15	April	3	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	12	1	40	3,500	Line1	8,320	99,840	99,840	208.0	2.4

Εικόνα 11 : Πρόγραμμα Παραγωγής

Επεξήγηση των στηλών του πίνακα MasterPlan (από αριστερά προς τα δεξιά)

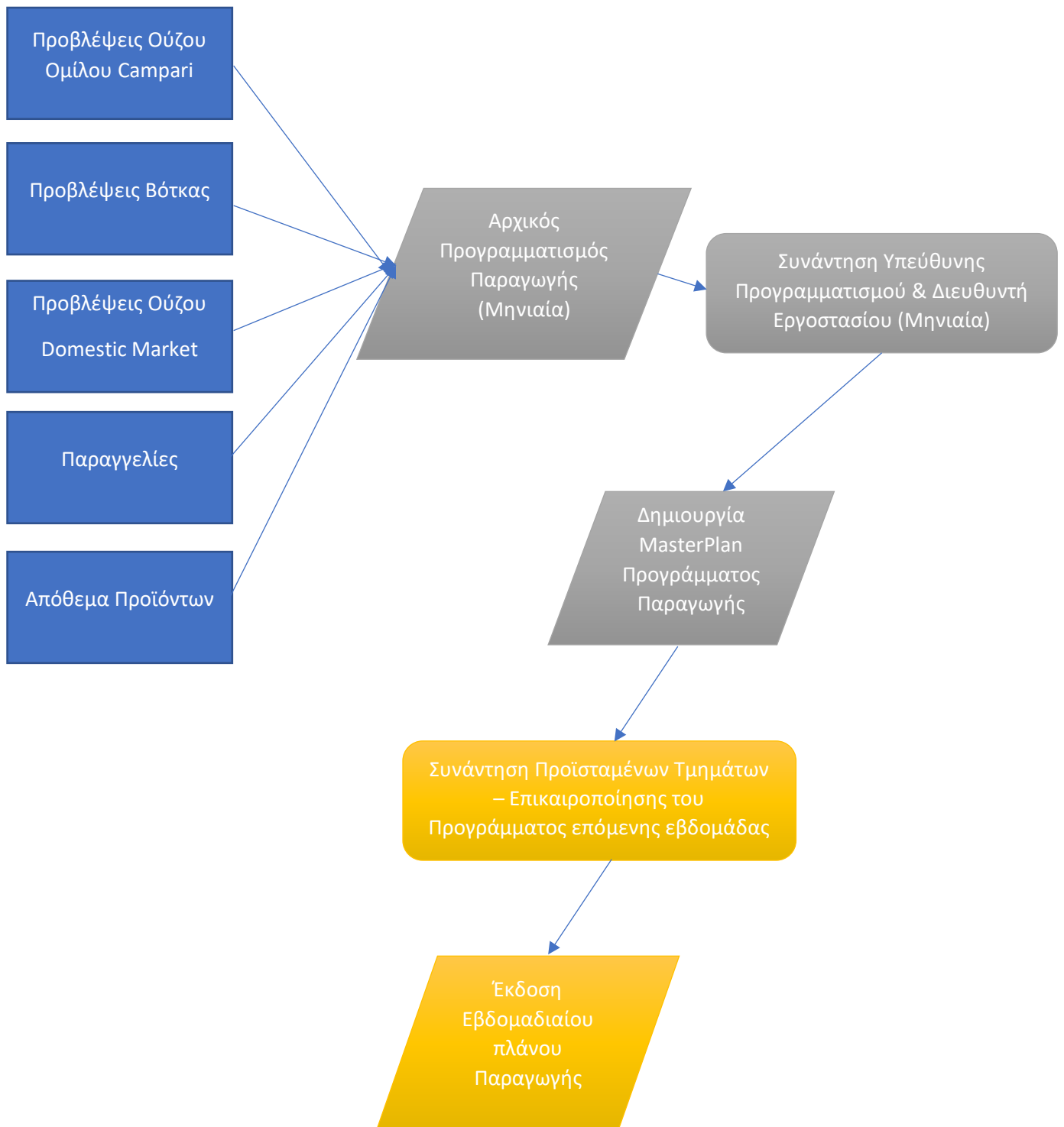
1	Έτος	9	Κιβώτια ανα παλέτα
2	Εβδομάδα αναφοράς	10	Μέση παραγόμενη ημερήσια ποσότητα
3	Μήνας	11	Γραμμή Εμφιάλωσης
4	Σειρά παραγωγής	12	Προγραμματισμένη Ποσότητα προς παραγωγή
5	Κωδικός προϊόντος (SAP)	13	Προγραμματισμένη Ποσότητα προς παραγωγή σε φιάλες
6	Περιγραφή προϊόντος	14	Προγραμματισμένη Ποσότητα προς παραγωγή σε λίτρα
7	Φιάλες ανά κιβώτιο	15	Προγραμματισμένη Ποσότητα προς παραγωγή σε παλέτες
8	Χωρητικότητα φιάλης	16	Απαιτούμενη διάρκεια σε ανθρωποημέρες για την παραγωγή της ποσότητας

Η τελευταία φάση υλοποίησης – επικαιροποίησης του **εβδομαδιαίου** πλέον πλάνου παραγωγής πραγματοποιείται κατόπιν συναντήσεως των υπεύθυνων τμημάτων (εμφιάλωσης, απόσταξης, συντήρησης, αΰλων – ετοίμου προϊόντος) καθώς και του διευθυντή του εργοστασίου. Η συνάντηση έχει μέση διάρκεια 30' λεπτών (3 εργατωρών εβδομαδιαία). Στη συγκεκριμένη συνάντηση οι υπεύθυνοι τμημάτων παραθέτουν σχόλια & παρατηρήσεις που τυχόν υπάρχουν στο προτεινόμενο εβδομαδιαίο πλάνο παραγωγής με σκοπό την εν μέρει τροποποίηση του ως προς τη σειρά των κωδικών που θα παραχθούν ή μέχρι και την μετατόπιση κάποιου κωδικού σε επόμενη εβδομάδα αν κριθεί απαραίτητο.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η τελική μορφή του εβδομαδιαίου πλάνου προγράμματος

Εβδομάδ	Σειρά	SAP Code	Line	Item Description	Remarks	Values			
						Sum of Open Qnt (cs)	Sum of Open Qnt (Btl)	Sum of Open Qnt (Lts)	Sum of Open Qty (Mac Days)
week5	1	424968		Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	(blank)	6,720	80,640	56,448	1.75
	2	416513		OUZO12 6/1000 38°/76P DF	qty to be increased	3,150	18,900	18,900	0.57
	3	425482	Line1	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°EXP17	qty to be increased	560	6,720	6,720	0.16
	4	425460		OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	qty to be increased	160	1,920	1,920	0.05
	5	425481		OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	qty to be increased	100	1,200	1,200	0.03
	6	425461	Line3	OUZO12 6/2000ML 40°/80P GR/EXP17	qty to be increased	288	1,728	3,456	0.30
	7	419034	Line1	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	qty to be increased	1,320	31,680	11,088	0.63
week5 Total						12,298	142,788	99,732	3.49

Εικόνα 12 : Εβδομαδιαίο Πλάνο Παραγωγής



Εικόνα 13 : Διάγραμμα Υλοποίησης Προγράμματος Παραγωγής

3. Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου

3.1. Προτεινόμενη Μεθοδολογία

Το πρόβλημα που εξετάζεται στη συγκεκριμένη περίπτωση αφορά τον βέλτιστο χρονοπρογραμματισμό όλων των γραμμών παραγωγής σε μία βιομηχανία εμφιάλωσης ούζου και βότκας και εφόσον όλες οι διεργασίες κατά την παραγωγική διαδικασία είναι συνεχείς, το πρόβλημα επικεντρώνεται στο τελικό στάδιο, δηλαδή αυτό της συσκευασίας. Αποτελεί ένα πρόβλημα μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού (Mixed Integer Linear Programming). Στόχος του προβλήματος αποτελεί η ελαχιστοποίηση του χρόνου ολοκλήρωσης παραγωγής (makespan).

Η λογική προσέγγισης που ακολουθήθηκε για την επίλυση του προβλήματος βασίστηκε στη θεωρία του προβλήματος του πλανόδιου πωλητή με χρονικούς περιορισμούς (Open Travelling Salesman Problem with Time Windows – OTSPTW) έχοντας την ιδιαιτερότητα πως ο πωλητής χρειάζεται να περάσει μόνο μια φορά από κάθε σημείο χωρίς να απαιτείται η επιστροφή του στον αρχικό κόμβο εκκίνησης, χαρακτηρίζοντάς την μέθοδο επίλυσης ως Open TSPTW, να σημειωθεί πως οι χρονικοί περιορισμοί που έχουν οριστεί είναι χαλαροί με έναν συντελεστή ποινής παραβίασής τους, που αντικατοπτρίζεται στην αντικειμενική συνάρτηση, αποφεύγοντας έτσι τον ορισμό αυστηρών χρονικών παραθύρων που ενδεχομένως να οδηγούσαν με μη εφικτή λύση.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15
A/A	SKU	Line	SKU	Planning Method	Max Pr. Quantity in bottles	Max Pr. Quantity in cases	Min Pr. Quantity in bottles	Min Pr. Quantity in cases	Time Horizon in Weeks	Cases/hour	Cases/day	Coefficient
1	416512	Line1	OUZO12 6/700 38°/76P DE	MIS.	445500	50000	54750	9125	3	1217	9125	43
2	416513	Line1	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	MIS.	37800	6300	9450	1575	13	733	5500	53
3	416514	Line1	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	MtoO.	48750	8125	29250	4875	3	650	4875	42
4	416515	Line1	12GOLD 6/700 36°/76P DE	MIS.	156000	26000	54750	9125	3	1217	9125	46
5	416634	Line1	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	MtoO.	39312	9828	13104	3276	9	1042	7812	45
6	416635	Line1	OUZO12 12/700 38°/76P FR	MtoO.	3900	700	2340	195	50	620	4650	43
7	416636	Line1	OUZO12 6/700 38°/76P CH	MtoO.	20250	5500	20250	3375	18	1217	9125	44
8	416639	Line1	OUZO12 12/700 38°/76P ISR	MtoO.	15960	3500	15960	1330	50	620	4650	46
9	416641	Line1	OUZO12 12/750 40°/80P US	MIS.	31680	5280	11370	1895	9	1217	9125	52
10	416642	Line1	OUZO12 12/750 40°/80P CA	MIS.	34560	4800	17280	1440	13	560	4200	52
11	416643	Line1	OUZO12 12/1000 40°/80P CA	MIS.	99000	8250	6600	550	13	477	3575	52
12	416671	Line1	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	MIS.	7200	1600	1800	150	13	267	2000	49
13	416840	Line1	OUZO12 6/700 38°/76P IT + F.S	MtoO.	60000	2460	19800	3300	4	1217	9125	41
14	419034	Line1	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	MIS.	9000	2500	4200	700	50	1217	9125	83
15	424968	Line2	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	MIS.	63360	11000	15840	660	13	280	2100	29
16	425325	Line1	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	MIS.	201600	16800	46080	3840	4	512	3840	40
17	425327	Line1	OUZO12 12/1000ML 40°/80P AU/NZ	MtoO.	84000	7000	780	65	9	620	4650	52
18	425460	Line1	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	MIS.	9720	810	3240	270	13	467	3500	52
19	425462	Line1	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	MIS.	96000	7200	480	40	13	467	3500	52
20	425463	Line1	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	MIS.	144000	12000	14400	1200	13	467	3500	85
21	425464	Line1	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR17	MIS.	188160	7840	23520	980	13	261	1960	83
22	425465	Line1	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	MIS.	7200	3000	7200	300	13	280	2100	43
23	425469	Line1	OUZO12 PROC. 12/700ML 40°/80 GR17	MIS.	60000	10000	750	125	9	1217	9125	43
24	425481	Line1	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	MIS.	18000	3400	780	65	9	620	4650	53
25	425482	Line1	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	MIS.	16800	2340	600	50	13	467	3500	53
26	425578	Line1	SERKOVA VODKA 12/1000ML 37.5%/75P_2015	MIS.	28800	3500	480	40	13	467	3500	29
27	425760	Line2	OUZO12 6/1000 38°/76P ISR	MIS.	33600	2800	2160	180	17	373	2800	54
28	426429	Line1	Process OUZO12 24/350 40°/80 GR17	MtoO.	10800	2800	10800	1800	13	733	5500	83
29	426800	Line3	12GOLD 6/700 36% + NECKHANGERS DE19	MIS.	14400	1200	3456	288	13	1217	9125	43
30	426871	Line1	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	MIS.	8640	800	1440	60	13	40	300	43
31	427544	Line1	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU 2019	MIS.	48750	8125	29250	4875	3	280	2100	47
32	428733	Line1	OUZO12 24/200ML 38°/80P IS20	MIS.	48750	6500	29250	2438	3	1217	9125	86

Εικόνα 14 : Πίνακας Παραμέτρων (Προ-επεξεργασία Δεδομένων)

Προκειμένου να μπορέσει να γίνει η επεξεργασία των δεδομένων στο Visual Studio (C++) και παράλληλα από τη CPLEX, έπρεπε πρώτα να πραγματοποιηθεί διαχείριση των δεδομένων του excel με τη βοήθεια της VBA Excel. Πιο συγκεκριμένα μέσω των μακροεντολών που κατασκευάστηκαν, επιτυγχάνονται οι παρακάτω ενέργειες :

Εγγραφή των κωδικών προϊόντων, των απαιτούμενων ποσοτήτων, των παραμέτρων (μέγιστη/ελάχιστη επιτρεπόμενη ποσότητα προς παραγωγή, χρονικός ορίζοντας υπολογισμού ποσοτήτων, ταχύτητα ανά ώρα κάθε κωδικού, συντελεστής βαρύτητας αλλαγής -coefficient-) που πρέπει να συνυπολογιστούν, το χρόνο αλλαγής από προϊόν σε προϊόν (matrix2matrix).

Παράλληλα με την επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιείται και μια πάρα πολύ σημαντική διεργασία η οποία έχει πολλαπλό όφελος στην μετέπειτα διαχείριση των δεδομένων. Έχοντας συγκεντρώσει ουσιαστικά όλες τις παραμέτρους, δημιουργούμε μια φόρμουλα η οποία πραγματοποιεί μια προ-επεξεργασία δεδομένων πριν από τη CPLEX προκειμένου και να μειωθεί ο χρόνος επεξεργασίας & επαναλήψεων της, αλλά κυρίως για να αποτυπώσουμε την ανθρώπινη παρέμβαση που πραγματοποιείται μέχρι πρότινος. Πιο συγκεκριμένα, βάσει των παραγγελιών/προβλέψεων ανα δύο εβδομάδες (όπως παρουσιάζεται στην περίπτωση μας εικ.15) και σύμφωνα με την μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα και με τον χρονικό ορίζοντα εξέτασης των δεδομένων (time horizon in weeks), πραγματοποιείται η συγκέντρωση των ποσοτήτων ώστε να μειώσουμε τη συχνότητα των αλλαγών. Δηλαδή, εξετάζοντας για παράδειγμα τον κωδικό 416634, παρατηρούμε πως έχουμε σε 5 διαφορετικά 2-βδόμαδα την ίδια ποσότητα προς παραγγελία (Εικ.15). Βάσει της μέγιστης επιτρεπόμενης παραγόμενης ποσότητας (Εικ.14 Στήλη 7) σε συνδυασμό με τον χρονικό ορίζοντα (Εικ.14 Στήλη 9), μπορούμε να περιορίσουμε τα 5 σημεία σε μόλις 2 σημεία, εξασφαλίζοντας τόσο την έγκαιρη παράδοσή τους όσο τη μείωση του αριθμού αλλαγών. Σύμφωνα με την παραπάνω ακολουθία προκύπτει ο πίνακας (Εικ.16), ο οποίος θα αποτελέσει και τη βάση για την εύρεση της βέλτιστης λύσης μέσω CPLEX. Σε αυτό το σημείο, γίνεται κατανοητό πως η παραμετροποίηση που μπορούμε να κάνουμε είτε στη συνολική επιτρεπόμενη παραγόμενη ποσότητα κάθε κωδικού είτε στο χρονικό διάστημα που εξετάζουμε είναι δυναμική, και μας επιτρέπει να την διαχειριζόμαστε αναλόγως των απαιτήσεών μας.

3.2. Ονοματολογία

Σύνολα

$i \in I$ Σύνολο τελικών προϊόντων

$j \in I$ Σύνολο τελικών προϊόντων

Παράμετροι

\overline{ST}_i Χρόνος παραγωγής ζητούμενης ποσότητας του i κωδικού

\overline{C}_{ij} Χρόνοι αλλαγής μεταξύ των προϊόντων σε ώρες

$\overline{T}w_i$ Χρονικός ορίζοντας εντός του οποίου θα παραχθεί το προϊόν i

$\overline{Coefficient}_i$ Συντελεστής Βαρύτητας σύμφωνα με τη δυσκολία εκτέλεσης αλλαγής του i κωδικού

$\overline{MaxLateness} = 80$ Αναφέρεται σε εργατοώρες, και συμβολίζει το χρονικό παράθυρο που μπορεί να καθυστερήσει κάθε προϊόν

Συνεχείς Μεταβλητές

T_i Χρόνος έναρξης παραγωγής του i κωδικού

L_i Χρόνος καθυστέρησης ολοκλήρωσης παραγωγής i προϊόντος. Στο L_i λαμβάνεται υπόψη και το T_i και το $ServiceTime_i$.

T_{max} Μέγιστος Χρονικός Ορίζοντας παραγωγής όλων των προϊόντων

Διαδικές Μεταβλητές

X_{ij} Λαμβάνει την τιμή 1 αν έχουμε μετάβαση από το προϊόν i στο προϊόν j

3.3. Μαθηματική Διατύπωση

3.3.1. Αντικειμενική Συνάρτηση

$$\text{Minimise } \sum_i \sum_j \overline{Cost_{ij}} * X_{ij} + \sum_i \overline{Coefficient_i} * L_i \quad (3.1)$$

Η αντικειμενική συνάρτηση έχει ως στόχο τη μείωση του συνολικού χρόνου παραγωγής (makespan). Αυτό παρουσιάζεται στα αθροίσματα ως προς i και ως προς j του πρώτου όρου, όπου αποτυπώνεται η μείωση του συνολικού απαιτούμενου χρόνου αλλαγών, καθώς το X_{ij} είναι δυαδική μεταβλητή και θα πάρει την τιμή της μονάδας εφόσον έχουμε αλλαγή από το προϊόν i στο προϊόν j . Στον δεύτερο όρο ταυτόχρονα, επιτυγχάνεται η μείωση του χρόνου καθυστέρησης έναρξης παραγωγής των προϊόντων βάσει των προθεσμιών τους παράδοσης, πολλαπλασιασμένο με τον συντελεστή βαρύτητας που προκύπτει από την πολυπλοκότητα της αλλαγής του κάθε κωδικού. Όσο πιο απαιτητική / χρονοβόρα είναι μια αλλαγή ενός προϊόντος προς όλα τα υπόλοιπα, τόσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής. Ειδικότερα πρόκειται για έναν μέσο όρο των αλλαγών του κάθε προϊόντος i προς όλα τα άλλα προϊόντα. Επομένως ο συντελεστής είναι μικρότερος για τα προϊόντα που έχουν μικρότερο μέσο όρο μετάβασης από και προς όλα τα άλλα. Αυτό που θέλουμε να αποφύγουμε είναι η καθυστέρηση των προϊόντων με μεγάλη βαρύτητα και παράλληλα η βέλτιστη επιλογής σειράς παραγωγής τους.

3.3.2. Περιορισμοί Προβλήματος

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N x_{ij} = 1, \quad \forall j \in N - 1 \quad (3.2)$$

Ο παραπάνω περιορισμός εξασφαλίζει ότι, η παραγωγή θα «μεταβεί» προς όλα τα προϊόντα, πλην του 1^{ου} (για κάθε j πλην του πρώτου). Με τον τρόπο αυτό δηλώνεται το ανοιχτό πρόβλημα πλανώδιου πωλητή (Open TSP).

$$\sum_{\substack{j=2 \\ i \neq j}}^N x_{ij} \leq 1, \quad \forall i \in N \quad (3.3)$$

Ο παραπάνω περιορισμός εξασφαλίζει ότι, η παραγωγή θα «αναχωρήσει» από κάθε προϊόν (συμπεριλαμβανομένου του 1ου) το πολύ 1 φορά. Ο περιορισμός δεν είναι ισότητα, επειδή από το τελευταίο προϊόν (δεν ξέρουμε a priori ποιο θα είναι) η παραγωγή δεν θα αναχωρήσει, αλλά θα τερματιστεί εκεί (άρα $\sum X(\text{last}, j)=0$).

$$\sum_{j=2}^N x_{1j} = 1 \quad (3.4)$$

Ο παραπάνω περιορισμός υποδηλώνει πως η έναρξη της παραγωγής θα πραγματοποιηθεί μια φορά και θα ξεκινήσει από το προκαθορισμένο πρώτο προϊόν.

$$T_j \geq T_i + \overline{ST}_i + \overline{C}_{ij} - \overline{M}(1 - X_{ij}) \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.5)$$

Ο παραπάνω περιορισμός υποδηλώνει πως όταν ένα προϊόν j έπεται μετά από ένα προϊόν i ($X_{ij}=1$) τότε ο χρόνος έναρξης παραγωγής του j προϊόντος θα είναι μεγαλύτερος από τον χρόνο έναρξης παραγωγής του i προϊόντος συν το χρόνο που απαιτείται για την παραγωγή του προϊόντος i συν το χρόνο αλλαγής/μετάβασης από το προϊόν i στο προϊόν j. Στην περίπτωση που δεν έχω την παραπάνω αλλαγή ($X_{ij} = 0$) χρησιμοποιείται ο υπολογισμός ενός πολύ μεγάλου αριθμού (στην περίπτωσή μας = 1000) προκειμένου να επιτύχουμε την χαλάρωση

του περιορισμού. Επιπροσθέτως, ο εν λόγω περιορισμός αποτρέπει την δημιουργία υποδιαδρομών (Subtour Elimination Constraint), για παράδειγμα το πρόγραμμα μπορεί να κατέληγε στις παρακάτω διαδρομές $4 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 10$ και εν συνεχεία να δημιουργούσε μια δεύτερη υποδιαδρομή $6 \rightarrow 7 \rightarrow 9 \rightarrow 11 \rightarrow 12$ κοκ. Έχοντας μόνο τους παραπάνω περιορισμούς δεν μπορούμε να αποτρέψουμε την εμφάνισή τους.

$$T_i + \overline{ST}_i \leq \overline{TW}_i + L_i + \overline{MaxLateness} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.6)$$

Ο παραπάνω περιορισμός συνεπάγεται ότι το άθροισμα του χρόνου έναρξης παραγωγής του χρόνου i προστιθέμενο με τον χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση της παραγωγής του θα πρέπει να είναι μικρότερο από το άθροισμα που βρίσκεται στο δεξιό μέλος της ανίσωσης όπου L_i είναι ο χρόνος καθυστέρησης έναρξης του κωδικού μαζί με το χρονικό ορίζοντα που πρέπει να παραχθεί. Πιο συγκεκριμένα, αν $T_i + ST_i \leq B_i$, τότε $L_i = 0$ (η παραγωγή ολοκληρώνεται εντός χρόνου). Αν $T_i + ST_i > B_i$, τότε $L_i = T_i + ST_i - B_i$ (η παραγωγή υπερβαίνει το TimeWindowFinish κατά L_i). Η προσθήκη του όρου $MaxLateness$ συμβάλει στην αποφυγή επιπλέον αλλαγών (ομαδοποιημένων κυρίως προϊόντων, π.χ. 100cl, 20cl, 35cl), έχοντας τη δυνατότητα να παραχθούν νωρίτερα μαζί με άλλα προϊόντα της ίδιας χωρητικότητας.

$$T_i + \overline{ST}_i \leq T_{max} \quad \forall i \in I \quad (3.7)$$

Ο τελευταίος περιορισμός δηλώνει πως το αριστερό μέλος, όπου αθροίζεται ο χρόνος έναρξης παραγωγής του κωδικού i μαζί με τον απαιτούμενο χρόνο παραγωγής του, θα πρέπει να είναι μικρότερο από τη μεταβλητή απόφασης T_{max} (μέγιστο χρονικό ορίζοντα παραγωγής).

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.8)$$

$$T_i, L_i \quad \forall i \in I, \quad (3.9)$$

$$T_{max} \geq 0 \quad (4.0)$$

3.4 Τρόπος επίλυσης

ILOG CPLEX

Ο λύτης ILOG CPLEX χρησιμοποιείται για την επίλυση γραμμικών, ακεραίων και δευτεροβάθμιων προβλημάτων βελτιστοποίησης. Ο CPLEX επιτρέπει στον χρήστη να επιλύει εύκολα προβλήματα χρησιμοποιώντας τεχνικές δημιουργίας πίνακα ή γράφοντας μοντέλα ως C++ αντικείμενα περιορισμών και μεταβλητών. Η τεχνική που χρησιμοποιείται για τη λύση μεικτών ακεραίων προβλημάτων στηρίζεται στη μέθοδο branch-and-bound. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται από τον CPLEX Mixed Integer βελτιστοποιητή. Ο λύτης αναλύει την καταλληλότητα της κάθε τεχνικής για το κάθε μοντέλο, αποδεσμεύοντας έτσι τον χρήστη από τον καθορισμό της τεχνικής που είναι κατάλληλη για το μοντέλο του. Ένα επιπρόσθετο πολύ σημαντικό πλεονέκτημα είναι ο συνδυασμός τεχνικών για την παραγωγή αποτελεσμάτων, που δε θα μπορούσαν να παραχθούν με καμία μεμονωμένη τεχνική.

Οι τεχνικές του ILOG CPLEX που λύνουν μεικτά ακεραία προβλήματα μπορούν να θεωρηθούν ότι έχουν δύο τμήματα. Στο πρώτο τμήμα μειώνεται το άνω όριο και στο δεύτερο τμήμα αυξάνεται το κάτω όριο. Όταν το πάνω όριο γίνει ίσο με το κάτω όριο το πρόβλημα έχει λυθεί. Το πάνω και το κάτω όριο αποτελούν δύο σημαντικές ποσότητες που δημιουργούνται κατά τη διαδικασία της διακλάδωσης. Τα άνω όρια δημιουργούνται όταν εντοπίζονται εφικτές ακεραίες λύσεις, ενώ τα κάτω όρια παίρνοντας τη μικρότερη αντικειμενική τιμή ενός γραμμικού προβλήματος ανάμεσα σε όλους τους τρέχοντες ενεργούς κόμβους.

Κατά την επίλυση ενός μεικτού ακεραίου προβλήματος ακολουθούνται τα παρακάτω τρία στάδια:

Node Presolve: Ο ILOG CPLEX εφαρμόζει τεχνικές μείωσης του γραμμικού προγράμματος, πριν αρχίσει η διαδικασία της διακλάδωσης. Στο branch-and-cut δέντρο αναζήτησης εφαρμόζει τον περιορισμό του προβλήματος σε κάθε κόμβο χρησιμοποιώντας τεχνικές που ισχύουν για γενικού σκοπού μοντέλα. Ο CPLEX υλοποιεί συγκεκριμένες διαδικασίες σε κάθε κόμβο στον οποίο τροποποιεί τα όρια, έτσι ώστε να μην δημιουργήσει αλλαγές που επηρεάζουν τον πίνακα των περιορισμών. Οι δύο βασικές διαδικασίες που χρησιμοποιούνται είναι η bound-strengthening και η coefficient reduction.

Node Heuristics: Χρησιμοποιούνται για την εύρεση εφικτών ακέραιων λύσεων. Έχοντας μία καλή ακέραια λύση όσο γίνεται νωρίτερα διευκολύνεται η συνολική διαδικασία του branch-and-cut. Μία καλή ακέραια λύση μειώνει το πλήθος των κόμβων που θα προσπελαστούν και επιταχύνει τη διαδικασία των ανεξάρτητων κόμβων παρέχοντας μία διαδικασία objective-cutoff για τον δυικό αλγόριθμο simplex. Στον CPLEX υλοποιείται μία πληθώρα ευρετικών. Η κάθε τεχνική εφαρμόζεται στη ρίζα και οι επιτυχημένες εφαρμόζονται περιοδικά στο δέντρο αναζήτησης.

Cutting Planes: Διευκολύνουν τη διαδικασία branch-and-bound προσθέτοντας περιορισμούς που κόβουν μη ακέραιες λύσεις αυξάνοντας έτσι το κατώτερο όριο και διευκολύνοντας τη βελτιστότητα. Ο CPLEX επιτρέπει την υλοποίηση ενός πλήθους διαφορετικών ειδών cutting planes, το καθένα με τις δικές του ιδιαιτερότητες για το πότε και πόσο συχνά εφαρμόζεται.

4. Αποτελέσματα

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από τη CPLEX σε σχέση με τα προγράμματα παραγωγής που έχουν υλοποιηθεί στο παρελθόν, θα βρούμε μικρές διαφορές ως προς το συνολικό χρόνο παραγωγής των απαιτούμενων ποσοτήτων και επίσης ως προς το συνολικό χρόνο αλλαγών, καθώς οι εργατοώρες που δαπανώνται για την κατάρτισή του είναι σημαντικά πολλές στοχεύοντας στη βέλτιστη λύση.

Σε πρώτο στάδιο εξετάστηκε η εξεύρεση λύσης με δεδομένα για διάστημα ενός τριμήνου, ώστε να εντοπισθεί η ικανότητα απόδοσης λύσης. Διαπιστώθηκε, πως η λύση που καταλήγει το πρόγραμμα είναι εντός των προδιαγραφών καλύπτοντας όλες τις παραμέτρους μειώνοντας στο μέγιστο δυνατό το συνολικό χρόνο αλλαγών και παράλληλα το συνολικό χρόνο παραγωγής, σε σύντομο χρονικό διάστημα 0.1sec.

Στη συνέχεια λήφθηκαν δεδομένα από τις τρεις τελευταίες χρονιές 2018,2019,2020, ώστε να αξιολογηθεί η λύση του προγράμματος σε σύγκριση με τα πλάνα παραγωγής που είχαν υλοποιηθεί. Καθώς στα παλιότερα πλάνα παραγωγής δεν συμπεριλαμβάνονται ούτε οι χρονικοί περιορισμοί για την έγκαιρη παραγωγή κάθε προϊόντος αλλά ούτε και οι χρόνοι – αριθμός αλλαγών από προϊόν σε προϊόν, θα πρέπει να γίνουν ορισμένες παραδοχές ως προς τη σύγκριση των δεδομένων. Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνονται τα αποτελέσματα από το πλάνο παραγωγής που προκύπτει βάσει των δεδομένων για το πρώτο 4-μηνο του 2020.

	Σύγκριση Παλιότερων Πλάνων Προγραμματισμού Παραγωγής							
	2018 2ο Εξάμηνο		2019 1α Εξάμηνο		2019 2ο Εξάμηνο		2020 1α Εξάμηνο	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Συνολική Ποσότητα (κιβώτια)	526,500	526,500	442,500	442,500	472,000	472,000	487,000	487,000
Εργατοημέρες	74.2	74.2	114	114	92	92	80	80
Αριθμός Αλλαγών	50	47	47	50	54	51	46	50
Διάρκεια Αλλαγών(ώρες)	39.2	36.5	42	46	45.1	43.2	32.6	38
Διάρκεια Δημιουργίας Προγράμματος (ώρες)	40	1.50	40	1.50	40	1.50	40	1.50

Εικόνα 17 :Σύγκριση διαδικασία υλοποίησης προγράμματος παραγωγής (Υφιστάμενη Μεθοδολογία vs Προτεινόμενη)

Στους παρακάτω πίνακες αποτυπώνεται η λύση της Υφιστάμενης μεθοδολογίας vs της Προτεινόμενης για τις περιόδους που αναφέρονται στον πίνακα (Εικ.17). Η λύση προέκυψε θέτοντας ως ανώτατο χρονικό όριο εξεύρεσης λύσης τα 10' (StopTime = 600'') και την επίτευξη του Optimality Gap = 10% (StopGap = 0.1;)

1	2	3	4	5	6
CodeName	Sku Description	StartProductionAt Time	FinishProductionAtTime	TimeToPrepareNextPro duction	
1	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	0	28	0.7
2	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	28	50	0.7
3	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	51	57	1.3
4	416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	57	64	0.3
5	416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	67	71	3.0
6	425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	72	89	0.7
7	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	90	129	0.8
8	425464	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR17	129	137	0.0
9	419034	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	140	142	3.0
10	425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	142	143	0.3
11	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	144	158	0.3
12	425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	159	160	0.3
13	425327	OUZO12 12/1000ML.40°/80P AU/NZ	160	161	0.3
14	416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	163	172	2.0
15	416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	172	177	0.0
16	416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	178	219	0.7
17	426800	12GOLD 6/700 36% + NECKHANGERS DE19	220	223	0.7
18	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	223	233	0.0
19	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	234	240	0.3
20	425469	OUZO12 PROC.12/700ML 40°/80 GR17	241	242	0.3
21	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	242	243	0.0
22	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	243	254	0.7
23	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	255	305	0.7
24	427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU 2019	306	312	0.3
25	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	313	335	0.7
26	416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	336	342	0.3
27	416636	OUZO12 6/700 38°/76P CH	342	345	0.3
28	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	345	382	0.3
29	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	382	388	0.5
30	425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	390	391	2.0
31	425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	394	396	3.0
32	426429	Process OUZO12 24/350 40°/80 GR17	397	398	0.7
33	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	398	424	0.8
34	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	424	434	0.7
35	425578	SERKOVA VODKA 12/1000ML 37.5%/75P_2015	435	438	1.0
36	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	439	460	0.7
37	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	462	511	2.0
38	425760	OUZO12 6/1000 38°/76P ISR	513	518	1.8
39	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	518	551	0.3
40	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	552	566	0.7
41	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	566	610	0.7
42	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	611	620	0.3
43	427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU 2019	621	637	1.0
44	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	637	685	0.0
45	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	686	728	0.8
46	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	729	735	1.3
47	416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	737	739	1.7
48	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	739	755	0.3
49	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	755	769	0.3
50	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	770	776	0.7
51	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	777	782	0.7
52	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	782	857	0

Εικόνα 18 : Πίνακας πλάνου παραγωγής (προτεινόμενη λύση) -1^ο 4μηνο 2020

Υφιστάμενη Μεθοδολογία Προγραμματισμού			Προτεινόμενη Μεθοδολογία Προγραμματισμού		
CodeName	SKU Description	Quantity Produced	CodeName	SKU Description	Quantity Produced
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	16926	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	47606
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	27000	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	55000
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	3519	425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	41
425578	SERKOVA VODKA 12/1000ML 37.5%/75P_2015	1116	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	302
425578	SERKOVA VODKA 12/1000ML 37.5%/75P_2015	1760	425578	SERKOVA VODKA 12/1000ML 37.5%/75P_2015	2900
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	24625	428733	OUZO12 24/200ML 38°/80P IS20	252
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	1920	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	10440
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	9971	419034	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	672
425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	7221	425464	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR17	6549
425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	1190	416639	OUZO12 12/700 38°/76P ISR	1330
425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	2666	426800	12GOLD 6/700 36% + NECKHANGERS DE19	216
425469	OUZO12 PROC.12/700ML 40°/80 GR17	41	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	22750
416639	OUZO12 12/700 38°/76P ISR	1330	416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	9353
416635	OUZO12 12/700 38°/76P FR	190	425469	OUZO12 PROC.12/700ML 40°/80 GR17	1190
416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	6077	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	577
416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3877	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3300
427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU	2637	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	48875
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	9125	427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU 2019	2637
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	11481	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	10740
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	10740	425327	OUZO12 12/1000ML.40°/80P AU/NZ	3836
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	27000	425760	OUZO12 6/1000 38°/76P ISR	1530
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	13500	425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	436
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	22750	416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	3970
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	12960	425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	342
425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	182	416840	OUZO12 6/700 38°/76P IT + F.S	1816
425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	192	416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	4422
425327	OUZO12 12/1000ML.40°/80P AU/NZ	166	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	7500
425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	1121	425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	4841
425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	2520	428733	OUZO12 24/200ML 38°/80P IS20	168
416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	3970	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	6540
416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	2718	416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	2844
416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	1404	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	30375
425464	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR17	700	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	700
419034	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	1156	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3500
419034	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	660	427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU 2019	1895
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	30375	416635	OUZO12 12/700 38°/76P FR	190
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	30375	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	26000
416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3800	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	22750
427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU	1895	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	300
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	22750	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	33750
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	16875	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	27000
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	16875	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	47250
416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	6552	416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	6552
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	9000	416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	4095
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	2580	416643	OUZO12 12/1000 40°/80P CA	339
416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	4095	428733	OUZO12 24/200ML 38°/80P IS20	252
425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	350	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	11580
425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	120	425464	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR17	1960
425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	200	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	6360
425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	3040	425327	OUZO12 12/1000ML.40°/80P AU/NZ	4355
425327	OUZO12 12/1000ML.40°/80P AU/NZ	270	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3300
416643	OUZO12 12/1000 40°/80P CA	439	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	27000
416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	2308	427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU 2019	2640
416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	1440	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	2990
425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	1170	416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	3150
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	37125	425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	300
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	37125	425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	1235
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	27000	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	13000
416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3300			
427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU	2640			
416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	3276			
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	16250			
425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	4355			
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	6360			

Εικόνα 19 : Πλάνο Παραγωγής : Υπάρχουσας vs Προτεινόμενης Μεθοδολογίας (2' Εξάμηνο 2018)

Υφιστάμενη Μεθοδολογία Προγραμματισμού			Προτεινόμενη Μεθοδολογία Προγραμματισμού		
CodeName	SKU Description	Quantity Produced	CodeName	SKU Description	Quantity Produced
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	15625	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	33750
416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	6287	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	25954
416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	525	416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	4178
416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	4134	416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	4160
425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	202	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	6878
425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	384	425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	1084
425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	224	425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	10351
425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	5878	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	10980
425327	OUZO12 12/1000ML.40°/80P AU/NZ	264	419034	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	1834
416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	2990	425464	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR17	2043
416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	2738	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	1560
425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	6435	416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	27000
416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3132	416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	6300
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	20250	425327	OUZO12 12/1000ML.40°/80P AU/NZ	534
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	16204	425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	784
416514	12GOLD 6/700 36°/76P DE_with neckhangers	3330	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	3000
416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	11500	426800	12GOLD 6/700 36% + NECKHANGERS DE19	3330
416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	18875	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	1875
425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	3960	425469	OUZO12 PROC.12/700ML 40°/80 GR17	1536
425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	5971	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	2932
425464	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR17	2703	416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	3375
426429	Process OUZO12 24/350 40°/80 EXP17	540	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	2015
419034	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	2494	427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU 2019	1887
416514	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR_with neckhangers	3965	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	27000
425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	374	416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	9828
425469	OUZO12 PROC.12/700ML 40°/80 GR17	1536	416636	OUZO12 6/700 38°/76P CH	3346
425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	1625	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	200
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	16250	425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	374
427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU	4527	425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	1382
416636	OUZO12 6/700 38°/76P CH	3346	425578	SERKOVA VODKA 12/1000ML 37.5%/75P_2015	1628
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	27000	426429	Process OUZO12 24/350 40°/80 GR17	540
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	37125	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	7020
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	10125	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	4440
425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	8320	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	1625
425327	OUZO12 12/1000ML.40°/80P AU/NZ	270	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	44500
425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	560	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	26000
425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	1180	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	1950
427544	Ouzo12 1L sleeve	1160	425760	OUZO12 6/1000 38°/76P ISR	1788
425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	700	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	40500
416643	OUZO12 12/1000 40°/80P CA	148	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	2625
425760	OUZO12 6/1000 38°/76P ISR	1788	427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU 2019	4535
416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	3150	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3700
416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	6552	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	1755
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	9750	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	13440
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	9750	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	11760
416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3700	416643	OUZO12 12/1000 40°/80P CA	148
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	16875	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	2880
425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	4925	416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	1115
416514	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR_with neckhangers	6035	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	4100
425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	455	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	16250
416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	3824	425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	455
416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	2880	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	43875
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	20250	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	2300
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	20250	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	2990
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	16250	416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	3150
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	6500	425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	300
427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU	1895	425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	1235
416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	7700	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	13000
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	20250			

Εικόνα 20 : Πλάνο Παραγωγής : Υπάρχουσες vs Προτεινόμενης Μεθοδολογίας (1' Εξάμηνο 2019)

Υφιστάμενη Μεθοδολογία Προγραμματισμού			Προτεινόμενη Μεθοδολογία Προγραμματισμού		
CodeName	SKU Description	Quantity Produced	CodeName	SKU Description	Quantity Produced
425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	7608	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	33875
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	3840	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3183
425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	5216	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	22750
425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	1113	425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	9638
425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	397	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	3125
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	8460	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	400
425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	1173	425469	OUZO12 PROC.12/700ML 40°/80 GR17	465
416643	OUZO12 12/1000 40°/80P CA	298	425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	5946
416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	4555	425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	557
416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	6419	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	6360
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	20125	425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	1423
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	23750	416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	6130
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	22750	425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	1593
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	7680	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	1940
425325	OUZO12 6/700ML 40°/80P GR	2990	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	300
425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	3125	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	12300
416635	OUZO12 12/700 38°/76P FR	188	416635	OUZO12 12/700 38°/76P FR	188
427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU	1895	416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	9695
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	20250	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	9060
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	1380	426429	Process OUZO12 24/350 40°/80 GR17	109
425464	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR17	1587	425464	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR17	1587
426429	Process OUZO12 24/350 40°/80 EXP17	109	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	3000
419034	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	645	427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU 2019	1895
416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	6700	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	40500
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	9125	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	2750
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	24625	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	37125
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	13625	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3300
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	9125	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3400
425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	2625	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	22750
425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	3575	416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	3872
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	7560	416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	2877
416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	2782	416643	OUZO12 12/1000 40°/80P CA	298
416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	1437	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	7560
416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	6552	425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	2600
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	27000	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	9000
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	23625	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3600
416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3600	427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU 2019	2640
416636	OUZO12 6/700 38°/76P CH	3349	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	26000
427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU	2640	416840	OUZO12 6/700 38°/76P IT + F.S	688
416840	OUZO12 6/700 38°/76P IT + F.S	688	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	9000
416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	4725	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	2875
425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	550	416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	6552
425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	480	416636	OUZO12 6/700 38°/76P CH	3349
425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	160	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	30375
425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	3520	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	43875
425327	OUZO12 12/1000ML 40°/80P AU/NZ	538	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3300
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	6600	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	200
425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	2702	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	37125
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	19500	427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU 2019	1895
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	2400	416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	990
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	37125	419034	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	645
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	37125	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	7500
416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3500	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	2320
425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	2875	425327	OUZO12 12/1000ML 40°/80P AU/NZ	538
425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	2340	416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	3150
416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	2080	425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	300
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	9000	425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	1235
416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	1440	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	13000
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	19500			
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	20250			
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	16875			
427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU	1895			
416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	3276			
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	7500			
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	9125			

Εικόνα 21 : Πλάνο Παραγωγής : Υπάρχουσας vs Προτεινόμενης Μεθοδολογίας (2'Εξάμηνο 2019)

Υφιστάμενη Μεθοδολογία Προγραμματισμού			Προτεινόμενη Μεθοδολογία Προγραμματισμού		
CodeName	SKU Description	Quantity Produced	CodeName	SKU Description	Quantity Produced
425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	611	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	41000
416643	OUZO12 12/1000 40°/80P CA	316	416840	OUZO12 6/700 38°/76P IT + F.S	648
416840	OUZO12 6/700 38°/76P IT + F.S	648	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	6632
416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	7688	416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	6300
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	27875	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	188
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	7500	425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	4502
425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	4897	425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	11241
425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	3072	425464	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR17	1975
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	5040	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	4747
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	3360	425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	1111
425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	7559	416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	33750
425464	OUZO12 24/350ML 40°/80P GR17	1975	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3300
426429	Process OUZO12 24/350 40°/80 GR17	375	419034	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	2028
419034	OUZO12 24/350 38°/76P EXP - 2014	2028	426800	12GOLD 6/700 36% + NECKHANGERS DE19	10125
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	6720	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	24084
416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	2873	416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	9828
416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	1083	416636	OUZO12 6/700 38°/76P CH	3253
416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	3575	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	3000
416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	17250	426800	12GOLD 6/700 36% + NECKHANGERS DE19	6445
416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	16500	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	4200
416636	OUZO12 6/700 38°/76P CH	3253	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	6720
416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	6552	425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	640
426800	12GOLD 6/700 36% + NECKHANGERS DE19	5070	416643	OUZO12 12/1000 40°/80P CA	316
426800	12GOLD 6/700 36% + NECKHANGERS DE19	11500	425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	1960
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	14084	425469	OUZO12 PROC.12/700ML 40°/80 GR17	1550
416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	8625	416641	OUZO12 12/750 40°/80P US	2873
416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	10500	416642	OUZO12 12/750 40°/80P CA	4658
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	18250	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	3750
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	29000	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	40500
416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3600	416514	OUZO12 6/700 38°/76P DE+NECKH	19125
425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	3000	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3300
425469	OUZO12 PROC.12/700ML 40°/80 GR17	700	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	10080
425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	585	425578	SERKOVA VODKA 12/1000ML 37.5%/75P_2015	1321
426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	2250	425760	OUZO12 6/1000 38°/76P ISR	1788
426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	1650	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	1950
425578	SERKOVA VODKA 12/1000ML 37.5%/75P_2015	1996	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	20250
425481	OUZO12 12/1000ML 40°/80P GR17	1100	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	19500
425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	840	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	300
425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	3000	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	38625
425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	6140	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	11760
425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	3500	425462	OUZO12 12/1000ML 40°/80P EXP17	5520
425327	OUZO12 12/1000ML.40°/80P AU/NZ	164	426429	Process OUZO12 24/350 40°/80 GR17	375
416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	4725	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	1950
425760	OUZO12 6/1000 38°/76P ISR	1788	427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU 2019	1886
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	5520	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	38625
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	4560	416513	OUZO12 6/1000 38°/76P DE	1575
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	25500	416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	3276
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	38625	425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	7500
427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU	1886	416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	20250
416634	OUZO12 4/700 38°/76P UK (DS)	6552	416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	9750
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	11760	425460	OUZO12 PROCESS 12/1000ML 40°GR17	200
425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	1960	425482	OUZO12 PROCESS 12/1000ML40°EXP17	1360
425463	OUZO12 24/200ML 40°/80P GR17	8484	426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	2730
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	4250	416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	3300
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	21750	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	11760
425465	OUZO12 6/700ML 40°/80P EXP17	12750	424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	8400
425469	OUZO12 PROC.12/700ML 40°/80 GR17	950			
425325	OUZO12 12/700ML 40°/80P GR	585			
426871	OUZO12 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	5070			
424968	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	11760			
416671	OUZO 12 6/700 38°/76P EXP	6900			
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	36500			
416512	OUZO12 6/700 38°/76P DE	27625			
427544	OUZO12 6/700 38°/76P CAMP. AU	4535			
416515	12GOLD 6/700 36°/76P DE	9125			

Εικόνα 22: Πλάνο Παραγωγής : Υπάρχουσας vs Προτεινόμενης Μεθοδολογίας (1^η Εξάμηνο 2020)

5. Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως βασικό στόχο την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου προγραμματισμού και σχεδιασμού της παραγωγικής διαδικασίας ενός εργοστασίου τροφίμων. Το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να αξιοποιηθεί για τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων όπως θα ήταν ο σχεδιασμός της εβδομαδιαίας παραγωγής (πχ. αλληλουχία προϊόντων), ή και η αύξηση της εβδομαδιαίας παραγωγής. Σημαντική είναι η ύπαρξη περιορισμών στο μαθηματικό μοντέλο, που αφορούν το μέγεθος και την κατανομή των προϊόντων, χρονικοί περιορισμοί, περιορισμοί αλληλουχίας, ισοζύγιο μάζας. Όπως αναφέρθηκε και σε παραπάνω παράγραφο, σε άμεσο χρόνο δίνεται η δυνατότητα να κάνουμε ανάλυση ευαισθησίας αλλάζοντας τις παραμέτρους των κωδικών στις στήλες (7,9,10,15) Εικ. 24, προκειμένου να δημιουργήσουμε διαφορετικά πλάνα παραγωγής για το ίδιο χρονικό διάστημα και να συγκρίνουμε άμεσα τη μεταβολή του makespan. Αναλόγως λοιπόν, τις εκάστοτε ανάγκες παραγωγής μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα πλάνο βασισμένο στις πραγματικές ανάγκες και ιδιαιτερότητες, μέσω της επιλογής των πιο συμφερούσων παραμέτρων για κάθε κωδικό.

Αξίζει να σημειωθεί πως με την προτεινόμενη μεθοδολογία μπορούμε άμεσα να υπολογίσουμε τον ενωρίτερο χρόνο που παράγεται ένας κωδικός από το απαιτούμενο χρονικό παράθυρο και συνεπώς αν στο συγκεκριμένο 15νήμερο μπορούμε να εισάγουμε μια έκτακτη ζήτηση προς παραγωγή. Πιο συγκεκριμένα, μπορούμε να εντοπίσουμε τα 15νήμερα που έχουν ευελιξία ώστε να προσθέσουμε έκτακτες ζητήσεις κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα αυξημένο την τρέχουσα περίοδο βάσει της ασταθούς κατάστασης.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15
A/A	SKU	Line	SKU	Planning Method	Max Pr. Quantity in bottles	Max Pr. Quantity in cases	Min Pr. Quantity in bottles	Min Pr. Quantity in cases	Time Horizon in Weeks	Cases/hour	Cases/day	Coefficient
1	416512	Line1	OUZ012 6/700 38*/76P DE	MtS.	445500	5000	54750	9125	3	1217	9125	43
2	416513	Line1	OUZ012 6/1000 38*/76P DE	MtS.	37800	6300	9450	1575	13	733	5500	53
3	416514	Line1	OUZ012 6/700 38*/76P DE+NECKH	MtoO.	48750	8125	29250	4875	3	650	4875	42
4	416515	Line1	12GOLD 6/700 36*/76P DE	MtS.	156000	26000	54750	9125	3	1217	9125	46
5	416634	Line1	OUZ012 4/700 38*/76P UK (DS)	MtoO.	39312	9828	13104	3276	9	1042	7812	45
6	416635	Line1	OUZ012 12/700 38*/76P FR	MtoO.	3900	700	2340	195	50	620	4650	43
7	416636	Line1	OUZ012 6/700 38*/76P CH	MtoO.	20250	5500	20250	3375	18	1217	9125	44
8	416639	Line1	OUZ012 12/700 38*/76P ISR	MtoO.	15960	3500	15960	1330	50	620	4650	46
9	416641	Line1	OUZ012 12/750 40*/80P US	MtS.	31680	5280	11370	1895	9	1217	9125	52
10	416642	Line1	OUZ012 12/750 40*/80P CA	MtS.	34560	4800	17280	1440	13	560	4200	52
11	416643	Line1	OUZ012 12/1000 40*/80P AU	MtS.	99000	8250	6600	550	13	477	3575	52
12	416671	Line1	OUZ012 6/700 38*/76P EXP	MtS.	7200	1600	1800	150	13	267	2000	49
13	416840	Line1	OUZ012 6/700 38*/76P IT + F.S	MtoO.	60000	2460	19800	3300	4	1217	9125	41
14	419034	Line1	OUZ012 24/350 38*/76P EXP - 2014	MtS.	9000	2500	4200	700	50	1217	9125	83
15	424968	Line2	Serkova Vodka 12/700ml 37.5% - 2017	MtS.	63360	11000	15840	660	13	280	2100	29
16	425325	Line1	OUZ012 12/700ML 40*/80P GR	MtS.	201600	16800	46080	3840	4	512	3840	40
17	425327	Line1	OUZ012 12/1000ML 40*/80P AU/NZ	MtoO.	84000	7000	780	65	9	620	4650	52
18	425460	Line1	OUZ012 PROCESS 12/1000ML 40*/GR17	MtS.	9720	810	3240	270	13	467	3500	52
19	425462	Line1	OUZ012 12/1000ML 40*/80P EXP17	MtS.	9600	7200	480	40	13	467	3500	52
20	425463	Line1	OUZ012 24/200ML 40*/80P GR17	MtS.	144000	12000	14400	1200	13	467	3500	85
21	425464	Line1	OUZ012 24/350ML 40*/80P GR17	MtS.	188160	7840	23520	980	13	261	1960	83
22	425465	Line1	OUZ012 6/700ML 40*/80P EXP17	MtS.	72000	3000	7200	300	13	280	2100	43
23	425469	Line1	OUZ012 PROC.12/700ML 40*/80 GR17	MtS.	60000	10000	750	125	9	1217	9125	43
24	425481	Line1	OUZ012 12/1000ML 40*/80P GR17	MtS.	16800	3400	780	65	9	620	4650	53
25	425482	Line1	OUZ012 PROCESS 12/1000ML40*EXP17	MtS.	18000	2340	600	50	13	467	3500	53
26	425578	Line1	SERKOVA VODKA 12/1000ML 37.5%/75P. 2015	MtS.	28800	3500	480	40	13	467	3500	29
27	425760	Line2	OUZ012 6/1000 38*/76P FR	MtS.	33600	2800	2160	180	17	373	2800	54
28	426429	Line1	Process OUZ012 24/350 40*/80 GR17	MtoO.	10800	2800	10800	1800	13	733	5500	83
29	426800	Line3	12GOLD 6/700 36% + NECKHANGERS DE19	MtS.	14400	1200	3456	288	13	1217	9125	43
30	426871	Line1	OUZ012 12/700ML 40% NECKHANGERS GR 19	MtS.	8640	800	1440	60	13	40	300	43
31	427544	Line1	OUZ012 6/700 38*/76P CAMP. AU 2019	MtS.	48750	8125	29250	4875	3	280	2100	47
32	428733	Line1	OUZ012 24/200ML 38*/80P IS20	MtS.	48750	6500	29250	2438	3	1217	9125	86

Εικόνα 24 : Παράμετροι Υπολογισμού Πλάνου Παραγωγής

Απαιτούμενος Χρόνος Υλοποίησης Πλάνου Παραγωγής (Εργατώρες/Μήνα)		
	Πριν	Μετά
Συγκέντρωση δεδομένων (Μηνιαία)	14	14
Συμπλήρωση Αρχείου Sales Forecast (Μηνιαία)	38	30
Δημιουργία αρχείου Master Plan (Μηνιαία)	30	4
Δημιουργία αρχείου Master Plan (Εβδομαδιαία)	15	10
Σύνολο	97	58
Μείωση	40%	

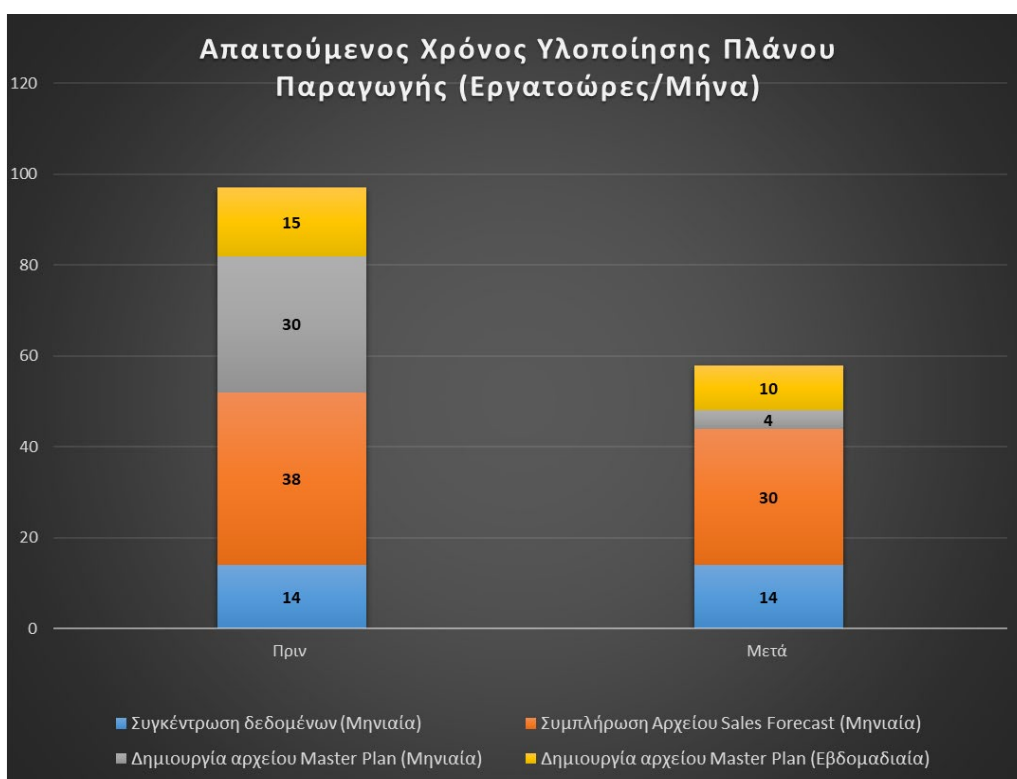
Εικόνα 25 : Πίνακας Ανάλυσης Εργατωρών για την υλοποίηση του προγράμματος

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως οι λύσεις που εξάγονται από το πρόγραμμα είναι σε μεγάλο βαθμό ικανοποιητικές. Συνεπάγεται τόσο την εξεύρεση της βέλτιστης λύσης για το χρονοπρογραμματισμού του πλάνου παραγωγής όσο και τη μείωση των εργατωρών που δαπανούνται για τη σύνταξη και ολοκλήρωση του πλάνου παραγωγής. Όσο αφορά το δεύτερο σκέλος η μείωση εκτιμάται περίπου 40%. Πιο συγκεκριμένα, ο χρόνος εργασιών για τη κατασκευή του αρχείου MasterPlan, όπου αποτελεί τη βάση για την υλοποίηση του προγράμματος παραγωγής δύναται να μειωθεί έως 70%. Η υφιστάμενη κατάσταση εκτιμάται ότι δαπανούνται τουλάχιστον 45 εργατώρες για την έκδοση του, ενώ με τη χρήση του προγράμματος θα αρκούν 14 εργατώρες για την υλοποίησή του. Σε αυτό τον χρόνο δεν έχει εκτιμηθεί ο χρόνος των αλλαγών από τις εκάστοτε απρόοπτες βλάβες,

ελλείψεις υλικών, απρογραμματίστες παραγγελίες, που απαιτούν επιπλέον εργατοώρες για τη σύνταξη του πλάνου παραγωγής.

Με τη χρήση της ILOG CPLEX για την έκδοση του προγράμματος παραγωγής, μπορούμε να παρατηρούμε τυχόν αποκλίσεις που προκύπτουν από αυτό λόγω καθυστερήσεων που προέρχονται από βλάβες ή καθυστερήσεις υλικών και την επίδραση που έχουν στην τήρηση των χρονικών προθεσμιών.

Θα μπορούν να γίνουν συγκρίσεις αποκλίσεων βάσει του πλάνου παραγωγής που θα λειτουργεί ως σημείο αναφοράς (για παράδειγμα αν ο χρόνος αλλαγών ήταν αυξημένος σε σχέση με αυτόν που είχε προϋπολογιστεί).



Συνοπτικά, τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν είναι :

1. Ελαχιστοποίηση του χρόνου δημιουργίας του Πλάνου Παραγωγής από τον υπεύθυνο προγραμματισμού
2. Ελαχιστοποίηση του makespan & παράλληλα του χρόνου αλλαγής προϊόντων
3. Ανάλυση ευαισθησίας, άμεσο υπολογισμό διαφορετικών περιπτώσεων – σεναρίων
4. Εντοπισμός παραγωγικών εβδομάδων που μπορούν να υποστηρίξουν επιπλέον ζήτηση
5. Δυνατότητα, χειρισμού του Li και ομαδοποίησης προϊόντων για την αποφυγή επιπλέον αλλαγών.

6. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει ένα μοντέλο μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού με στόχο τη βελτιστοποίηση του χρονοπρογραμματισμού παραγωγής σε μία βιομηχανία εμφιάλωσης ούζου και βότκας. Το μοντέλο εστιάζει στο στάδιο της συσκευασίας και συγκεκριμένα στην ελαχιστοποίηση του χρόνου ολοκλήρωσης παραγωγής. Ωστόσο περιορισμοί που αφορούν τους διαθέσιμους πόρους, όπως για παράδειγμα την επάρκεια των πρώτων υλών (φιάλες, χαρτοκιβώτια, ετικέτες, πώματα, καψύλια, αλλά κυρίως το προϊόν ούζο ή βότκα, δεν λαμβάνονται υπ' όψιν στο μοντέλο. Παρότι το μοντέλο μπορεί να δώσει μία βέλτιστη λύση και απουσία αυτών των περιορισμών, περαιτέρω μελέτες μπορούν να πραγματοποιηθούν συμπεριλαμβάνοντας αυτούς τους περιορισμούς, για ένα πιο ελκυστικό μοντέλο. Επιπλέον, δεδομένα που αφορούν τα κόστη παραγωγής, αποθέματος, κόστη αλλαγών μεταξύ των προϊόντων και κόστη εκκίνησης του εργοστασίου, δεν συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο. Συνεπώς, μία μελλοντική έρευνα μπορεί να εστιάσει στην ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους ή τη μεγιστοποίηση του συνολικού κέρδους, πέρα από την ελαχιστοποίηση του χρόνου ολοκλήρωσης παραγωγής. Επίσης, περαιτέρω μελέτες μπορούν να πραγματοποιηθούν για το χρονοπρογραμματισμό του τμήματος απόσταξης όπου πραγματοποιείται η παρασκευή του ούζου και βότκας. Λόγω, λοιπόν της χρονοβόρας διαδικασίας παραγωγής του υγρού, της απαιτούμενης χρονικής παραμονής του στις δεξαμενές (ωρίμανση) καθώς και του περιορισμού χώρου αποθήκευσής του η εξεύρεση της βέλτιστης αλληλουχίας θα συνέβαλε θετικά και στη βελτίωση του πλάνου εμφιάλωσης.

7. Βιβλιογραφία

- Zuzana Cickova, Ivam Brezina, Juraj Pekar (2013). Open Traveling Salesman Problem With Time Windows,. Belgrade,Serbia 1st Logistics International Conference
- Baker, K.R. (1974). Introduction to sequencing and Scheduling. New York: Wiley.
- Basso, F. and Varas, M. (2017). A MIP formulation and a heuristic solution approach for the bottling scheduling problem in the wine industry. *Computers & Industrial Engineering*, 105, pp.136-145.
- Brown, G., Keegan, J., Vigus, B. and Wood, K. (2001). The Kellogg Company Optimizes Production, Inventory, and Distribution. *Interfaces*, 31(6), pp.1-15.
- Doganis, P. and Sarimveis, H. (2007). Optimal production scheduling for the dairy industry. *Annals of Operations Research*, 159(1), pp.315-331.
- Kopanos, G., Puigjaner, L. and Georgiadis, M. (2010). Optimal Production Scheduling and Lot-Sizing in Dairy Plants: The Yogurt Production Line. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 49(2), pp.701-718.
- Kopanos, G., Puigjaner, L. and Georgiadis, M. (2011). Production Scheduling in Multiproduct Multistage Semicontinuous Food Processes. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(10), pp.6316-6324.
- Kopanos, G., Puigjaner, L. and Maravelias, C. (2011). Production Planning and Scheduling of Parallel Continuous Processes with Product Families. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(3), pp.1369-1378.
- Lütke entrup, M., Günther, H., Van Beek, P., Grunow, M. and Seiler, T. (2005). Mixed-Integer Linear Programming approaches to shelf-life-integrated planning and scheduling in yoghurt production. *International Journal of Production Research*, 43(23), pp.5071-5100.
- Ierapetritou, M. G., & Floudas, C. A. (1998). Effective Continuous-Time Formulation for Short-Term Scheduling. 2. Continuous and Semicontinuous Processes. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 37(11), 4360-4374. Retrieved 12 29, 2020, from <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie9709289>
- Saharidis, G. K., & Ierapetritou, M. G. (2010). Improving benders decomposition using maximum feasible subsystem (MFS) cut generation strategy. *Computers & Chemical Engineering*, 34(8), 1237-1245. Retrieved 12 29, 2020, from <https://sciencedirect.com/science/article/pii/S009813540900249x>
- Saharidis K.D.Georgios, George Kolomvos, Georgre Liberopoulos, (2014). Modeling and Solution Approach for the Environmental Traveling Salesman Problem. *Engineering Letters* 22(2):70-74.

Saharidis K.D.Georgios, George Kolomvos, Geogre Liberopoulos, (2016). Review of Solution Approaches for the Symmetric Traveling Salesman Problem. *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management* 7(1):73-87

Saharidis K.D.Georgios, George Kolomvos, Golias M M, (2014). Improvements in the Exact Solution Method for the Traveling Salesman Problem. *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting*

Marinelli, F., Nenni, M. and Sforza, A. (2007). Capacitated lot sizing and scheduling with parallel machines and shared buffers: A case study in a packaging company. *Annals of Operations Research*, 150(1), pp.177-192.

Méndez, C. and Cerdá, J. (2002). An efficient MILP continuous-time formulation for short-term scheduling of multiproduct continuous facilities. *Computers & Chemical Engineering*, 26(4-5), pp.687-695.

Méndez, C. and Cerdá, J. (2003). Dynamic scheduling in multiproduct batch plants. *Computers & Chemical Engineering*, 27(8-9), pp.1247-1259.

Meyr, H. (2002). Simultaneous lotsizing and scheduling on parallel machines. *European Journal of Operational Research*, 139(2), pp.277-292.

Pagliarussi, M., Morabito, R. and Santos, M. (2016). Optimizing the production scheduling of fruit juice beverages using mixed integer programming models. *Gestão & Produção*, 24(1), pp.64-77.

Toledo, C., França, P., Morabito, R. and Kimms, A. (2007). Um modelo de otimização para o problema integrado de dimensionamento de lotes e programação da produção em fábricas de refrigerantes. *Pesquisa Operacional*, 27(1), pp.155-186.

9.1 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β Κώδικας C++

```
#include <iostream>
#include <fstream>//reading data
#include <cstdlib>//reading data
#include <string>
#include <algorithm>
#include <ilcplex/ilocplex.h>
#include <stdio.h>
#include <ilconcert/iloexpression.h>
#include <vector>
ILOSTLBEGIN
using std::vector;
using std::string;
using namespace std
ifstream infile;
IloEnv env;
IloModel model(env);
IloCplex cplex(env);

typedef IloArray<IloNumVarArray> IloNumVarMatrix2x2;
typedef IloArray<IloNumVarMatrix2x2> IloNumVarMatrix3x3;
typedef IloArray<IloNumVarMatrix3x3> IloNumVarMatrix4x4;

IloNumVarMatrix2x2 Xij(env, 0);
IloNumVarArray Ti(env, 0);
IloNumVarArray Li(env, 0);
IloNumVarArray Tmax_n(env, 0);//maximum time to complete all production

int i, j;
int cus;
```



```

double Big_M = 1000

char* FilePath_Data = "C:\\DiplomaMaster";
char* FilePath_Results = "C:\\DiplomaMaster";
char* FileName_CodeNames = "CodeNames.txt";
char* FileName_DemandFile = "DemandFile.txt";
char* FileName_LatestDayOfProductionFile = "TimeWindowFinish.txt";
char* FileName_MandayFile = "ProductionTimeFile.txt";
char* FileName_ChangeOvercostFile = "ChangeOvercostFile.txt";
char* FileName_OptimalSolutionComplete = "OptimalSolutionComplete.txt";
char* FileName_OptimalProductionPlan = "OptimalProductionPlan.txt";

//data
int* Node;

double* ServiceTime_i, * QuantityProduced, * UiValue, * TiValue, * TimeWindowFinish, * LiValue,
Tmax_nValue = 0;

double** Costij, ** XijValue;//Cost and Auxiliary Matrices where the optimal solution will be saved

//Parameters
long double duration; // tracks time
int start = 0, stop = 0;//time start
double StopGap = 0.25;//Optimality Gap to stop the code
double StopTime = 85;//Seconds to stop the code

void Found_Error(char* name)
{
    printf("%s failed, exiting...\n", name);
    printf("Press return to continue...\n");
    getchar();}

void File_Error(char* name)
{
    cout << name << "file could not be opened. Try correcting the file's location path." << endl;
    system("pause");
    exit(1);}

```

```

int count_lines_of_file(const char* filename)
{
    unsigned int number_of_lines = 0;
    FILE* infile;
    int ch;

    fopen_s(&infile, filename, "r");

    if (infile == NULL) // -1 means file doesn't exists
    {
        return -1;
    }

    while (EOF != (ch = getc(infile)))
    {
        if ('\n' == ch)
        {
            ++number_of_lines;
        }
    }

    fclose(infile);

    return number_of_lines;
}

int Resize_Arrays(char* FilePath_Data_ptr, char* FileName_CodeNames_ptr) {
    char filepath[2048]; //2048 theseis dilwmenes
    sprintf(filepath, "%s/%s", FilePath_Data_ptr, FileName_CodeNames_ptr);
    cus = count_lines_of_file(filepath); // diavazei tis grammes os kwdikous proiontwn

    cout << "TotalCodeNames=" << cus << endl;
    Node = new int[cus]; // dilwsi pinakwn
    TimeWindowFinish = new double[cus];
    ServiceTime_i = new double[cus];
    QuantityProduced = new double[cus];

    UiValue = new double[cus];
    TiValue = new double[cus];
    LiValue = new double[cus];
}

```

```

//Resizing Cost matrices
Costij = new double* [cus]; //XijValue[i][j]
XijValue = new double* [cus];
for (int i = 0; i < cus; ++i) {
    Costij[i] = new double[cus];
    XijValue[i] = new double[cus];
    TiValue = new double[cus];
    LiValue = new double[cus];
}
for (int i = 0; i < cus; ++i) {
    UiValue[i] = 0;
    TiValue[i] = 0;
    for (int j = 0; j < cus; ++j) {
        XijValue[i][j] = 0;    }    }
return 0;}

//Reading Files & Creating Arrays
int insertNodesData(char* FilePath_Data_ptr, char* FileName_CodeNames_ptr, char*
FileName_DemandFile_ptr, char* FileName_LatestDayOfProductionFile_ptr, char*
FileName_MandayFile_ptr) {
    char filepath[2048];
    //Read Code Names
    sprintf(filepath, "%s/%s", FilePath_Data_ptr, FileName_CodeNames_ptr);
    infile.open(filepath);
    if (infile.fail()) {
        File_Error(FileName_CodeNames_ptr);
    }
    for (int i = 0; i < cus; i++) {
        Node[i] = 0;
        infile >> Node[i];
        cout << "Product " << i << "=" << Node[i] << endl;
    }
    infile.close();
}

```

```

//Read Quantity Produced
sprintf(filepath, "%s/%s", FilePath_Data_ptr, FileName_DemandFile_ptr);
infile.open(filepath);
if (infile.fail()) {
    File_Error(FileName_DemandFile_ptr);
}
for (int i = 0; i < cus; i++) {
    QuantityProduced[i] = 0;
    infile >> QuantityProduced[i];
    cout << "Quantity to Produce " << i << "=" << QuantityProduced[i] << endl;
}
infile.close();

//Read Time Window Finish
sprintf(filepath, "%s/%s", FilePath_Data_ptr, FileName_LatestDayOfProductionFile_ptr);
infile.open(filepath);
if (infile.fail()) {
    File_Error(FileName_LatestDayOfProductionFile_ptr);
}
for (int i = 0; i < cus; i++) {
    TimeWindowFinish[i] = 0;
    infile >> TimeWindowFinish[i];
    cout << " Produce until week " << i << "=" << TimeWindowFinish[i] << endl;
}
infile.close();

//Read ServiceTime
sprintf(filepath, "%s/%s", FilePath_Data_ptr, FileName_MandayFile_ptr);
infile.open(filepath);
if (infile.fail()) {
    File_Error(FileName_MandayFile_ptr);
}

```

```

for (int i = 0; i < cus; i++) {
    ServiceTime_i[i] = 0;
    infile >> ServiceTime_i[i];
    cout << " Manhours to Produce " << i << "=" << ServiceTime_i[i] << endl;
}
infile.close();

return 0;
}

int insertDistanceMatrix(char* FilePath_Data_ptr, char* FileName_ChangeOvercostFile_ptr) {
    char filepath[1024];

    //Read Change Overcost
    sprintf(filepath, "%s/%s", FilePath_Data_ptr, FileName_ChangeOvercostFile_ptr);
    infile.open(filepath);
    if (infile.fail()) {
        File_Error(FileName_ChangeOvercostFile_ptr);
    }
    for (int i = 0; i < cus; i++) {
        for (int j = 0; j < cus; j++) {
            Costij[i][j] = 0;
            infile >> Costij[i][j];
            //cout<<
        }
    }
    infile.close();
    //The cost between the same code name is a very large value
    for (int i = 0; i < cus; i++) {
        Costij[i][i] = Big_M;
    }
    return 0;
}
}

```

```

int Do_model() {

    //----- Decision Variable Xij -----

    for (i = 0; i < cus; i++) {
        IloNumVarArray Xj(env, 0);
        for (j = 0; j < cus; j++) {
            char msg[70];
            sprintf(msg, "Xij(i%d,j%d)", i, j);
            //IloNumVar X(env, 0, 1, ILOINT, msg);
            IloNumVar X(env, 0, 1, ILOINT, msg);
            Xj.add(X);          }          Xij.add(Xj);    }

    //----- Decision Variable Ti -----

    for (i = 0; i < cus; i++) {
        char msg[70];
        sprintf(msg, "Ti(i%d)", i);
        IloNumVar T(env, 0, IloInfinity, ILOFLOAT, msg);
        Ti.add(T);    }

    //----- Decision Variable Li -----

    for (i = 0; i < cus; i++) {
        char msg[70];
        sprintf(msg, "Li(i%d)", i);
        IloNumVar L(env, 0, IloInfinity, ILOFLOAT, msg);
        Li.add(L);    }

    //----- Decision Variable Tmax -----

    for (int n = 0; n < 1; n++) {
        char msg[70];

```

```

    sprintf(msg, "Tmax(n%d)", n);

    IloNumVar Tmax(env, 0, IloInfinity, ILOFLOAT, msg);

    Tmax_n.add(Tmax);    }

////////// Constraints//////////

//1//-----Αφιξη σε κάθε προϊόν κόμβο πλην του 1ου προϊόντος-----

IloNumVarArray Con_1j(env, 0);

for (j = 1; j < cus; j++) {

    IloExpr expr(env, 0);

    for (i = 0; i < cus; i++) {

        if (i != j) {

            expr += Xij[i][j];        }        }

    char msg[60];

    sprintf(msg, "Con_1j(j%d)", j);

    IloRange Con_1(env, 1, expr, 1, msg);

    expr.end();

    model.add(Con_1);

    Con_1j.add(Con_1);}

//2//----Επιβεβαιώνει οτι δε χρειάζεται να ξεκινήσει απο κάθε προϊόν καθώς η παραγωγή -----

IloNumVarArray Con_2i(env, 0);

for (i = 0; i < cus; i++) {

    IloExpr expr(env, 0);

    for (j = 1; j < cus; j++) {

        if (i != j) {

            expr += Xij[i][j];        }        }

    char msg[60];

    sprintf(msg, "Con_2i(i%d)", i);

    IloRange Con_2(env, -IloInfinity, expr, 1, msg);

    expr.end();

    model.add(Con_2);

    Con_2i.add(Con_2);    }

```

```
//3//----Η παραγωγή ξεκινά ακριβώς μια φορά / το όχημα ξεκινάει τη διαδρομή του μόνο μια φορά-
```

```
--  
IloNumVarArray Con_3n(env, 0);  
int n;  
for (n = 0; n < 1; n++) {  
    IloExpr expr(env, 0);  
    for (j = 1; j < cus; j++) {  
        expr += Xij[0][j];    }  
    char msg[60];  
    sprintf(msg, "Con_3n(n%d)", n);  
    IloRange Con_3(env, 1, expr, 1, msg);  
    expr.end();  
    model.add(Con_3);  
    Con_3n.add(Con_3);  
}
```

```
//4//-----Έναρξη παραγωγής του κάθε κωδικού εντός του διαθέσιμου χρόνου-----
```

```
IloNumVarMatrix2x2 Con_4ij(env, 0);  
for (i = 0; i < cus; i++) {  
    IloNumVarArray Con_4j(env, 0);  
    for (j = 1; j < cus; j++) {  
        if (i != j) {  
            IloExpr expr(env, 0);  
            expr += Ti[j] - Ti[i] - ServiceTime_i[i] - Costij[i][j] + Big_M - Big_M * Xij[i][j];  
            char msg[60];  
            sprintf(msg, "ConXX_4_Cij(i%d,j%d)", i, j);  
            IloRange Con_4(env, 0, expr, IloInfinity, msg);  
            expr.end();  
            model.add(Con_4);  
            Con_4j.add(Con_4);    }    }  
    Con_4ij.add(Con_4j);    }
```



```
//5//----Χαλάρωση του περιορισμού, δυνατότητα ολοκλήρωσης της παραγωγής μετά το πέρας του διαθέσιμου χρόνου-----
```

```
lloNumVarArray Con_5i(env, 0);  
for (i = 1; i < cus; i++) {  
    lloExpr expr(env, 0);  
    expr += Ti[i] + ServiceTime_i[i] - TimeWindowFinish[i] - Li[i];  
    char msg[60];  
    sprintf(msg, "Con_5i(i%d)", i);  
    lloRange Con_5(env, -72, expr, 72, msg);  
    expr.end();  
    model.add(Con_5);  
    Con_5i.add(Con_5);    }
```

```
//6//----Περιορισμός για τη μεταβλητή του μέγιστου χρόνου παραγωγής-----
```

```
lloNumVarArray Con_6i(env, 0);  
for (i = 0; i < cus; i++) {  
    lloExpr expr(env, 0);  
    expr += Ti[i] + ServiceTime_i[i] - Tmax_n[0];  
    char msg[60];  
    sprintf(msg, "Con_6i(i%d)", i);  
    lloRange Con_6(env, -lloInfinity, expr, 0, msg);  
    expr.end();  
    model.add(Con_6);  
    Con_6i.add(Con_6);    }
```

```
//-----Objective Function-----
```

```
lloExpr expr(env, 0);
```

```
//for (n = 0; n < 1; n++) {
```

```

//      for (i = 0; i < cus; i++) {
//          expr += Tmax_n[n];
//      }
//}

for (i = 0; i < cus; i++) {
    for (j = 0; j < cus; j++) {
        expr += Costij[i][j] * Xij[i][j] + Li[i] * Costij[i][j];
        //      expr += Li[i];
    }
}

model.add(IloMinimize(env, expr));
expr.end();
return 0;}

int Solve_model() {
    try {
        cplex.extract(model);
        cplex.exportModel("ProductionModelAsTSP.lp");
        cplex.setParam(IloCplex::TiLim, StopTime);
        cplex.setParam(IloCplex::EpGap, StopGap);
        cplex.solve();
        if (!cplex.solve()) {
            env.error() << "Failed to optimize LP." << endl;
            throw(-1);
        }
        env.out() << "Solution status = " << cplex.getStatus() << endl;
        env.out() << "Solution value = " << cplex.getObjValue() << endl;

        //Εκτύπωση αποτελεσμάτων και αποθήκευσή τους στους πίνακες
        for (i = 0; i < cus; i++) {
            for (j = 1; j < cus; j++) {
                if (i != j) {
                    XijValue[i][j] = cplex.getValue(Xij[i][j]);
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        if (XijValue[i][j] != 0) {
            cout << "Xij" << "(" << i << ", " << j << ")" << "=" <<
XijValue[i][j] << endl;    }}}}
    for (i = 0; i < cus; i++) {
        TiValue[i] = cplex.getValue(Ti[i]);
        if (TiValue[i] != 0) cout << "Ti" << "(" << i << ")" << "=" << TiValue[i] << endl;}
    for (i = 1; i < cus; i++) {
        LiValue[i] = cplex.getValue(Li[i]);
        if (LiValue[i] > 0) cout << "Li" << "(" << i << ")" << "=" << LiValue[i] << endl;    }
    for (int n = 0; n < 1; n++) {
        Tmax_nValue = cplex.getValue(Tmax_n[n]);
        if (Tmax_nValue > 0) cout << "Tmax_nValue" << "=" << Tmax_nValue << endl;    }

    catch (lloException& e) {
        cerr << "concert exception caught:" << e << endl;    }
    catch (...) {cerr << "Unknown exception caught" << endl;    }
    return 0;}

```

```

int PrintOptimalSolution(char* FilePath_Results_ptr, char* FileName_OptimalSolution_ptr, char*
FileName_OptimalProductionPlan_ptr) {

```

```

    ofstream fsOptimalSolution;
    char filepath[1024];
    sprintf(filepath, "%s/%s", FilePath_Results_ptr, FileName_OptimalSolution_ptr);
    fsOptimalSolution.open(filepath);
    fsOptimalSolution << "TotalSolutionTime(seconds)= \t" << duration << std::endl;
    fsOptimalSolution << "OptimalityGap= \t" << cplex.getMIPRelativeGap() << std::endl;
    fsOptimalSolution << "OptimalObjFunction= " << cplex.getObjValue() << std::endl;
    fsOptimalSolution << "MaximumProductionTime= " << Tmax_nValue << std::endl;
    fsOptimalSolution << "-----" << endl;
    for (i = 0; i < cus; i++) {
        for (j = 0; j < cus; j++) {
            if (XijValue[i][j] != 0) fsOptimalSolution << "Xij(" << i << ", " << j << ")=" <<
XijValue[i][j] << endl;    }
        fsOptimalSolution << "-----" << endl;
    }

```

```

for (i = 0; i < cus; i++) {
    if (TiValue[i] != 0) fsOptimalSolution << "Ti(" << i << ")=" << TiValue[i] << endl; }
fsOptimalSolution << "-----" << endl;
for (i = 0; i < cus; i++) {
    if (LiValue[i] != 0) fsOptimalSolution << "Li(" << i << ")=" << LiValue[i] << endl; }

fsOptimalSolution.close();
ofstream fsSolution;
sprintf(filepath, "%s/%s", FilePath_Results_ptr, FileName_OptimalProductionPlan_ptr);
fsSolution.open(filepath);

fsSolution << "CodeName" << "-" << "StartProductionAtTime" << "-" << "FinishProductionAtTime"
<< "-" << "TimeToPrepareNextProduction" << "-" << "QuantityToBeProduced" << "-" <<
"TimeWindowFinish" << "-" << "ServiceTime" << endl;

int test = 0;
//double TotalCost = 0; //local variable used for added cost
//double SumServiceTime = 0;
double TimeToStartProduction = 0;
double TimeToStartNextProduction = 0;
for (i = 0; i < 1; i++) {
    for (j = 0; j < cus; j++) {
        if (XijValue[i][j] != 0) {
            test = j;
            //TotalCost = TotalCost + Costij[i][j]; //Total Cost = Xronou allagwn
            //SumServiceTime = SumServiceTime + ServiceTime_i[i]; //Ypologismos
sunolou Manday

            TimeToStartNextProduction = TimeToStartProduction + ServiceTime_i[i];
            fsSolution << Node[i] << "-" << TimeToStartProduction << "-" <<
TimeToStartNextProduction << "-" << Costij[i][j] << "-" << QuantityProduced[i] << "-" <<
TimeWindowFinish[i] << "-" << ServiceTime_i[i] << endl; }}}

restart;;
for (i = 0; i < cus; i++) {
    if (test != 0) {
        if (i == test) {

```

```

        for (j = 0; j < cus; j++) {
            if (XijValue[i][j] != 0) {
                test = j;

TimeToStartProduction = TimeToStartNextProduction + Costij[i][j];

TimeToStartNextProduction = TimeToStartProduction + ServiceTime_i[i];

fsSolution << Node[i] << "\-" << TimeToStartProduction << "\-" << TimeToStartNextProduction << "\-" <<
Costij[i][j] << "\-" << QuantityProduced[i] << "\-" << TimeWindowFinish[i] << "\-" << ServiceTime_i[i] << endl;

i = 0;

goto restart;}    }}}

        else break;}

        TimeToStartProduction = TimeToStartNextProduction;

        TimeToStartNextProduction = TimeToStartProduction + ServiceTime_i[test];

        fsSolution << Node[test] << "\-" << TimeToStartProduction << "\-" << TimeToStartNextProduction <<
"\-" << 0 << "\-" << QuantityProduced[test] << "\-" << TimeWindowFinish[test] << "\-" << ServiceTime_i[test]
<< endl;

        fsSolution.close();

        return 0;}

int main() {

    int status = 0;

    start = clock();

    status = Resize_Arrays(FilePath_Data, FileName_CodeNames);

    if (status != 0) {

        Found_Error("Resize_Arrays");

        return -1;    }

    status = insertNodesData(FilePath_Data, FileName_CodeNames, FileName_DemandFile,
FileName_LatestDayOfProductionFile, FileName_MandayFile);

    if (status != 0) {

        Found_Error("insertNodesData");

        return -1;}

    status = insertDistanceMatrix(FilePath_Data, FileName_ChangeOvercostFile);

    if (status != 0) {

        Found_Error("insertDistanceMatrix");

```

```

        return -1;}
status = Do_model();
if (status != 0) {
    Found_Error("Do_model");
    return -1;}
status = Solve_model();
if (status != 0) {
    Found_Error("Solve_model");
    return -1;}
stop = clock();
duration = (long double)(stop - start)
status = PrintOptimalSolution(FilePath_Results, FileName_OptimalSolutionComplete,
FileName_OptimalProductionPlan);
if (status != 0) {
    Found_Error("PrintOptimalSolution");
    return -1;}
printf("Code terminated successfully \n");
printf("Execution time = %Lf seconds\n", duration);
//system("pause");
return 0;
} //End main

```

9.2 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ Κώδικας Visual Basic (EXCEL)

- Ανάγνωση Δεδομένων

Option Explicit

Sub Read_Parameters()

Dim NoOfCodes As Integer

Dim NoOfHalfMonths As Integer

```

Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim t As Integer
Dim t_prime As Integer
Dim CodeName_i() As Double
Dim MaxCasesQuantity_i() As Double
Dim MinCasesQuantity_i() As Double
Dim Forecast_it() As Double
Dim Demand_it() As Double
Dim TimeHorizonWeeks_i() As Double
Dim BufferStockCases_i() As Double
Dim SpeedSku_i() As Double
Dim BufferSku_i() As Double
Dim Manhour_it() As Double
Dim SumManhour_i() As Double

NoOfCodes = 32
NoOfHalfMonths = 12
ReDim CodeName_i(1 To NoOfCodes) As Double
ReDim MaxCasesQuantity_i(1 To NoOfCodes) As Double
ReDim MinCasesQuantity_i(1 To NoOfCodes) As Double
ReDim TimeHorizonWeeks_i(1 To NoOfCodes) As Double
ReDim BufferStockCases_i(1 To NoOfCodes) As Double
ReDim Forecast_it(1 To NoOfCodes, 1 To NoOfHalfMonths) As Double
ReDim Demand_it(1 To NoOfCodes, 1 To NoOfHalfMonths) As Double
ReDim Cases_hour_i(1 To NoOfCodes) As Double
ReDim Manhour_it(1 To NoOfHalfMonths, 1 To NoOfCodes) As Double
ReDim SumManhour_i(1 To NoOfHalfMonths) As Double
ReDim BufferSku_i(1 To NoOfCodes) As Double

Sheets("Parameters").Select
For i = 1 To NoOfCodes

```

```

CodeName_i(i) = Cells(3 + i, 2).Value
MaxCasesQuantity_i(i) = Cells(3 + i, 7).Value
MinCasesQuantity_i(i) = Cells(3 + i, 9).Value
TimeHorizonWeeks_i(i) = Cells(3 + i, 10).Value
Cases_hour_i(i) = Cells(3 + i, 12).Value

```

```
Next i
```

```
'Exw dimiourgisei ton pinaka Forecast_it(i,t) me tis posostites & 'Arxikopoiisi tou pinaka Demand_it(i)
```

```
Sheets("Sales Forecast Vol.2").Select
```

```
For i = 1 To NoOfCodes
```

```
For t = 1 To NoOfHalfMonths
```

```
    Demand_it(i, t) = 0
```

```
    Forecast_it(i, t) = Cells(3 + i, 5 + t).Value
```

```
    Debug.Print i, t; Forecast_it(i, t)
```

```
Next t
```

```
Next i
```

```
For i = 1 To NoOfCodes
```

```
    t_prime = 1
```

```
    For t = t_prime To NoOfHalfMonths
```

```
        If Demand_it(i, t_prime) + Forecast_it(i, t) <= MaxCasesQuantity_i(i) And TimeHorizonWeeks_i(i) >= t - t_prime Then
```

```
            If Forecast_it(i, t) > 0 Or Demand_it(i, t_prime) > 0 Then
```

```
                Demand_it(i, t_prime) = Demand_it(i, t_prime) + Forecast_it(i, t)
```

```
            Else
```

```
                t_prime = t + 1
```

```
            End If
```

```
        Else
```

```
            t_prime = t
```

```
            Demand_it(i, t_prime) = Demand_it(i, t_prime) + Forecast_it(i, t)
```

```
        End If
```

```
    Next t
```


Next i

'Exw dimiourgisei ton pinaka SumManhour_it(i,t) me tis taxitites tw n proiontwn

For i = 1 To NoOfCodes

For t = 1 To NoOfHalfMonths

Manhour_it(t, i) = Demand_it(i, t) / Cases_hour_i(i)

SumManhour_i(t) = Manhour_it(t, i) + SumManhour_i(t)

Next t

Next i

'Exw dimiourgisei ton pinaka Forecast_it(i,t) me tis posostites

Sheets("Sales Forecast Vol.2").Select

For i = 1 To NoOfCodes

For t = 1 To NoOfHalfMonths

Cells(i + 39, t + 19).ClearContents

Cells(i + 39, t + 19).Value = Manhour_it(t, i)

Cells(i + 3, t + 19).ClearContents

Cells(i + 3, t + 19).Value = Demand_it(i, t)

Next t

Next i

Sheets("Sales Forecast Vol.2").Select

For t = 1 To NoOfHalfMonths

Cells(74, t + 19).ClearContents

Cells(74, t + 19).Interior.ColorIndex = 2

Cells(74, t + 19).Value = SumManhour_i(t)

If Cells(74, t + 19).Value > 67.5 Then

Cells(74, t + 19).Interior.ColorIndex = 3

End If

Next t

Sheets("ProductionPlan").Select

End Sub

- Επεξεργασία Δεδομένων – Δημιουργία Αρχείων txt

Sub Write_Files()

Dim NoOfCodes As Integer

Dim NoOfHalfMonths As Integer

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim t As Integer

Dim t_prime As Integer

Dim CodeName_i() As Double

Dim Coefficient_i() As Double

Dim MaxCasesQuantity_i() As Double

Dim MinCasesQuantity_i() As Double

Dim Forecast_it() As Double

Dim Demand_it() As Double

Dim TimeHorizonWeeks_i() As Double

Dim BufferStockCases_i() As Double

Dim SpeedSku_i() As Double

Dim BufferSku_i() As Double

Dim ProductionTime_it() As Double

Dim SumProductionTime_i() As Double

Dim ChangeOvercostFile_it() As Double

Dim ChangeOvercost_it() As Double

Dim CodeName_j() As Double 'The code names are repeated every time a non-zero demand is found

Dim Coefficient_j() As Double

Dim Demand_j() As Double 'The Demand_j are repeated every time a non-zero demand is found

Dim TimeWindowFinish_j() As Double 'The LatestDayOfProduction_j are repeated every time a non-zero demand is found

Dim ProductionTime_j() As Single 'The Manday_j are repeated every time a non-zero demand is found

Dim TimeCost_jj() As Double 'The Manday_j are repeated every time a non-zero demand is found

Dim ChangeOvercostFile_j() As Double

NoOfCodes = 32

NoOfHalfMonths = 12

ReDim CodeName_i(1 To NoOfCodes) As Double

ReDim Coefficient_i(1 To NoOfCodes) As Double

ReDim MaxCasesQuantity_i(1 To NoOfCodes) As Double

ReDim MinCasesQuantity_i(1 To NoOfCodes) As Double

ReDim TimeHorizonWeeks_i(1 To NoOfCodes) As Double

ReDim BufferCoefficient_irStockCases_i(1 To NoOfCodes) As Double

ReDim Forecast_it(1 To NoOfCodes, 1 To NoOfHalfMonths) As Double

ReDim Demand_it(1 To NoOfCodes, 1 To NoOfHalfMonths) As Double

ReDim SpeedSku_Hour_i(1 To NoOfCodes) As Double

ReDim ProductionTime_it(1 To NoOfCodes, 1 To NoOfHalfMonths) As Double

ReDim SumProductionTime_i(1 To NoOfHalfMonths) As Double

ReDim BufferSku_Hour_i(1 To NoOfCodes) As Double

ReDim ChangeOvercost_Hour_it(1 To NoOfCodes + 1, 1 To NoOfCodes + 1) As Double

ReDim CodeName_j(1 To NoOfCodes * NoOfHalfMonths) As Double 'The code names are repeated every time a non-zero demand is found

ReDim Coefficient_j(1 To NoOfCodes * NoOfHalfMonths) As Double 'The code names are repeated every time a non-zero demand is found

ReDim Demand_j(1 To NoOfCodes * NoOfHalfMonths) As Double 'The Demand_j are repeated every time a non-zero demand is found

ReDim TimeWindowFinish_j(1 To NoOfCodes * NoOfHalfMonths) As Double 'The LatestDayOfProduction_j are repeated every time a non-zero demand is found

ReDim ProductionTime_j(1 To NoOfCodes * NoOfHalfMonths) As Single 'The Manday_j are repeated every time a non-zero demand is found

ReDim ChangeOvercostFile_ij(1 To NoOfCodes * NoOfHalfMonths, 1 To NoOfCodes * NoOfHalfMonths) As Double

Sheets("Parameters").Select 'Selection of the sheet that i want to read

For i = 1 To NoOfCodes

CodeName_i(i) = Cells(3 + i, 2).Value

Coefficient_i(i) = Cells(3 + i, 15).Value

MaxCasesQuantity_i(i) = Cells(3 + i, 7).Value

MinCasesQuantity_i(i) = Cells(3 + i, 9).Value

TimeHorizonWeeks_i(i) = Cells(3 + i, 10).Value

SpeedSku_Hour_i(i) = Cells(3 + i, 12).Value

Next i

i = 0

j = 0

Sheets("ChangeOvercost").Select 'Selection of the sheet that i want to read, Creation of a table with the Change Over time

For j = 1 To NoOfCodes + 1

For i = 1 To NoOfCodes + 1

ChangeOvercost_Hour_it(i, j) = Cells(2 + i, 7 + j).Value

Next i

Next j

Sheets("Parameters").Select

For i = 1 To NoOfCodes + 1

For t = 1 To NoOfCodes + 1

Cells(i + 3, t + 19).ClearContents

Cells(i + 3, t + 19).Value = ChangeOvercost_Hour_it(i, t)

Next t

Next i

'Exw dimiourgisei ton pinaka Forecast_it(i,t) me tis posostites & 'Arxikopoiisi tou pinaka Demand_it(i)

Sheets("Sales Forecast Vol.2").Select

For i = 1 To NoOfCodes

```

For t = 1 To NoOfHalfMonths
    Demand_it(i, t) = 0
    Forecast_it(i, t) = Cells(3 + i, 10 + t).Value
    Debug.Print i, t; Forecast_it(i, t)
Next t
Next i

```

```

For j = 1 To NoOfCodes * NoOfHalfMonths
    CodeName_j(j) = 0
    Coefficient_j(j) = 0
    Demand_j(j) = 0
    TimeWindowFinish_j(j) = 0
    ProductionTime_j(j) = 0
    For i = 1 To NoOfCodes * NoOfHalfMonths
        ChangeOvercostFile_ij(i, j) = 0
    Next i
Next j
'Zeroize

```

```

Sheets("Sales Forecast Vol.2").Select
j = 0
For t = 1 To NoOfHalfMonths
    For i = 1 To NoOfCodes
        Demand_it(i, t) = Cells(i + 3, t + 19).Value
        ProductionTime_it(i, t) = Demand_it(i, t) / SpeedSku_Hour_i(i)

        If Demand_it(i, t) > 0 Then
            j = j + 1
            CodeName_j(j) = CodeName_i(i)
            Coefficient_j(j) = Coefficient_i(i)
            Demand_j(j) = Demand_it(i, t)
            TimeWindowFinish_j(j) = t * Cells(2, 4).Value
        End If
    Next i
Next t

```

```

        ProductionTime_j(j) = ProductionTime_it(i, t)
    End If
Next i
Next t
FinalCustomers = j

Dim Creation As Object
Dim CodeNamesFile As Object
Dim CoefficientFile As Object
Dim DemandFile As Object
Dim TimeWindowFinishFile As Object
Dim ProductionTimeFile As Object
Dim ChangeOvercostFile As Object
Dim TextToBeWritten As String
Dim SKUcol As Range, SKUrow As Range, COarea As Range

Worksheets("Parameters").Select
Set Creation = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
Set CoefficientFile = Creation.CreateTextFile(Range("A1").Value & "\CostCoefficient.txt", True)
Set CodeNamesFile = Creation.CreateTextFile(Range("A1").Value & "\CodeNames.txt", True)
Set DemandFile = Creation.CreateTextFile(Range("A1").Value & "\DemandFile.txt", True)
Set TimeWindowFinishFile = Creation.CreateTextFile(Range("A1").Value & "\TimeWindowFinish.txt", True)
Set ProductionTimeFile = Creation.CreateTextFile(Range("A1").Value & "\ProductionTimeFile.txt", True)
Set ChangeOvercostFile = Creation.CreateTextFile(Range("A1").Value & "\ChangeOvercostFile.txt", True)
Worksheets("Parameters").Select
Set COarea = Range("t4:az36")
Set SKUcol = Range("t4:t36")
Set SKUrow = Range("t4:az4")

Sheets("Parameters").Select
j = 1
i = 1

```

```

While CodeName_j(j) <> 0
    TextToBeWritten = CodeName_j(j)
    CodeNamesFile.WriteLine TextToBeWritten

    TextToBeWritten = Demand_j(j)
    DemandFile.WriteLine TextToBeWritten

    TextToBeWritten = TimeWindowFinish_j(j)
    TimeWindowFinishFile.WriteLine TextToBeWritten

    TextToBeWritten = ProductionTime_j(j)
    ProductionTimeFile.WriteLine TextToBeWritten

    TextToBeWritten = Coefficient_j(j)
    CoefficientFile.WriteLine TextToBeWritten

    Cells(j + 38, 20).Value = CodeName_j(j)
    Cells(38, j + 20).Value = CodeName_j(j)

    j = j + 1

Wend

i = 0

For i = 1 To j - 1
    TextToBeWritten = ""
    For t = 1 To j - 1
        Cells(38 + i, 20 + t).Value = Application.WorksheetFunction.Index(COarea,
Application.WorksheetFunction.Match(Cells(38 + i, 20), SKUcol, 0),
Application.WorksheetFunction.Match(Cells(38, 20 + t), SKUrow, 0))

        If TextToBeWritten = "" Then
            TextToBeWritten = Cells(38 + i, 20 + t).Value
        Else

```

```

        TextToBeWritten = TextToBeWritten & vbTab & Cells(38 + i, 20 + t).Value
    End If
Next t
ChangeOvercostFile.WriteLine TextToBeWritten
Next i

For i = 1 To j
    For t = 1 To j
        If Cells(38 + i, t + 19).Value <= 1 Then
            Cells(38 + i, t + 19).Interior.ColorIndex = 4
        End If
        If Cells(38 + i, t + 20).Value > 1 Then
            Cells(38 + i, t + 20).Interior.ColorIndex = 5
        End If
        If Cells(38 + i, t + 19).Value = 0 Then
            Cells(38 + i, t + 19).Interior.ColorIndex = 3
        End If
    Next t
Next i

Worksheets("ProductionPlan").Select
End Sub

- Ανάγνωση αποτελεσμάτων από τη ILOG CPLEX και μεταφορά τους στο excel
Option Explicit

Sub ReadProductionPlan()

Dim NumberOfProducts As Integer
Dim Counter As Integer
Dim i As Integer
Dim Start As Integer
Dim j As Double

```



```

Dim k As String
Dim Counter2 As Integer

Dim FName As String, Sep As String
Dim WholeLine As String
Dim CurrentTabValue As String
Dim Pos As Integer
Dim NextPos As Integer
Dim sMyStrings() As String
Dim sMyStrings2() As String
Dim sMyStrings1 As String

NumberOfProducts = Cells(1, 2).Value

Sheets("ProductionPlan").Select
'Read solution from txt files
Range("A3", "B1000").ClearContents
Range("D3", "Q1000").ClearContents
FName = Range("A1").Value & "\OptimalProductionPlan.txt"
Sep = "-"
On Error GoTo -1
On Error GoTo EndMacro1:
Open FName For Input Access Read As #1
Counter2 = 0
For Counter = 0 To NumberOfProducts
    Line Input #1, WholeLine
    If Right(WholeLine, 1) <> Sep Then
        WholeLine = WholeLine & Sep
    End If
    sMyStrings() = Split(WholeLine, "-")
    sMyStrings2() = Split(sMyStrings(0), "-")
    If sMyStrings(0) <> "-" Then

```

```

Counter2 = Counter2 + 1
Cells(Counter + 4, 1).Value = Counter2
k = sMyStrings2(0)
Cells(Counter + 3, 2).Value = k
k = sMyStrings(1)
Cells(Counter + 3, 4).Value = k
k = sMyStrings(2)
Cells(Counter + 3, 5).Value = k
k = sMyStrings(3)
Cells(Counter + 3, 6).Value = k
k = sMyStrings(4)
Cells(Counter + 3, 7).Value = k
k = sMyStrings(5)
Cells(Counter + 3, 8).Value = k
k = sMyStrings(6)
Cells(Counter + 3, 9).Value = k
End If
Pos = 1
NextPos = InStr(Pos, WholeLine, Sep)
While NextPos >= 1
    Pos = NextPos + 1
    NextPos = InStr(Pos, WholeLine, Sep)
Wend
EndMacro1:
On Error GoTo 0
Application.ScreenUpdating = True
Next Counter
Close #1

Application.ScreenUpdating = True
Close #1
Range("L1").ClearContents
Range("M1").ClearContents

```

```

For i = 1 To NumberOfProducts
    Cells(3, 10).Value = " Total Production Time "
    Cells(i + 3, 10).Value = -Cells(i + 3, 4).Value + Cells(i + 3, 5).Value
Next i

For i = 1 To NumberOfProducts
    Cells(3, 11).Value = " Earlier by Manhours "
    Cells(i + 3, 11).Value = Cells(i + 3, 8).Value - Cells(i + 3, 5).Value
Next i

For i = 1 To NumberOfProducts
    Cells(3, 12).Value = " Manday + Changeover time "
    Cells(i + 3, 12).Value = Cells(i + 3, 4).Value / 7.5
    Cells(1, 12).Value = Cells(1, 12).Value + Cells(i + 3, 12).Value
Next i

For i = 1 To NumberOfProducts
    Cells(3, 13).Value = " Manday Produce Quantity "
    Cells(i + 3, 13).Value = Cells(i + 3, 9).Value / 7.5
    Cells(1, 13).Value = Cells(1, 13).Value + Cells(i + 3, 13).Value
Next i

Range("F1").ClearContents

For i = 1 To NumberOfProducts
    Cells(1, 6).Value = Cells(1, 6).Value + Cells(i + 3, 6).Value
Next i

```

```

For i = 1 To NumberOfProducts
    If Cells(3 + i, 5).Value - Cells(3 + i, 8).Value < 70 Then
        Cells(3 + i, 11).Interior.ColorIndex = 4
    End If
Next i

For i = 1 To NumberOfProducts
    If Cells(3 + i, 5).Value - Cells(3 + i, 8).Value > 70 Then
        Cells(3 + i, 11).Interior.ColorIndex = 3
    End If

```