



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
UNIVERSITY OF WESTERN MACEDONIA

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΤΑΙΡΙΑ ΑΛΕΥΡΩΝ

ΖΑΧΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ 2232

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΝΕΝΕΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΚΟΖΑΝΗ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2024

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΤΑΙΡΙΑ ΑΛΕΥΡΩΝ

ΖΑΧΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ 2232

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΝΕΝΕΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΚΟΖΑΝΗ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2024

Περίληψη

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εύρεση ενός αποτελεσματικού τρόπου οργάνωσης και διαχείρισης αποθεμάτων μίας εταιρίας που ανήκει στον κλάδο της αλευροβιομηχανίας. Η βασική πρόκληση της συγκεκριμένης μελέτης, έγκειται στην πολυπλοκότητα του εξεταζόμενου παραγωγικού περιβάλλοντος, το οποίο διέπεται από πλήθος περιορισμών και σχέσεων εξάρτησης μεταξύ των προϊόντων του.

Στα πρώτα στάδια της εργασίας, μελετήθηκε το περιβάλλον στο οποίο δραστηριοποιείται η εταιρία, με στόχο την ανίχνευση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει. Στη συνέχεια, καθορίστηκε η στρατηγική επίλυσής τους, η οποία επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη και εφαρμογή ενός αποδοτικού συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων. Έτσι, ως πρώτο βήμα στην ανάπτυξη αυτού του συστήματος, πραγματοποιήθηκε συλλογή και ανάλυση πληροφοριών για το σύνολο των προϊόντων που εμπορεύεται η εταιρία. Μέσω της συγκεκριμένης διαδικασίας ανιχνεύτηκαν τα σημαντικότερα προϊόντα της εταιρίας, μελετήθηκε η συμπεριφορά της ζήτησής τους και υπολογίστηκαν τα απαραίτητα στοιχεία κόστους.

Με τη συλλογή των απαραίτητων αυτών πληροφοριών, σχεδιάσθηκε ένα αρχικό σύστημα διαχείρισης, που αφορούσε μέρος των σημαντικότερων προϊόντων της εταιρίας. Το σύστημα αυτό σταδιακά τροποποιήθηκε με βάση τους υφιστάμενους περιορισμούς, αποτελώντας έτσι όλο και πιο ρεαλιστική προσέγγιση των πραγματικών λειτουργιών της υπό μελέτη επιχείρησης. Ένας από τους σημαντικότερους περιορισμούς που αξίζει να σημειωθεί, είναι αυτός της αδυναμίας παραγωγής περισσότερων από ένα προϊόν κάθε φορά. Ο περιορισμός αυτός αποτέλεσε τη βασική αιτία προσθήκης μίας μεθόδου οργάνωσης της παραγωγής στο σύστημα διαχείρισης, η οποία αναπτύχθηκε αποκλειστικά για την υπό μελέτη περίπτωση. Για την ολοκλήρωση της μελέτης, ένα από τα προϊόντα της επιχείρησης εξετάστηκε ξεχωριστά. Αυτό συνέβη διότι, ο καθορισμός του τρόπου διαχείρισης του συγκεκριμένου προϊόντος προϋποθέτει τον καθορισμό του τρόπου διαχείρισης των υπολοίπων, εξαιτίας των σχέσεων εξάρτησης που εμφανίζονται μεταξύ τους.

Τέλος, όσον αφορά τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του συστήματος διαχείρισης, αυτές περιλαμβάνουν στατιστικούς ελέγχους, εργαλεία προσομοίωσης, μεθόδους διαχείρισης αποθεμάτων και οργάνωσης παραγωγής.

Λέξεις κλειδιά: απόθεμα, προϊόν, ζήτηση, παραγωγή, σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων, πολιτικές διαχείρισης, επίπεδο διαθεσιμότητας, στάθμη αναπλήρωσης, ποσότητα παραγωγής, σύστημα οργάνωσης παραγωγής, στοχαστική προσομοίωση.

Abstract

The subject of this master's thesis is to find an efficient method of organizing and managing the inventory of a company operating in the flour milling industry. The main challenge of this study lies in the complexity of the examined production environment, which is governed by numerous constraints and interdependencies among its products.

In the early stages of the work, the environment in which the company operates was studied, aiming to identify the problems it faces. Subsequently, a strategy for solving these problems was defined, focusing on the development and implementation of an efficient inventory management system. Thus, as a first step in developing this system, information was collected and analyzed for the entire range of products traded by the company. Through this process, the company's most important products were identified, their demand patterns were studied, and the necessary cost factors were calculated.

With the collection of this information, an initial management system was developed, covering part of the company's key products. This system was gradually modified, incorporating existing constraints, becoming an increasingly realistic approach to the actual operations of the company under study. One of the most significant constraints worth mentioning is the inability to produce more than one product at a time. This constraint was the main reason for applying a production scheduling method to the management system, which was developed exclusively for the case study. To complete the study, one of the company's products was examined separately. This was done because the determination of this products management method required determining the management method for the others, due to the interdependence among them.

Finally, regarding the methods used to develop the implemented management system, these include statistical tests, simulation methods, inventory management and production planning techniques.

Keywords: inventory, demand, product, production, inventory management system, inventory policies, service level, reorder point, production quantity, production scheduling system, simulation.

ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΜΗ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΗΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ

Δηλώνω ρητά ότι η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο:

«Οργάνωση και διαχείριση αποθεμάτων σε εταιρία αλεύρων», καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στο πλαίσιο αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του Νενέ Γεωργίου, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright © Ζάχος Ιωάννης & Νενές Γεώργιος, 16 Οκτωβρίου 2024, Κοζάνη

Υπογραφή Φοιτητή

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ολοκληρώνεται και ο κύκλος των σπουδών μου στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας. Έτσι, θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο των καθηγητών του τμήματος για την καθοδήγηση που μου παρείχαν και τις γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν όλα αυτά τα χρόνια. Επίσης, θα ήθελα να απευθύνω ιδιαίτερες ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Νενέ Γεώργιο, τόσο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και πρωτότυπο θέμα, όσο και για την υποστήριξη και καθοδήγηση που μου παρείχε κατά το χρονικό διάστημα ενασχόλησής μου με αυτό.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την κατανόηση και στήριξη που μου παρείχαν, όχι μόνο κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, αλλά και του συνόλου των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	i
Abstract.....	ii
Ευχαριστίες.....	iv
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	viii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	x
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	1
1.1 Παρουσίαση εταιρίας.....	1
1.2 Περιγραφή προβλήματος.....	3
1.3 Τρόπος προσέγγισης του προβλήματος.....	4
Κεφάλαιο 2: Επιλογή προϊόντων	7
2.1 Εισαγωγή.....	7
2.2 Ανάλυση ABC.....	7
2.3 Εφαρμογή ανάλυσης ABC.....	8
Κεφάλαιο 3: Στατιστική ανάλυση στοιχείων ζήτησης.....	11
3.1 Παρελθοντικά στοιχεία ζήτησης.....	11
3.2 Έλεγχος κατανομής	19
3.2.1 Πρωταρχική ανάλυση δεδομένων	19
3.2.2 Εκτιμήσεις παραμέτρων	22
3.2.3 Έλεγχος χ^2	26
3.2.4 Αποτελέσματα ελέγχου χ^2	29
Κεφάλαιο 4: Υπολογισμοί στοιχείων κόστους.....	31
4.1 Εισαγωγή.....	31
4.2 Κόστος παραγωγής προϊόντων.....	32
4.3 Κόστος εκκίνησης της παραγωγικής διαδικασίας	33
4.4 Κόστος διατήρησης αποθεμάτων	36
4.5 Κόστος έλλειψης.....	37
Κεφάλαιο 5: Σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων με πολιτική (s,Q).....	40
5.1 Εισαγωγή.....	40
5.2 Πολιτικές διαχείρισης	40
5.3 Υπολογισμός στάθμης αναπλήρωσης s	42
5.4 Υπολογισμός βέλτιστης ποσότητας παραγωγής Q^*	44

Κεφάλαιο 6: Σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό».....	47
6.1 Εισαγωγή.....	47
6.2 Εφαρμογή συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων (s, Q).....	48
6.3 Προσομοίωση συστήματος (s, Q)	50
6.4 Εισαγωγή στα Stochastic Economic Lot Scheduling Problems.....	53
6.5 Εφαρμογή μεθόδου οργάνωσης της παραγωγής σκληρού και μαλακού αλευριού... 57	
6.6 Προσομοίωση μεθόδου οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας σκληρού και μαλακού αλευριού	65
6.7 Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	66
6.8 Νέα μέθοδος οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας	70
6.9 Τροποποιήσεις υφιστάμενου μοντέλου προσομοίωσης και νέα αποτελέσματα	72
Κεφάλαιο 7: Σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων προϊόντος «πίτυρα».....	77
7.1 Εισαγωγή.....	77
7.2 Επέκταση του υφιστάμενου προσομοιωτικού μοντέλου	78
7.3 Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	80
Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα.....	85
Παραρτήματα.....	87
Παράρτημα Α: Αναλυτικός πίνακας υπολογισμών ανάλυσης ABC.....	88
Παράρτημα Β1: Δεδομένα εβδομαδιαίας ζήτησης προϊόντων Α κλάσης για τη διετία 2021-2022	89
Παράρτημα Β2: Αναλυτικοί πίνακες υπολογισμών ελέγχου προσαρμογής χ^2 στη γάμμα κατανομή	91
Παράρτημα Β3: Αναλυτικοί πίνακες υπολογισμών ελέγχου προσαρμογής χ^2 στην κανονική κατανομή	93
Παράρτημα Γ: Αναλυτικός υπολογισμός του αναμενόμενου αριθμού ελλείψεων ανά κύκλο αναπλήρωσης.....	95
Παράρτημα Δ: Αλγόριθμος προσομοίωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό» χωρίς τη χρήση συστήματος οργάνωσης παραγωγής των προϊόντων	96
Παράρτημα Ε: Δεδομένα ζήτησης που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των σταθερών εξομάλυνσης των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό»	98
Παράρτημα ΣΤ: Τροποποιημένος αλγόριθμος προσομοίωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», με χρήση συστήματος οργάνωσης της παραγωγής των προϊόντων.....	114

Παράρτημα Ζ: Τροποποιημένος αλγόριθμος προσομοίωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», με χρήση του νέου συστήματος οργάνωσης της παραγωγής των προϊόντων	119
Παράρτημα Η: Τροποποιημένος αλγόριθμος προσομοίωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων της μελέτης, με χρήση του νέου συστήματος οργάνωσης της παραγωγής.....	121
Βιβλιογραφία	123

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Σχηματική απεικόνιση της παραγωγικής διαδικασίας και των προϊόντων που προκύπτουν από αυτή.....	2
Εικόνα 2: Διάγραμμα εβδομαδιαίων τιμών ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» για τα έτη 2021-2022.....	20
Εικόνα 3: Διάγραμμα εβδομαδιαίων τιμών ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι μαλακό» για τα έτη 2021-2022.....	20
Εικόνα 4: Διάγραμμα εβδομαδιαίων τιμών ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» για τα έτη 2021-2022.....	21
Εικόνα 5: Ιστόγραμμα όπου τα δεδομένα ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» είναι χωρισμένα σε 10 κλάσεις.....	23
Εικόνα 6: Ιστόγραμμα όπου τα δεδομένα ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι μαλακό» είναι χωρισμένα σε 10 κλάσεις.....	24
Εικόνα 7: Ιστόγραμμα όπου τα δεδομένα της περιόδου υψηλής ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» είναι χωρισμένα σε 9 κλάσεις.	24
Εικόνα 8: Ιστόγραμμα όπου τα δεδομένα της περιόδου χαμηλής ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» είναι χωρισμένα σε 10 κλάσεις.....	25
Εικόνα 9: Παραγόμενες ποσότητες των κυριότερων προϊόντων της εταιρίας από την παραγωγική διαδικασία.	50
Εικόνα 10: Σχηματική αναπαράσταση των εναλλακτικών πολιτικών καθορισμού του τρόπου παραγωγής των προϊόντων.	56
Εικόνα 11: Διάγραμμα ροής που απεικονίζει την προσομοιωτική διαδικασία για την περίπτωση που το προϊόν «αλεύρι σκληρό» έχει προτεραιότητα στην παραγωγική διαδικασία. Με δείκτες Σ και Μ δηλώνεται αν το μέγεθος αναφέρεται στο σκληρό ή μαλακό αλεύρι, αντίστοιχα.....	66
Εικόνα 12: Χρονικές στιγμές εκκίνησης της παραγωγικής διαδικασίας κατά τη διάρκεια των πρώτων 30 ημερών της προσομοίωσης.....	67
Εικόνα 13: Η πορεία της στάθμης των αποθεμάτων του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» κατά τη διάρκεια των πρώτων 30 ημερών της προσομοίωσης.....	68
Εικόνα 14: Η πορεία της στάθμης των αποθεμάτων του προϊόντος «αλεύρι μαλακό» κατά τη διάρκεια των πρώτων 30 ημερών της προσομοίωσης.....	68
Εικόνα 15: Στάθμη αποθεμάτων του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους της προσομοίωσης.....	70
Εικόνα 16: Στάθμη αποθεμάτων του προϊόντος «αλεύρι μαλακό» κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους της προσομοίωσης.....	70
Εικόνα 17: Διάγραμμα ημερήσιας παραγωγής σκληρού και μαλακού αλευριού για τις πρώτες 150 ημέρες της προσομοίωσης με τη νέα μέθοδο οργάνωσης της παραγωγής.....	73
Εικόνα 18: Διάγραμμα συνολικού κόστους διαχείρισης συναρτήσει της ποσότητας παραγωγής Q για τα προϊόντα «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό».....	75
Εικόνα 19: Η εξέλιξη της στάθμης των αποθεμάτων του προϊόντος «πίτυρα» τις πρώτες 1.000 ημέρες της προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα αφορούν το ζεύγος σταθμών υψηλής και χαμηλής ζήτησης 40.000 [kg] και 20.000 [kg] αντίστοιχα.....	81
Εικόνα 20: Η εξέλιξη της στάθμης των αποθεμάτων του προϊόντος «πίτυρα» τις πρώτες 1.000 ημέρες της προσομοίωσης με μετατοπισμένες τις στάθμες αναπλήρωσής του. Τα αποτελέσματα	

αφορούν το ζεύγος σταθμών υψηλής και χαμηλής ζήτησης 40.000 [kg] και 20.000 [kg] αντίστοιχα.
..... 82

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Στον πίνακα φαίνεται το σύνολο των προϊόντων που εμπορεύεται η εταιρία, ο τρόπος παραγωγής τους και οι συσκευασίες στις οποίες αυτά διατίθενται.	3
Πίνακας 2: Συνοπτικά αποτελέσματα της ανάλυσης ABC για τα δεδομένα του έτους 2022.....	10
Πίνακας 3: Παρελθοντικά στοιχεία ημερήσιας ζήτησης των σημαντικότερων προϊόντων της εταιρίας για τη διετία 2021-2022.	11
Πίνακας 4: Πίνακας εκτιμήσεων μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης ημερήσιας ζήτησης των σημαντικότερων προϊόντων της εταιρίας.....	23
Πίνακας 5: Πίνακας εκτιμήσεων παραμέτρων μορφής α και κλίμακας β της ημερήσιας ζήτησης των σημαντικότερων προϊόντων της εταιρίας.....	26
Πίνακας 6: Υπολογισμοί πιθανοτήτων p_i στη γενική περίπτωση.....	28
Πίνακας 7: Διαδικασία ελέγχου χ^2 όπως αυτή υλοποιήθηκε σε υπολογιστικό φύλλο του λογισμικού Excel.	29
Πίνακας 8: Συνοπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του ελέγχου χ^2	30
Πίνακας 9: Συνοπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της διαδικασίας εύρεσης του κόστους απόκτησης ανά κιλό, για κάθε προϊόν και έτος.	33
Πίνακας 10: Συνοπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της διαδικασίας εύρεσης του σταθερού κόστους εκκίνησης της παραγωγής ή πραγματοποίησης μίας παραγγελίας για κάθε προϊόν και έτος.	36
Πίνακας 11: Συνοπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της διαδικασίας εύρεσης του ποσοστιαίου κόστους διατήρησης r για κάθε προϊόν.....	37
Πίνακας 12: Αναλυτική παρουσίαση των εκτιμήσεων του ποσοστιαίου κόστους έλλειψης $B2$, για την κάθε περίπτωση και το κάθε προϊόν.	39
Πίνακας 13: Ενδεικτικές τιμές επιπέδων εξυπηρέτησης ανά κύκλο αναπλήρωσης, όπως αυτές προέκυψαν για το κάθε προϊόν από την προσομοιωτική διαδικασία, για χρονικό ορίζοντα χιλίων ετών.....	53
Πίνακας 14: Ενδεικτικές τιμές αποτελεσμάτων προσομοίωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», με χρήση ευρετικής μεθόδου οργάνωσής της.	69
Πίνακας 15: Ενδεικτικές τιμές αποτελεσμάτων προσομοίωσης με τη νέα μέθοδο οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό».....	74
Πίνακας 16: Ενδεικτικά αποτελέσματα επιπέδων εξυπηρέτησης ανά κύκλο αναπλήρωσης της προσομοιωτικής διαδικασίας για διάφορες στάθμες s του προϊόντος «αλεύρι μαλακό».	76
Πίνακας 17: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τα 36 διαφορετικά ζεύγη σταθμών αναπλήρωσης. Τα αποτελέσματα αφορούν τις μέσες τιμές από δείγματα 5 τιμών και χρονικό διάστημα εκτέλεσης τα 1.000 έτη.....	82
Πίνακας 18: Αποτελέσματα επαναληπτικών προσομοιώσεων διάρκειας 10.000 ετών.	83
Πίνακας 19: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τα 12 νέα ζεύγη σταθμών αναπλήρωσης. Τα αποτελέσματα αφορούν τις μέσες τιμές από δείγματα 5 τιμών και χρονικό διάστημα 1.000 ετών.	84
Πίνακας 20: Αποτελέσματα επαναληπτικών προσομοιώσεων για προσομοιώσεις χρονικής διάρκειας 10.000 ετών.....	84

Πίνακας 21: Αναλυτικοί υπολογισμοί ανάλυσης ABC για τα στοιχεία ζήτησης και τιμών πώλησης του έτους 2022.	88
Πίνακας 22: Εβδομαδιαία ζήτηση σημαντικότερων προϊόντων της εταιρίας.	89
Πίνακας 23: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» σε κατανομή γάμμα.	91
Πίνακας 24: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι μαλακό» σε κατανομή γάμμα.	91
Πίνακας 25: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» σε κατανομή γάμμα, κατά την περίοδο υψηλής ζήτησης.	92
Πίνακας 26: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» σε κατανομή γάμμα, κατά την περίοδο χαμηλής ζήτησης.	92
Πίνακας 27: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» σε κανονική κατανομή.	93
Πίνακας 28: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι μαλακό» σε κανονική κατανομή.	93
Πίνακας 29: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» σε κανονική κατανομή, κατά την περίοδο υψηλής ζήτησης.	94
Πίνακας 30: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» σε κανονική κατανομή, κατά την περίοδο χαμηλής ζήτησης.	94
Πίνακας 31: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για την εύρεση της σταθεράς εξομάλυνσης α για το προϊόν αλεύρι σκληρό.	98
Πίνακας 32: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για την εύρεση της σταθεράς εξομάλυνσης α για το προϊόν «αλεύρι μαλακό».	106

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Παρουσίαση εταιρίας

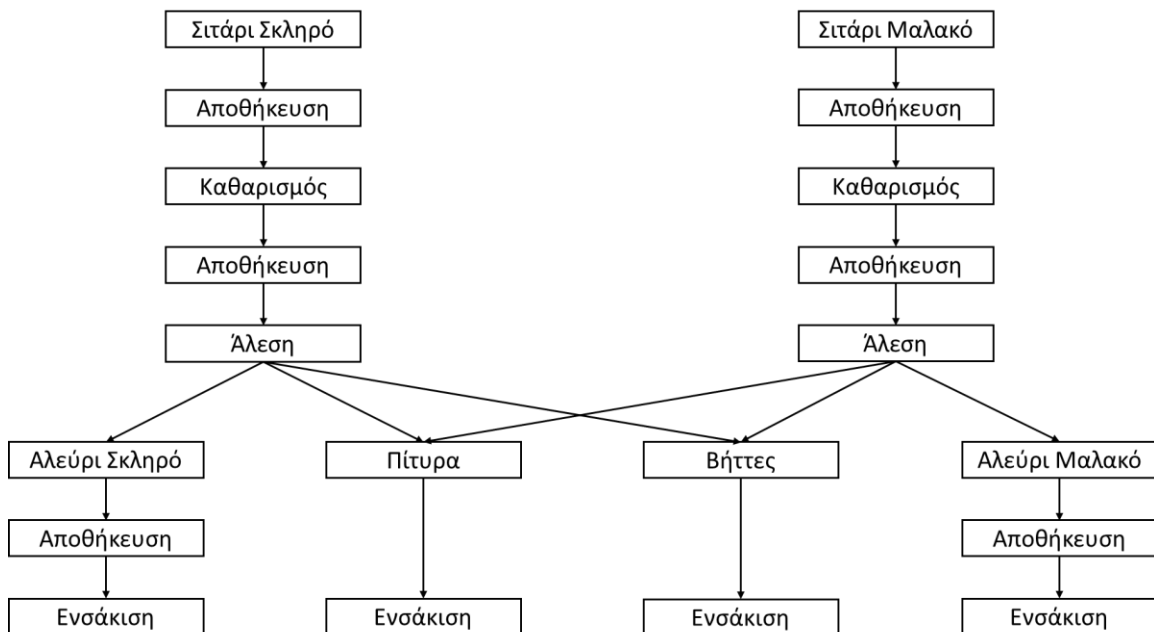
Η εταιρία που μελετάται για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι μία βιοτεχνία που δραστηριοποιείται στο τομέα παραγωγής αλεύρων με την ονομασία ΚΥΛΙΝΔΡΟΜΥΛΟΙ ΖΑΧΟΥ & ΣΙΑ Ο.Ε. Η εταιρία αυτή δραστηριοποιείται στον χώρο από το 1926, ενώ από τις αρχές του 2000 διαθέτει σύγχρονες κτιριακές εγκαταστάσεις και μηχανολογικό εξοπλισμό. Οι εγκαταστάσεις της εταιρίας αποτελούνται από μία κύρια μονάδα παραγωγής, όπου παράγονται τα διάφορα προϊόντα της, και ένα υποκατάστημα λιανικής, όπου διατίθενται τα προϊόντα αυτά προς πώληση. Επίσης, πέρα από το κατάστημα λιανικής, η εταιρία προμηθεύει και διάφορες άλλες επιχειρήσεις στο νομό Φθιώτιδας και στην ευρύτερη περιοχή της Στερεάς Ελλάδας.

Η μελέτη στην παρούσα διπλωματική επικεντρώνεται στον τρόπο λειτουργίας της κύριας μονάδας παραγωγής και στις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα εκεί. Η παραγωγική διαδικασία στη κύρια μονάδα αφορά τη μετατροπή σιταριού σε αλεύρι και δύναται να χωριστεί σε τέσσερα βασικά στάδια (Hibbs, 2005):

- **Παραλαβή**: Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τις διαδικασίες ελέγχου και αποθήκευσης που πραγματοποιούνται κατά την παραλαβή μίας νέας ποσότητας πρώτων υλών. Κατά την άφιξη μίας ποσότητας σιτηρών στη μονάδα διενεργείται έλεγχος, προκειμένου να πιστοποιηθεί ότι αυτή πληροί τις προδιαγραφές ποιότητας που έχουν συμφωνηθεί με τον προμηθευτή. Στη συνέχεια, και εφόσον έχει ολοκληρωθεί με επιτυχία ο έλεγχος, η ποσότητα αυτή αποθηκεύεται στον κατάλληλο χώρο. Η αποθήκευση των πρώτων υλών γίνεται σε σιλό σε χύδην μορφή, με την εταιρία να διαθέτει εννέα τέτοιους χώρους, συνολικής χωρητικότητας 1.200 τόνων.
- **Καθαρισμός**: Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες διαδικασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν, ώστε η επιθυμητή ποσότητα σιτηρών να μπορέσει να αλεσθεί. Αρχικά, από την ποσότητα αυτή απομακρύνονται διάφορες ξένες ύλες που ενδέχεται να υπάρχουν αναμιγμένες με αυτή, όπως πέτρες, ξένοι σπόροι κλπ. Στη συνέχεια, αυτή πλένεται, ώστε να απομακρυνθούν διάφορα βακτήρια και μύκητες, αποκτώντας παράλληλα τα κατάλληλα επίπεδα υγρασίας, πράγμα απαραίτητο για τα πρώτα στάδια της άλεσης. Τέλος, η καθαρισμένη πλέον ποσότητα αποθηκεύεται σε κατάλληλα σιλό σε χύδην μορφή εν αναμονή της άλεσης.
- **Άλεση**: Η διαδικασία της άλεσης αποτελεί την κύρια διεργασία της μονάδας. Αυτή περιλαμβάνει διαδοχικές διελεύσεις του σιταριού από τις κυλινδρομηχανές, το σημαντικότερο μηχάνημα της παραγωγικής διαδικασίας. Κάθε διέλευση του σιταριού

από τις μηχανές συνθλίβει τον σπόρο και παράγει ένα μίγμα προϊόντων, το οποίο περιλαμβάνει αλεύρι, σιμιγδάλι, πίτυρα και βήττες. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται διαχωρισμός των προϊόντων του μίγματος από τη μηχανή κοσκινίσματος και αυτά είτε συνεχίζουν τη διαδικασία της άλεσης, όπου οδηγούνται εκ νέου σε κυλινδρομηχανές για να επαναληφθεί η διαδικασία σύνθλιψης και διαχωρισμού είτε αποθηκεύονται ως ενδιάμεσα προϊόντα. Το κύριο προϊόν που προκύπτει από τη διαδικασία της άλεσης είναι το αλεύρι, με τα πίτυρα και τις βήττες να θεωρούνται προϊόντα δευτερεύουσας σημασίας, τα οποία πωλούνται ως ζωοτροφές. Επίσης, κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, και εφόσον κριθεί απαραίτητο, γίνεται ανάμιξη των αλεύρων με διάφορα είδη βελτιωτικών ή άλλων προϊόντων, με σκοπό να προκύψουν οι διάφοροι τύποι τελικών προϊόντων. Η διαδικασία της άλεσης ολοκληρώνεται με την αποθήκευση των τελικών προϊόντων σε ειδικά σιλό εν αναμονή του επόμενου σταδίου της διαδικασίας.

- Ενσάκιση:** Τέλος, πραγματοποιείται η διαδικασία της ενσάκισης, όπου τα προϊόντα της άλεσης οδηγούνται στα διάφορα σακιστικά μηχανήματα. Από τα μηχανήματα αυτά θα προκύψουν συσκευασμένα προϊόντα σε πλαστικές ή χάρτινες συσκευασίες διαφόρων μεγεθών, ανάλογα με τα κιλά που περιέχονται στην καθεμία. Έπειτα, τα συσκευασμένα προϊόντα, ανάλογα με το μέγεθός τους, τοποθετούνται είτε σε παλέτες είτε σε συγκεκριμένους αποθηκευτικούς χώρους, ώστε από εκεί να διοχετευθούν στην αγορά.



Εικόνα 1: Σχηματική απεικόνιση της παραγωγικής διαδικασίας και των προϊόντων που προκύπτουν από αυτή.

Έτσι προκύπτει ότι, η εταιρία έχει τη δυνατότητα είτε με απευθείας παραγωγή είτε με ανάμιξη των προϊόντων της, να διαθέσει προς πώληση μια πληθώρα προϊόντων. Αναλυτικότερα,

από τις εγκαταστάσεις της εταιρίας μπορούν να παραχθούν δύο τύποι αλεύρων, τα άλευρα που προκύπτουν από την άλεση σκληρού σίτου και τα άλευρα που προκύπτουν από την άλεση μαλακού σίτου. Επίσης, ο κάθε τύπος μπορεί να διαφοροποιηθεί και εσωτερικά, βάσει των χαρακτηριστικών ποιότητας των πρώτων υλών του. Το βασικότερο χαρακτηριστικό ποιότητας μίας ποικιλίας σιταριού αποτελεί το επίπεδο πρωτεΐνης που διαθέτει. Έτσι, τα προϊόντα αυτά, στις διάφορες μορφές τους χρησιμεύουν ως κύρια συστατικά, τα οποία σε συνδυασμό με άλλα μπορούν να δημιουργήσουν ποικίλες νέες συνθέσεις. Εκτός από τα άλευρα η εταιρία εμπορεύεται και άλλα προϊόντα, τα οποία αφορούν κυρίως ζωοτροφές, οι οποίες είτε παράγονται από δευτερεύουσες γραμμές παραγωγής εντός της εταιρίας είτε αγοράζονται και μεταπωλούνται από αυτή. Στη συνέχεια, παρατίθεται πίνακας όπου παρουσιάζονται αναλυτικά τα προϊόντα της εταιρίας, ο τρόπος με τον οποίο αυτά προκύπτουν, καθώς και οι συσκευασίες στις οποίες αυτά διατίθενται στην αγορά.

Πίνακας 1: Στον πίνακα φαίνεται το σύνολο των προϊόντων που εμπορεύεται η εταιρία, ο τρόπος παραγωγής τους και οι συσκευασίες στις οποίες αυτά διατίθενται.

α/α	Προϊόν	Τρόπος παραγωγής	Διαθέσιμες συσκευασίες σε [kg]
1	ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ	Κύρια γραμμή παραγωγής	5, 10, 15, 25, 50
2	ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ	Κύρια γραμμή παραγωγής	5, 10, 15, 25, 50
3	ΠΙΤΥΡΑ	Κύρια γραμμή παραγωγής	30
4	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	Δευτερεύουσα γραμμή παραγωγής	25
5	ΣΟΓΙΑ	Μεταπώληση	40
6	ΒΗΤΤΕΣ	Κύρια γραμμή παραγωγής	35
7	ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ ΔΥΝΑΤΟ	Κύρια γραμμή παραγωγής	25, 50
8	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΑΛΕΣΜΕΝΟ	Δευτερεύουσα γραμμή παραγωγής	25
9	ΚΡΙΘΑΡΙ	Δευτερεύουσα γραμμή παραγωγής	25
10	ΑΛΕΥΡΙ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ	Ανάμιξη προϊόντων κύριας γραμμής με άλλα προϊόντα	5, 10, 15, 25, 50
11	ΣΙΜΙΓΔΑΛΙ	Μεταπώληση	25
12	ΑΛΕΥΡΙ ΤΥΠΟΥ SUPER	Ανάμιξη προϊόντων κύριας γραμμής με άλλα προϊόντα	25, 50
13	ΠΛΙΓΟΥΡΙ	Μεταπώληση	25
14	ΑΛΕΥΡΙ από ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	Μεταπώληση	25
15	ΣΙΤΑΡΙ	Κύρια γραμμή παραγωγής	25
16	ΑΜΥΛΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	Μεταπώληση	25

1.2 Περιγραφή προβλήματος

Στον κλάδο της αλευροβιομηχανίας στην Ελλάδα δραστηριοποιείται μεγάλος αριθμός επιχειρήσεων, γεγονός που δημιουργεί συνθήκες υπερπροσφοράς αυξάνοντας τον ανταγωνισμό μεταξύ των εταιριών. Οι επιχειρήσεις του κλάδου δύναται να χωριστούν με βάση το μέγεθος της παραγωγής τους, σε αλευροβιομηχανίες μικρού και μεγάλου μεγέθους. Ο κύριος όγκος

παραγωγής προέρχεται από τις αλευροβιομηχανίες μεγάλου μεγέθους, οι οποίες εξαιτίας της μαζικής παραγωγής εκμεταλλεύονται οικονομίες κλίμακας, προσφέροντας τα προϊόντα τους σε ανταγωνιστικές τιμές. Ο κύριος όγκος της παραγωγής αυτής απορροφάται κυρίως από βιοτεχνίες αρτοποιίας και βιομηχανίες τροφίμων, με μέρος αυτής να διατίθεται προς πώληση σε καταστήματα λιανικής για οικιακή χρήση. Οι μικρού μεγέθους επιχειρήσεις, όπου ανήκει και η υπό μελέτη εταιρία, εξαιτίας του μεγέθους τους δραστηριοποιούνται κυρίως σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο. Αυτό διότι, οι μεγάλοι μεγέθους επιχειρήσεις διαθέτουν οργανωμένα δίκτυα διανομής με μόνιμους αντιπροσώπους, μέσω των οποίων διοχετεύουν τα προϊόντα τους σε μεγάλο μέρος της επικράτειας. Το πελατολόγιο που διαθέτει η υπό μελέτη εταιρία αφορά κυρίως βιοτεχνίες τροφίμων, αρτοποιία και καταστήματα λιανικής πώλησης, που εδρεύουν κατά κύριο λόγο στην περιοχή της Φθιώτιδας. Στην ίδια περιοχή δραστηριοποιούνται ακόμη πέντε επιχειρήσεις του ιδίου κλάδου, είτε μικρότερου είτε μεγαλύτερου μεγέθους, οι οποίες διεκδικούν μερίδιο της αγοράς, γεγονός που τις καθιστά τους κύριους ανταγωνιστές της εταιρίας. (Δεσπότης, 2024)

Συνοψίζοντας, προκύπτει ότι η υπό μελέτη εταιρία έρχεται αντιμέτωπη με σημαντικές προκλήσεις, οι οποίες πηγάζουν από την ευρύτερη κατάσταση που επικρατεί στον τομέα της αλευροβιομηχανίας, τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Οι προκλήσεις αυτές συνοψίζονται στην ανάγκη διατήρησης του υπάρχοντος πελατολογίου, σε ένα άκρως ανταγωνιστικό περιβάλλον, όπου αρκετές εταιρίες επιδιώκουν να αποσπάσουν μέρος αυτού.

1.3 Τρόπος προσέγγισης του προβλήματος

Ο κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η επίλυση του προβλήματος που αντιμετωπίζει η εταιρία με τον βέλτιστο τρόπο, αξιοποιώντας παράλληλα τις πιο αποδοτικές μεθόδους.

Το πρόβλημα της εταιρίας εντοπίζεται στην ανάγκη διασφάλισης της πελατειακής της βάσης σε ένα έντονα ανταγωνιστικό περιβάλλον. Ως εκ τούτου, κρίθηκε αναγκαία η εφαρμογή μεθόδων διαχείρισης αποθεμάτων, με στόχο την αύξηση ή τουλάχιστον διατήρηση των υφιστάμενων επιπέδων εξυπηρέτησης, εξασφαλίζοντας παράλληλα την ελάχιστη δέσμευση κεφαλαίων σε μη παραγωγικές καταστάσεις. Αυτό διότι, η εταιρία δεν διαθέτει κάποιο συγκεκριμένο τρόπο διαχείρισης των αποθεμάτων της, με τις αποφάσεις για τον χρόνο και τις ποσότητες παραγωγής των προϊόντων να λαμβάνονται με εμπειρικό τρόπο, γεγονός που δεν εγγυάται συνέπεια στην εξυπηρέτηση των πελατών. Έτσι, με την καλύτερη διαχείριση των αποθεμάτων η εταιρία θα διασφαλίσει σταθερά επίπεδα εξυπηρέτησης, γεγονός που θα την καταστήσει αξιόπιστη και ελκυστική λύση στην αγορά, ενώ παράλληλα αυτή θα δεσμεύει όσο το δυνατόν λιγότερα κεφάλαια για την επίτευξη αυτού του σκοπού, γεγονός που θα της παρέχει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι των υπολοίπων εταιριών του κλάδου. Ακόμη, μέσω του

εξορθολογισμού του τρόπου διαχείρισης των αποθεμάτων, η εταιρία θα εξοικονομήσει πολύτιμο χρόνο, καθώς πλέον οι αποφάσεις για τη διαχείριση των αποθεμάτων θα αυτοματοποιηθούν σε μεγάλο βαθμό. Έτσι, τα στελέχη της εταιρίας θα μπορούν να διαθέσουν περισσότερο χρόνο σε άλλες εργασίες, που υπό διαφορετικές συνθήκες θα παραμελούνταν, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση της εταιρίας και σε άλλους τομείς.

Ένα σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων έχει ως βασικό στόχο να συνδράμει στη διαδικασία λήψης αποφάσεων που σχετίζονται με τα προβλήματα που προκύπτουν και τις λειτουργίες που επιτελούνται σε μία εφοδιαστική αλυσίδα, δίνοντας την κατάλληλη απάντηση σε τουλάχιστον δύο βασικά ερωτήματα:

- Πότε πρέπει να πραγματοποιηθεί μία παραγγελία αναπλήρωσης μίας αναλωθείσας ποσότητας;
- Ποια είναι η ποσότητα που θα περιλαμβάνεται στην παραγγελία αναπλήρωσης;

Υπάρχουν διάφορες στρατηγικές αντιμετώπισης τέτοιων προβλημάτων. Αυτές δύναται να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες (Edward A. Silver, 2017), ανάλογα με τον τρόπο προσέγγισης του προβλήματος. Οι στρατηγικές αυτές είναι:

- Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου το οποίο θα λαμβάνει υπόψη περιορισμένο αριθμό παραμέτρων του υπό μελέτη συστήματος, με σκοπό τη βελτιστοποίηση ενός συγκεκριμένου μέτρου απόδοσης. Τα μοντέλα αυτά είναι ευέλικτα ως προς τον τρόπο επίλυσής τους, καθώς επιτρέπουν τη χρήση μίας πληθώρας μεθόδων προσέγγισης. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων μοντέλων αποτελούν τα μοντέλα οικονομικής ποσότητας παραγγελίας (Economic Order Quantity).
- Η ανάπτυξη ενός όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικού μοντέλου διαχείρισης, το οποίο θα ενσωματώνει πλήθος παραμέτρων και περιορισμών του εξεταζόμενου συστήματος. Η προσέγγιση αυτή δεν επικεντρώνεται στην εύρεση μίας βέλτιστης λύσης, αλλά στην αναζήτηση μιας λύσης που θα είναι κατά το δυνατόν αποδοτική. Παραδείγματα τέτοιων μεθόδων αποτελούν τα συστήματα προγραμματισμού αναγκών υλικών MRP (Material Requirement Planning).
- Η γενικότερη προσπάθεια μείωσης του διαθέσιμου αποθέματος, χωρίς απαραίτητα τη χρήση κάποιου συγκεκριμένου μαθηματικού μοντέλου που θα υποστηρίζει τις αποφάσεις. Συνήθως, αυτές οι στρατηγικές βασίζονται σε μία γενικότερη φιλοσοφία που εφαρμόζεται σε όλες τις πτυχές της εταιρίας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του είδους διαχείρισης αποθεμάτων αποτελούν τα συστήματα Just-in-Time.

Η παρούσα μελέτη διαχείρισης αποθεμάτων προσανατολίστηκε στη δημιουργία ενός μαθηματικού μοντέλου, στο οποίο θα βασιστεί το σύστημα διαχείρισης που θα αναπτυχθεί. Η

απόφαση αυτή στηρίχθηκε σε δύο βασικά χαρακτηριστικά που διαθέτει η στρατηγική αυτή, τα οποία της προσδίδουν συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι των υπολοίπων. Το πρώτο χαρακτηριστικό που καθιστά ελκυστική τη χρήση ενός μαθηματικού μοντέλου, είναι η ικανότητά του να προσαρμόζεται στις ιδιαίτερες ανάγκες του προβλήματος που εξετάζεται. Αυτό συμβαίνει διότι, η υπό μελέτη εταιρία έχει ανάγκη βελτίωσης στο πεδίο της εξυπηρέτησης πελατών, κάτι που ένα μαθηματικό μοντέλο μπορεί να επιτύχει σε ικανοποιητικό βαθμό, καθώς αυτό παρέχει τη δυνατότητα αξιοποίησης ποικίλων μέτρων απόδοσης στο συγκεκριμένο πεδίο, προτείνοντας παράλληλα βελτιστοποιημένες λύσεις για το κάθε μέτρο ξεχωριστά. Το δεύτερο χαρακτηριστικό αφορά τον τρόπο προσέγγισης του προβλήματος. Όταν εφαρμόζεται ένα σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων για πρώτη φορά σε μία εταιρία, αυτό συνίσταται να είναι σχετικά απλό, λαμβάνοντας υπόψη ένα περιορισμένο αριθμό παραμέτρων. Αυτό διότι, ο σκοπός ανάπτυξης του αρχικού συστήματος είναι διττός, καθώς αυτό καλείται αφενός να συμβάλλει στον μερικό εξορθολογισμό του τρόπου διαχείρισης των αποθεμάτων και αφετέρου να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την υπό μελέτη περίπτωση, συμβάλλοντας στην καλύτερη κατανόησή της. Έτσι, εξοικονομείται υπολογιστικός χρόνος, καθώς η ενδεχόμενη επέκταση της μελέτης με προσθήκη περισσότερων περιορισμών και πτυχών της υπό μελέτη εταιρίας, γίνεται πιο στοχευμένα και αποτελεσματικά (Edward A. Silver, 2017).

Παράλληλα με τις μεθόδους διαχείρισης αποθεμάτων, κρίθηκε αναγκαία και η ανάπτυξη μοντέλων προσομοίωσης των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στην εταιρία, με σκοπό αυτά να χρησιμοποιηθούν τόσο για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από την εφαρμογή των μεθόδων, όσο και για την εξαγωγή νέων. Επίσης, προκειμένου να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότερη εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης, η μελέτη διευρύνθηκε με στόχο την εύρεση ενός κατάλληλου τρόπου οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας. Η ανάγκη ανάπτυξης προσομοιωτικών μοντέλων και διεύρυνσης της μελέτης, με σκοπό την υποστήριξη του κύριου συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων, επιβάλλεται από την ύπαρξη πολλαπλών περιορισμών στην παραγωγική διαδικασία του υπό μελέτη συστήματος. Για λόγους οι οποίοι θα αναλυθούν εκτενέστερα σε επόμενα κεφάλαια, οι περιορισμοί αυτοί δημιουργήσαν δυσκολίες στην εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης, οι οποίες δεν ήταν δυνατόν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά από αυτό.

Συνοψίζοντας, η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων των προϊόντων της εταιρίας, το οποίο θα βασίζεται στη χρήση μαθηματικών μοντέλων. Το σύστημα αυτό θα συνδυάζει κλασικές μεθόδους διαχείρισης αποθεμάτων και προσομοιωτικά μοντέλα, ενώ αυτό θα συνοδεύεται από ένα σύστημα οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας, με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσής του.

Κεφάλαιο 2: Επιλογή προϊόντων

2.1 Εισαγωγή

Ο όρος απόθεμα αφορά τα αγαθά εκείνα τα οποία διατηρούνται σε αδράνεια για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα μέχρι τη χρήση τους (Μιχιώτης, 2007). Είναι συχνό φαινόμενο ο αριθμός των μεμονωμένων αντικειμένων των οποίων διατηρείται απόθεμα, ακόμη και σε μικρού μεγέθους επιχειρήσεις, να είναι μεγάλος. Τα αντικείμενα αυτά μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το μέγεθος, τη χρήση, τη ζήτηση, τον τρόπο αποθήκευσης, το χρόνο παράδοσης, τον χώρο αποθήκευσης κλπ. Στην παρούσα μελέτη στόχος είναι η καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών, με αυτή να εστιάζεται στη μελέτη των παραγόμενων ή εμπορευόμενων προϊόντων της εταιρίας. Υπό ιδανικές συνθήκες θα ήταν ευπρόσδεκτη μία μελέτη που θα αφορούσε το σύνολο των προϊόντων μίας εταιρίας ξεχωριστά, με σκοπό την ανάπτυξη του βέλτιστου τρόπου διαχείρισης κατά περίπτωση, σχεδιάζοντας έτσι το πλέον αποδοτικό σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων. Όμως κάτι τέτοιο είναι μη ρεαλιστικό, καθώς η επιτυχής ανάπτυξη και εφαρμογή ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων προϋποθέτει εκτενή μελέτη των χαρακτηριστικών των προϊόντων, διαδικασία που περιλαμβάνει συλλογή και ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων. Ως εκ τούτου, κρίνεται αναγκαία η επιλογή των προϊόντων που θα αφορούν το σύστημα διαχείρισης.

Για να προσδιοριστούν τα προϊόντα, που θα αφορά η μελέτη, απαιτείται η χρήση ενός συστήματος διάκρισής τους. Στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται διάφορες μέθοδοι που στοχεύουν στην κατηγοριοποίηση των προϊόντων, με σκοπό να δίνεται προτεραιότητα στα αποθέματα των σημαντικότερων από αυτά, βελτιστοποιώντας έτσι τον τρόπο κατανομής του χρόνου που απαιτείται για τη διαχείριση των αποθεμάτων. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος κατηγοριοποίησης των προϊόντων είναι η ανάλυση ABC. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ως κύριο στοιχείο διάκρισης η αξία των πωληθέντων προϊόντων. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για τη συγκεκριμένη μελέτη, καθώς αυτή προσανατολίζεται σε αποθέματα τελικών προϊόντων ή προϊόντων στα τελευταία στάδια παραγωγής, όπου σημαντικότερο ρόλο διαδραματίζει η αξία αυτών, και κατά συνέπεια, το κεφάλαιο που δεσμεύεται στα αποθέματά τους.

2.2 Ανάλυση ABC

Η ανάλυση ABC είναι μία διαδικασία που βασίζεται στην Αρχή του Pareto για την ταξινόμηση των προϊόντων. Στην πιο συνηθισμένη εκδοχή της, η ταξινόμηση των προϊόντων γίνεται σε τρεις κατηγορίες, με τον βαθμό παρακολούθησης και ελέγχου των αποθεμάτων του καθενός να διαφοροποιείται ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει. Ταυτόχρονα, ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η κατηγοριοποίηση των προϊόντων βασίζεται στην ετήσια αξία των πωλήσεων τους. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας:

- **Κατηγορία A:** Τα προϊόντα που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία θεωρούνται τα πιο σημαντικά για μία εταιρία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να πραγματοποιείται συνεχής έλεγχος των αποθεμάτων τους, με εξατομικευμένες προσεγγίσεις για το καθένα, ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Τα προϊόντα που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία αντιστοιχούν συνήθως στο 5-10% των προϊόντων μίας επιχείρησης, με τον αριθμό αυτό πολλές φορές να φτάνει και το 20% (Rosas, 2018). Κατά συνέπεια, η αξία των προϊόντων που ανήκουν στην κατηγορία αυτή κυμαίνεται συνήθως από 50-80% των ετήσιων εσόδων μιας εταιρίας.
- **Κατηγορία B:** Τα προϊόντα που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία θεωρούνται σημαντικά για μία εταιρία, αλλά όχι στον ίδιο βαθμό με αυτά που ανήκουν στην A κατηγορία. Αντίστοιχα, ο βαθμός ελέγχου των αποθεμάτων τους είναι λιγότερο σχολαστικός. Τα προϊόντα που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία συνήθως αντιστοιχούν στο 30% του συνόλου των προϊόντων μίας επιχείρησης, με την αξία τους να βρίσκεται συνήθως στο 15% των ετήσιων εσόδων.
- **Κατηγορία Γ:** Τα προϊόντα που ανήκουν στην κατηγορία C χαρακτηρίζονται ως τα λιγότερο σημαντικά προϊόντα μίας επιχείρησης. Ως εκ τούτου, για τη διαχείριση των συγκεκριμένων προϊόντων προτείνεται η χρήση απλοϊκών μεθόδων, διατηρώντας έτσι το σύστημα διαχείρισής τους όσο πιο απλό γίνεται (Edward A. Silver, 2017). Η συγκεκριμένη κατηγορία είναι η πιο πολυπληθής, καθώς περιλαμβάνει περίπου το 50% των προϊόντων μίας εταιρίας, με την αξία αυτών να αντιστοιχεί μόλις στο 5% των ετήσιων εσόδων της.

2.3 Εφαρμογή ανάλυσης ABC

Αρχικά, για την εφαρμογή της ανάλυσης ABC στην υπό μελέτη επιχείρηση απαιτείται ο καθορισμός του σταδίου της παραγωγικής διαδικασίας στο οποίο αυτή θα διεξαχθεί, ώστε να καθοριστεί η μορφή και ο αριθμός των διαθέσιμων προϊόντων. Αυτό συμβαίνει διότι η επιχείρηση που μελετάται είναι μία παραγωγική μονάδα, όπου αποθέματα διατηρούνται σε διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, με σημαντικές αλλαγές στη μορφή τους από στάδιο σε στάδιο.

Τα στάδια παραγωγής στα οποία διατηρούνται σημαντικά αποθέματα είναι τρία, και αφορούν το στάδιο παραλαβής των πρώτων υλών, το στάδιο της άλεσης και το στάδιο της ενσάκισης. Σχετικά με το στάδιο παραλαβής, εκεί διατηρούνται σημαντικά αποθέματα πρώτων υλών. Ωστόσο, μια μελέτη στα αποθέματα αυτού του σταδίου κρίθηκε μη αποδοτική, καθώς οι δυνατότητες λήψης αποφάσεων σχετικά με τον χρόνο και την ποσότητα παραγγελίας είναι περιορισμένες, γεγονός που ελαχιστοποιεί τα οφέλη που θα αποκόμιζε η εταιρία από αυτή. Αυτό διότι, ως επί το πλείστον, η αγορά των πρώτων υλών πραγματοποιείται σε μεγάλες ποσότητες,

κατά την περίοδο της συγκομιδής στις αρχές του καλοκαιριού, οι οποίες είναι ικανές να ικανοποιήσουν τις ανάγκες της επιχείρησης για το μεγαλύτερο μέρος του έτους.

Έπειτα από την απόρριψη του σταδίου παραλαβής, τα υποψήφια στάδια παραγωγής περιορίζονται σε αυτά της άλεσης και της ενσάκισης. Από αυτά, το στάδιο της άλεσης θεωρήθηκε ότι είναι το καταλληλότερο για τη διεξαγωγή μίας μελέτης διαχείρισης αποθεμάτων. Ο κύριος λόγος που απορρίφθηκε το στάδιο της ενσάκισης είναι το κόστος αποθέματος, το οποίο αυξάνεται με την αύξηση του μέσου διατηρούμενου αποθέματος. Σε αυτό το στάδιο, όπως έχει ήδη αναφερθεί, υπάρχουν πολλαπλά προϊόντα σε διάφορες συσκευασίες, με ένα μεγάλο μέρος αυτών να αποτελείται από άλευρα που είτε έχουν προέλθει από την άλεση σκληρού είτε από την άλεση μαλακού σίτου. Μία μελέτη αποθεμάτων που θα εστίαζε στις συσκευασμένες ποσότητες σκληρού και μαλακού αλευριού θα είχε ως αποτέλεσμα τη διατήρηση ιδιαίτερα υψηλών αποθεμάτων και για τα δύο προϊόντα, λόγω της αβεβαιότητας στη ζήτηση για τις πέντε διαφορετικές συσκευασίες που προσφέρονται ξεχωριστά για το κάθε προϊόν. Αντιθέτως, η επιχείρηση μπορεί να επωφεληθεί από τη συγκεντρωτική θεώρηση που προσφέρεται στο στάδιο της άλεσης, όπου οι ποσότητες από αλεύρι (μαλακό ή σκληρό) βρίσκονται σε χύδην μορφή. Μέσω αυτής της θεώρησης μειώνεται η αβεβαιότητα της ζήτησης, καθώς πλέον αυτή αθροίζεται και γίνεται ζήτηση μαλακού ή σκληρού αλευριού, μειώνοντας κατά συνέπεια και το συνολικό διατηρούμενο απόθεμα ανά προϊόν. Όσον αφορά τα υπόλοιπα προϊόντα, για αυτά δεν υπάρχει η δυνατότητα διατήρησης αποθέματός τους σε χύδην μορφή. Ως εκ τούτου, η ανάλυση ABC αφορά τις συσκευασμένες ποσότητές τους.

Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα του έτους 2022. Τα δεδομένα αυτά αφορούν την ετήσια ζήτηση (D) και την τιμή πώλησης (v) του κάθε προϊόντος. Στην τιμή πώλησης δεν περιλαμβάνονται τα έξοδα διανομής, τα οποία ανάλογα την περίπτωση διαφέρουν μεταξύ τους, ενώ η κατηγοριοποίησή τους βασίστηκε στο ποσοστό των πωλήσεών τους. Έτσι, στην κατηγορία A αντιστοιχούν τα προϊόντα με τις μεγαλύτερες πωλήσεις, που αθροιστικά αποτελούν το 80% των ετήσιων πωλήσεων, στην κατηγορία B τα προϊόντα με αξία πωλήσεων 15% και στην κατηγορία C τα προϊόντα η αξία των οποίων αποτελεί το υπόλοιπο 5%. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα προϊόντα της εταιρίας μαζί με τα αποτελέσματα της ανάλυσης, ενώ στο παράρτημα A παρατίθενται πίνακας με τους αναλυτικούς υπολογισμούς.

Πίνακας 2: Συνοπτικά αποτελέσματα της ανάλυσης ABC για τα δεδομένα του έτους 2022.

α/α	Προϊόντα	$D_i \cdot v_i$ σε €	Αθροιστικό ποσοστό επί του συνόλου των ετήσιων πωλήσεων	Κατηγορία
1	ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ	615.749,7	0,5096	A
2	ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ	234.155,25	0,7034	
3	ΠΙΤΥΡΑ 30KG	134.568	0,8148	
4	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ 25KG	53.203,5	0,8588	B
5	ΣΟΓΙΑ 40KG	29.313,17	0,8830	
6	ΒΗΤΤΕΣ 35KG	28.030,8	0,9062	
7	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΑΛΕΣΜΕΝΟ 25KG	24.289,38	0,9263	
8	ΚΡΙΘΑΡΙ 25KG	20.738,25	0,9435	
9	ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ ΔΥΝΑΤΟ 25KG	19.492,55	0,9596	C
10	ΣΙΜΙΓΔΑΛΙ 25KG	7.824	0,9661	
11	ΑΛΕΥΡΙ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ 25KG	6.980	0,9719	
12	ΠΛΙΓΟΥΡΙ 25KG	6.315,2	0,9771	
13	ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ ΔΥΝΑΤΟ 50KG	6.275,5	0,9823	
14	ΑΛΕΥΡΙ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ 5KG	6.072,1	0,9873	
15	ΑΛΕΥΡΙ ΤΥΠΟΥ SUPER 50KG	5.046	0,9915	
16	ΑΛΕΥΡΙ από ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ 25KG	4.639,6	0,9954	
17	ΑΛΕΥΡΙ ΤΥΠΟΥ SUPER 25KG	2.501,25	0,9974	
18	ΣΙΤΑΡΙ 25KG	1.306,4	0,9985	
19	ΑΛΕΥΡΙ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ 50KG	680	0,9991	
20	ΑΜΥΛΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ 25KG	572,6	0,9995	
21	ΑΛΕΥΡΙ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ 10KG	311,6	0,9998	
22	ΑΛΕΥΡΙ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ 15KG	240	1	

Έτσι, από την ανάλυση ABC προκύπτει ότι τα πιο κρίσιμα προϊόντα της εταιρίας είναι τρία και αποτελούνται από τα προϊόντα «αλεύρι σκληρό σε χύδη μορφή», «αλεύρι μαλακό σε χύδη μορφή» και «πίτυρα σε συσκευασίες των 30 κιλών».

Κεφάλαιο 3: Στατιστική ανάλυση στοιχείων ζήτησης

3.1 Παρελθοντικά στοιχεία ζήτησης

Ένα από τα βασικά ζητήματα μίας μελέτης διαχείρισης αποθεμάτων, το οποίο καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξη της διαδικασίας, είναι η εύρεση της διαχρονικής συμπεριφοράς της ζήτησης των προϊόντων που εξετάζονται. Αυτή μπορεί να έχει δύο μορφές και να είναι είτε καθοριστική είτε στοχαστική. Όταν η ζήτηση ενός προϊόντος είναι καθοριστική, η μελλοντική της συμπεριφορά δύναται να προβλεφθεί με σχετική ακρίβεια, χρησιμοποιώντας έγκυρες και αξιόπιστες μεθόδους πρόβλεψης. Αντίθετα, η ζήτηση θεωρείται στοχαστική όταν η μελλοντική της συμπεριφορά δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια, με αυτή να ορίζεται ως μία τυχαία μεταβλητή και όχι ως μια γνωστή σταθερά (Μιχιώτης, 2007).

Με σκοπό την εύρεση της συμπεριφοράς της ζήτησης των προϊόντων, πραγματοποιήθηκε συλλογή και ανάλυση παρελθοντικών στοιχείων ζήτησης. Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα δεδομένα της ζήτησης των τριών πιο σημαντικών προϊόντων της εταιρίας, όπως αυτά προέκυψαν από την ανάλυση ABC. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν δόθηκαν από την εταιρία και αφορούν τη διετία 2021-2022 (52 εβδομάδες ανά έτος, από 6 ημέρες η καθεμία) και απεικονίζουν την ημερήσια ζήτηση των προϊόντων σε κιλά.

Πίνακας 3: Παρελθοντικά στοιχεία ημερήσιας ζήτησης των σημαντικότερων προϊόντων της εταιρίας για τη διετία 2021-2022.

Ημερήσια ζήτηση σημαντικότερων προϊόντων σε [kg]						
α/α	ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ		ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ		ΠΙΤΥΡΑ 30ΚG	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
1	0	7.025	0	300	0	450
2	0	1.440	0	205	0	2.910
3	1.620	1.395	685	350	3.750	3.330
4	3.600	2.365	2.115	850	2.670	2.880
5	0	0	0	0	0	0
6	4.890	725	960	290	2.100	810
7	5.575	0	125	15	1.590	90
8	5.270	4.000	5.560	700	2.310	2.700
9	175	2.645	125	680	1.680	3.540
10	3.100	1.575	325	1.325	6.060	1.200
11	3.370	4.980	595	4.020	2.610	2.430
12	10.805	200	1.200	225	4.560	690
13	2.640	1.275	335	175	1.800	1.140
14	0	385	0	205	780	1.710
15	90	5.975	105	2.995	2.100	1.320
16	1.710	5	1.320	0	2.700	930

17	1.530	3.410	605	785	2.250	4.380
18	4.635	250	865	145	2.460	1.770
19	6.010	2.350	2.625	150	5.400	690
20	1.075	625	955	5.000	810	450
21	545	2.720	290	995	3.300	4.050
22	3.185	6.115	435	165	1.860	1.260
23	8.675	3.620	505	705	2.550	2.340
24	2.290	205	900	155	3.060	1.800
25	2.665	8.595	500	2.860	6.480	2.490
26	650	395	100	1.255	1.680	1.230
27	1.110	7.390	40	1.900	0	960
28	3.225	50	300	0	2.130	1.200
29	3.925	3.180	2.555	1.025	3.630	3.630
30	3.525	540	670	130	4.680	60
31	2.000	185	200	885	2.310	990
32	4.330	65	4.860	10	2.220	2.250
33	3.550	3.450	550	375	2.850	2.110
34	3.070	1.590	85	1.135	1.920	9.810
35	2.305	4.405	585	1.235	1.080	2.550
36	5.640	690	1.830	35	6.180	900
37	9.390	1.840	865	25	2.820	300
38	630	115	50	30	1.590	210
39	1.970	5.230	2.175	2.460	510	2.130
40	1.790	430	350	50	1.110	0
41	2.125	3.365	465	890	3.360	3.150
42	3.805	2.330	765	3.045	3.150	5.490
43	3.050	80	1.770	0	2.955	1.770
44	1.775	7.540	150	580	2.400	2.940
45	75	2.955	35	1.065	2.880	1.650
46	3.160	1.060	420	190	930	300
47	4.435	3.930	2.820	1.410	7.290	3.765
48	5.710	1.870	1.505	735	2.280	4.020
49	3.245	6.045	470	5.775	1.050	1.890
50	10	3.070	0	300	750	2.340
51	0	10.145	0	1.690	930	1.890
52	3.560	890	2.050	530	2.160	920
53	2.590	7.620	855	3.180	5.610	3.630
54	4.490	7.705	1.585	140	7.020	2.550
55	2.430	160	680	20	1.260	2.210
56	1.900	4.900	250	3.850	4.440	1.050
57	5	2.305	0	605	1.950	2.780

58	9.060	1.355	860	3.360	3.750	480
59	11.640	5.510	3.560	2.400	2.550	4.490
60	2.695	1.150	475	1.530	3.750	3.870
61	5.685	7.435	4.220	740	2.670	2.130
62	570	840	10	25	870	5.370
63	0	7.430	0	1.515	0	1.880
64	1.760	4.420	610	6.065	5.880	3.570
65	985	5.915	350	1.820	4.740	3.690
66	5.405	1.075	1.060	235	1.830	3.370
67	2.465	8.365	150	2.195	3.000	7.050
68	0	2.295	0	2.575	90	1.170
69	1.520	10.130	300	800	7.020	510
70	5.085	6.880	2.065	2.630	90	6.240
71	2.465	295	720	75	6.540	3.560
72	0	0	0	0	0	0
73	7.005	2.250	4.140	1.150	3.930	990
74	450	3.500	250	5.995	690	3.120
75	6.055	6.050	625	1.185	1.770	2.310
76	5.150	8.495	575	2.915	2.940	6.720
77	3.165	4.685	1.165	1.485	2.850	3.000
78	4.045	3.675	1.755	525	3.300	1.770
79	2.275	3.725	610	2.445	2.370	5.310
80	4.335	1.665	1.815	950	1.620	5.520
81	685	2.470	310	815	1.050	1.470
82	8.000	5.555	750	6.955	2.010	1.140
83	965	4.110	275	1.415	4.170	4.710
84	5.000	4.650	1.695	975	4.140	2.700
85	2.525	30	400	0	1.530	780
86	4.050	440	5.295	1.720	2.670	1.470
87	250	4.530	100	640	1.290	1.980
88	6.400	105	560	90	1.500	510
89	425	5.490	425	2.635	5.700	4.080
90	4.530	6.050	1.770	50	5.160	2.760
91	3.000	1.415	515	375	930	1.530
92	875	2.050	420	1.550	2.340	5.220
93	7.770	1.855	2.320	560	2.640	960
94	2.750	3.605	820	525	4.200	4.080
95	2.045	250	1.235	425	2.610	1.980
96	6.085	0	2.620	25	2.310	0
97	3.725	15	610	30	990	0
98	3.610	1.475	3.205	0	1.620	0

99	1.050	2.825	200	55	2.490	780
100	7.675	570	1.640	195	1.800	3.240
101	2.265	2.050	760	1.165	4.530	2.160
102	4.360	2.325	355	3.665	330	3.660
103	0	1.500	0	0	90	270
104	0	0	0	0	30	0
105	0	1.770	0	1.180	0	2.970
106	1.250	780	125	0	300	1.860
107	2.200	2.200	550	635	3.300	2.580
108	2.920	1.830	535	1.575	7.230	3.000
109	10.365	720	640	150	330	390
110	0	1.300	0	200	600	820
111	1.775	5.100	1.325	2.425	210	2.100
112	2.025	1.050	725	45	2.730	300
113	1.530	3.200	370	400	630	3.090
114	2.935	3.325	815	370	2.790	1.440
115	2.135	15	285	15	1.380	630
116	5.085	1.395	1.535	635	0	635
117	1.900	2.150	475	0	1.350	750
118	2.695	1.200	2.970	25	1.860	510
119	1.420	2.455	245	850	1.770	2.940
120	2.645	600	1.180	30	5.970	960
121	3.950	1.195	700	995	2.550	2.940
122	0	1.355	35	970	90	1.590
123	690	2.515	60	1.500	2.490	1.290
124	7.095	350	1.625	175	1.500	1.650
125	1.215	7.315	175	700	1.170	2.220
126	2.455	900	485	25	1.020	300
127	6.295	250	3.235	0	1.590	900
128	1.415	1.545	150	1.125	2.520	0
129	2.655	4.415	440	225	1.680	1.800
130	5.325	150	50	125	1.140	0
131	4.015	5.695	325	3.720	810	4.530
132	3.370	75	915	0	1.650	90
133	4.505	825	350	125	310	360
134	1.375	1.825	2.480	1.040	30	690
135	1.925	1.875	910	75	1.890	2.100
136	6.165	175	815	25	810	930
137	2.125	3.885	350	1.930	1.290	4.680
138	3.470	95	650	70	1.830	450
139	5.335	150	405	0	0	480

140	250	4.555	0	2.655	930	1.260
141	500	6.275	615	400	60	750
142	5.155	735	1.395	655	810	900
143	2.700	3.230	1.065	450	570	3.150
144	2.990	2.280	1.130	230	2.280	1.980
145	5.665	150	3.135	15	2.130	840
146	600	0	845	0	330	330
147	0	1.810	0	1.675	0	900
148	6.655	1.595	425	380	1.050	3.540
149	2.930	3.875	900	975	2.940	1.710
150	2.805	110	595	100	3.090	30
151	4.500	6.000	1.440	330	3.600	630
152	230	140	0	0	240	180
153	7.125	6.500	3.600	970	1.440	1.200
154	6.115	1.015	905	530	3.390	390
155	2.025	2.180	450	1.200	1.980	2.310
156	2.225	3.860	845	2.290	3.900	4.560
157	2.425	1.880	325	3.200	840	90
158	1.305	1.635	395	245	1.560	390
159	250	1.320	50	125	390	30
160	4.675	275	645	25	960	600
161	2.095	2.200	1.015	595	1.050	2.730
162	3.560	390	345	45	2.250	90
163	4.270	125	560	150	2.430	660
164	175	2.090	2.125	755	0	600
165	955	4.375	140	0	2.010	870
166	2.600	3.320	525	2.020	780	3.840
167	3.055	2.980	425	1.350	1.590	3.540
168	2.180	8.130	570	505	3.480	1.920
169	8.960	2.000	630	0	450	1.110
170	3.610	1.300	3.010	0	660	900
171	2.415	2.325	550	700	300	2.400
172	5.465	1.790	115	1.690	930	540
173	2.555	2.545	1.410	700	1.620	2.400
174	3.180	175	960	0	3.090	420
175	7.850	575	215	5	0	810
176	1.450	1.065	725	0	2.880	1.350
177	775	3.645	275	175	900	450
178	3.375	1.540	150	1.605	300	1.320
179	3.335	2.875	2.055	1.590	810	2.580
180	5.160	2.900	820	2.640	1.860	1.890

181	2.550	465	200	565	1.050	480
182	4.030	2.450	2.035	1.375	960	600
183	200	5.240	0	1.210	1.110	1.260
184	4.920	1.725	475	765	2.070	2.190
185	1.930	3.645	790	905	450	3.120
186	5.390	500	2.750	300	7.140	1.350
187	30	40	10	30	180	450
188	1.570	1.700	170	875	330	180
189	3.115	4.175	310	415	570	0
190	3.550	2.345	175	20	3.000	570
191	2.430	7.540	1.075	990	1.710	2.730
192	6.815	80	1.030	385	1.980	3.600
193	2.800	0	875	0	1.050	390
194	500	2.875	0	2.225	240	1.140
195	6.215	4.885	890	1.352	2.550	1.650
196	11.845	2.940	2.890	2.985	750	2.010
197	2.575	2.580	1.475	1.175	1.950	2.790
198	2.825	1.575	955	50	2.280	1.110
199	3.740	3.025	530	1.910	90	2.100
200	3.835	775	3.200	0	1.920	1.650
201	60	6.580	60	480	150	660
202	5.130	2.695	2.215	465	990	0
203	2.455	2.600	835	1.485	1.770	2.730
204	3.870	2.540	1.860	3.745	1.710	1.860
205	3.200	200	655	0	1.920	0
206	8.660	85	50	50	690	2.100
207	1.375	3.065	875	425	300	1.920
208	5.300	825	775	1.930	810	90
209	8.850	2.665	4.110	1.500	1.470	2.130
210	4.545	3.020	1.200	225	1.230	1.890
211	4.100	10	1.370	0	1.230	660
212	25	1.000	25	450	390	2.340
213	4.390	10.225	2.745	1.630	600	570
214	2.290	1.100	330	890	660	1.140
215	5.740	3.125	965	1.125	1.140	2.850
216	3.970	5.070	900	3.775	1.020	780
217	2.720	480	325	25	510	720
218	1.560	1.505	1.000	355	690	1.650
219	760	3.780	445	1.650	330	1.920
220	6.700	3.940	1.005	745	3.120	1.020
221	5.730	2.935	710	1.145	900	2.160

222	3.460	940	1.320	640	4.020	150
223	9.865	75	640	50	1.830	780
224	3.565	125	3.345	0	1.860	210
225	2.640	7.010	1.550	610	1.890	720
226	3.560	30	325	5	300	510
227	2.115	4.205	800	2.245	300	4.110
228	4.845	4.230	1.645	3.525	2.310	1.350
229	4.895	7.105	785	1.690	2.910	1.740
230	7.535	2.225	3.670	1.400	3.450	3.570
231	125	1.790	125	175	210	1.290
232	8.510	60	845	20	960	330
233	1.885	4.730	305	3.330	390	2.820
234	4.670	100	1.610	0	4.620	90
235	3.300	275	705	2.040	1.200	30
236	440	1.620	930	100	0	1.770
237	6.340	3.465	40	355	1.920	750
238	2.075	4.990	150	4.045	1.200	1.290
239	3.020	4.175	385	1.845	960	1.590
240	7.040	680	2.015	515	3.240	990
241	3.825	130	625	75	0	90
242	290	105	25	80	60	2.220
243	800	1.820	0	195	2.130	1.590
244	5.475	20	1.175	20	1.470	90
245	2.435	2.805	540	1.165	1.530	2.250
246	3.225	655	3.335	280	2.280	4.590
247	3.785	10.175	395	750	0	1.290
248	140	1.380	125	800	1.620	2.070
249	4.595	4.205	3.635	200	4.020	120
250	4.050	1.110	125	2.180	600	780
251	2.570	5.970	445	5.110	270	4.200
252	2.135	40	1.110	40	2.250	720
253	9.440	0	1.295	0	1.110	720
254	6.000	3.015	3.000	0	1.440	3.840
255	20	3.040	0	925	1.080	2.130
256	5.520	2.870	825	2.435	2.550	2.160
257	2.630	950	700	625	870	360
258	0	0	0	0	0	0
259	5.265	940	980	175	2.400	1.800
260	0	500	0	100	300	1.140
261	10.530	5.170	1.300	1.395	1.050	900
262	2.800	5.275	1.110	4.485	1.380	1.560

263	3.075	4.675	530	2.450	1.620	3.390
264	5.660	290	1.915	50	2.700	510
265	3.690	1.205	600	1.280	2.370	2.610
266	105	30	120	20	0	1.530
267	0	1.875	0	1.495	660	1.290
268	8.420	8.840	975	705	300	2.820
269	2.955	2.585	545	370	3.540	2.250
270	2.890	450	795	785	2.100	2.250
271	681	0	500	0	570	190
272	365	700	2.620	225	0	350
273	20	2.525	20	175	30	1.990
274	0	520	0	40	600	1.170
275	505	3.840	275	1.060	390	2.750
276	3.025	5	850	35	1.050	120
277	25	3.965	20	5.365	420	2.250
278	2.485	0	465	0	960	300
279	2.660	1.415	1.180	365	840	1.560
280	3.425	190	4.185	200	2.340	0
281	0	3.235	0	830	930	2.030
282	1.225	3.400	1.500	1.450	2.580	4.710
283	8.370	440	700	1.265	1.020	60
284	5.460	3.665	5	2.745	2.730	2.040
285	995	4.865	2.975	435	780	2.490
286	6.820	1.430	5.225	2.325	3.090	2.250
287	1.625	2.515	65	880	1.500	1.530
288	4.080	7.340	1.265	470	3.030	780
289	75	1.275	50	625	480	590
290	2.765	20	495	835	510	960
291	800	1.665	50	1.920	780	1.020
292	4.840	40	1.205	20	1.110	1.260
293	430	4.810	165	1.825	1.950	5.430
294	5.440	255	2.970	205	2.610	2.320
295	530	1.000	125	0	690	300
296	6.745	1.845	300	4.300	450	2.700
297	300	4.955	0	250	420	1.260
298	7.100	2.450	5.670	1.155	2.370	1.850
299	185	5.110	185	2.565	585	2.020
300	3.450	1.670	1.605	1.245	3.090	3.300
301	90	175	60	15	30	1.640
302	2.825	1.320	1.390	720	360	570
303	325	2.335	235	2.080	360	1.650

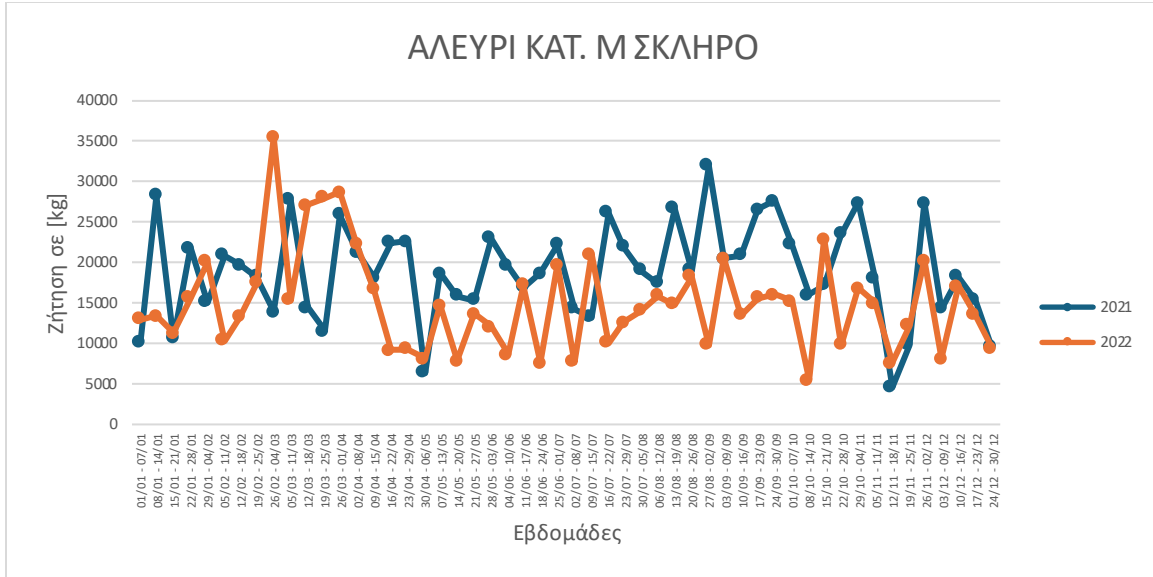
304	6.335	1.250	1.990	1.275	1.560	600
305	1.460	8.430	695	1.905	3.300	5.790
306	4.396	0	2.040	0	5.430	840
307	25	3.910	0	3.300	660	2.160
308	0	0	0	0	0	0
309	120	1.230	620	455	0	1.530
310	5.515	155	3.155	50	1.290	3.900
311	3.260	3.995	1.555	1.300	2.700	11.850
312	690	170	545	1.225	3.930	870
Σύνολο σε [kg]	989.162	779.430	299.730	312.207	566.890	560.700

3.2 Έλεγχος κατανομής

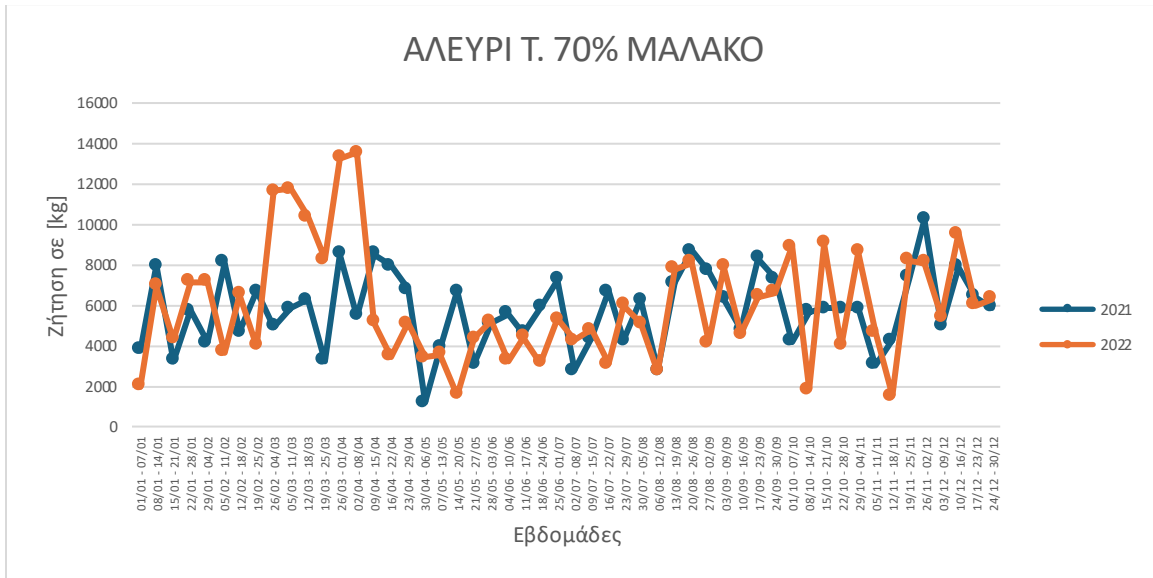
3.2.1 Πρωταρχική ανάλυση δεδομένων

Η συλλογή παρελθοντικών στοιχείων ζήτησης αποτελεί το πρώτο βήμα για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων σχετικά με τη συμπεριφορά της ζήτησης του κάθε προϊόντος, με το δεύτερο και βασικότερο βήμα να αφορά τη σωστή ανάλυση των δεδομένων αυτών. Στην παρούσα εργασία η ανάλυση θα πραγματοποιηθεί σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο θα πραγματοποιηθεί μια πρωταρχική ανάλυση των δεδομένων, με σκοπό την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων σχετικά με τα δείγματα ζήτησης των προϊόντων. Στο δεύτερο στάδιο θα γίνει ο υπολογισμός των βασικών στατιστικών στοιχείων ενός δείγματος και εκτίμηση της κατανομής που είναι πιο πιθανό να περιγράψει τη ζήτηση του καθενός. Τέλος, θα πραγματοποιηθεί έλεγχος προσαρμογής στις εκτιμώμενες κατανομές, με σκοπό να προσδιοριστεί αυτή που αποδίδει καλύτερα τη συμπεριφορά του κάθε προϊόντος. Στην παρούσα ενότητα πραγματοποιείται η πρωταρχική επεξεργασία των δεδομένων.

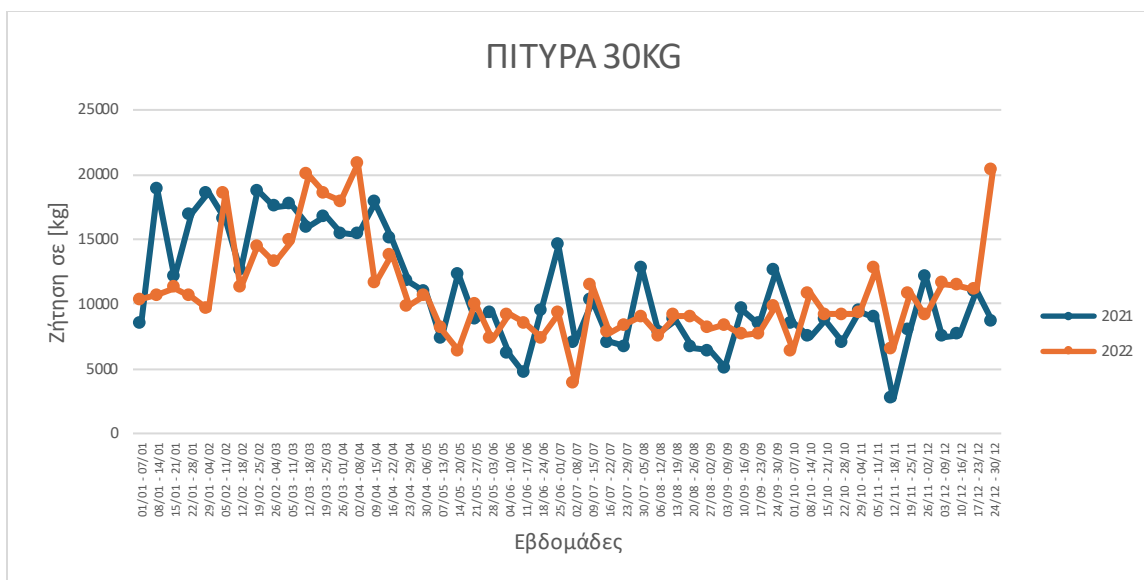
Αρχικά, πραγματοποιείται μία σύντομη επεξεργασία των δεδομένων με σκοπό την ανίχνευση διαφόρων τάσεων ή ειδικών συμπεριφορών, οι οποίες ενδέχεται να επηρεάσουν τα επερχόμενα στάδια της ανάλυσης. Έτσι, αθροίστηκαν με κατάλληλο τρόπο τα δεδομένα ζήτησης των προϊόντων ανά εβδομάδα και δημιουργήθηκαν τρία γραφήματα, όπου αυτή απεικονίζεται. Στο παράρτημα Β1 παρατίθενται αναλυτικά τα δεδομένα εβδομαδιαίας ζήτησης στα οποία βασίστηκε η κατασκευή των διαγραμμάτων.



Εικόνα 2: Διάγραμμα εβδομαδιαίων τιμών ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» για τα έτη 2021-2022.



Εικόνα 3: Διάγραμμα εβδομαδιαίων τιμών ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι μαλακό» για τα έτη 2021-2022.



Εικόνα 4: Διάγραμμα εβδομαδιαίων τιμών ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» για τα έτη 2021-2022.

Παρατηρώντας τα γραφήματα των εικόνων 2 έως 4 και σε συνδυασμό με πληροφορίες που δόθηκαν από τα στελέχη της εταιρίας σχετικά με τη γενικότερη συμπεριφορά των τριών προϊόντων, προέκυψαν συγκεκριμένα συμπεράσματα.

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία του πίνακα 3 για το προϊόν «σκληρό αλεύρι», η συνολική του ζήτηση παρουσίασε μείωση το έτος 2022, συγκριτικά με το 2021. Όμως, όπως φαίνεται στο γράφημα της εικόνας 2, από τα τέλη Φεβρουαρίου έως τις αρχές Απριλίου του 2022, η ζήτηση του προϊόντος πλησιάζει τα αντίστοιχα επίπεδα της περιόδου του προηγούμενου έτους, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις τα ξεπερνά, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με τη γενικότερη πτωτική τάση που παρατηρείται στο σύνολο του 2022. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και για τη ζήτηση του προϊόντος «αλεύρι μαλακό». Η συνολική ζήτηση του συγκεκριμένου προϊόντος, σε αντίθεση με αυτή του σκληρού, δεν παρουσίασε κάποια ιδιαίτερη αλλαγή από το έτος 2021 στο 2022, με εξαίρεση την περίοδο από τα τέλη Φεβρουαρίου μέχρι τις αρχές Απριλίου του 2022, όπου αυτή παρουσιάζει ραγδαία αύξηση. Σύμφωνα με τα στελέχη της εταιρίας, η απότομη αύξηση της ζήτησης των προϊόντων οφείλεται στην έναρξη της πολεμικής σύρραξης μεταξύ Ουκρανίας και Ρωσίας (24 Φεβρουαρίου 2022). Όπως έχει παρατηρηθεί και στο παρελθόν, σε περιόδους αβεβαιότητας εμφανίζεται σημαντική αύξηση της ζήτησης των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό». Το γεγονός αυτό καθιστά τα δεδομένα των προϊόντων αυτών προβληματικά, καθώς μία μελέτη διαχείρισης αποθεμάτων διεξάγεται για συνθήκες ομαλούς λειτουργίας της εταιρίας, όπου δεν εξετάζεται το αντίκτυπο που έχουν οι διάφοροι εξωτερικοί παράγοντες ή τα γεγονότα, που μπορεί να συντελούνται στην εκάστοτε χρονική περίοδο. Έτσι, κρίθηκε σκόπιμο οι τιμές των προϊόντων που αντιστοιχούν στις εβδομάδες υψηλής ζήτησης να εξαιρεθούν από την στατιστική ανάλυση, με στόχο αυτές να μην επηρεάσουν τα αποτελέσματά

της. Οι τιμές αυτές αφορούν την περίοδο από 26/2/2022 έως και 8/4/2022 για τα δεδομένα εβδομαδιαίας ζήτησης, ενώ στα δεδομένα ημερήσιας ζήτησης η περίοδος αυτή αντιστοιχεί στις τιμές 49 έως και 84 του 2022.

Όσον αφορά το προϊόν «πίτυρα», από την ανάλυση των συνολικών του στοιχείων ζήτησης δε φαίνεται να παρουσιάζεται κάποια αξιοσημείωτη μεταβολή μεταξύ των ετών 2021 και 2022. Επίσης, η ζήτησή του δε φαίνεται να επηρεάζεται από κάποιο εξωτερικό παράγοντα, όπως συμβαίνει με τα προϊόντα «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», καθώς η μορφή της δε μεταβάλλεται σημαντικά από το ένα έτος στο άλλο. Αυτό που παρατηρείται, όπως φαίνεται και στην εικόνα 4, είναι ότι στην αρχή του έτους σημειώνονται υψηλά επίπεδα ζήτησης, τα οποία σταδιακά μειώνονται έως ότου σταθεροποιηθούν σε κάποιο χαμηλότερο επίπεδο από το αρχικό. Το συγκεκριμένο μοτίβο ζήτησης του προϊόντος επιβεβαιώνεται και από τα στελέχη της εταιρίας, τα οποία δηλώνουν ότι κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου και των πρώτων μηνών της άνοιξης, σημειώνεται σημαντική άνοδος της ζήτησης σε σχέση με το υπόλοιπο έτος. Αυτή η αλλαγή στα επίπεδα ζήτησης του προϊόντος, οφείλεται στις διατροφικές συνήθειες συγκεκριμένων παραγωγικών ζώων, οι οποίες μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια του έτους. Έτσι, προκύπτει ότι η ζήτηση του προϊόντος «πίτυρα» παρουσιάζει εποχική συμπεριφορά, η οποία μπορεί να χωριστεί σε δύο διακριτές περιόδους, μία υψηλής και μία χαμηλής ζήτησης. Όσον αφορά την έκταση της κάθε περιόδου, η περίοδος υψηλής ζήτησης περιλαμβάνει την τελευταία εβδομάδα του Δεκεμβρίου έως τις τελευταίες του Απριλίου (24/12 έως 22/4). Αντίστοιχα, στα δεδομένα ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος, η περίοδος υψηλής ζήτησης αφορά τις τιμές 1 έως και 96 και 307 έως και 312, με τις υπόλοιπες να ανήκουν στην περίοδο χαμηλής ζήτησης.

3.2.2 Εκτιμήσεις παραμέτρων

Αξιοποιώντας τα ευρήματα της προηγούμενης ενότητας αναφορικά με τα δεδομένα ζήτησης των προϊόντων, η παρούσα ενότητα επικεντρώνεται στον υπολογισμό των απαιτούμενων στατιστικών μεγεθών για τη συνέχιση της ανάλυσης, καθώς και σε μία πρώτη εκτίμηση των κατανομών που φαίνεται να περιγράφουν ικανοποιητικά τη συμπεριφορά της.

Τα κυριότερα μεγέθη για τη στατιστική ανάλυση ενός δείγματος είναι η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση. Οι τιμές αυτές αποτελούν εκτιμήσεις των πραγματικών τιμών του πληθυσμού και υπολογίζονται από τις σχέσεις:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

όπου x_i οι τιμές της ημερήσιας ζήτησης και n το μέγεθος του δείγματος.

Στην περίπτωση των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», μετά και τη διαγραφή των ανεπιθύμητων τιμών ημερήσιας ζήτησης του 2022, ο συνολικός αριθμός του δείγματος γίνεται 588 (από το αρχικό μέγεθος των 624 τιμών). Όσον αφορά το προϊόν «πίτυρα» τα στατιστικά μεγέθη της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης θα υπολογισθούν δύο φορές, μία για τις τιμές ημερήσιας ζήτησης που προέρχονται από την περίοδο υψηλής ζήτησης των δύο ετών και μία για τις τιμές που προέρχονται από την περίοδο χαμηλής ζήτησης, με μέγεθος δείγματος 204 και 420 αντίστοιχα. Έτσι, έπειτα από την εφαρμογή των σχέσεων (1) και (2) προκύπτει ο παρακάτω πίνακας, όπου παρατίθενται τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων για το κάθε προϊόν και την κάθε περίοδο.

Πίνακας 4: Πίνακας εκτιμήσεων μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης ημερήσιας ζήτησης των σημαντικότερων προϊόντων της εταιρίας.

Προϊόν	Περίοδος ζήτησης	Μέση ζήτηση σε [kg]	Τυπική απόκλιση σε [kg]
ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ	-	2.741,20	2.392,32
ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ	-	923,59	1.076,33
ΠΙΤΥΡΑ 30KG	Υψηλή ζήτηση	2.504,51	1.897,76
	Χαμηλή ζήτηση	1.468,26	1.231,96

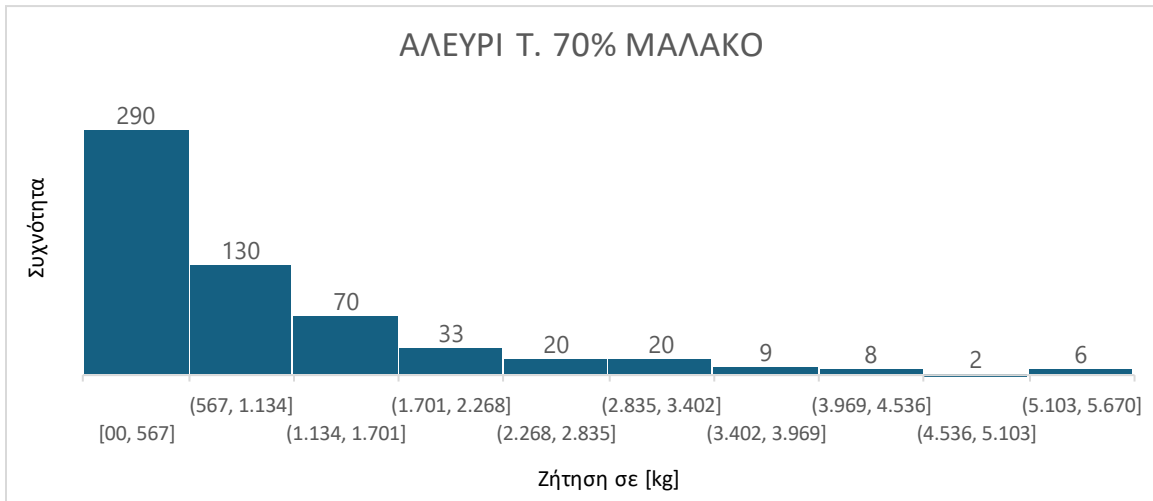
Για την εκτίμηση της κατανομής που περιγράφει τη συμπεριφορά της ημερήσιας ζήτησης των προϊόντων αυτών, κατασκευάστηκαν ιστογράμματα από τα δεδομένα ζήτησης του καθενός. Για την κατασκευή των ιστογραμμάτων τα δεδομένα χωρίστηκαν σε κλάσεις, ανάλογα με το μέγεθος του εκάστοτε δείγματος, με βάση τον κανόνα του Sturges:

$$k = 1 + 3,322 \cdot \log_{10} n \quad (3)$$

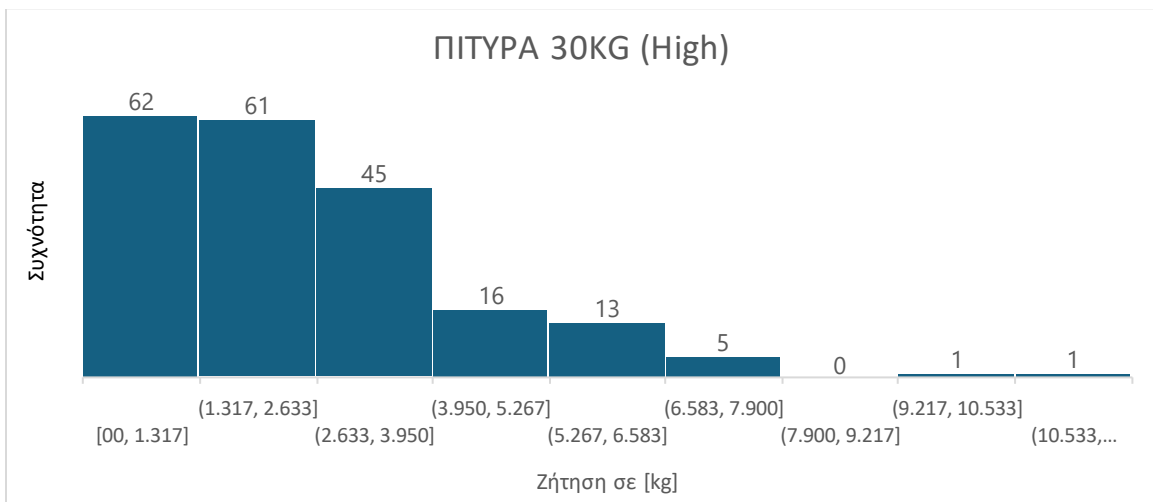
όπου k ο αριθμός των κλάσεων και n το μέγεθος του δείγματος. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα ιστογράμματα για τη ζήτηση του κάθε προϊόντος.



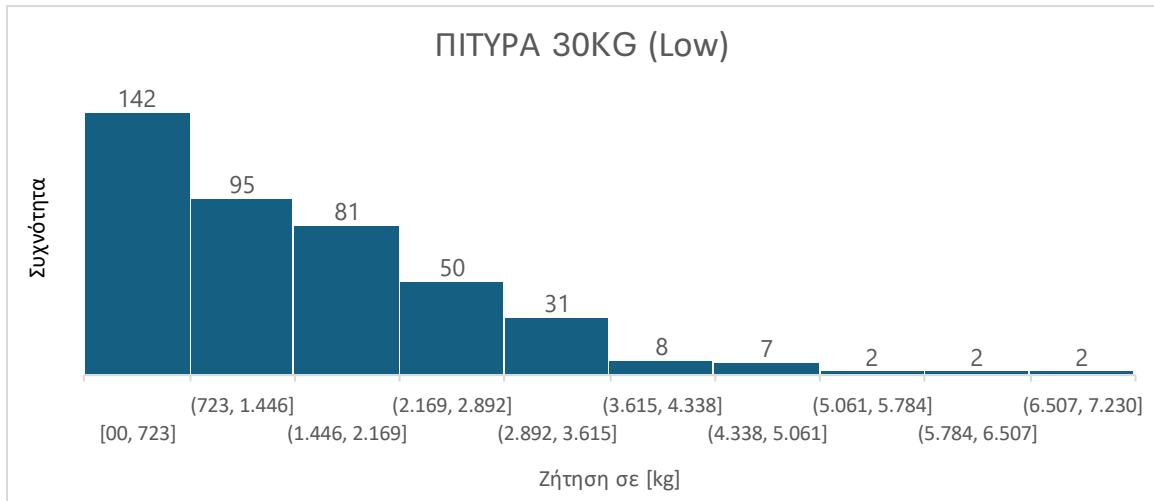
Εικόνα 5: Ιστόγραμμα όπου τα δεδομένα ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» είναι χωρισμένα σε 10 κλάσεις.



Εικόνα 6: Ιστόγραμμα όπου τα δεδομένα ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι μαλακό» είναι χωρισμένα σε 10 κλάσεις.



Εικόνα 7: Ιστόγραμμα όπου τα δεδομένα της περιόδου υψηλής ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» είναι χωρισμένα σε 9 κλάσεις.



Εικόνα 8: Ιστόγραμμα όπου τα δεδομένα της περιόδου χαμηλής ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» είναι χωρισμένα σε 10 κλάσεις.

Από τα διαγράμματα των εικόνων 5 έως 8 παρατηρείται ότι η κατανομή ζήτησης των προϊόντων, άλλοτε σε μικρότερο και άλλοτε σε μεγαλύτερο βαθμό, εμφανίζει θετική λοξότητα, καθώς η πιο συχνά εμφανιζόμενη τιμή φαίνεται να είναι κάθε φορά μικρότερη από τη μέση τιμή. Σε περιπτώσεις διαχείρισης αποθεμάτων μία από τις πιο συχνά εμφανιζόμενες κατανομές με θετική λοξότητα είναι η κατανομή γάμμα, γεγονός που την καθιστά υποψήφια για την αποτύπωση της συμπεριφοράς της ζήτησης των προϊόντων. Η κατανομή γάμμα εξαρτάται από δύο παραμέτρους, την παράμετρο μορφής α και την παράμετρο κλίμακας β . Αυτές οι παράμετροι μπορούν να υπολογιστούν ικανοποιητικά από τις εκτιμήσεις της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης των δειγμάτων (οι οποίες έχουν ήδη πραγματοποιηθεί), μέσω των σχέσεων (Vandeput, 2020):

$$\alpha = \frac{\bar{x}^2}{s^2} \tag{4}$$

$$\beta = \frac{s^2}{\bar{x}} \tag{5}$$

Ο υπολογισμός των παραμέτρων α και β από τα δεδομένα ημερήσιας ζήτησης του κάθε προϊόντος είναι αναγκαίος για την πραγματοποίηση του ελέγχου καλής προσαρμογής σε κατανομή, που θα πραγματοποιηθεί στη συνέχεια. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα αποτελέσματα από τους υπολογισμούς των παραμέτρων α και β για το κάθε προϊόν.

Πίνακας 5: Πίνακας εκτιμήσεων παραμέτρων μορφής α και κλίμακας β της ημερήσιας ζήτησης των σημαντικότερων προϊόντων της εταιρίας.

Υπολογισμός παραμέτρων κατανομής γάμμα			
Προϊόν	Περίοδος ζήτησης	α	β
ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ	-	1,31	2.087,85
ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΛΑΚΟ	-	0,74	1.254,33
ΠΙΤΥΡΑ 30KG	Υψηλή ζήτηση	1,74	1.438,00
	Χαμηλή ζήτηση	1,42	1.033,69

3.2.3 Έλεγχος χ^2

Στην παρούσα ενότητα ολοκληρώνεται η στατιστική ανάλυση των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης των προϊόντων. Σε αυτή θα πραγματοποιηθεί έλεγχος καλής προσαρμογής σε κατανομή των δεδομένων ζήτησης, ώστε να εξακριβωθεί αν η πραγματική ζήτηση των προϊόντων προσεγγίζεται επαρκώς από μία εκ των προτεινόμενων κατανομών. Ο έλεγχος καλής προσαρμογής που θα πραγματοποιηθεί βασίζεται στην κατανομή χ^2 και ονομάζεται έλεγχος χ^2 . Συνοπτικά, κατά τη διαδικασία του ελέγχου εξετάζεται το ενδεχόμενο οι παρατηρούμενες συχνότητες (observed frequencies) ενός δείγματος να αποκλίνουν σημαντικά από τις αναμενόμενες (expected frequencies), με την υπόθεση ότι ο πληθυσμός ακολουθεί μία συγκεκριμένη κατανομή.

Ο έλεγχος χ^2 είναι ένας έλεγχος υποθέσεων, όπου η μηδενική και η εναλλακτική υπόθεση ορίζονται ως εξής:

H_0 : ο πληθυσμός ακολουθεί μια συγκεκριμένη κατανομή

H_1 : ο πληθυσμός δεν ακολουθεί την κατανομή που είχε υποτεθεί

Βάσει των παρατηρήσεων της προηγούμενης ενότητας, η πιο πιθανή κατανομή που περιγράφει σε ικανοποιητικό βαθμό τη συμπεριφορά της ημερήσιας ζήτησης των περισσότερων προϊόντων είναι η κατανομή γάμμα. Ωστόσο, για την πληρότητα της μελέτης, εξετάστηκε και η περίπτωση η ημερήσια ζήτηση των προϊόντων να ακολουθεί την κανονική κατανομή, δεδομένου ότι αυτή είναι η πιο συχνά εμφανιζόμενη κατανομή στην πράξη.

Για την πραγματοποίηση του ελέγχου χ^2 απαιτείται το δείγμα του πληθυσμού να είναι κατανομημένο σε κλάσεις. Ο αριθμός των κλάσεων δεν απαιτείται να έχει κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όσο οι συχνότητες που εμφανίζονται σε κάθε κλάση συμβαδίζουν με κάποιες γενικές κατευθύνσεις. Αναλυτικότερα, με βάση τη βιβλιογραφία προτείνεται η τιμή των αναμενόμενων συχνοτήτων των διαφόρων κλάσεων να είναι σχετικά υψηλή. Δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος κανόνας που να ορίζει με ακρίβεια τι θεωρείται υψηλή και τι χαμηλή τιμή συχνότητας. Στις περισσότερες περιπτώσεις χαμηλές τιμές ορίζονται οι 3, 4 και 5, με κάποιους συγγραφείς να διευρύνουν το εύρος των τιμών αυτών, επιτρέποντας ακόμη και τιμές

αναμενόμενων συχνοτήτων 1 και 2, όσο η πλειοψηφία των κλάσεων διαθέτει συχνότητες μεγαλύτερες από 5 (Runger, 2018). Έτσι, προκειμένου να αποφευχθεί η εμφάνιση μεγάλου αριθμού κλάσεων με συχνότητες μικρότερες του 5, κρίθηκε αναγκαία η μείωση του αριθμού τους. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο αριθμός των κλάσεων υπολογίζεται με βάση τον κανόνα του Sturges, γεγονός που, όπως αποτυπώνεται στα γραφήματα της προηγούμενης ενότητας, οδηγεί σε κλάσεις με συχνότητες που συχνά είναι μικρότερες από 5. Ο αριθμοί των κλάσεων που ελαχιστοποιούν σε μεγάλο βαθμό τις μικρές τιμές αναμενόμενων συχνοτήτων (είτε για κανονική είτε για γάμμα κατανομή) είναι 7, για τα προϊόντα «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», και 6, για το προϊόν «πίτυρα» στην εκάστοτε περίοδο ζήτησης.

Το στατιστικό ελέγχου καλής προσαρμογής σε έναν έλεγχο χ^2 υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\chi_0^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (6)$$

όπου k ο αριθμός των κλάσεων, O_i η παρατηρούμενη συχνότητα και E_i η αναμενόμενη συχνότητα της κλάσης i . Σε περίπτωση που ισχύει η μηδενική υπόθεση το στατιστικό ελέγχου χ_0^2 ακολουθεί προσεγγίσιμα κατανομή χ^2 με $k - p - 1$ βαθμούς ελευθερίας, όπου k ο αριθμός των κλάσεων και p ο αριθμός των παραμέτρων της προτεινόμενης κατανομής, με την προσέγγιση να βελτιώνεται όσο αυξάνεται το μέγεθος του δείγματος. Η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται όταν η τιμή του στατιστικού είναι υψηλή, έτσι η P-τιμή ορίζεται ως η πιθανότητα η τυχαία μεταβλητή με κατανομή χ^2 και $k - p - 1$ βαθμούς ελευθερίας να είναι μεγαλύτερη από την τιμή του στατιστικού χ_0^2 ή $P = P(\chi_{k-p-1}^2 > \chi_0^2)$. Ο έλεγχος διεξάγεται για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$, οπότε οποιαδήποτε P-τιμή μικρότερη από αυτό οδηγεί σε απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης (Runger, 2018).

Ο έλεγχος χ^2 πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό Microsoft Excel. Ο αρχικός στόχος ήταν η εύρεση των αναμενόμενων τιμών ζήτησης, ώστε βάσει αυτών να προκύψει η τιμή του στατιστικού χ_0^2 . Η εύρεση των αναμενόμενων τιμών ζήτησης πραγματοποιήθηκε μέσω του τύπου:

$$E_i = n \cdot p_i \quad (7)$$

όπου n το μέγεθος του δείγματος και p_i η πιθανότητα εμφάνισης τιμών ημερήσιας ζήτησης στην περιοχή που ορίζεται από τα όρια της κλάσης i . Η πιθανότητα p_i αφορά την αθροιστική συνάρτηση της προτεινόμενης κάθε φορά κατανομής, με παραμέτρους τις τιμές που υπολογίσθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, από τα δεδομένα του εκάστοτε δείγματος. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται αναλυτικά οι διαδικασίες υπολογισμού των p_i στη γενική περίπτωση.

Πίνακας 6: Υπολογισμοί πιθανοτήτων p_i στη γενική περίπτωση.

Πιθανότητα p_i
$P(X \leq \min + \frac{range}{k})$
⋮
⋮
$P(\min + (i - 1)\frac{range}{k} \leq X \leq \min + i\frac{range}{k})$
⋮
⋮
$1 - P(X \leq \min + (k - 1)\frac{range}{k})$

όπου min η ελάχιστη τιμή του δείγματος και $range$ η διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής του.

Έτσι, έχοντας καταρτίσει το σύνολο των διαδικασιών που απαιτούνται για την εκτέλεση ενός ελέγχου χ^2 , παρατίθεται στη συνέχεια, στον πίνακα 7, ο τρόπος με τον οποίο αυτές υλοποιήθηκαν σε ένα υπολογιστικό φύλλο του λογισμικού Excel. Όπως φαίνεται και στον πίνακα, η διαδικασία του ελέγχου μπορεί να χωριστεί σε τρεις περιοχές, ανάλογα με τη λειτουργία που επιτελεί η καθεμία. Η πρώτη και μεγαλύτερη περιοχή (που επισημαίνεται με γαλάζιο χρώμα) περιλαμβάνει τις βασικές πράξεις που εκτελούνται για τον υπολογισμό των αναμενόμενων συχνοτήτων, προκειμένου στη συνέχεια να υπολογισθεί το στατιστικό ελέγχου χ_0^2 . Στη δεύτερη περιοχή (που επισημαίνεται με γκρίζο χρώμα) συγκεντρώνονται τα απαραίτητα μεγέθη για την υλοποίηση των υπολογισμών που πραγματοποιούνται στο κύριο τμήμα του ελέγχου, ενώ στην τελευταία περιοχή (που επισημαίνεται με πράσινο χρώμα) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου.

Πίνακας 7: Διαδικασία ελέγχου χ^2 όπως αυτή υλοποιήθηκε σε υπολογιστικό φύλλο του λογισμικού Excel.

Προϊόν				
Κλάσεις	O_i	p_i	E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
$X < \min + \frac{range}{k}$	O_1	$P(X \leq \min + \frac{range}{k})$	$n \cdot p_1$	$\frac{(O_1 - E_1)^2}{E_1}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$\min + (i - 1) \frac{range}{k} \leq X < \min + i \frac{range}{k}$	O_i	$P\left(\min + (i - 1) \frac{range}{k} \leq X \leq \min + i \frac{range}{k}\right)$	$n \cdot p_i$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$\min + (k - 1) \frac{range}{k} \leq X$	O_k	$1 - P(X \leq \min + (k - 1) \frac{range}{k})$	$n \cdot p_k$	$\frac{(O_k - E_k)^2}{E_k}$
Μέγεθος δείγματος n	$\sum_{i=1}^k O_i$		$\chi_0^2 =$	$\sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
Παράμετρος Κατανομή (1)	\bar{x} ή α		P-τιμή=	$P(\chi_{k-p-1}^2 > \chi_0^2)$
Παράμετρος Κατανομή (2)	s^2 ή β			
Αριθμός κλάσεων	k			
Αριθμός παραμέτρων κατανομής	p			

3.2.4 Αποτελέσματα ελέγχου χ^2

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο έλεγχος καλής προσαρμογής χ^2 πραγματοποιήθηκε για να εξετασθεί το ενδεχόμενο τα δεδομένα ημερήσιας ζήτησης των προϊόντων να ακολουθούν μία συγκεκριμένη κατανομή. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε υπολογιστικά φύλλα του λογισμικού Excel, ξεχωριστά για τις κατανομές γάμμα και κανονική κατανομή. Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα του ελέγχου.

Όπως φαίνεται και από τα δεδομένα του πίνακα 8, η ημερήσια ζήτηση των προϊόντων προσαρμόζεται ικανοποιητικά στην κατανομή γάμμα. Αυτό διότι, οι P-τιμές για το κάθε προϊόν είναι ιδιαίτερα υψηλές, γεγονός που καθιστά δύσκολη την απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης. Όσον αφορά την περίπτωση της κανονικής κατανομής, οι P-τιμές για το κάθε προϊόν ήταν πολύ κοντά στο μηδέν, οδηγώντας έτσι σε απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης και κατά συνέπεια του ενδεχομένου η ημερήσια ζήτηση κάποιου προϊόντος να ακολουθεί κανονική κατανομή. Στα

παραρτήματα Β2 και Β3 παρουσιάζονται οι αναλυτικοί πίνακες με τα αποτελέσματα και τους υπολογισμούς των ελέγχων για κανονική και γάμμα κατανομή.

Πίνακας 8: Συνοπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του ελέγχου χ^2 .

Αποτελέσματα ελέγχου χ^2			
Προϊόν	Περίοδος ζήτησης	Ρ-τιμή	
		Γάμμα	Κανονική
ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ	-	0,222	0
ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ	-	0,503	0
ΠΙΤΥΡΑ 30ΚG	Υψηλή ζήτηση	0,240	0
	Χαμηλή ζήτηση	0,336	0

Συνεπώς, με βάση τα αποτελέσματα του ελέγχου προκύπτει ότι η κατανομή που αποτυπώνει με σχετική ακρίβεια τη συμπεριφορά της ημερήσιας ζήτησης όλων των σημαντικών προϊόντων της εταιρίας, σε κάθε ξεχωριστή περίοδο ζήτησης, είναι η γάμμα.

Κεφάλαιο 4: Υπολογισμοί στοιχείων κόστους

4.1 Εισαγωγή

Σε ένα σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων οι αποφάσεις που λαμβάνονται σχετικά με την ποσότητα και την στιγμή αναπλήρωσης των αποθεμάτων βασίζονται σε οικονομικά κριτήρια. Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στα στοιχεία κόστους που λήφθηκαν υπόψη για την σχεδίαση του προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης και θα δοθούν λεπτομέρειες σχετικά με τα χαρακτηριστικά του καθενός, καθώς και τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό τους.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η μελέτη προσανατολίζεται στον τρόπο διαχείρισης των πιο προσοδοφόρων προϊόντων της εταιρίας. Στην εταιρία αποθέματα αυτών των προϊόντων διατηρούνται για διάφορους λόγους, με δύο από αυτούς να ξεχωρίζουν. Ο πρώτος έχει να κάνει με τη μεταβλητότητα της ζήτησης. Όπως αποδείχθηκε και στο κεφάλαιο 3, η ημερήσια ζήτηση των προϊόντων είναι στοχαστική, εμφανίζοντας μεγάλες διακυμάνσεις ανά ημέρα. Έτσι, στην προσπάθεια να αποφευχθούν οι ελλείψεις η εταιρία ωθείται στο να παράγει και να διατηρεί μεγάλες ποσότητες αποθεμάτων. Ο δεύτερος βασικός λόγος που διατηρούνται αποθέματα, σχετίζεται με την ανάγκη της εταιρίας να επωφεληθεί από τις διάφορες οικονομίες κλίμακας που παρουσιάζονται. Συγκεκριμένα, με κάθε εκκίνηση της παραγωγικής διαδικασίας η εταιρία επωμίζεται ένα σταθερό κόστος το οποίο, ως επί το πλείστον, σχετίζεται με τις διάφορες εργασίες καθαρισμού και στησίματος των γραμμών παραγωγής. Συνεπώς, εξαιτίας της συνεισφοράς των δύο αυτών παραγόντων, δημιουργείται μία τάση, η οποία ωθεί την εταιρία να δεσμεύει πόρους για την παραγωγή προϊόντων, με απώτερο σκοπό την αύξηση των αποθεμάτων τους. Όμως στην πραγματικότητα η τάση αυτή δεν είναι η μόνη που επιδρά στα αποθέματα, καθώς η συσσώρευση μεγάλου όγκου αποθεμάτων επιφέρει οικονομικές συνέπειες. Ενδεικτικά, τέτοιες συνέπειες είναι οι οικονομικές απώλειες που θα είχε η εταιρία από τη δέσμευση πολύτιμου κεφαλαίου σε μη παραγωγικές καταστάσεις και η ενδεχόμενη απαξίωση ή βλάβη της αποθηκευμένης ποσότητας (Μιχιώτης, 2007).

Το προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων στοχεύει στον προσδιορισμό εκείνης της ποσότητας παραγγελίας που θα οδηγήσει στην ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους διαχείρισης σε βάθος χρόνου. Το γεγονός αυτό προϋποθέτει ότι τα επιμέρους στοιχεία κόστους παραμένουν σταθερά ή σχεδόν σταθερά με την πάροδο του χρόνου, όπως συμβαίνει και στην υπό μελέτη περίπτωση σε συνθήκες ομαλής λειτουργίας. Ως εκ τούτου, τα στοιχεία κόστους που θα υπολογισθούν στις επόμενες ενότητες θα χρησιμοποιηθούν αυτούσια για την πραγματοποίηση των υπολογισμών. Για την σχεδίαση του παρόντος συστήματος διαχείρισης μελετήθηκαν τέσσερεις παράμετροι που επηρεάζουν το συνολικό κόστος των αποθεμάτων. Οι παράμετροι αυτοί είναι:

- 1) Το κόστος παραγωγής των προϊόντων
- 2) Το κόστος εκκίνησης της παραγωγικής διαδικασίας
- 3) Το κόστος διατήρησης των προϊόντων σε απόθεμα
- 4) Το κόστος έλλειψης

4.2 Κόστος παραγωγής προϊόντων

Το κόστος απόκτησης αναφέρεται στην ποσότητα εκείνη με την οποία επιβαρύνεται η εταιρία για τη μετατροπή των πρώτων υλών σε εκμεταλλεύσιμα προϊόντα. Αυτό ορίζεται ως μία συνάρτηση της παραγόμενης ποσότητας Q , η οποία στην πιο απλή της μορφή (η οποία χρησιμοποιείται και στην παρούσα μελέτη) αποτελείται από δύο μέρη, ένα σταθερό και ένα γραμμικά ανάλογο της ποσότητας παραγωγής ή αγοράς (Μιχιώτης, 2007). Στην παρούσα ενότητα θα γίνει αναφορά στο δεύτερο μέρος της συνάρτησης, ενώ το πρώτο θα αναλυθεί σε επόμενη. Το δεύτερο μέρος της συνάρτησης έχει τη μορφή:

$$C = v \cdot Q \quad (8)$$

όπου v το κόστος απόκτησης ανά τεμάχια, που στην παρούσα μελέτη ορίζεται είτε ως κόστος παραγωγής ανά κιλό είτε ως κόστος αγορά ανά κιλό και έχει μονάδες [€/kg].

Για την εύρεση του κόστους παραγωγής ανά κιλό v απαιτείται να γίνει κοστολόγηση κάποιων εκ των σημαντικότερων προϊόντων της επιχείρησης. Αυτό διότι, όπως έχει ήδη αναφερθεί, κάποια από τα αποθέματα των προϊόντων που αφορά η μελέτη προκύπτουν από την παραγωγική διαδικασία και βρίσκονται σε ενδιάμεσα στάδια αυτής, όπου δεν υπάρχουν αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με το κόστος παραγωγής τους. Αναλυτικότερα, τα προϊόντα για τα οποία απαιτείται κοστολόγηση είναι το προϊόν «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», καθώς αυτά βρίσκονται σε χύδην μορφή μετά και την ολοκλήρωση του σταδίου της άλεσης. Η διαδικασία της κοστολόγησης βασίζεται σε μία απλοϊκή μέθοδο (Λυγγίτσος, 2012), η οποία τροποποιήθηκε ώστε να περιλαμβάνει τη συλλογή όλων των δαπανών που πραγματοποιήθηκαν από την επιχείρηση κατά τη διάρκεια μίας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου, ανά στάδιο παραγωγής, και την κατανομή αυτών στις ποσότητες των προϊόντων που παράχθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Η χρονική περίοδος για την οποία πραγματοποιήθηκε η κοστολόγηση είναι ένα έτος, ενώ για τον επιμερισμό των εξόδων ανά προϊόν χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές, οι οποίοι είναι βασισμένοι στον τρόπο λειτουργίας και χρήσης των μέσων παραγωγής της εταιρίας. Έτσι, για την περίπτωση των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό» το κόστος παραγωγής προκύπτει από τον τύπο:

$$v = \frac{(\text{Κόστος Καθαρισμού} + \text{Κόστος Άλεσης} + \text{Κόστος Ά υλών})}{\text{Ποσότητα που παράχθηκε}} \cdot \Sigma. E. K. _i \quad (9)$$

όπου $\Sigma. E. K. _i$ ο συντελεστής επιμερισμού κόστους του i προϊόντος.

Η υλοποίηση της μεθόδου πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με τα στελέχη της επιχείρησης, τα οποία βοήθησαν με τη συγκέντρωση των εξόδων που αφορούν το κάθε στάδιο παραγωγής και στον προσδιορισμό των συντελεστών επιμερισμού. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την κοστολόγηση των προϊόντων αφορούν τα έτη 2021 και 2022. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν και για τα δύο έτη ξεχωριστά, με τις τελικές τιμές που θα χρησιμοποιηθούν στη μελέτη να αφορούν τον μέσο όρο που προέκυψε από τον συμψηφισμό τους. Αυτό διότι, κρίθηκε ότι οι τιμές αυτές αντιπροσωπεύουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την τωρινή και μελλοντική κατάσταση της αγοράς, καθώς οι τιμές κόστους βρίσκονται σε μία κατάσταση σταδιακής επαναφοράς στα επίπεδα που βρίσκονταν πριν την εκκίνηση της πολεμικής σύρραξης μεταξύ Ουκρανίας και Ρωσίας, η οποία αύξησε σημαντικά τα κόστη παραγωγής.

Όσον αφορά το προϊόν «πίτυρα», αυτό αποθηκεύεται σε συσκευασίες των 30 [kg], καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσής του σε χύδην μορφή. Ως εκ τούτου, δεν απαιτείται κάποια ειδική διαδικασία κοστολόγησης για τον προσδιορισμό του κόστους παραγωγής ανά κιλό v , καθώς αυτή ταυτίζεται με την τιμή πώλησής του, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το κέρδος. Επίσης, κατά την περίοδο υψηλής ζήτησης, η παραγωγική διαδικασία δε δύναται να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες ζήτησης του προϊόντος, με αποτέλεσμα να πραγματοποιούνται έκτακτες αγορές από εξωτερικό προμηθευτή, με σκοπό την αναπλήρωση των αποθεμάτων του. Σε αυτή την περίπτωση το κόστος απόκτησης του προϊόντος ταυτίζεται με το κόστος αγοράς ανά παραγγελία, το οποίο, παρά τις μικρές διαφορές που παρουσιάζονται μεταξύ των παραγγελιών, μπορεί να θεωρηθεί σταθερό κατά τη διάρκεια του έτους. Τέλος, όπως και στην περίπτωση των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», το κόστος αγοράς ή παραγωγής του προϊόντος «πίτυρα» προκύπτει μέσω του συμψηφισμού των τιμών των ετών 2021 και 2022. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό του κόστους ανά κιλό v των σημαντικότερων προϊόντων της εταιρίας.

Πίνακας 9: Συνοπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της διαδικασίας εύρεσης του κόστους απόκτησης ανά κιλό, για κάθε προϊόν και έτος.

Προϊόν	Κόστος v 2021 [€/kg]	Κόστος v 2022 [€/kg]	Κόστος v [€/kg]
ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ	0,430	0,651	0,541
ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ	0,364	0,579	0,472
ΠΙΤΥΡΑ 30KG	0,148	0,157	0,153
ΠΙΤΥΡΑ 30KG με εξωτερική ανάθεση	0,158	0,206	0,182

4.3 Κόστος εκκίνησης της παραγωγικής διαδικασίας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το κόστος απόκτησης των προϊόντων χωρίζεται σε δύο μέρη, ένα σταθερό και ένα μεταβλητό, ανάλογο της ποσότητας παραγωγής. Η παρούσα ενότητα αφορά

τη μελέτη του σταθερού μέρους του κόστους απόκτησης των προϊόντων, το οποίο ανάλογα με την περίπτωση, ορίζεται είτε ως κόστος εκκίνησης της παραγωγικής διαδικασίας είτε ως κόστος παραγγελίας.

Το κόστος παραγγελίας ή εκκίνησης της παραγωγικής διαδικασίας συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα Α και ορίζεται ως το σταθερό εκείνο κόστος το οποίο σχετίζεται με την αποστολή και παραλαβή μιας παραγγελίας ή εκκίνησης μίας παραγωγικής διαδικασίας. Για την περίπτωση που το κόστος Α αφορά την παραγγελία προϊόντων, αυτό περιλαμβάνει τα κόστη που σχετίζονται με διαδικασίες:

- Διοίκησης: οι οποίες αφορούν τον χρόνο που αφιερώθηκε από τα αρμόδια διοικητικά όργανα για την προετοιμασία μίας παραγγελίας. Τέτοιες δραστηριότητες είναι η αξιολόγηση της υπάρχουσας στάθμης αποθεμάτων, η πρόβλεψη της μελλοντικής ζήτησης, η διαδικασία εύρεσης προμηθευτή και διαπραγμάτευσης μιας συμφέρουσας τιμής, τα κόστη διατήρησης αρχείων και παροχής γραμματειακών υπηρεσιών κλπ. (Rosas, 2018)
- Μεταφοράς: που αφορούν την αποστολή των προϊόντων από τις εγκαταστάσεις ενός προμηθευτή στις αποθήκες της εταιρίας και ενίοτε περιλαμβάνουν και τη φορτοεκφόρτωση των αγαθών. (Βιδάλης, 2017)
- Ελέγχου: που αφορούν τον έλεγχο της παρτίδας που παραλαμβάνεται, με σκοπό την αξιολόγηση του βαθμού ταύτισης με τις συμφωνηθείσες προδιαγραφές ποιότητας. (Edward A. Silver, 2017)

Στην υπό μελέτη επιχείρηση σταθερά κόστη παραγγελίας αφορούν την περίπτωση του προϊόντος «πίτυρα», το οποίο παραγγέλλεται από εξωτερικό προμηθευτή για την αναπλήρωση των αποθεμάτων κατά την περίοδο υψηλής ζήτησης. Τα μεγαλύτερα κόστη με τα οποία επιβαρύνεται η εταιρία κατά την εκτέλεση μίας παραγγελίας πιτύρων σχετίζονται με τη μεταφορά και τη φορτοεκφόρτωση των προϊόντων. Σύμφωνα με τα στελέχη της εταιρίας τα κόστη αυτά αντιστοιχούν σε 395 €/παραγγελία].

Όσον αφορά τα κόστη εκκίνησης της παραγωγικής διαδικασίας, αυτά αφορούν τα προϊόντα «αλεύρι σκληρό», «αλεύρι μαλακό» και «πίτυρα», όταν τα τελευταία προκύπτουν από την άλεση σκληρού ή μαλακού σίτου και όχι από παραγγελία εξωτερικού προμηθευτή. Το προϊόν «πίτυρα», όπως αναφέρθηκε, προκύπτει είτε από την άλεση σκληρού είτε από την άλεση μαλακού σίτου, ως εκ τούτου το κόστος παραγωγής του σχετίζεται, τότε με τη μία και τότε με την άλλη διαδικασία παραγωγής. Η εταιρία διαθέτει ξεχωριστά μηχανήματα για την άλεση σκληρού και μαλακού σίτου, με την κάθε ομάδα μηχανημάτων να επιβαρύνει οικονομικά την επιχείρηση με διαφορετικό τρόπο. Έτσι, από την οπτική του κόστους, η παραγωγική διαδικασία χωρίζεται σε δύο γραμμές παραγωγής (σε μετέπειτα ενότητες η θεώρηση αυτή θα αναλυθεί με

περισσότερη λεπτομέρεια), μία αφιερωμένη στην παραγωγή σκληρού και μία αφιερωμένη στην παραγωγή μαλακού αλευριού. Το σταθερό κόστος εκκίνησης μίας παραγωγικής διαδικασίας, όπως και το κόστος παραγγελίας, αποτελείται από επιμέρους κόστη που σχετίζονται με διάφορες διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα, είτε πριν, είτε μετά, είτε κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Μερικές από αυτές είναι κοινές και για τις δύο κατηγορίες, όπως οι διοικητικές διαδικασίες για τις αποφάσεις που σχετίζονται με την παραγωγή και οι διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα κόστη που αφορούν αποκλειστικά παραγωγικές διαδικασίες, και είναι:

- Τα κόστη προετοιμασίας της εκάστοτε γραμμής, που αφορούν τις εργασίες που πραγματοποιούνται στην αρχή και στο τέλος της λειτουργίας της. Τέτοιες εργασίες είναι η εκκίνηση και το μοντάρισμα των μηχανημάτων, που πραγματοποιούνται στην αρχή της παραγωγής, ενώ εργασίες που πραγματοποιούνται στο τέλος είναι αυτές του τερματισμού και καθαρισμού των μηχανημάτων. (Edward A. Silver, 2017)
- Τα κόστη που αφορούν τη λειτουργία των μηχανημάτων κατά την περίοδο προσαρμογής τους. Στα αρχικά στάδια εκκίνησης μίας παραγωγικής διαδικασίας, διανύεται μία περίοδος όπου η εκάστοτε γραμμή παραγωγής λειτουργεί με χαμηλή δυναμικότητα, ενώ τα προϊόντα που παράγονται εκείνη την περίοδο είναι χαμηλής ποιότητας. Η περίοδος αυτή διαρκεί έως ότου η δυναμικότητα επανέλθει στα προβλεπόμενα επίπεδα και η σωστή λειτουργία των μηχανημάτων έχει πιστοποιηθεί μέσω των κατάλληλων ελέγχων (Edward A. Silver, 2017).

Στην υπό μελέτη επιχείρηση τα κόστη εκκίνησης της εκάστοτε γραμμής παραγωγής (σκληρού ή μαλακού σίτου) εξαρτώνται κυρίως από το κόστος προσαρμογής και προετοιμασίας. Τα κόστη αυτά, κατά κύριο λόγο, σχετίζονται με την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται και τις εργατοώρες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση των απαραίτητων εργασιών. Αυτά υπολογίστηκαν σε συνεργασία με τα στελέχη της εταιρίας και αφορούν τα έτη 2021 και 2022, με σκοπό να συμψηφιστούν, ώστε να προκύψουν οι τιμές που θα χρησιμοποιηθούν στη μελέτη, όπως έγινε και με το κόστος v . Επίσης, στα κόστη προετοιμασίας, εκτός από αυτά των κύριων γραμμών παραγωγής, εντάχθηκαν και αυτά της γραμμής καθαρισμού. Τέλος, παρατίθενται σε πίνακα τα αποτελέσματα της μελέτης που πραγματοποιήθηκε για τα σταθερά κόστη εκκίνησης της παραγωγής ή παραγγελίας για το εκάστοτε προϊόν.

Πίνακας 10: Συνοπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της διαδικασίας εύρεσης του σταθερού κόστους εκκίνησης της παραγωγής ή πραγματοποίησης μίας παραγγελίας για κάθε προϊόν και έτος.

Προϊόν	Κόστος A 2021 [€/εκκίνηση] ή [€/παραγγελία]	Κόστος A 2022 [€/εκκίνηση] ή [€/παραγγελία]	Κόστος A [€/εκκίνηση] ή [€/παραγγελία]
ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ	18,8	32,5	25,7
ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ	20,2	36,3	28,3
ΠΙΤΥΡΑ 30KG	18,8 ή 20,2	32,5 ή 36,3	25,7 ή 28,3
ΠΙΤΥΡΑ 30KG με εξωτερική ανάθεση	395	395	395

4.4 Κόστος διατήρησης αποθεμάτων

Στην παρούσα ενότητα θα πραγματοποιηθεί ανάλυση του κόστους με το οποίο επιβαρύνεται η εταιρία όταν αυτή διατηρεί προϊόντα σε απόθεμα. Ο συνηθέστερος τρόπος εκτίμησης του κόστους διατήρησης αποθεμάτων είναι ως συνάρτηση του μέσου αποθέματος που διατηρήθηκε από το εκάστοτε προϊόν, κατά τη διάρκεια μίας χρονικής περιόδου. Συνήθως το κόστος αυτό εκφράζεται ως ένα ποσοστό του κόστους απόκτησης v . Το ποσοστό αυτό συμβολίζεται με r και ορίζεται ως το ποσοστιαίο κόστος διατήρησης μίας χρηματικής μονάδας σε απόθεμα, για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, συνήθως ενός χρόνου. (Μιχιώτης, 2007)

Το κόστος διατήρησης αποθεμάτων, όπως και τα υπόλοιπα κόστη που μελετήθηκαν, εξαρτάται από διάφορα επιμέρους στοιχεία κόστους, που στη συγκεκριμένη περίπτωση σχετίζονται με τη διατήρηση των προϊόντων σε απόθεμα. Έτσι, κυρίως για υπολογιστικούς λόγους, το κόστος διατήρησης αποθεμάτων μπορεί να διακριθεί σε επιμέρους κατηγορίες κόστους, με τις βασικότερες από αυτές να είναι:

- Το κόστος κεφαλαίου (ή κόστος ευκαιρίας): Είναι το κόστος που συνεπάγεται η απόφαση της εταιρίας να χρησιμοποιήσει τα κεφάλαιά της για τη διατήρηση αποθεμάτων, τα οποία εναλλακτικά θα μπορούσαν να είχαν χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικές επενδυτικές ευκαιρίες. (Rosas, 2018)
- Το κόστος αποθήκευσης: Πρόκειται για τα έξοδα που σχετίζονται με τη διαχείριση και διατήρηση των αποθεμάτων. Ενδεικτικά, σε αυτά μπορεί να περιλαμβάνονται κόστη ενοικίασης αποθηκευτικών χώρων, κόστη ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτούνται για τη λειτουργία των συστημάτων συντήρησης, όπως ψυγεία κλπ. (Rosas, 2018)
- Το κόστος απαξίωσης ή φθοράς: Το κόστος απαξίωσης συνήθως εκφράζεται είτε ως ο ρυθμός μείωσης της αξίας του αποθηκευμένου προϊόντος είτε ως ο ρυθμός απομείωσης της ποιότητάς του. (Chopra, 2021)

Στην εξεταζόμενη επιχείρηση η κυριότερη κατηγορία εξόδων που συμβάλλουν στη διαμόρφωση του κόστους διατήρησης, είναι το κόστος κεφαλαίου. Το κόστος αυτό υπολογίστηκε ως το δυνητικό κέρδος που θα μπορούσε να είχε η επιχείρηση στην περίπτωση που επένδυε με διαφορετικό τρόπο τα διαθέσιμα κεφάλαιά της. Ως εκ τούτου, ο ακριβής υπολογισμός αυτού του μεγέθους είναι δύσκολος, καθώς οι επενδυτικές ευκαιρίες είναι πολλές και αλλάζουν συνεχώς. Έτσι, το δυνητικό κέρδος που θα αποκόμιζε η εταιρία αποφασίστηκε να είναι το μέγιστο επιτόκιο που θα εισέπραττε στην περίπτωση που επένδυε τα χρήματα που διατίθενται κάθε χρόνο για τη δημιουργία αποθεμάτων, σε έναν ετήσιο προθεσμιακό λογαριασμό. Έπειτα από έρευνα αγοράς, το καλύτερο δυνατό επιτόκιο ετήσιου προθεσμιακού λογαριασμού που βρέθηκε, και αντιστοιχεί στην κατηγορία του κεφαλαίου που διατίθενται από την εταιρία, είναι 2,7% (Anon., 2024). Έτσι, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας, όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών ανά προϊόν, του ποσοστιαίου κόστους διατήρησης r .

Πίνακας 11: Συνοπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της διαδικασίας εύρεσης του ποσοστιαίου κόστους διατήρησης r για κάθε προϊόν.

Προϊόν	Ποσοστιαίο κόστος διατήρησης r σε [€/€/έτος]
ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ	0,027
ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΛΑΚΟ	0,027
ΠΙΤΥΡΑ 30KG	0,027

4.5 Κόστος έλλειψης

Στην παρούσα ενότητα θα γίνει αναφορά στο κόστος έλλειψης. Το κόστος αυτό ορίζεται ως η ποινή που επισύρεται στην επιχείρηση όταν εμφανίζεται αδυναμία ικανοποίησης της ζήτησης των προϊόντων λόγω έλλειψης αποθέματος. Το κόστος αυτό μπορεί να εκφραστεί με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του συστήματος στο οποίο αυτό εφαρμόζεται, καθώς και τις ιδιαιτερότητες της επιχείρησης που μελετάται.

Ο καθορισμός του κόστους έλλειψης ξεκινά με τον προσδιορισμό του τρόπου με τον οποίο η επιχείρηση αντιμετωπίζει τη ζήτηση που δεν ικανοποιείται άμεσα από το διαθέσιμο απόθεμα. Στην πράξη, διακρίνονται δύο πιθανές περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση, η ζήτηση που δεν μπορεί να καλυφθεί άμεσα δεν χάνεται από το σύστημα, αλλά παραμένει ως εκκρεμότητα και ικανοποιείται σε μελλοντικό χρόνο, όταν το απόθεμα ανανεωθεί και γίνει ξανά διαθέσιμο το προϊόν (Backorder). Ενδεικτικά, το κόστος σε αυτές τις περιπτώσεις συνήθως σχετίζεται με τη δυσαρέσκεια των πελατών, την ανάγκη διαχείρισης των καθυστερημένων παραγγελιών κλπ. Αντίθετα, στη δεύτερη περίπτωση οποιαδήποτε ποσότητα δε μπορεί να ικανοποιηθεί από το διαθέσιμο απόθεμα, δεν παραμένει ως εκκρεμότητα και είτε χάνεται (Lost sale) είτε ικανοποιείται κατά προτεραιότητα με έκτακτη παραγγελία. Το κόστος σε αυτές τις περιπτώσεις είναι τουλάχιστον ίσο με τα διαφυγόντα κέρδη, στην περίπτωση που χάνεται η ζήτηση, είτε τουλάχιστον ίσο με το επιπλέον κόστος που επωμίζεται η εταιρία από την έκτακτη

παραγγελία. Τα κόστη αυτά προστίθενται στα επιπλέον κόστη που μπορεί να υπάρχουν και σχετίζονται με την προβληματική εξυπηρέτηση των πελατών (Μιχιώτης, 2007).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το κόστος έλλειψης μπορεί να αποτυπωθεί με ποικίλους τρόπους, προσαρμοσμένο στις ανάγκες της εκάστοτε επιχείρησης. Με βάση τη βιβλιογραφία, οι πιο συνηθισμένοι τρόποι αποτύπωσης είναι δύο. Ο πρώτος ορίζει το κόστος έλλειψης ως μία σταθερή ποσότητα η οποία επιβαρύνει την επιχείρηση κάθε φορά που εμφανίζεται έλλειψη και αυτό συμβολίζεται ως B_1 . Συνήθως αυτός ο τρόπος αποτύπωσης του κόστους χρησιμοποιείται όταν η επιχείρηση προσπαθεί να αποφύγει την εμφάνιση ελλείψεων. Στη δεύτερη περίπτωση το κόστος έλλειψης ορίζεται ως ένα ποσοστό του κόστους απόκτησης του προϊόντος που βρίσκεται σε έλλειψη και αυτό συμβολίζεται ως B_2 . Αυτή η προσέγγιση εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις όπου η επιπλέον ζήτηση ικανοποιείται μέσω έκτακτων παραγγελιών ή μη προγραμματισμένων εκκινήσεων της παραγωγικής διαδικασίας (Edward A. Silver, 2017). Στην υπό μελέτη επιχείρηση το κόστος έλλειψης φαίνεται να προσεγγίζεται καλύτερα ως ποσοστό του κόστους απόκτησης ανά προϊόν σε έλλειψη. Αυτό διότι, σύμφωνα με τα στελέχη της εταιρίας, η ζήτηση που δεν καλύπτεται από το διαθέσιμο απόθεμα συνήθως χάνεται, ενώ όταν παρατηρείται συσσώρευση παραγγελιών και οι προβλέψεις δείχνουν ότι το επόμενο χρονικό διάστημα θα υπάρξει αδυναμία αναπλήρωσης των αποθεμάτων μέσω της παραγωγικής διαδικασίας, πραγματοποιούνται έκτακτες παραγγελίες.

Για τον υπολογισμό του ποσοστού B_2 για το κάθε προϊόν ξεχωριστά, εξετάστηκε ο τρόπος με τον οποίο η κάθε κατάσταση έλλειψης επηρεάζει το εκάστοτε προϊόν. Στους υπολογισμούς του κόστους δεν εξετάστηκε το κόστος δυσαρέσκειας, καθώς αυτό είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια. Έτσι, στην περίπτωση που η ζήτηση χάνεται, το κόστος αφορά αποκλειστικά το χαμένο κέρδος, ενώ στην περίπτωση έκτακτης παραγγελίας αφορά το επιπλέον κόστος που σχετίζεται με την επιλογή αυτή. Οι προαναφερθείσες καταστάσεις έλλειψης αφορούν και τα τρία προϊόντα που μελετώνται, ορισμένα περισσότερο από τα άλλα, και το αντίστροφο. Συνήθως, το προϊόν «πίτυρα» είναι αυτό που παρουσιάζει τις περισσότερες ελλείψεις, κυρίως στην περίοδο υψηλής ζήτησης. Αυτό διότι, η παραγωγική διαδικασία είναι προσανατολισμένη αποκλειστικά στην παραγωγή αλεύρων, γεγονός που δεν επιτρέπει την απαραίτητη αλλαγή του ρυθμού παραγωγής των πιτύρων, που απαιτείται για την κάλυψη της ζήτησης εκείνης της περιόδου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιβάλλεται η πραγματοποίηση έκτακτων παραγγελιών από εξωτερικό προμηθευτή, με το αντίστοιχο κόστος για την εταιρία. Αντίθετα, στα προϊόντα «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό» πιο συχνό φαινόμενο είναι η επιπλέον ζήτηση να χάνεται. Αυτό συμβαίνει διότι τις περισσότερες φορές η έλλειψη αφορά την αδυναμία πλήρους ικανοποίησης της παραγγελίας ενός ή περισσότερων πελατών, για μικρό αριθμό συσκευασιών. Έτσι, για τον υπολογισμό του ποσοστού B_2 , απαιτείται συμψηφισμός των εξόδων που προκαλεί η κάθε κατάσταση για το κάθε προϊόν. Σε συνεργασία με τα στελέχη της

εταιρίας, εκτιμήθηκε το κόστος που επιφέρει η εκάστοτε κατάσταση ως ποσοστό του κόστους παραγωγής v , ενώ στη συνέχεια αυτό σταθμίστηκε ανά προϊόν, λαμβάνοντας υπόψη τη συχνότητα εμφάνισης της εκάστοτε κατάστασης έλλειψης. Στη συνέχεια, παρατίθεται πίνακας όπου παρουσιάζονται αναλυτικά οι εκτιμήσεις του ποσοστιαίου κόστους έλλειψης της κάθε περίπτωσης, οι συντελεστές στάθμισης και τα τελικά αποτελέσματα του ποσοστού B_2 .

Πίνακας 12: Αναλυτική παρουσίαση των εκτιμήσεων του ποσοστιαίου κόστους έλλειψης B_2 , για την κάθε περίπτωση και το κάθε προϊόν.

Προϊόν	Κόστος έλλειψης ως ποσοστό του κόστους απόκτηση		Συντελεστής Στάθμισης		Ποσοστό B_2
	Κόστος χαμένης πώλησης	Κόστος έκτακτης παραγγελίας	Κόστος χαμένης πώλησης	Κόστος έκτακτης παραγγελίας	
ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ	0,2	0,1	0,6	0,4	0,16
ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ	0,2	0,1	0,6	0,4	0,16
ΠΙΤΥΡΑ 30KG	0,2	0,2	0,8	0,2	0,2

Κεφάλαιο 5: Σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων με πολιτική (s,Q)

5.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό στοχεύει στην ολοκλήρωση και τον πλήρη προσδιορισμό των βασικών χαρακτηριστικών του συστήματος διαχείρισης που αναπτύχθηκε. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τον καθορισμό των παραγόντων σχεδιασμού του συστήματος και την κατάστρωση των εξισώσεων που θα χρησιμοποιηθούν, ώστε να δοθεί απάντηση στα ερωτήματα «πότε» και «σε τι ποσότητα» πραγματοποιείται η παραγωγή των προϊόντων. Στην παρούσα ενότητα θα πραγματοποιηθεί μία σύντομη αναφορά στις πτυχές του συστήματος που έχουν αναγνωρισθεί και σχεδιασθεί μέχρι αυτό το σημείο, καθώς και σε εκείνες που εκκρεμούν και θα εξετασθούν στις επόμενες ενότητες του κεφαλαίου.

Οι κύριοι παράγοντες σχεδιασμού ενός συστήματος διαχείρισης, παράλληλα με τα στοιχεία κόστους, είναι το μέγεθος και τα οργανωτικά χαρακτηριστικά του συστήματος, η μορφή και η διαχρονική συμπεριφορά της ζήτησης των προϊόντων και οι διάφορες πολιτικές παρακολούθησης της στάθμης των αποθεμάτων και λήψης των αποφάσεων αναπλήρωσης. Τα οργανωτικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος αφορούν τις αποφάσεις που έχουν ληφθεί σχετικά με τον αριθμό των προϊόντων που παρακολουθούνται και το σημείο ή τα σημεία στα οποία αυτά διατηρούνται μέσα στην αλυσίδα. Στην παρούσα μελέτη η διαχείριση αφορά περιορισμένο αριθμό προϊόντων, η επιλογή των οποίων έγινε με βάση την ανάλυση ABC, ενώ η διαχείριση πραγματοποιείται για το καθένα ξεχωριστά και περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο σημείο αποθήκευσης και όχι σε πολλαπλά. Όσον αφορά τη ζήτηση των προϊόντων, αυτή διαφοροποιείται είτε ως προς τη συμπεριφορά της, δηλαδή στοχαστική ή καθοριστική, είτε ως προς την εξάρτηση ή όχι από άλλα προϊόντα. Στην υπό μελέτη περίπτωση, η ημερήσια ζήτηση των προϊόντων έχει βρεθεί ότι είναι στοχαστική, ενώ αυτή δεν εξαρτάται από άλλα προϊόντα ή υλικά. Συνεπώς, για την ολοκλήρωση του συστήματος διαχείρισης εκκρεμεί ο προσδιορισμός των πολιτικών παρακολούθησης των αποθεμάτων και λήψης αποφάσεων αναπλήρωσης. (Μιχιώτης, 2007)

5.2 Πολιτικές διαχείρισης

Η επιτυχημένη σχεδίαση ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο με τον οποίο αυτό προσεγγίζει τα ερωτήματα στα οποία καλείται να απαντήσει. Η ενότητα αυτή επικεντρώνεται στην ανάλυση των πιο διαδεδομένων πολιτικών που απαντούν σε αυτά τα ερωτήματα, μέσω του προσδιορισμού των κανόνων αναπλήρωσης και του τρόπου παρακολούθησης της στάθμης των αποθεμάτων, με στόχο να βρεθεί η βέλτιστη πολιτική για την υπό μελέτη επιχείρηση.

Μια βασική διαφορά μεταξύ των συστημάτων διαχείρισης, αφορά τον τρόπο με τον οποίο παρακολουθείται η στάθμη των αποθεμάτων στην αποθήκη. Στην πράξη τα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων χωρίζονται σε συστήματα συνεχούς ή περιοδικής παρακολούθησης. Στα συστήματα συνεχούς παρακολούθησης υπάρχει συνεχής γνώση της στάθμης των αποθεμάτων των προϊόντων ανά πάσα χρονική στιγμή. Αντίθετα, στην περίπτωση των συστημάτων περιοδικής παρακολούθησης η στάθμη των αποθεμάτων ελέγχεται περιοδικά σε προκαθορισμένες και ίσες μεταξύ τους χρονικές περιόδους (Μιχιώτης, 2007). Το βασικό πλεονέκτημα των συστημάτων περιοδικής παρακολούθησης έναντι των συστημάτων συνεχούς, έγκειται στην καλύτερη οργάνωση των εργασιών της αποθήκης, καθώς αυτά δημιουργούν συγκεκριμένα και επαναλαμβανόμενα μοτίβα εργασιών που σχετίζονται με την επιθεώρηση των αποθεμάτων. Το γεγονός αυτό καθιστά προβλέψιμο τον φόρτο εργασίας του προσωπικού της αποθήκης, βελτιώνοντας έτσι σε οργανωτικό επίπεδο την εταιρία. Επίσης, μέσω των συστημάτων περιοδικής παρακολούθησης μπορούν να αξιοποιηθούν οικονομίες κλίμακας, καθώς προϊόντα που αγοράζονται από τον ίδιο προμηθευτή ή παράγονται από την ίδια γραμμή μπορούν να έχουν την ίδια περίοδο επιθεώρησης, ώστε αυτά είτε να παραγγέλνονται είτε να παράγονται ταυτόχρονα. Ωστόσο, παρά τα πλεονεκτήματά τους, τα συστήματα περιοδικής παρακολούθησης παρουσιάζουν ένα βασικό μειονέκτημα, το οποίο έγκειται στην αδυναμία να επιτύχουν τα ίδια επίπεδα εξυπηρέτησης με αυτά των συνεχών, διατηρώντας παράλληλα συγκρίσιμα επίπεδα μέσω των αποθεμάτων με αυτά. Κάτι τέτοιο συμβαίνει διότι στα συστήματα περιοδικής παρακολούθησης η περίοδος αβεβαιότητας είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή των συνεχών, καθώς στο χρονικό διάστημα μεταξύ των ελέγχων της στάθμης δεν υπάρχει η δυνατότητα άμεσης αναπλήρωσης, και έτσι πρέπει να διατηρείται ικανό απόθεμα για την αποφυγή ελλείψεων (Edward A. Silver, 2017). Ως εκ τούτου, τα συστήματα συνεχούς παρακολούθησης αποτελούν ιδανική επιλογή για την παρούσα ανάλυση, καθώς διατηρώντας το μέσο απόθεμα σε χαμηλά επίπεδα επιτυγχάνουν υψηλά επίπεδα εξυπηρέτησης.

Μία άλλη βασική διαφορά μεταξύ των συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων αφορά τον τρόπο με τον οποίο αυτά καθορίζουν την ποσότητα και την στιγμή εκτέλεσης μίας παραγγελίας. Στην περίπτωση των συστημάτων συνεχούς παρακολούθησης, οι πιο συχνά εφαρμοζόμενες πολιτικές διαχείρισης είναι οι (s, S) και (s, Q) . Οι πολιτικές αυτές δεν διαφέρουν ως προς την στιγμή πραγματοποίησης μίας παραγγελίας, καθώς και στις δύο περιπτώσεις η εντολή για αναπλήρωση των αποθεμάτων ενός προϊόντος δίνεται μόλις η στάθμη του βρεθεί σε επίπεδο s ή σε άλλο επίπεδο χαμηλότερο από αυτό. Η βασική διαφορά των πολιτικών αυτών έγκειται στην ποσότητα της παραγγελίας που τίθεται κάθε φορά. Σε μία πολιτική (s, S) η ποσότητα αναπλήρωσης είναι τέτοια ώστε το επίπεδο των αποθεμάτων, μετά την αναπλήρωση, να φτάνει ένα προκαθορισμένο όριο S . Ως εκ τούτου, η ποσότητα που παραγγέλλεται κάθε φορά δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από το ανώτατο όριο S και την στάθμη των αποθεμάτων την στιγμή

υποβολής της παραγγελίας. Αντίθετα, σε πολιτικές (s, Q) η παραγγελθείσα ποσότητα είναι κάθε φορά σταθερή (Edward A. Silver, 2017). Στην υπό μελέτη επιχείρηση είναι σημαντικό η ποσότητα παραγωγής των προϊόντων να είναι σταθερή. Αυτό διότι, ο χρόνος που απαιτείται για την εκκίνηση της παραγωγικής διαδικασίας καθορίζεται από τον χρόνο που απαιτείται για τον καθαρισμό της προς άλεση ποσότητας σιταριού. Έτσι, ένα σύστημα με μεταβαλλόμενη ποσότητα παραγωγής θα οδηγούσε σε μεταβαλλόμενο χρόνο εκκίνησης της παραγωγικής διαδικασίας, γεγονός που θα αύξανε την πολυπλοκότητα του συστήματος, χωρίς ιδιαίτερα οφέλη. Συνεπώς, η πολιτική διαχείρισης των αποθεμάτων που επιλέχθηκε είναι η (s, Q) .

5.3 Υπολογισμός στάθμης αναπλήρωσης s

Έχοντας πλέον καθορίσει όλους τους απαραίτητους παράγοντες σχεδιασμού του συστήματος διαχείρισης, απομένει ο προσδιορισμός των σχέσεων που θα καθορίσουν τις τιμές των παραμέτρων του. Στο συγκεκριμένο σύστημα οι παράμετροι που πρέπει να υπολογισθούν είναι η στάθμη αναπλήρωσης s και η βέλτιστη ποσότητα παραγωγής Q . Στην παρούσα ενότητα θα αναλυθεί ο τρόπος υπολογισμού της στάθμης s , η οποία θα καθορίζει την στιγμή εκτέλεσης μίας παραγγελίας.

Ο σωστός προγραμματισμός των παραγγελιών σε μία εφοδιαστική αλυσίδα είναι κρίσιμος για τη βέλτιστη λειτουργία της, καθώς η έγκαιρη εκτέλεσή τους συμβάλλει στη διατήρηση υψηλών επιπέδων εξυπηρέτησης πελατών. Στο παρόν μοντέλο διαχείρισης, η στιγμή υποβολής των παραγγελιών καθορίζεται από την στάθμη αναπλήρωσης s . Συχνά, σε μία εφοδιαστική αλυσίδα, υπάρχουν χρονικά διαστήματα στα οποία είτε δεν μπορεί να ληφθεί απόφαση για την αναπλήρωση των αποθεμάτων είτε, μετά τη λήψη της, απαιτείται χρόνος για την υλοποίησή της. Αυτές οι καθυστερήσεις δημιουργούν περιόδους όπου η αναπλήρωση των αποθεμάτων δεν είναι άμεση, καθιστώντας απαραίτητο να διατηρείται επαρκές απόθεμα για να αποφευχθούν ελλείψεις. Στο συγκεκριμένο σύστημα, η εν λόγω περίοδος αφορά αποκλειστικά τον χρόνο παράδοσης της παραγγελίας, καθώς το σύστημα συνεχούς παρακολούθησης που έχει υιοθετηθεί επιτρέπει ευελιξία στον προγραμματισμό των παραγγελιών. Συνεπώς, η στάθμη αναπαραγγελίας s πρέπει να προσδιοριστεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το σύστημα να προστατεύεται κατά τον χρόνο παράδοσης των παραγγελιών. Έτσι, η στάθμη αναπλήρωσης s ορίζεται ως:

$$s = \mu_L + ss \quad (10)$$

όπου μ_L η μέση τιμή της ζήτησης κατά τον χρόνο παράδοσης της παραγγελίας (Lead time) και ss το απόθεμα ασφαλείας. Το απόθεμα ασφαλείας λειτουργεί ως προστασία απέναντι στις διακυμάνσεις της ζήτησης και εξαρτάται από μία σειρά σημαντικών παραγόντων. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον υπολογισμό του ss είναι: (Chopra, 2021)

- Το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης

- Η αβεβαιότητα της ζήτησης
- Η αβεβαιότητα της προσφοράς

Η τιμή του αποθέματος ασφαλείας ss εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αβεβαιότητα που εμφανίζεται είτε στην προσφορά είτε στη ζήτηση των προϊόντων. Στην υπό μελέτη περίπτωση, η αβεβαιότητα εντοπίζεται αποκλειστικά στη ζήτηση των προϊόντων, με την προσφορά να παραμένει σταθερή. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ημερήσια ζήτηση των προϊόντων είναι στοχαστικό μέγεθος, και ως εκ τούτου δε μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια. Κατά συνέπεια, η αβεβαιότητα αυτή πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό του ss , καθώς μεγάλες διακυμάνσεις στη ζήτηση αυξάνουν την τιμή του και κατ' επέκταση, έτσι αυξάνεται το μέσο διατηρούμενο απόθεμα, που σχετίζεται με το κόστος διατήρησης. Αντίθετα, αβεβαιότητα στην προσφορά δεν υπάρχει, καθώς δεν έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα έλλειψης πρώτων υλών ή σημαντικές καθυστερήσεις στον χρόνο παράδοσης των σιτηρών για άλεση ή καθαρισμό, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την τιμή του ss .

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για τον υπολογισμό του αποθέματος ασφαλείας και, κατά συνέπεια, της στάθμης αναπλήρωσης, με την παρούσα ανάλυση να εστιάζει σε δύο από αυτές. Η πρώτη αφορά τον υπολογισμό της στάθμης αναπλήρωσης με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους αποθεμάτων, ενώ η δεύτερη εστιάζει στον υπολογισμό της στάθμης s με στόχο την επίτευξη κάποιου συγκεκριμένου επιπέδου εξυπηρέτησης. Στην επιχείρηση προτεραιότητα αποτελεί η βελτίωση της εξυπηρέτησης των πελατών, με δευτερεύοντα στόχο την επίτευξη αυτό με το μικρότερο δυνατό κόστος. Συνεπώς, η ανάλυση επικεντρώθηκε στον υπολογισμό της στάθμης s βάσει κριτηρίων εξυπηρέτησης πελατών. Η αποτελεσματική εξυπηρέτηση των πελατών εξαρτάται από τη δυνατότητα άμεσης διάθεσης των προϊόντων της εταιρίας όταν αυτά ζητούνται (Βιδάλης, 2017). Για τη μέτρηση της διαθεσιμότητας των προϊόντων υπάρχουν διάφοροι τρόποι, με τους κυριότερους από αυτούς να είναι:

- Το επίπεδο εξυπηρέτησης ανά κύκλο (cycle service level, P_1), που είναι το ποσοστό των κύκλων αναπλήρωσης, μετά το τέλος των οποίων η ζήτηση έχει ικανοποιηθεί πλήρως. Ως κύκλος αναπλήρωσης ορίζεται ο χρόνος που μεσολαβεί από δύο διαδοχικές αναπληρώσεις της στάθμης των αποθεμάτων. (Βιδάλης, 2017)
- Ο βαθμός κάλυψης προϊόντος (production fill rate, P_2), δηλαδή το ποσοστό της ζήτησης του προϊόντος που ικανοποιείται από το απόθεμα των προϊόντων. (Βιδάλης, 2017)
- Ο μέσος χρόνος μεταξύ ελλείψεων (Time Between Shortages, TBS), που αφορά το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί κατά μέσο όρο μεταξύ δύο ελλείψεων. (Edward A. Silver, 2017)

Έπειτα από συζήτηση με τα στελέχη της εταιρίας, το επίπεδο εξυπηρέτησης ανά κύκλο P_1 θεωρήθηκε ως το καταλληλότερο μέτρο διαθεσιμότητας. Το μέτρο αυτό ορίζεται ως η πιθανότητα:

$$P_1 = P(x_L \leq s) \quad (11)$$

όπου x_L η ζήτηση ενός προϊόντος κατά τον χρόνο εκτέλεσης και παράδοσης μίας παραγγελίας. Στην υπό μελέτη επιχείρηση ο χρόνος παράδοσης μίας παραγγελίας εξαρτάται από την ποσότητα παραγωγής. Για τον υπολογισμό της ποσότητας παραγωγής απαιτείται ο προσδιορισμός της στάθμης s , η οποία όμως σχετίζεται με τον χρόνο παράδοσης. Έτσι, προκύπτει ότι ο υπολογισμός των παραμέτρων του συστήματος θα πρέπει να πραγματοποιηθεί με κυκλικό τρόπο, καθώς υπάρχει εξάρτηση μεταξύ τους. Για την εκκίνηση των υπολογισμών πρέπει να ορισθεί μία αρχική τιμή για τον χρόνο παράδοσης, η οποία στη συνέχεια θα επαναπροσδιορισθεί με βάση τις νέες τιμές των s και Q . Μία ρεαλιστική εκτίμηση του χρόνου παράδοσης μίας προς άλεση ποσότητας είναι η μία ημέρα. Συνεπώς, η κατανομή της ζήτησης κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ακολουθεί κατανομή γάμμα. Έτσι, η στάθμη αναπλήρωσης προκύπτει από τον τύπο:

$$s = F_G^{-1}(P_1; \alpha_L, \beta_L) \quad (12)$$

όπου F_G^{-1} η αντίστροφη αθροιστική συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της γάμμα κατανομής, P_1 το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης και α_L, β_L οι παράμετροι της γάμμα κατανομής κατά τον χρόνο παράδοσης της παραγγελίας. (Vanderput, 2020)

5.4 Υπολογισμός βέλτιστης ποσότητας παραγωγής Q^*

Για την ολοκλήρωση των υπολογισμών των παραμέτρων της πολιτικής (s, Q) , είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της σταθερής ποσότητας παραγωγής Q . Στην παρούσα ενότητα θα πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί για την εύρεση των σχέσεων που επιτρέπουν τον υπολογισμό της βέλτιστης ποσότητας παραγωγής για το κάθε προϊόν, δεδομένης της στάθμης αναπλήρωσης s .

Ο υπολογισμός της βέλτιστης ποσότητας παραγωγής γίνεται μέσω οικονομικών μεγεθών. Συγκεκριμένα, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας είναι αυτή που θα ελαχιστοποιεί τα συνολικά έξοδα της εταιρίας για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Στην παρούσα εργασία ο χρονικός ορίζοντας υπολογισμού των εξόδων ορίσθηκε ως ένα έτος, με τα συνολικά έξοδα διαχείρισης αποθεμάτων της εταιρίας (TIC) να προκύπτουν από την σχέση:

$$TIC = \text{Κόστος Απόκτησης} + \text{Κόστος Διατήρησης Αποθέματος} + \text{Κόστος Έλλειψης} \quad (13)$$

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το κόστος απόκτησης χωρίζεται σε δύο μέρη, ένα που σχετίζεται με την ποσότητα που παράγεται και ένα που σχετίζεται με τα σταθερά κόστη τα οποία συνοδεύουν την παραγωγική διαδικασία (Μιχιώτης, 2007). Το κόστος παραγωγής για ένα χρόνο λειτουργίας της εταιρίας ορίζεται μέσω της σχέσης:

$$\text{Κόστος Παραγωγής} = D \cdot v \quad (14)$$

όπου D ο ρυθμός ζήτησης σε [kg/έτος] και v το κόστος παραγωγής σε [€/kg]. Ο ρυθμός ζήτησης D ανά έτος θεωρείται σταθερός, καθώς η ζήτηση των αλεύρων εμφανίζει μικρές διακυμάνσεις

από έτος σε έτος, ενώ η όποια διαφορά μεταξύ των ετών 2021-2022 αποδίδεται στις ιδιαίτερες συνθήκες εκείνης της περιόδου.

Όσον αφορά το σταθερό κόστος που σχετίζεται με την παραγωγή, αυτό εξαρτάται από τον αριθμό των εκκινήσεων της παραγωγικής διαδικασίας που πραγματοποιούνται ανά έτος, ώστε να παραχθεί η απαιτούμενη ποσότητα D , και προκύπτει από τη σχέση:

$$\text{Κόστος Εκκίνησης Παραγωγής} = A \cdot \frac{D}{Q} \quad (15)$$

όπου Q η σταθερή ποσότητα παραγωγής σε [kg] και A το σταθερό κόστος εκκίνησης της παραγωγικής διαδικασίας σε [€]. (Βιδάλης, 2017)

Αναφορικά με το κόστος διατήρησης των αποθεμάτων, αυτό εξαρτάται από το μέσο απόθεμα του προϊόντος που διατηρείται ανά κύκλο αναπλήρωσης, καθώς και από το εκτιμώμενο απόθεμα στο τέλος ενός κύκλου αναπλήρωσης, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ίσο με το απόθεμα ασφαλείας. Επίσης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, το κόστος διατήρησης ορίζεται ως ποσοστό του κόστους παραγωγής ανά κιλό v . Έτσι, ο τύπος που εκφράζει το κόστος διατήρησης είναι:

$$\text{Κόστος Διατήρησης Αποθέματος} = \left(\frac{Q}{2} + ss \right) \cdot v \cdot r \quad (16)$$

Σε αυτό το σημείο πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η ποσότητα Q , με την οποία αναπληρώνεται το απόθεμα, παράγεται στις εγκαταστάσεις της εταιρίας με σταθερό ρυθμό m . Ως εκ τούτου, η αναπλήρωση του αποθέματος δε γίνεται στιγμιαία, αλλά πραγματοποιείται σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί στον χρόνο παραγωγής της. Όμως στο χρονικό διάστημα αυτό, παράλληλα με την παραγωγή, υπάρχει και κατανάλωση με συγκεκριμένο ρυθμό d . Συνεπώς, στο τέλος της παραγωγής, η ποσότητα Q θα είναι μειωμένη κατά την ποσότητα που πωλήθηκε την περίοδο παραγωγής της (Μιχιώτης, 2007). Έτσι, ο τύπος (16) λαμβάνει τη μορφή:

$$\begin{aligned} \text{Κόστος Διατήρησης Αποθέματος} &= \left[\frac{Q - (Q \cdot d) / m}{2} + ss \right] \cdot v \cdot r \Rightarrow \\ \text{Κόστος Διατήρησης Αποθέματος} &= \left[\frac{Q}{2} \cdot \left(\frac{m - d}{m} \right) + ss \right] \cdot v \cdot r \end{aligned} \quad (17)$$

όπου m ο ρυθμός παραγωγής του προϊόντος και d ο ρυθμός της ζήτησης κατά το χρόνο παραγωγής. Όμως, όσο οι τιμές των ρυθμών m και d έχουν τις ίδιες μονάδες το αποτέλεσμα της εξίσωσης (17) δε μεταβάλλεται. Έτσι, υπάρχει ευελιξία στις τιμές που θα χρησιμοποιηθούν στους τελικούς υπολογισμούς.

Τέλος, όσον αφορά το κόστος έλλειψης, αυτό εκφράζεται ως ποσοστό του κόστους παραγωγής και εξαρτάται από τον μέσο αριθμό ελλείψεων ανά κύκλο αναπλήρωσης (ESPRC). Έτσι, το κόστος έλλειψης ορίζεται από την σχέση:

$$\text{Κόστος Έλλειψης} = B_2 \cdot v \cdot \frac{D}{Q} \cdot \text{ESPRC} \quad (18)$$

Ο μέσος αριθμός ελλείψεων ανά κύκλο για γάμμα κατανομή προκύπτει από την σχέση:

$$\text{ESPRC} = \int_s^{\infty} (x_L - s) \cdot f(x_L; \alpha_L, \beta_L) dx_L \quad (19)$$

όπου $f(x_L; \alpha_L, \beta_L)$ η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της κατανομής γάμμα με τις παραμέτρους α_L και β_L να αφορούν τον χρόνο παράδοσης της παραγγελίας (Vanderput, 2020). Έτσι, επιλύοντας το ολοκλήρωμα της σχέσης (19) (στο παράρτημα Γ παρατίθενται αναλυτικά οι υπολογισμοί) και αντικαθιστώντας το αποτέλεσμα στη σχέση (18), προκύπτει η σχέση υπολογισμού του κόστους έλλειψης:

$$\text{Κόστος Έλλειψης} = B_2 \cdot v \cdot \frac{D}{Q} \cdot [\alpha_L \cdot \beta_L \cdot (1 - F(s; \alpha_L + 1, \beta_L)) - s \cdot (1 - F(s; \alpha_L, \beta_L))] \quad (20)$$

Η βελτιστοποίηση στην παρούσα μελέτη γίνεται βάσει στατιστικών κριτηρίων. Ως εκ τούτου, η ποσότητα παραγγελίας Q πρέπει να είναι τέτοια ώστε να ελαχιστοποιείται το συνολικό κόστος αποθεμάτων για τις επιλεγμένες στάθμες αναπλήρωσης s . Έτσι, για την εύρεση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας αναζητείται η τιμή Q^* που μηδενίζει την πρώτη παράγωγο της συνάρτησης κόστους. Συνεπώς, έχοντας υπολογίσει τα επιμέρους κόστη που απαρτίζουν τη συνάρτηση, προκύπτει:

$$\frac{dTIC(Q)}{dQ} = 0 \Rightarrow$$

$$-\frac{D \cdot A}{Q^2} + \left(\frac{m-d}{m}\right) \cdot \frac{v \cdot r}{2} - \frac{B_2 \cdot v \cdot D}{Q^2} \cdot [\alpha_L \cdot \beta_L \cdot (1 - F(s; \alpha_L + 1, \beta_L)) - s \cdot (1 - F(s; \alpha_L, \beta_L))] = 0 \Rightarrow$$

$$\left(\frac{m-d}{m}\right) \cdot \frac{v \cdot r}{2} = \frac{D \cdot A + B_2 \cdot v \cdot D}{Q^2} \cdot [\alpha_L \cdot \beta_L \cdot (1 - F(s; \alpha_L + 1, \beta_L)) - s \cdot (1 - F(s; \alpha_L, \beta_L))] \Rightarrow$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot \{A + B_2 \cdot v \cdot [\alpha_L \cdot \beta_L \cdot (1 - F(s; \alpha_L + 1, \beta_L)) - s \cdot (1 - F(s; \alpha_L, \beta_L))]\}}{\left(\frac{m-d}{m}\right) \cdot v \cdot r}} \quad (21)$$

Κεφάλαιο 6: Σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό»

6.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί για την εύρεση της στάθμης αναπλήρωσης s και της ποσότητας παραγωγής Q για τα προϊόντα «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», ενώ παράλληλα θα εξεταστεί και ο τρόπος με τον οποίο οι τιμές των s και Q επηρεάζονται από τους περιορισμούς που ισχύουν στην υπό μελέτη επιχείρηση. Επίσης, θα παρουσιαστούν οι διαθέσιμες μέθοδοι οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας των εν λόγω προϊόντων, καθώς και τα κριτήρια επιλογής αυτών που εν τέλει θα εφαρμοστούν.

Το σύστημα διαχείρισης που έχει αναπτυχθεί έως τώρα και έχει βασιστεί στην πολιτική (s, Q) , αποφασίστηκε να εφαρμοστεί μόνο στα προϊόντα «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», και όχι στο προϊόν «πίτυρα». Η απόφαση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι το προϊόν «πίτυρα» δε μπορεί να παραχθεί αυτόνομα, καθώς η παραγωγή του είναι συνυφασμένη με αυτή του σκληρού και μαλακού αλευριού. Ως εκ τούτου, ο υπολογισμός μίας σταθερής ποσότητας παραγωγής Q για τα πίτυρα θεωρήθηκε περιττός, καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα αυτόνομης παραγωγής του και κατ' επέκταση επιλογής της ποσότητας που θα παράγεται κάθε φορά. Ομοίως, άσκοπος θεωρήθηκε και ο υπολογισμός της στάθμης αναπλήρωσης s , καθώς ούτε δυνατότητα επιλογής της στιγμής αναπλήρωσης μέσω της παραγωγικής διαδικασίας υφίσταται, εξαιτίας της εξάρτησης της στιγμής παραγωγής του προϊόντος με αυτή των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό».

Αναφορικά με τη σειρά εκτέλεσης των υπολογισμών για τα προϊόντα «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», πρώτα θα πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί της στάθμης s και της ποσότητας Q , ώστε στη συνέχεια αυτές να τροποποιηθούν με βάση τους περιορισμούς που υπάρχουν στην επιχείρηση. Οι περιορισμοί αυτοί αφορούν την αποθηκευτική ικανότητα και τη διαδικασία παραγωγής των προϊόντων. Αυτό διότι, οι υφιστάμενοι αποθηκευτικοί χώροι που διατίθενται για την αποθήκευση σκληρού και μαλακού αλευριού σε χύδην μορφή είναι περιορισμένοι και δεν επαρκούν για την αποθήκευση των ποσοτήτων Q που υπολογίσθηκαν. Επίσης, τα προϊόντα αυτά δε μπορούν να παραχθούν ταυτόχρονα, καθώς ορισμένα μηχανήματα χρησιμοποιούνται και στις δύο παραγωγικές διαδικασίες. Στη συνέχεια, και αφού έχουν υπολογισθεί οι τελικές τιμές των s και Q , θα πραγματοποιηθεί η μελέτη για την εύρεση του βέλτιστου τρόπου παραγωγής των προϊόντων, βάσει των τιμών αυτών. Η μελέτη περιλαμβάνει την εφαρμογή μίας από τις υπάρχουσες μεθόδους οργάνωσης παραγωγής και μίας που αναπτύχθηκε αποκλειστικά για τις ανάγκες της υπό μελέτη επιχείρησης.

6.2 Εφαρμογή συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων (s, Q)

Στην παρούσα ενότητα θα πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί για την εύρεση της στάθμης αναπλήρωσης s και της ποσότητας παραγωγής Q των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», τόσο με περιορισμούς όσο και χωρίς.

Αρχικά υπολογίζονται οι στάθμες αναπλήρωσης s . Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι στάθμες υπολογίζονται βάσει ενός προκαθορισμένου επιπέδου εξυπηρέτησης ανά κύκλο αναπλήρωσης. Έπειτα, από συζήτηση με τα στελέχη της εταιρίας και λαμβάνοντας υπόψη τόσο τον όγκο των πωλήσεων όσο και την ανάγκη βελτίωσης των παρεχόμενων υπηρεσιών εξυπηρέτησης, το επίπεδο εξυπηρέτησης ανά κύκλο που επιλέχθηκε για τα προϊόντα είναι $P_1 = 0,97$. Οι υπολογισμοί της στάθμης αναπλήρωσης πραγματοποιήθηκαν στο λογισμικό excel, καθώς αυτό διαθέτει ενσωματωμένη συνάρτηση για τον υπολογισμό της αντίστροφης συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας της γάμμα κατανομής, όπως αυτή περιγράφεται στην εξίσωση (12). Έτσι, για χρόνο παράδοσης μίας ημέρας, ως τιμή εκκίνησης των υπολογισμών προκύπτει ότι:

$$s_{\text{σκληρού}} = f_{\Gamma}^{-1}(0,97; 1,31, 2.087,85) = 8.612 [kg] \quad (22)$$

$$s_{\text{μαλακού}} = f_{\Gamma}^{-1}(0,97; 0,74, 1.254,33) = 3.682 [kg] \quad (23)$$

Στη συνέχεια, για τον υπολογισμό της βέλτιστης ποσότητας παραγωγής Q^* χρησιμοποιήθηκε η σχέση (21). Για την πραγματοποίηση των υπολογισμών απαιτείται πρώτα να καθορισθούν κάποια μεγέθη. Τα μεγέθη αυτά είναι ο ρυθμός παραγωγής m και ο ρυθμός ζήτησης D του εκάστοτε προϊόντος, οι οποίοι πρέπει να βρίσκονται στις ίδιες μονάδες για τη σωστή εκτέλεση των υπολογισμών. Σχετικά με τον ρυθμό ζήτησης, αυτός δίνεται σε μονάδες κιλά ανά έτος, και όπως έχει ήδη αναφερθεί μπορεί να θεωρηθεί σταθερός. Για την εκτέλεση των υπολογισμών ως ρυθμός ζήτησης των δύο προϊόντων λαμβάνεται η μέση τιμή των ετών 2021-22, διότι, όπως και με τα οικονομικά μεγέθη, αυτή αποτελεί μία ρεαλιστική προσέγγιση της μελλοντικής συμπεριφοράς. Έτσι, οι ρυθμοί ζήτησης έχουν τιμές $D_{\text{σκληρού}} = 884.296 \left[\frac{kg}{\text{έτος}} \right]$ και $D_{\text{μαλακού}} = 305.968,5 \left[\frac{kg}{\text{έτος}} \right]$. Όσον αφορά τον ρυθμό παραγωγής του εκάστοτε προϊόντος, αυτός δίνεται σε κιλά ανά ώρα και είναι 1.300 για το σκληρό και 1.500 για το μαλακό αλεύρι. Για τη μετατροπή αυτών των τιμών σε κιλά ανά έτος, θεωρείται ότι ένα έτος διαθέτει 312 ημέρες, με την κάθε ημέρα να διαθέτει μία οκτάωρη βάρδια. Έτσι, οι τιμές του ρυθμού παραγωγής ανά έτος είναι $m_{\text{σκληρού}} = 3.244.800 \left[\frac{kg}{\text{έτος}} \right]$ και $m_{\text{μαλακού}} = 3.744.000 \left[\frac{kg}{\text{έτος}} \right]$. Έχοντας πλέον υπολογίσει όλα τα απαραίτητα μεγέθη, και με χρήση του λογισμικού excel για τον υπολογισμό των αθροιστικών συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας της γάμμα κατανομής, από τη σχέση (21) προκύπτει ότι οι βέλτιστες ποσότητες παραγωγής για τα προϊόντα «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό» είναι:

$$\begin{aligned}
& Q_{σκληρού}^* \\
&= \sqrt{\frac{2 \cdot 884.296 \cdot \{25,7 + 0,16 \cdot 0,541 \cdot [1,31 \cdot 2.087,85 \cdot (1 - F(0,97; 2,31, 2.087,85)) - 8.611,63 \cdot (1 - F(0,97; 1,31, 2.087,85))]\}}{\left(\frac{3.244.800 - 884.296}{3.244.800}\right) \cdot 0,541 \cdot 0,027}} \\
&\Rightarrow \\
& Q_{σκληρού}^* = 72.282,67 [kg] \tag{24}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& Q_{μαλακού}^* \\
&= \sqrt{\frac{2 \cdot 305.968,5 \cdot \{28,3 + 0,16 \cdot 0,472 \cdot [0,74 \cdot 1.254,33 \cdot (1 - F(0,97; 1,74, 1.254,33)) - 3.682,13 \cdot (1 - F(0,97; 0,74, 1.254,33))]\}}{\left(\frac{3.744.000 - 305.968,5}{3.744.000}\right) \cdot 0,472 \cdot 0,027}} \\
&\Rightarrow \\
& Q_{μαλακού}^* = 40.229,93 [kg] \tag{25}
\end{aligned}$$

Όμως, παρότι οι ποσότητες που υπολογίσθηκαν μπορούν να παραχθούν στις εγκαταστάσεις της εταιρίας, ο διαθέσιμος χώρος αποθήκευσης χύδην ποσοτήτων δεν επαρκεί για την αποθήκευσή τους. Αυτό διότι, οι διαθέσιμοι χώροι αποθήκευσης αποτελούνται από μόλις τέσσερα ειδικά σιλό αποθήκευσης, δύο για το κάθε προϊόν, χωρητικότητας 7.500 κιλών το καθένα. Έτσι, ο διαθέσιμος αποθηκευτικός χώρος είναι μέχρι 15.000 κιλά για το κάθε προϊόν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι βέλτιστες ποσότητες Q^* που υπολογίσθηκαν να μην είναι εφικτές. Συνεπώς, απαιτείται ο υπολογισμός νέων ποσοτήτων παραγωγής Q οι οποίες πρέπει να εκμεταλλεύονται πλήρως το διαθέσιμο αποθηκευτικό χώρο, καθώς οι βέλτιστες ποσότητες Q^* είναι και στις δύο περιπτώσεις μεγαλύτερες από αυτόν. Επίσης, οι νέες αυτές ποσότητες πρέπει να συμμορφώνονται με τον ισχύοντα περιορισμό, διότι διαφορετικά η προτεινόμενη λύση θα είναι μη εφικτή. Έτσι, προκύπτει ότι οι νέες ποσότητες πρέπει να υπολογίζονται μέσω του τύπου:

$$Q = M.A.X. - s \tag{26}$$

όπου $M.A.X.$ ο μέγιστος αποθηκευτικός χώρος του κάθε προϊόντος. Έτσι, μέσω του τύπου (26) οι νέες ποσότητες παραγωγής των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό» είναι:

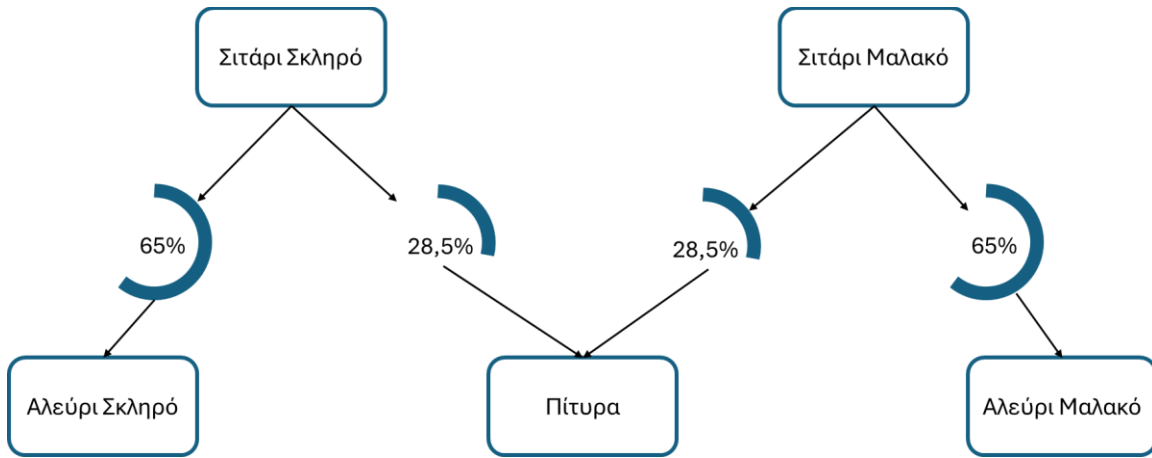
$$Q_{σκληρού} = 15.000 - 8.612 = 6.388 [kg] \tag{27}$$

$$Q_{μαλακού} = 15.000 - 3.682 = 11.318 [kg] \tag{28}$$

Όσον αφορά τον επαναπροσδιορισμό της στάθμης αναπλήρωσης s , αυτή σχετίζεται με τον χρόνο καθαρισμού της προς άλεση ποσότητας σιταριού (είτε σκληρού είτε μαλακού) για την παραγωγή της επιθυμητής ποσότητας αλευριού. Ο απαιτούμενος χρόνος καθαρισμού προκύπτει από τη σχέση:

$$LT = \frac{Q}{0,65 \cdot m_{καθαρισμού}} \tag{29}$$

όπου $m_{καθαρισμού}$ η δυναμικότητα της γραμμής καθαρισμού η οποία είναι κοινή και για τα δύο προϊόντα και ίση με 4.000 [kg/ώρα], ενώ ο συντελεστής 0,65 χρησιμοποιείται για να βρεθεί η απαιτούμενη ποσότητα σιτηρών για την παραγωγή της επιθυμητής ποσότητας αλεύρων.



Εικόνα 9: Παραγόμενες ποσότητες των κυριότερων προϊόντων της εταιρίας από την παραγωγική διαδικασία.

Έτσι προκύπτει ότι:

$$LT_{σκληρού} = \frac{6.388,37}{0,65 \cdot 4.000} = 2,46 \text{ [ώρες]} \tag{30}$$

$$LT_{μαλακού} = \frac{11.317,87}{0,65 \cdot 4.000} = 4,35 \text{ [ώρες]} \tag{31}$$

Συνεπώς, προκύπτει ότι ο χρόνος παράδοσης των προϊόντων είναι μικρότερος από μία ημέρα που είχε αρχικά ορισθεί. Όμως στην πραγματικότητα, για λόγους οργάνωσης, ο καθαρισμός των σιτηρών πραγματοποιείται μία ημέρα πριν την άλεση. Έτσι, παρότι ο χρόνος παράδοσης των προϊόντων είναι μικρός, ο πραγματικός χρόνος προστασίας από την αβεβαιότητα θα είναι μία ημέρα. Συνεπώς, δεν είναι αναγκαίος ο επαναπροσδιορισμός των σταθμών αναπλήρωσης.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των υπολογισμών, προκύπτει ότι η στιγμή εκκίνησης των διαδικασιών παραγωγής του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» πραγματοποιείται όταν το επίπεδο των αποθεμάτων του γίνει ίσο ή μικρότερο από 8.612 [kg], ενώ η ποσότητα παραγωγής του είναι ίση με 6.388 [kg]. Αντίστοιχα, για το προϊόν «αλεύρι μαλακό» η στιγμή εκκίνησης των διαδικασιών παραγωγής του πραγματοποιείται όταν το επίπεδο των αποθεμάτων του γίνει ίσο ή μικρότερο από 3.682 [kg], ενώ η ποσότητα παραγωγής του είναι ίση με 11.318 [kg].

6.3 Προσομοίωση συστήματος (s, Q)

Για να βρεθεί ο αντίκτυπος που έχει ο περιορισμένος χώρος αποθήκευσης στα επίπεδα διαθεσιμότητας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», αναπτύχθηκε ένα στοχαστικό προσομοιωτικό μοντέλο της παραγωγικής τους διαδικασίας. Το μοντέλο αυτό

αναπτύχθηκε στο λογισμικό MATLAB και έχει ως στόχο τον προσδιορισμό των επιπέδων εξυπηρέτησης ανά κύκλο αναπλήρωσης του κάθε προϊόντος και την εύρεση της απόκλισης από τις επιθυμητές τιμές. Στην παρούσα ενότητα θα περιγραφεί ο τρόπος λειτουργίας του μοντέλου και τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

Το προσομοιωτικό μοντέλο που αναπτύχθηκε μπορεί να χωριστεί σε τρία βασικά μέρη (στο παράρτημα Δ παρατίθεται ο αλγόριθμος στο σύνολό του). Το πρώτο μέρος περιλαμβάνει τον ορισμό όλων των απαραίτητων μεγεθών του συστήματος και την αρχικοποίηση των διανυσμάτων που χρησιμοποιούνται στην προσομοιωτική διαδικασία. Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει την κύρια διαδικασία της προσομοίωσης, στην οποία υπολογίζονται τα επίπεδα αποθεμάτων για το κάθε προϊόν και λαμβάνονται οι αποφάσεις για την παραγωγή τους, με βάση τις στάθμες αναπλήρωσης του καθενός. Ενώ το τρίτο και τελευταίο μέρος της προσομοίωσης, περιλαμβάνει την ανάλυση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν, με σκοπό τον υπολογισμό των επιπέδων διαθεσιμότητας του κάθε προϊόντος. Αναλυτικότερα, το πρώτο τμήμα της προσομοίωσης αποτελείται από τις αρχικές γραμμές του κώδικα. Μεταξύ άλλων σε αυτές ορίζεται ένα από τα σημαντικότερα μεγέθη της διαδικασίας, το οποίο είναι ο χρονικός ορίζοντας εκτέλεσης της διαδικασίας. Το μέγεθος αυτό επιδιώκεται να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερο, καθώς από αυτό εξαρτάται η ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Αυτό διότι, η προσομοιωτική διαδικασία είναι μία προσομοίωση σταθερής κατάστασης, όπου το μέγεθος ενδιαφέροντος, στην προκειμένη περίπτωση το επίπεδο εξυπηρέτησης ανά κύκλο του εκάστοτε προϊόντος, ορίζεται ως ένα όριο στο οποίο τείνουν τα αποτελέσματα, όσο ο χρονικός ορίζοντας εκτέλεσης της διαδικασίας τείνει στο άπειρο. Επίσης, όσο μεγαλύτερος είναι ο χρονικός ορίζοντας της προσομοίωσης, τόσο πιο απαλλαγμένα θα είναι τα αποτελέσματά της από τις αρχικές συνθήκες (Σουραβλάς, 2022). Συνεπώς, ως τιμή του χρονικού ορίζοντα ορίσθηκαν τα 1.000 έτη, ενώ το χρονικό βήμα της προσομοίωσης, εφόσον το σύστημα διαχείρισης είναι συνεχούς επιθεώρησης, ορίσθηκε ως μία ημέρα, με ένα έτος να διαθέτει 312 ημέρες. Επίσης, στο αρχικό τμήμα της προσομοίωσης ορίζονται και οι διάφορες σταθερές που χρησιμοποιούνται στο κύριο τμήμα της διαδικασίας. Ενδεικτικά, κάποια από τα μεγέθη αυτά είναι οι στάθμες αναπλήρωσης, οι χρόνοι παράδοσης, οι σταθερές ποσότητες παραγωγής και οι ρυθμοί παραγωγής του εκάστοτε προϊόντος. Τέλος, σε αυτό το τμήμα του αλγορίθμου αρχικοποιούνται και τα βασικά διανύσματα της διαδικασίας, τα οποία αντιπροσωπεύουν την πραγματική ζήτηση, την παραγόμενη ποσότητα και τα αποθέματα του εκάστοτε προϊόντος στην εκάστοτε χρονική στιγμή. Η χρήση διανυσμάτων στο προσομοιωτικό μοντέλο γίνεται διότι, μέσω αυτών διευκολύνεται η αξιολόγηση της ακρίβειας με την οποία η διαδικασία αποτυπώνει τη συμπεριφορά της υπό μελέτη περίπτωσης. Επίσης, η χρήση διανυσμάτων διευκολύνει την πραγματοποίηση των υπολογισμών των επιπέδων εξυπηρέτησης στο τελευταίο στάδιο της διαδικασίας. Τέλος, για την εκκίνηση της προσομοίωσης θεωρείται ότι οι αποθηκευτικοί χώροι της επιχείρησης είναι πλήρεις. Έτσι, οι αρχικές τιμές των

διανυσμάτων που αντιπροσωπεύουν τα αποθέματα του εκάστοτε προϊόντος τίθενται ίσες με 15.000 [kg].

Το δεύτερο τμήμα του μοντέλου συνιστά το κύριο μέρος της προσομοίωσης, το οποίο αποτελείται από μία επαναληπτική διαδικασία, η οποία δύναται να χωριστεί σε δύο βασικά μέρη. Το πρώτο αφορά τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στην υπό μελέτη επιχείρηση, ενώ το δεύτερο τις αποφάσεις που σχετίζονται με τη στιγμή και την ποσότητα αναπλήρωσης των αποθεμάτων. Στο αρχικό στάδιο της κύριας διαδικασίας, πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί της ημερήσιας ζήτησης του κάθε προϊόντος. Δεδομένου ότι η συμπεριφορά της ζήτησης στην υπό μελέτη περίπτωση είναι στοχαστική, οι τιμές της ζήτησης στο προσομοιωτικό μοντέλο πρέπει επίσης να εμφανίζουν τυχαία συμπεριφορά. Η κατανομή της ημερήσιας ζήτησης των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», σύμφωνα με την ανάλυση που προηγήθηκε, φαίνεται να περιγράφεται ικανοποιητικά από τη γάμμα κατανομή. Στο λογισμικό MATLAB υπάρχει διαθέσιμη συνάρτηση που παράγει τυχαίους αριθμούς που ακολουθούν γάμμα κατανομή ($gamrnd(\alpha, \beta)$), με βάση συγκεκριμένες τιμές των παραμέτρων α και β . Έτσι, με χρήση αυτής της συνάρτησης, παράγονται τυχαίες τιμές ημερήσιας ζήτησης, οι οποίες αποθηκεύονται στα διανύσματα ζήτησης του κάθε προϊόντος. Στη συνέχεια, διεξάγονται οι υπολογισμοί για την εύρεση του επιπέδου των αποθεμάτων του εκάστοτε προϊόντος. Οι εν λόγω υπολογισμοί βασίζονται στο απόθεμα της προηγούμενης περιόδου, την ποσότητα που παράχθηκε κατά την τρέχουσα περίοδο, καθώς και τη ζήτηση του προϊόντος την περίοδο αυτή. Αφού προσδιορισθούν τα επίπεδα των αποθεμάτων, διεξάγεται έλεγχος για την εύρεση και εξάλειψη τυχόν αρνητικών τιμών τους. Αυτό διότι, στο εξεταζόμενο σύστημα η ζήτηση ενός προϊόντος που δεν ικανοποιείται από το διαθέσιμο απόθεμα αποτελεί χαμένη πώληση, γεγονός που καθιστά αδικαιολόγητη την ύπαρξη αρνητικών τιμών αποθέματος. Τέλος, οι υπολογισμοί του κυρίου τμήματος της προσομοίωσης κλείνουν με τη λήψη των αποφάσεων σχετικά με την στιγμή και την ποσότητα αναπλήρωσης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ποσότητα αναπλήρωσης είναι σταθερή, ενώ η στιγμή που γίνεται διαθέσιμη στηρίζεται στην στάθμη αναπλήρωσης. Δεδομένου ότι το χρονικό βήμα εκτέλεσης της προσομοίωσης είναι μία ημέρα και ότι ο χρόνος παράδοσης της προς άλεση ποσότητας είναι επίσης μία ημέρα, η αναπλήρωση θα λαμβάνει χώρα τη χρονική στιγμή $t_{αναπλήρωσης} = t_{review} + t_{lead\ time} + 1$. Αυτό διότι, γίνεται η παραδοχή ότι η ποσότητα αναπλήρωσης δύναται να ικανοποιήσει τη ζήτηση της ημέρας παραγωγής της, ενώ ο έλεγχος της στάθμης γίνεται στο τέλος κάθε ημέρας.

Στο τρίτο και τελευταίο τμήμα της προσομοιωτικής διαδικασίας πραγματοποιούνται οι απαραίτητοι υπολογισμοί για την εύρεση των επιπέδων διαθεσιμότητας των δύο προϊόντων. Οι υπολογισμοί αυτοί πραγματοποιούνται μέσω των δεδομένων που έχουν παραχθεί από το κύριο τμήμα και αποτελούνται από δύο επαναληπτικές διαδικασίες, μία για κάθε προϊόν. Έτσι, σκοπός των επαναληπτικών διαδικασιών είναι ο υπολογισμός του αριθμού των κύκλων αναπλήρωσης

κατά τη διάρκεια των οποίων εμφανίστηκαν ελλείψεις, ώστε στη συνέχεια, με βάση και τον συνολικό αριθμό των κύκλων στην προσομοίωση, να υπολογιστεί το ποσοστό αυτών, μετά το τέλος των οποίων, δεν εμφανίστηκαν ελλείψεις.

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων για τα επίπεδα εξυπηρέτησης των προϊόντων, η προσομοιωτική διαδικασία εκτελέστηκε αρκετές φορές για 1.000 έτη, επιτρέποντας τη συλλογή δείγματος για την αξιολόγηση της ακρίβειας των υπολογισμών. Από ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η διακύμανση των τιμών του εκάστοτε δείγματος είναι πολύ μικρή, γεγονός που δείχνει ότι η διαδικασία συγκλίνει ικανοποιητικά γύρω από συγκεκριμένες τιμές επιπέδου εξυπηρέτησης για το κάθε προϊόν. Αναλυτικότερα, οι τιμές του επιπέδου εξυπηρέτησης P_1 φαίνεται να συγκλίνουν γύρω από τις τιμές 0,8 για το προϊόν «αλεύρι σκληρό» και 0,87 για το προϊόν «αλεύρι μαλακό». Ωστόσο, οι τιμές αυτές είναι αρκετά μικρότερες από την τιμή σχεδιασμού του συστήματος διαχείρισης, η οποία είχε τεθεί 0,97 και για τα δύο προϊόντα. Έτσι, προκύπτει ότι η αδυναμία αποθήκευσης μεγαλύτερων ποσοτήτων από τα προϊόντα «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό» σε χύδην μορφή έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ικανότητα της εταιρίας να ανταπεξέλθει στην υφιστάμενη ζήτηση.

Πίνακας 13: Ενδεικτικές τιμές επιπέδων εξυπηρέτησης ανά κύκλο αναπλήρωσης, όπως αυτές προέκυψαν για το κάθε προϊόν από την προσομοιωτική διαδικασία, για χρονικό ορίζοντα χιλίων ετών.

Αποτελέσματα προσομοίωσης						
Προϊόντα	Δείγματα τιμών επιπέδων εξυπηρέτησης ανά κύκλο αναπλήρωσης					Μέσος όρος P_1
	1	2	3	4	5	
Αλεύρι σκληρό	0,8053	0,8058	0,8066	0,8074	0,8074	0,8065
Αλεύρι μαλακό	0,8701	0,8686	0,8689	0,8712	0,8668	0,8691

6.4 Εισαγωγή στα Stochastic Economic Lot Scheduling Problems

Μία ακόμη παράμετρος που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης, είναι η αδυναμία ταυτόχρονης παραγωγής των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό». Μέχρι στιγμής η μελέτη δε λαμβάνει υπόψη τις ιδιαιτερότητες της παραγωγικής διαδικασίας, γεγονός που οδηγεί πολλές φορές στην ανάγκη για ταυτόχρονη παραγωγή και των δύο προϊόντων, κάτι που δεν είναι εφικτό. Έτσι, με στόχο τη βελτίωση του προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης, θα πραγματοποιηθεί επέκταση της μελέτης, ώστε να βρεθεί μία κατάλληλη μέθοδος αντιμετώπισης του προβλήματος οργάνωσης της παραγωγής που ανακύπτει.

Για την εύρεση του κατάλληλου τρόπου οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων σκληρό και μαλακό αλεύρι, πραγματοποιήθηκε έρευνα στη διεθνή βιβλιογραφία. Από την έρευνα προέκυψε ότι τα προβλήματα αυτά αναφέρονται ως Economic Lot Scheduling

Problems (ELSP), με ένα ELSP να αναλαμβάνει να δώσει απάντηση σε τουλάχιστον δύο βασικά ερωτήματα:

- Τι ποσότητα πρέπει να παραχθεί από το κάθε προϊόν;
- Με ποιον τρόπο πρέπει να γίνει η παραγωγή των προϊόντων αυτών;

Οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για την επίλυση ενός τέτοιου προβλήματος έχουν ως βασικό στόχο τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου προγράμματος παραγωγής, το οποίο θα απαντά με συγκεκριμένο τρόπο στα παραπάνω ερωτήματα και παράλληλα θα ελαχιστοποιεί το συνολικό αναμενόμενο κόστος. Τα ELSP μέχρι πρόσφατα δεν είχαν λάβει την απαραίτητη προσοχή από τους ερευνητές, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα να μην έχει αναπτυχθεί μέχρι στιγμής κάποια αποδοτική μέθοδος επίλυσής τους. Επίσης, μελέτες έχουν δείξει ότι η πιθανότητα να αναπτυχθεί μία τέτοια μέθοδος είναι μικρή, εξαιτίας των περιορισμών που διέπουν το συγκεκριμένο πρόβλημα. Έτσι, υπάρχει μία πληθώρα προσεγγίσεων του συγκεκριμένου προβλήματος, χωρίς κάποια από αυτές να ξεχωρίζει έναντι των υπολοίπων. (E.M.M. Winands, 2011) (Brander, 2005)

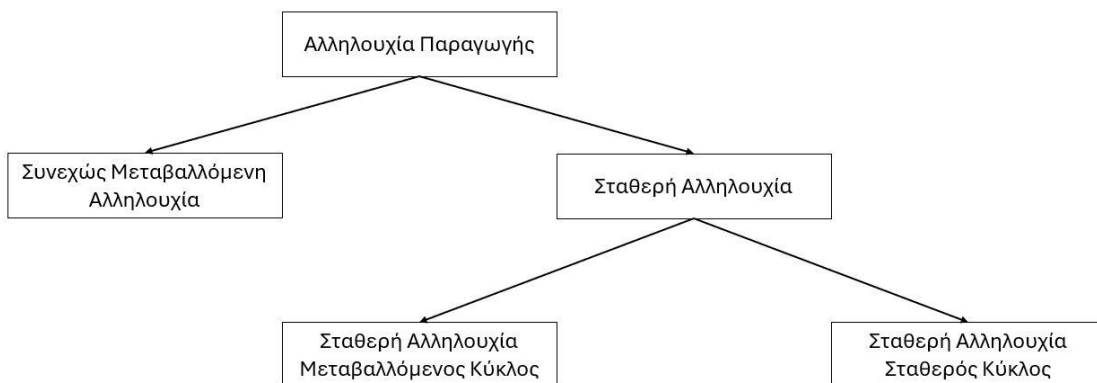
Ένα βασικό στοιχείο των ELSP αποτελεί η συμπεριφορά της ζήτησης, η οποία θεωρείται καθοριστική, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τη στοχαστική συμπεριφορά της ζήτησης στο υπό μελέτη σύστημα. Έτσι, η μελέτη για εύρεση μεθόδου επίλυσης του υπό μελέτη προβλήματος προσανατολίστηκε σε μία υποκατηγορία των ELSP, αυτή των Stochastic Economic Lot Scheduling Problems (SELSP). Η στοχαστική και η καθοριστική μορφή των ELSP παρουσιάζουν δύο βασικές διαφορές σε σχέση με τον τρόπο οργάνωσης της παραγωγής που προτείνει η καθεμία. Η πρώτη διαφορά αφορά τον κύκλο παραγωγής των προϊόντων, ο οποίος δε δύναται σε ένα πρόβλημα στοχαστικής ζήτησης να παραμένει σταθερός, δηλαδή να διαθέτει συγκεκριμένες ποσότητες και συγκεκριμένη σειρά παραγωγής των προϊόντων, η οποία να επαναλαμβάνεται συνεχώς. Αυτό διότι, σε ένα πρόβλημα όπου η ζήτηση μεταβάλλεται σημαντικά, το πρόγραμμα παραγωγής δεν μπορεί να παραμένει αμετάβλητο, αλλά πρέπει και αυτό να ανταποκρίνεται με δυναμικό τρόπο στις μεταβολές αυτές. Ενδεικτικά, οι μεταβολές στο πρόγραμμα παραγωγής μπορεί να αφορούν τις ποσότητες των προϊόντων, δηλαδή ένα πρόγραμμα παραγωγής που εφαρμόζεται σε στοχαστικό περιβάλλον δύναται να έχει σταθερή σειρά παραγωγής των προϊόντων, αλλά με διαφορετικές ποσότητες κάθε φορά. Η δεύτερη διαφορά αφορά το επίπεδο των αποθεμάτων, το οποίο σε ένα SELSP, εκτός από τη μείωση του κόστους παραγωγής, αναλαμβάνει και ρόλο προστασίας από τις ελλείψεις που δύναται να εμφανιστούν εξαιτίας του χρόνου που απαιτείται για την παραγωγή του κάθε προϊόντος, του χρόνου προετοιμασίας της γραμμής, ώστε αυτή να μπορεί να παράγει το εκάστοτε προϊόν και τις ενδεχόμενες συγκρούσεις που πιθανόν να υπάρξουν εξαιτίας της ανάγκης παραγωγής πολλαπλών προϊόντων ταυτόχρονα. (E.M.M. Winands, 2011)

Στη γενική τους μορφή τα προβλήματα που εμπίπτουν στην κατηγορία των SELSP μοιράζονται κάποιες κοινές υποθέσεις και παραδοχές μεταξύ τους, ανεξάρτητα από την περίπτωση που μελετάται κάθε φορά (συνήθως ανά περίπτωση προστίθενται κάποιες ή/και εξειδικεύονται κάποιες άλλες). Μία από τις βασικότερες παραδοχές ενός SELSP, είναι η ύπαρξη αβεβαιότητας η οποία δεν περιορίζεται αποκλείστηκα στη ζήτηση των προϊόντων, αλλά μπορεί να επεκταθεί και σε άλλα μεγέθη. Συγκεκριμένα, τέτοια μεγέθη αποτελούν ο ρυθμός παραγωγής του κάθε προϊόντος και ο χρόνος που απαιτείται για να πραγματοποιηθούν όλες οι απαραίτητες αλλαγές στη γραμμή παραγωγής (όπως εργασίες καθαρισμού της γραμμής, ρύθμισης των μηχανημάτων κλπ.), ώστε να μπορέσει να λάβει χώρα η παραγωγή ενός διαφορετικού προϊόντος. Μία ακόμη βασική παραδοχή ενός SELSP, αποτελεί το γεγονός ότι η παραγωγική διαδικασία που αφορά μπορεί να θεωρηθεί ως μία διαδικασία που αποτελείται από μία μηχανή ή γραμμή παραγωγής ικανή να παράγει διαφόρους τύπους προϊόντων, αλλά έναν κάθε φορά. Σε ένα πρόβλημα όπου η διαχείριση των αποθεμάτων αφορά ένα κατάσταση λιανικής είναι θεμιτό (αν δεν επιδιώκεται ενεργά) να υπάρχει συγχρονισμένη υλοποίηση των παραγγελιών που αφορούν τον ίδιο προμηθευτή, με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους παραγγελίας. Αντίθετα, σε ένα πρόβλημα όπου η διαχείριση των αποθεμάτων αφορά ένα εργοστάσιο με γραμμές συνεχούς παραγωγής, όπου παράγονται περισσότερα από ένα προϊόντα στην καθεμία, η ταυτόχρονη εμφάνιση δύο ή περισσότερων εντολών για εκκίνηση της παραγωγής στην ίδια γραμμή, για διαφορετικά προϊόντα, είναι ανεπιθύμητη. Μία επιπλέον κοινή παραδοχή των SELSP αποτελεί η περιορισμένη δυναμικότητα της παραγωγικής διαδικασίας, η οποία όμως είναι ικανή να ανταποκριθεί στη συνολική ζήτηση. Αυτό διότι, σε ένα πρόβλημα όπου δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος τρόπος οργάνωσης της παραγωγής και οι παραγγελίες για εκκίνηση τίθενται όταν ένα προϊόν φτάσει στη στάθμη αναπλήρωσής του, υπάρχει ο κίνδυνος να εμφανιστούν μεγάλοι χρόνοι αεργίας, ακολουθούμενοι από περιόδους όπου συσσωρεύονται παραγγελίες. Έτσι, δημιουργείται η ανάγκη για παραγωγή πολλαπλών προϊόντων σε μικρό χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα η δυναμικότητα της γραμμής να μην επαρκεί. (E.M.M. Winands, 2011)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για την επίλυση ενός προβλήματος SELSP απαιτείται να δοθούν απαντήσεις σε δύο βασικά ερωτήματα, τα οποία αφορούν το μέγεθος και τη σειρά παραγωγής των προϊόντων. Έτσι, με βάση τον τρόπο με τον οποίο απαντώνται τα παραπάνω ερωτήματα, καθίσταται εφικτή η κατηγοριοποίηση των μεθόδων επίλυσης των SELSP. Σκοπός της κατηγοριοποίησης των μεθόδων είναι να σχηματιστεί μία ολοκληρωμένη εικόνα των διαθέσιμων προσεγγίσεων, ώστε να βρεθεί αυτή που ταιριάζει καλύτερα στην υπό μελέτη περίπτωση.

Αναφορικά με τη μορφή που δύναται να έχει η σειρά παραγωγής των προϊόντων, αυτή μπορεί να είναι είτε σταθερή (Fixed production sequence) είτε μεταβαλλόμενη (Dynamic production sequence). Όταν η σειρά παραγωγής των προϊόντων είναι σταθερή, τα προϊόντα παράγονται με μία προκαθορισμένη αλληλουχία, η οποία επαναλαμβάνεται σε κάθε κύκλο

παραγωγής, όπου κύκλος παραγωγής ορίζεται ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση μίας τέτοιας αλληλουχίας. Τα προϊόντα μπορούν να παράγονται είτε μόνο μία φορά είτε και περισσότερες από μία σε κάθε κύκλο παραγωγής. Ενδεικτικά, έστω μία γραμμή παραγωγής στην οποία μπορούν να παραχθούν τρία διαφορετικά προϊόντα, τα Α, Β και Γ. Αν η γραμμή λειτουργεί με σταθερή σειρά παραγωγής των προϊόντων, μία πιθανή μορφή που αυτή δύναται να έχει είναι η αλληλουχία Α-Β-Α-Γ. Εναλλακτικά, αυτή θα μπορούσε να λειτουργεί με μία αλληλουχία όπου τα τρία προϊόντα παράγονται με σειρά Γ-Α-Β, δηλαδή κάθε προϊόν να παράγεται από μία φορά σε κάθε κύκλο. Ένα ζήτημα που προκύπτει στην περίπτωση όπου υπάρχει σταθερή σειρά παραγωγής προϊόντων αποτελεί η διάρκεια του κύκλου παραγωγής. Ένας κύκλος παραγωγής μπορεί να έχει είτε σταθερή (Fixed cycle length) είτε μεταβαλλόμενη διάρκεια (Dynamic cycle length). Όταν ο κύκλος παραγωγής των προϊόντων έχει μεταβαλλόμενη διάρκεια πρέπει να υπάρχει ένας κανόνας ο οποίος θα καθορίζει τη μελλοντική κατάσταση του συστήματος. Για παράδειγμα, έστω η γραμμή παραγωγής των προϊόντων Α, Β και Γ. Στην περίπτωση του συνεχώς μεταβαλλόμενου κύκλου παραγωγής, ένας πιθανός κανόνας θα μπορούσε να είναι εκείνος που, πριν την παραγωγή του κάθε προϊόντος, έστω με τη σταθερή σειρά παραγωγής Α-Β-Α-Γ, θα καθόριζε την εισαγωγή ή μη ενός χρονικού διαστήματος αεργίας. Τέλος, στην περίπτωση όπου δεν υπάρχει σταθερή σειρά παραγωγής των προϊόντων, η απόφαση για το ποιο προϊόν θα παράγεται κάθε φορά (αν απαιτείται) πρέπει να πραγματοποιείται με δυναμικό τρόπο βάσει κάποιου κανόνα, οδηγώντας κάθε φορά σε διαφορετικό πρόγραμμα παραγωγής. Ενδεικτικά, ένας τέτοιος κανόνας θα μπορούσε να είναι εκείνος που κατατάσσει τα διαθέσιμα προϊόντα ανάλογα με το πόσο κρίσιμο ή μη θεωρείται το απόθεμα του καθενός για την επιχείρηση. Έτσι, σε περίπτωση που εμφανιστεί η ανάγκη για ταυτόχρονη παραγωγή δύο ή περισσότερων προϊόντων, προτεραιότητα δίνεται σε συγκεκριμένο προϊόν, έναντι των υπολοίπων. (E.M.M. Winands, 2011)



Εικόνα 10: Σχηματική αναπαράσταση των εναλλακτικών πολιτικών καθορισμού του τρόπου παραγωγής των προϊόντων.

Το δεύτερο κρίσιμο ερώτημα σε ένα πρόβλημα SELSP περιλαμβάνει τις αποφάσεις που σχετίζονται με τον τρόπο επιλογής της ποσότητας παραγωγής των προϊόντων και κατά συνέπεια

του χρόνου που αφιερώνεται για την παραγωγή τους. Οι εναλλακτικές πολιτικές που καθορίζουν τις ποσότητες παραγωγής του κάθε προϊόντος μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες, όπου η καθεμία λαμβάνει υπόψη διαφορετικές πτυχές της εκάστοτε εξεταζόμενης περίπτωσης. Αναλυτικότερα, υπάρχουν πολιτικές που για τον καθορισμό του μεγέθους παραγωγής ενός προϊόντος λαμβάνουν υπόψη την κατάσταση που επικρατεί στο σύστημα συνολικά (Global lot-sizing policies). Ένα παράδειγμα τέτοιας πολιτικής θα μπορούσε να αποτελέσει μία πολιτική η οποία λαμβάνει υπόψη το σύνολο των αποθεμάτων των προϊόντων της εταιρίας, καθώς και την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η γραμμή παραγωγής. Αντιθέτως, υπάρχουν πολιτικές οι οποίες για να λάβουν αποφάσεις σχετικά με την ποσότητα παραγωγής ενός προϊόντος βασίζονται αποκλειστικά στα χαρακτηριστικά του (Local lot-sizing policies). Παραδείγματα τέτοιων πολιτικών αποτελούν οι γνωστές πολιτικές διαχείρισης αποθεμάτων (s, Q) και (s, S) . Συνοψίζοντας, υπάρχουν δύο εναλλακτικές κατηγορίες πολιτικών που καθορίζουν το μέγεθος παραγωγής των προϊόντων και τρεις που καθορίζουν τη σειρά παραγωγής τους. Έτσι, όταν αυτές συνδυαστούν παράγουν έξι ευρύτερες κατηγορίες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ταξινόμηση των μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί για την αντιμετώπιση των SELSP. (E.M.M. Winands, 2011)

6.5 Εφαρμογή μεθόδου οργάνωσης της παραγωγής σκληρού και μαλακού αλευριού

Όσον αφορά το πρόβλημα οργάνωσης της παραγωγής στην υπό μελέτη εταιρία, αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα SELSP. Αυτό διότι, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η παραγωγή των προϊόντων «αλεύρι μαλακό» και «αλεύρι σκληρό» μπορεί να θεωρηθεί ως μία διαδικασία που διαθέτει δύο γραμμές παραγωγής, οι οποίες όμως δε μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα. Το γεγονός αυτό επιτρέπει τη θεώρηση της παραγωγικής διαδικασίας ως μίας γραμμής στην οποία παράγονται δύο προϊόντα. Όσον αφορά τον χρόνο που απαιτείται για την εναλλαγή της παραγωγής μεταξύ των προϊόντων, αυτός μπορεί να θεωρηθεί αμελητέος, καθώς τα κοινά μηχανήματα των δύο γραμμών είναι ελάχιστα και μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς αλλαγές και για τους δύο τύπους αλευριών. Αναφορικά με τη μεταβλητότητα στο υπό μελέτη σύστημα, αυτή εντοπίζεται κυρίως στη ζήτηση και όχι σε κάποιο άλλο μέγεθος. Αυτό διότι, ο ρυθμός παραγωγής του κάθε προϊόντος μπορεί να θεωρηθεί ως ένα καθοριστικό μέγεθος, καθώς αυτός εμφανίζει αμελητέες μεταβολές. Επίσης, αυτός είναι ικανός για την κάλυψη της συνολικής ζήτησης των προϊόντων, αλλά υπό συγκεκριμένες συνθήκες θεωρείται περιορισμένος, καθώς σε περίπτωση συσσώρευσης παραγγελιών η γραμμή δε μπορεί να ανταποκριθεί αποτελεσματικά στις ανάγκες παραγωγής. Συνοψίζοντας, για την παραγωγική διαδικασία στην υπό μελέτη περίπτωση προκύπτει ότι:

- Η διαδικασία αποτελείται από μία γραμμή παραγωγής που δύναται να παράγει δύο προϊόντα, αλλά όχι ταυτόχρονα.
- Η δυναμικότητα της γραμμής είναι περιορισμένη, αλλά ικανή για την κάλυψη της συνολικής ζήτησης.
- Η ζήτηση του κάθε προϊόντος είναι στοχαστική.
- Ο ρυθμός παραγωγής του κάθε προϊόντος είναι σταθερό μέγεθος.
- Ο χρόνος που απαιτείται για την εναλλαγή της παραγωγής μεταξύ των προϊόντων είναι αμελητέος.

Για την αντιμετώπιση ενός Stochastic Economic Lot Scheduling Problem, όπως έχει ήδη αναφερθεί, δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη μέθοδος. Έτσι, εμφανίζεται μία πληθώρα επιλογών που αντιμετωπίζουν διάφορες παραλλαγές του προβλήματος. Επιπλέον, όπως αναφέρουν οι (E.M.M. Winands, 2011), υπάρχει έλλειψη μελετών που συγκρίνουν αυτές τις μεθόδους μεταξύ τους, με αποτέλεσμα την αδυναμία εξαγωγής ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την υπεροχή κάποιας μεθόδου έναντι των υπολοίπων. Έτσι, για την επιλογή της βέλτιστης μεθόδου, προς εφαρμογή στο υπό μελέτη σύστημα, χρησιμοποιήθηκαν ορισμένες γενικές αρχές με σκοπό αρχικά να περιοριστεί ο αριθμός των διαθέσιμων επιλογών και στη συνέχεια να επιλεγεί η καταλληλότερη από αυτές που απέμειναν. Σύμφωνα με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην προηγούμενη ενότητα, οι διαθέσιμες μέθοδοι για την επίλυση ενός SELSP μπορούν να ταξινομηθούν σε έξι κατηγορίες. Από αυτές, η έρευνα προσανατολίστηκε στην κατηγορία των μεθόδων που επιλέγουν με δυναμικό τρόπο τη σειρά παραγωγής των προϊόντων και υπολογίζουν την ποσότητα παραγωγής τους ξεχωριστά, βασιζόμενες αποκλειστικά στην στάθμη των αποθεμάτων του καθενός. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου έγινε με σκοπό την αξιοποίηση της ήδη υπάρχουσας μελέτης, από την οποία έχουν προκύψει οι ποσότητες παραγωγής Q και οι στάθμες αναπλήρωσης s των δύο προϊόντων. Όσον αφορά την προτίμηση των μεθόδων δυναμικού προσδιορισμού της σειράς παραγωγής, αυτή στηρίχθηκε στο γεγονός ότι αυτές προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία ως προς τον τρόπο οργάνωσης της παραγωγής σε σχέση με τις εναλλακτικές. Έτσι, αποφεύχθηκαν επιπλέον περιορισμοί, επιτρέποντας στην παραγωγική διαδικασία να επικεντρώνεται κάθε φορά στο προϊόν με τη μεγαλύτερη ανάγκη παραγωγής, προσαρμοζόμενη στις συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες. Επίσης, η δυσκολία διαχείρισης και οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας, η οποία αυξάνεται με την αύξηση του αριθμού των προϊόντων, ειδικά σε ένα σύστημα όπου η σειρά παραγωγής των προϊόντων συνεχώς μεταβάλλεται, δεν υφίσταται στην υπό μελέτη περίπτωση, εξαιτίας του μικρού αριθμού προϊόντων που διαθέτει η γραμμή. Έτσι, προκύπτει ότι ένα από τα δύο σκέλη του SELSP έχει ήδη επιλυθεί. Κατά συνέπεια, εφεξής η μελέτη εστιάζει αποκλειστικά στην εύρεση μίας κατάλληλης μεθόδου καθορισμού της σειράς παραγωγής των προϊόντων, με σκοπό να μην επηρεάζονται

αρνητικά τα επίπεδα εξυπηρέτησης της εταιρίας και ταυτόχρονα το συνολικό κόστος να παραμένει χαμηλό. (E.M.M. Winands, 2011)

Με γνώμονα τη μελέτη των (E.M.M. Winands, 2011), οι διαθέσιμες επιλογές που ικανοποιούν την απαίτηση για δυναμικό προσδιορισμό της σειράς παραγωγής των προϊόντων και χρήση πολιτικών (s, Q) ή (s, S) , είναι πέντε. Όμως από αυτές, διαθέσιμες για περαιτέρω μελέτη ήταν οι τέσσερεις, εκ των οποίων μία αποτελεί εξέλιξη της μη διαθέσιμης. Έτσι, κρίθηκε ότι το γεγονός αυτό δεν επηρεάζει την πληρότητα της μελέτης, η οποία συνέχισε εστιάζοντας στις τέσσερεις διαθέσιμες. Στη συνέχεια ακολουθεί συνοπτική παρουσία αυτών, όπου:

- Η πρώτη μέθοδος είναι των (E.M.M. Winands, 2008), στην οποία προτείνεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων βασισμένο στην πολιτική διαχείρισης αποθεμάτων (s_i, nQ_i) . Το πρόγραμμα αυτό αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε σε μία Γερμανική εταιρία παραγωγής χημικών ουσιών και μπορεί να χωριστεί σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο γίνεται προσδιορισμός των ποσοτήτων Q_i με βάση την πολιτική (s_i, nQ_i) , ενώ οι στάθμες s_i των προϊόντων παραμένουν ακαθόριστες. Στο επόμενο στάδιο, γίνεται χρήση ενός μοντέλου ουρών αναμονής $\sum G/G/c$, από όπου προκύπτουν οι χρόνοι αναμονής των προϊόντων στο σύστημα. Ως χρόνος αναμονής στο σύστημα ορίζεται ο χρόνος από την στιγμή υποβολής μίας παραγγελίας μέχρι την στιγμή ικανοποίησής της. Τέλος, με βάση τους χρόνους αυτούς και τα επιθυμητά επίπεδα εξυπηρέτησης, υπολογίζονται οι στάθμες αναπλήρωσης s_i των προϊόντων.
- Η δεύτερη μέθοδος είναι των (Das, 2005) και βασίζεται στη χρήση ενός αλγορίθμου ενισχυτικής μάθησης (reinforcement learning). Αναλυτικότερα, στη μελέτη αυτή αναπτύσσεται ένα προσομοιωτικό μοντέλο του υπό μελέτη συστήματος, το οποίο αλληλοεπιδρά με έναν αλγόριθμο ενισχυτικής μάθησης. Από την αλληλεπίδραση αυτή, ο αλγόριθμος εκπαιδεύεται ώστε να λαμβάνει κάθε φορά τις κατάλληλες αποφάσεις, με στόχο την επίτευξη των προκαθορισμένων επιπέδων εξυπηρέτησης για το κάθε προϊόν. Τέλος, για τον προσδιορισμό του κανόνα, βάσει του οποίου ο αλγόριθμος λαμβάνει τις βέλτιστες αποφάσεις, χρησιμοποιούνται τεχνικές εξόρυξης δεδομένων (data mining), καθώς αυτός ενδέχεται να μην είναι εύκολα διακριτός από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.
- Η τρίτη μέθοδος είναι των (Shiue, 1995) και βασίζεται σε μία πολιτική (s, S) , για το καθορισμό του μεγέθους παραγωγής του κάθε προϊόντος και έναν κανόνα ιεράρχησης, που σε συνδυασμό με τη στάθμη s καθορίζουν τη στιγμή αναπλήρωσης των προϊόντων. Αναλυτικότερα, σκοπός του κανόνα είναι η κατηγοριοποίηση των προϊόντων με τέτοιο τρόπο, ώστε σε περίπτωση που τα αποθέματα δύο ή περισσότερων από αυτά βρεθούν ταυτόχρονα είτε στο επίπεδο αναπαραγγελίας s είτε κάτω από αυτό, να μπορεί να καθοριστεί ποιο από αυτά θα παραχθεί άμεσα και ποιο ή ποια θα τεθούν σε αναμονή

για παραγωγή σε μελλοντικά στάδια. Στη συνέχεια, μελετώνται οι πιθανές μελλοντικές καταστάσεις της στάθμης των αποθεμάτων του κάθε προϊόντος και της μηχανής ως μία αλυσίδα Markov. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι να βρεθούν οι πιθανότητες σταθερής κατάστασης της αλυσίδας, ώστε αυτές να ενταχθούν στη συνέχεια σε μία τροποποιημένη συνάρτηση συνολικού κόστους αποθεμάτων, από όπου θα προκύψουν και οι βέλτιστες τιμές S και s των προϊόντων.

- Η τέταρτη μέθοδος είναι των (Pär Brander, 2005) και εξετάζει την περίπτωση εφαρμογής καθοριστικών λύσεων ενός ELSP σε ένα стоχαστικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα, εξετάζονται δύο διαφορετικές τεχνικές καθορισμού του μεγέθους παραγωγής των προϊόντων, μία ευρετική και μία δυναμικού προγραμματισμού, ενώ η μελέτη συμπληρώνεται από μία ευρετική μέθοδο καθορισμού του τρόπου παραγωγής των προϊόντων. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στον αναμενόμενο χρόνο κατανάλωσης (Run out time) του διαθέσιμου αποθέματος του κάθε προϊόντος, δίνοντας προτεραιότητα στην παραγωγή αυτού με τον μικρότερο.

Η μέθοδος οργάνωσης της παραγωγής των προϊόντων που ξεχώρισε από τις τέσσερις διαθέσιμες είναι αυτή των (Pär Brander, 2005). Αυτό διότι, το υπό μελέτη σύστημα διαθέτει μόλις δύο προϊόντα, ενώ η αβεβαιότητα εντοπίζεται αποκλειστικά στη ζήτηση του κάθε προϊόντος και όχι στους χρόνους παραγωγής ή προετοιμασίας της γραμμής. Έτσι, σε ένα τέτοιο σύστημα η εφαρμογή μίας πολύπλοκης μεθόδου, όμοιας με τις εναλλακτικές, η οποία θα αύξανε το υπολογιστικό φόρτο με αμφίβολα αποτελέσματα ως προς την υπεροχή ή όχι της προτεινόμενης λύσης, κρίθηκε ασύμφορη.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η προσέγγιση των (Pär Brander, 2005) βασίζεται στον εκτιμώμενο χρόνο εξάντλησης των αποθεμάτων για τον καθορισμό της προτεραιότητας στην παραγωγή. Ως χρόνος κατανάλωσης του διαθέσιμου αποθέματος ορίζεται το ηγίκο:

$$ROT_i = \frac{IP_i}{d_i} \quad (32)$$

όπου IP_i η στάθμη αποθέματος και d_i η αναμενόμενη ζήτηση στην επόμενη χρονική περίοδο του i προϊόντος. Η πρόβλεψη της ζήτησης της επόμενης περιόδου βασίζεται σε μία παραλλαγή της μεθόδου απλής εκθετικής εξομάλυνσης, καθώς στη μελέτη των (Pär Brander, 2005) δεν υπάρχει σταθερό χρονικό βήμα. Ωστόσο, στην εξεταζόμενη περίπτωση, όπου το χρονικό βήμα είναι σταθερό και ίσο με μία ημέρα, χρησιμοποιήθηκε ο μη τροποποιημένος τύπος, ο οποίος είναι:

$$d_{i,j} = d_{i,j-1} + a \cdot (D_{i,j-1} - d_{i,j-1}) \quad (33)$$

όπου $d_{i,j}$ η προβλεφθείσα ζήτηση του i προϊόντος την j χρονική περίοδο σε μονάδες [kg/ημέρα], $d_{i,j-1}$ η προβλεφθείσα ζήτηση του i προϊόντος την $j - 1$ χρονική περίοδο σε μονάδες [kg/ημέρα],

$D_{i,j-1}$ η πραγματική ζήτηση του i προϊόντος την $j - 1$ χρονική περίοδο σε μονάδες [kg/ημέρα] και α η σταθερά εξομάλυνσης, η οποία λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Όσον αφορά τον προσδιορισμό της σταθεράς α , αυτός πραγματοποιήθηκε με χρήση του εργαλείου «επίλυση» του λογισμικού excel. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν οι ημερήσιες τιμές ζήτησης του έτους 2021, καθώς οι τιμές του 2022 είναι επηρεασμένες από τις αναταράξεις που προκάλεσε ο πόλεμος μεταξύ Ρωσίας και Ουκρανίας. Οι τιμές της σταθεράς α που επιλέχθηκαν είναι αυτές που ελαχιστοποιούν το μέσο τετράγωνο σφάλματος (Mean Square Error) για το κάθε προϊόν, το οποίο υπολογίζεται για την κάθε περίοδο από τον τύπο:

$$MSE_{i,j} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (D_{i,j} - d_{i,j})^2 \quad (34)$$

όπου n ο συνολικός αριθμός των χρονικών περιόδων j . Στο παράρτημα Ε υπάρχει πίνακας με τα δεδομένα ζήτησης των προϊόντων σκληρό και μαλακό αλεύρι, που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή της σταθεράς α του καθενός, καθώς και οι τιμές των προβλεφθεισών τιμών της ζήτησής τους. Οι τιμές της σταθεράς α που προέκυψαν είναι 0,06 και 0,04 για τα προϊόντα «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό» αντίστοιχα. (Μιχιώτης, 2007)

Όμως ένας κανόνας που ορίζει τη σειρά παραγωγής των προϊόντων, βασιζόμενος αποκλειστικά στον χρόνο κατανάλωσης του εκάστοτε προϊόντος, δεν επαρκεί. Αυτό διότι, αν κάθε φορά δινόταν εντολή για παραγωγή του προϊόντος με τον μικρότερο χρόνο κατανάλωσης αποθέματος, τότε ένα σύστημα με επαρκή δυναμικότητα θα οδηγούνταν σε μία κατάσταση όπου η παραγωγή δε θα τερμάτιζε ποτέ. Έτσι, απαιτείται η εισαγωγή ενός κριτηρίου βάσει του οποίου θα καθορίζεται η εισαγωγή ή όχι χρόνων αεργίας, ώστε όταν όλα τα προϊόντα της γραμμής έχουν υψηλούς αναμενόμενους χρόνους κατανάλωσης, αυτά να μην παράγονται. Το κριτήριο που αναπτύχθηκε από τους (Pär Brander, 2005) εξετάζει το ενδεχόμενο ο χρόνος κατανάλωσης του αποθέματος ενός προϊόντος να είναι μικρότερος ή ίσος από τον χρόνο προετοιμασίας της γραμμής παραγωγής και τον χρόνο κατανάλωσης του αποθέματος ασφαλείας του προϊόντος, μέσω του τύπου:

$$ROT_i \leq t_i + \frac{ss_i \sqrt{t_i}}{d_i} \quad (35)$$

όπου t_i ο χρόνος προεργασίας που απαιτείται για την παραγωγή του προϊόντος i και ss_i το απόθεμα ασφαλείας του. Ο χρόνος t_i στο υπό μελέτη σύστημα, εφόσον αυτό δε διαθέτει χρόνους προετοιμασίας της γραμμής για εναλλαγή μεταξύ των προϊόντων, αφορά αποκλειστικά τον χρόνο αναμονής που απαιτείται έως ότου το προϊόν γίνει διαθέσιμο για παραγωγή. Έτσι, διαμορφώνεται ένας πιο ολοκληρωμένος κανόνας, ο οποίος εξετάζει το ενδεχόμενο άμεσης ανάγκης παραγωγής για κάποιο προϊόν και, σε περίπτωση που περισσότερα από ένα προϊόντα απαιτούν παραγωγή, δίνει προτεραιότητα σε εκείνο με το χαμηλότερο ROT .

Όμως και αυτός ο κανόνας εξακολουθεί να είναι ελλιπής. Αυτό διότι, σε πολλές περιπτώσεις ένα προϊόν ενδέχεται να παραχθεί περισσότερες από μία φορές μέχρι ένα άλλο να παραχθεί μία. Έτσι, προκύπτει το ενδεχόμενο ο χρόνος παραγωγής ενός προϊόντος να είναι τέτοιος που το απόθεμα του επόμενου στη σειρά παραγωγής να μην επαρκεί για την αποτροπή εμφάνιση έλλειψης. Ως εκ τούτου, πρέπει να αναπτυχθεί ένα ακόμη κριτήριο που θα λαμβάνει υπόψη αυτήν την περίπτωση. Για τον καθορισμό του κριτηρίου αυτού πρέπει πρώτα να προσδιορισθεί η σχέση που υπολογίζει τον εκτιμώμενο χρόνο κατανάλωσης μιας j παρτίδας ενός i προϊόντος (Pär Brander, 2005). Η σχέση που υπολογίζει τον χρόνο αυτόν είναι:

$$ROT_{i,j} = \frac{IP_i}{d_i} + (j - 1) \frac{Q_i}{d_i} \quad (36)$$

όπου Q_i η ποσότητα παραγωγής του προϊόντος i . Για την εύρεση του αναμενόμενου αριθμού παρτίδων παραγωγής ενός προϊόντος πριν την παραγωγή για πρώτη φορά ενός άλλου, με μεγαλύτερο ROT , πρέπει να επιλυθεί ως προς j η ανισότητα:

$$ROT_{i,j} \leq ROT_N \quad (37)$$

όπου ROT_N ο μεγαλύτερος χρόνος κατανάλωσης αποθέματος μεταξύ των i προϊόντων. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην υπό μελέτη επιχείρηση τα προϊόντα των οποίων η παραγωγή πρέπει να οργανωθεί είναι μόλις δύο, κάτι που απλοποιεί αρκετά τη διαδικασία καθορισμού του αναμενόμενου αριθμού παρτίδων μέχρι την κατανάλωση του αποθέματος του N προϊόντος, και κατά συνέπεια τον πλήρη ορισμό του κριτηρίου οργάνωσης της παραγωγής. Έτσι, εφεξής το κριτήριο οργάνωσης της παραγωγής των (Pär Brander, 2005) θα προσαρμοστεί στην υπό μελέτη περίπτωση, όπου υπάρχουν δύο προϊόντα. Συνεπώς, για τον υπολογισμό των παρτίδων του κάθε προϊόντος προκύπτουν δύο περιπτώσεις, μία ο χρόνος κατανάλωσης του αποθέματος του σκληρού αλευριού να είναι μικρότερος από αυτόν του μαλακού, και άρα να παράγεται πολλαπλές φορές το σκληρό, και μία το αντίθετο. Έτσι, λύνοντας την ανισότητα $ROT_{i,j} \leq ROT_N$ προκύπτει ο εκτιμώμενος αριθμός παρτίδων του προϊόντος i , που συμβολίζεται με M και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$M \leq \left(\frac{IP_N}{d_N} - \frac{IP_i}{d_i} \right) \cdot \frac{d_i}{Q_i} + 1 \quad (38)$$

Ο αριθμός M μπορεί να είναι μόνο ακέραιος, καθώς στο υπό μελέτη σύστημα δε μπορεί να δοθεί εντολή για παραγωγή ποσότητας μικρότερης από Q_i . Αφού υπολογιστεί ο αριθμός των εκτιμώμενων παρτίδων M , πραγματοποιείται κατάταξη αυτών με βάση τον αύξοντα αριθμό $ROT_{i,j}$ της καθεμίας. Έπειτα, αυτοί οι χρόνοι συγκρίνονται με τους απαιτούμενους χρόνους εκκίνησής τους, μέσω των σχέσεων:

$$\begin{aligned}
 ROT_{i,2} &\leq t_{i,1} + \frac{Q_{i,1}}{m_{i,1}} + t_{i,2} + \frac{ss_i \sqrt{t_{i,1} + \frac{Q_{i,1}}{m_{i,1}} + t_{i,2}}}{d_i}, \\
 ROT_{i,3} &\leq t_{i,1} + \frac{Q_{i,1}}{m_{i,1}} + t_{i,2} + \frac{Q_{i,2}}{m_{i,2}} + t_{i,3} + \frac{ss_i \sqrt{t_{i,1} + \frac{Q_{i,1}}{m_{i,1}} + t_{i,2} + \frac{Q_{i,2}}{m_{i,2}} + t_{i,3}}}{d_i}, \\
 &\dots \\
 &\dots \\
 &\dots \\
 ROT_{i,n} &\leq t_{i,1} + \frac{Q_{i,1}}{m_{i,1}} + \dots + t_{i,n-1} + \frac{Q_{i,n-1}}{m_{i,n-1}} + t_{i,n} \\
 &\quad + \frac{ss_i \sqrt{t_{i,1} + \frac{Q_{i,1}}{m_{i,1}} + \dots + t_{i,n-1} + \frac{Q_{i,n-1}}{m_{i,n-1}} + t_{i,n}}}{d_i}
 \end{aligned}$$

όπου m_i ο ρυθμός παραγωγής του i προϊόντος σε μονάδες [kg/ημέρα] και n ο συνολικός αριθμός παρτίδων του i προϊόντος που παράγονται μέχρι να παραχθεί για πρώτη φορά το έτερο προϊόν με το μεγαλύτερο ROT . Το δεύτερο μέρος της ανισότητας μπορεί να χωριστεί σε τρεις βασικούς όρους οι οποίοι αντιπροσωπεύουν τον χρόνο παραγωγής των προηγούμενων παρτίδων, τον χρόνο προεργασίας που απαιτείται για την παραγωγή της j παρτίδας και τον απαιτούμενο χρόνο προστασίας του προϊόντος αυτού από τη μεταβλητότητα της ζήτησης, τη χρονική περίοδο που η γραμμή είναι απασχολημένη. Αυτοί οι χρόνοι αθροιστικά μπορούν να θεωρηθούν ως το χρονικό διάστημα που απαιτείται να προηγηθεί της παραγωγής της προγραμματισμένης παρτίδας. Συνεπώς, στην περίπτωση που έστω μία ανισότητα ικανοποιείται, επιβάλλεται η άμεση έναρξη της παραγωγής του i προϊόντος. Αυτό διότι, το προϊόν βρίσκεται σε κρίσιμη κατάσταση καθώς υπάρχει κίνδυνος μελλοντικά να εμφανιστεί έλλειψη, είτε λόγω μη διαθεσιμότητας της γραμμής, είτε εξαιτίας της ανάγκης ύπαρξης μεγάλης ποσότητας αποθέματος ασφαλείας για προστασία από τη μεταβλητότητα της ζήτησης, είτε εξαιτίας συνδυασμού των παραπάνω.

Έτσι, διαμορφώνεται ένας ολοκληρωμένος κανόνας που καθορίζει με δυναμικό τρόπο τη σειρά παραγωγής των προϊόντων, ο οποίος μπορεί να εφαρμοστεί ακολουθώντας τα εξής βήματα:

- Υπολογισμός της εκτιμώμενης ζήτησης του κάθε προϊόντος για την επόμενη περίοδο με τη μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης.
- Υπολογισμός του εκτιμώμενου χρόνου κατανάλωσης του αποθέματος του κάθε προϊόντος, βάσει της σχέσης (32).
- Ταξινόμηση των προϊόντων με βάση τον εκτιμώμενο ROT κατά αύξουσα σειρά:

$$ROT_i < ROT_N \quad (39)$$

- Υπολογισμός του εκτιμώμενου αριθμού παρτίδων M του προϊόντος με το μικρότερο ROT στο διάστημα που μεσολαβεί μέχρι την κατανάλωση του αποθέματος του έτερου προϊόντος μέσω της σχέσης (38).
- Σε περίπτωση που καθίσταται αδύνατη η παραγωγή κάποιας παρτίδας, πραγματοποιείται έλεγχος με σκοπό να καθοριστεί η παραγωγή ή όχι των προϊόντων.
 - Η παραγωγή για το προϊόν 1 εκκινεί όταν ικανοποιείται η ανισότητα:

$$ROT_1 \leq t_1 + \frac{SS_1 \sqrt{t_1}}{d_1} \quad (40)$$

- Η παραγωγή για το προϊόν 2 εκκινεί όταν ικανοποιείται η ανισότητα:

$$ROT_2 \leq t_2 + \frac{SS_2 \sqrt{t_2}}{d_2} \quad (41)$$

- Στην περίπτωση που και οι δύο ανισότητες ικανοποιούνται ταυτόχρονα, τότε προτεραιότητα έχει το προϊόν με το μικρότερο ROT .
- Στην περίπτωση που και οι δύο ανισότητες ικανοποιούνται και οι εκτιμώμενοι χρόνοι κατανάλωσης και των δύο προϊόντων είναι ίσοι, τότε προτεραιότητα έχει το προϊόν «αλεύρι σκληρό», καθώς αυτό βάσει της ανάλυσης ABC είναι πιο σημαντικό για την εταιρία.
- Στην περίπτωση που δύναται να παραχθούν μία ή περισσότερες παρτίδες του i προϊόντος, πραγματοποιείται έλεγχος, με σκοπό να καθοριστεί αν είναι αναγκαία ή όχι η άμεση παραγωγή του προϊόντος αυτού.
 - Η παραγωγή για το προϊόν i εκκινεί όταν ικανοποιείται μία εκ των ανισοτήτων:

$$ROT_{i,2} \leq t_{i,1} + \frac{Q_{i,1}}{m_{i,1}} + t_{i,2} + \frac{SS_i \sqrt{t_{i,1} + \frac{Q_{i,1}}{m_{i,1}} + t_{i,2}}}{d_i},$$

$$ROT_{i,3} \leq t_{i,1} + \frac{Q_{i,1}}{m_{i,1}} + t_{i,2} + \frac{Q_{i,2}}{m_{i,2}} + t_{i,3} + \frac{SS_i \sqrt{t_{i,1} + \frac{Q_{i,1}}{m_{i,1}} + t_{i,2} + \frac{Q_{i,2}}{m_{i,2}} + t_{i,3}}}{d_i},$$

⋮
⋮

$$\begin{aligned}
 ROT_{i,n} \leq & t_{i,1} + \frac{Q_{i,1}}{m_{i,1}} + \dots + t_{i,n-1} + \frac{Q_{i,n-1}}{m_{i,n-1}} + t_{i,n} \\
 & + \frac{SS_i \sqrt{t_{i,1} + \frac{Q_{i,1}}{m_{i,1}} + \dots + t_{i,n-1} + \frac{Q_{i,n-1}}{m_{i,n-1}} + t_{i,n}}}{d_i}
 \end{aligned}$$

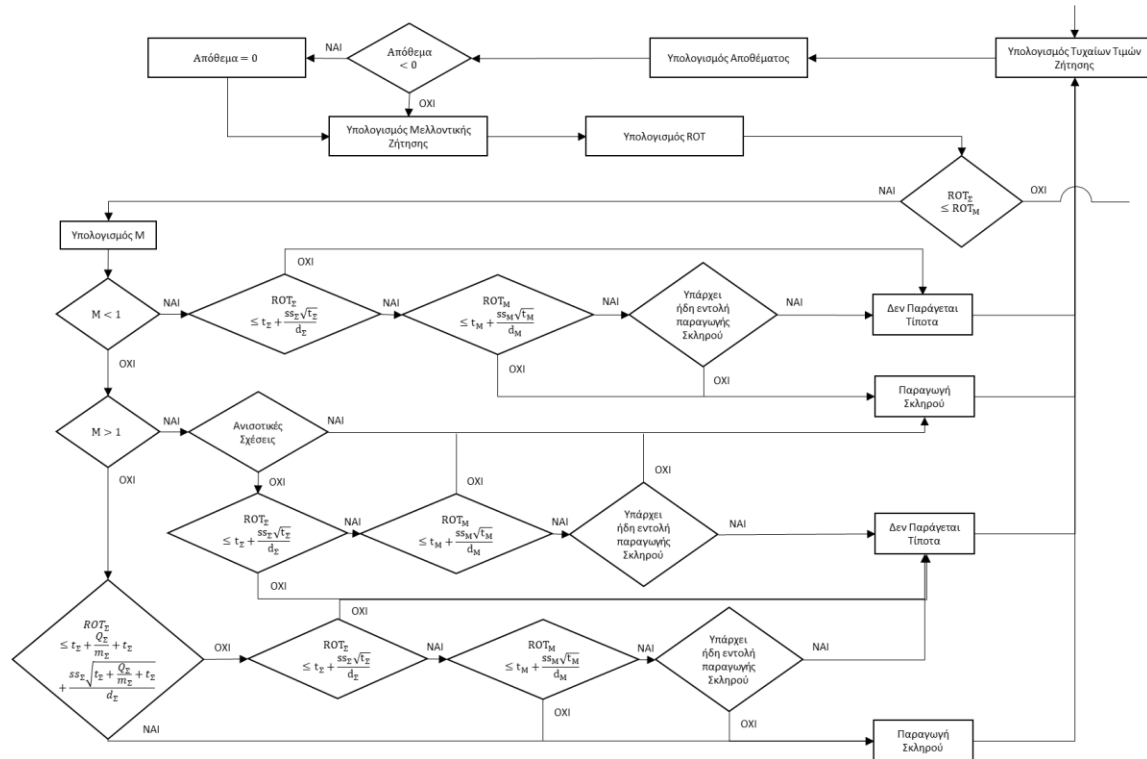
6.6 Προσομοίωση μεθόδου οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας σκληρού και μαλακού αλευριού

Για τη μελέτη των αποτελεσμάτων της μεθόδου οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό» χρησιμοποιήθηκε το προσομοιωτικό μοντέλο της παραγωγικής διαδικασίας που έχει ήδη αναπτυχθεί. Στο μοντέλο αυτό πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες αλλαγές που σχετίζονται με τον τρόπο προσδιορισμού της σειράς παραγωγής των προϊόντων, με στόχο τον εκ νέου προσδιορισμό των επιπέδων διαθεσιμότητας του κάθε προϊόντος, ώστε να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα της επιλεγείσας μεθόδου οργάνωσης.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το προσομοιωτικό μοντέλο που αναπτύχθηκε χωρίζεται σε τρία μέρη, με τις τροποποιήσεις που πραγματοποιήθηκαν να αφορούν αποκλειστικά τα πρώτα δύο (στο παράρτημα ΣΤ παρατίθεται ο νέος αλγόριθμος). Αρχικά, οι αλλαγές στο πρώτο τμήμα του αλγορίθμου αφορούν την προσθήκη κάποιων επιπλέον στοιχείων, απαραίτητων για τους υπολογισμούς που θα πραγματοποιηθούν στη συνέχεια για τον καθορισμό της σειράς παραγωγής των προϊόντων. Ενδεικτικά, κάποιες από τις παραμέτρους που προστέθηκαν και αξίζει να αναφερθούν είναι οι σταθερές εξομάλυνσης, οι ημερήσιοι ρυθμοί παραγωγής και τα αποθέματα ασφαλείας του εκάστοτε προϊόντος.

Όσον αφορά τις αλλαγές στο δεύτερο τμήμα, αυτές αφορούν τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις για την παραγωγή των προϊόντων, ο οποίος πλέον γίνεται με βάση τη μέθοδο οργάνωσης της παραγωγής των (Pär Brander, 2005) και όχι την στάθμη αναπλήρωσης s . Για την εκκίνηση της μεθόδου οργάνωσης της παραγωγής, πραγματοποιούνται οι προβλέψεις της ζήτησης των προϊόντων για την επόμενη περίοδο, με σκοπό τον υπολογισμό του εκτιμώμενου χρόνου κατανάλωσης του αποθέματος του καθενός. Στη συνέχεια, με βάση τους χρόνους κατανάλωσης καθορίζεται το προϊόν το οποίο θα έχει προτεραιότητα στην παραγωγική διαδικασία. Έτσι, αφού καθοριστεί το προϊόν, υπολογίζεται ο αριθμός M των παρτίδων που δύναται να παραχθούν από αυτό. Ακολουθώντας, ανάλογα με το προϊόν που έχει προτεραιότητα, εκτελούνται και οι αντίστοιχες λογικές πράξεις των κριτηρίων παραγωγής της μεθόδου. Οι πράξεις αυτές είναι προσαρμοσμένες στο εκάστοτε σενάριο, και βάσει αυτών καθορίζεται η

παραγωγή των προϊόντων. Η διαδικασία της παραγωγής στο προσομοιωτικό μοντέλο ισοδυναμεί με καταχώρηση της παραγόμενης ποσότητας στο διάγραμμα παραγωγής, τη στιγμή που αυτή θα γίνει διαθέσιμη για ικανοποίηση της ζήτησης, λαμβάνοντας υπόψη τον χρόνο παραγωγής και τον απαιτούμενο χρόνο αναμονής για καθαρισμό της. Οι χρόνοι αυτοί, και για τα δύο προϊόντα, είναι ίσοι με δύο ημέρες (μία ημέρα αναμονής και μία ημέρα παραγωγής), ενώ η παραγόμενη ποσότητα, όπως έχει ήδη αναφερθεί, γίνεται διαθέσιμη κατά τη διάρκεια της ημέρας παραγωγής της.

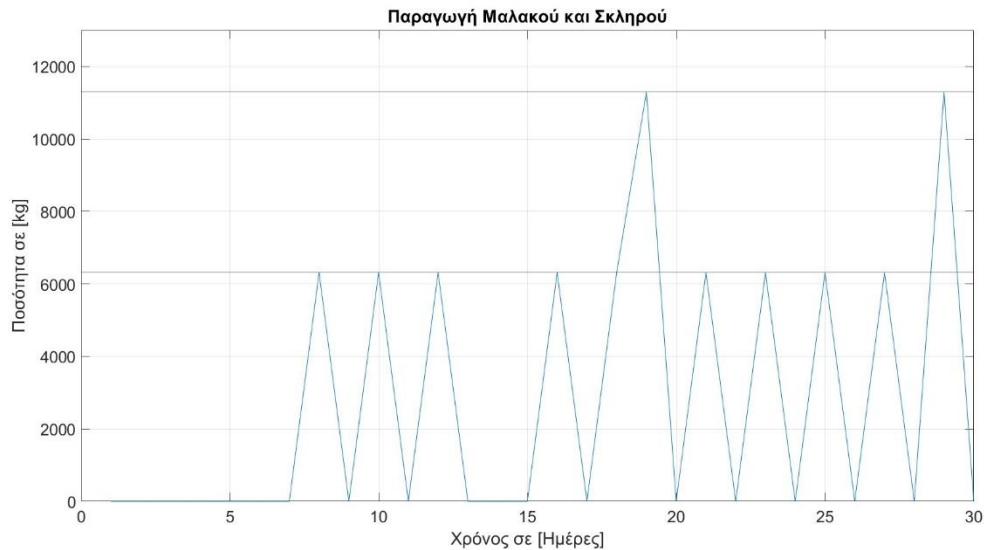


Εικόνα 11: Διάγραμμα ροής που απεικονίζει την προσομοιωτική διαδικασία για την περίπτωση που το προϊόν «αλεύρι σκληρό» έχει προτεραιότητα στην παραγωγική διαδικασία. Με δείκτες Σ και M δηλώνεται αν το μέγεθος αναφέρεται στο σκληρό ή μαλακό αλεύρι, αντίστοιχα.

6.7 Αποτελέσματα προσομοίωσης

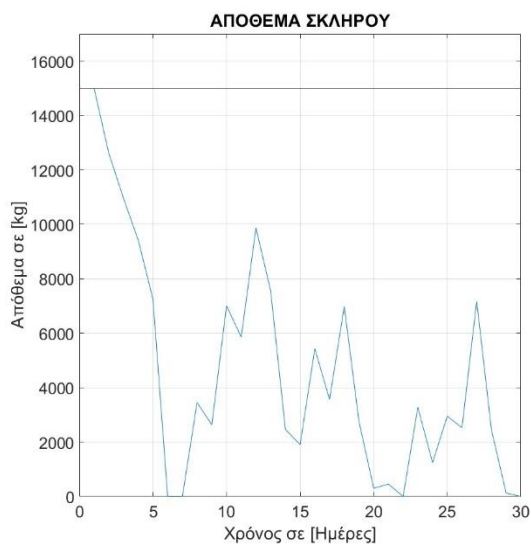
Γενικά, προκύπτει ότι το συγκεκριμένο προσομοιωτικό μοντέλο επιτυγχάνει τους στόχους για τους οποίους αναπτύχθηκε. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι προσομοιώνει επαρκώς το υπό μελέτη σύστημα, καθιστώντας δυνατή την ανάλυση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου οργάνωσης της παραγωγής σε ρεαλιστικές συνθήκες. Όμως, παρά το γεγονός ότι το προτεινόμενο σύστημα οργάνωσης της παραγωγής επιτυγχάνει τον στόχο για τον οποίο επιλέχθηκε, όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα, αυτό δε μπορεί να εφαρμοστεί στο εξεταζόμενο σύστημα. Το γεγονός αυτό, όπως θα εξηγηθεί στην παρούσα ενότητα, οφείλεται στους περιορισμούς του υπό μελέτη συστήματος.

Αρχικά, η μέθοδος των (Pär Brander, 2005) επιτυγχάνει να οργανώσει την παραγωγική διαδικασία των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό» με τέτοιον τρόπο, ώστε να μη συμπίπτουν εντολές για ταυτόχρονη παραγωγή και των δύο, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα. Έτσι, δίνεται προτεραιότητα στο προϊόν που βρίσκεται σε μεγαλύτερη ανάγκη, εξασφαλίζοντας κάθε φορά τη βέλτιστη κατανομή του διαθέσιμου χρόνου παραγωγής.

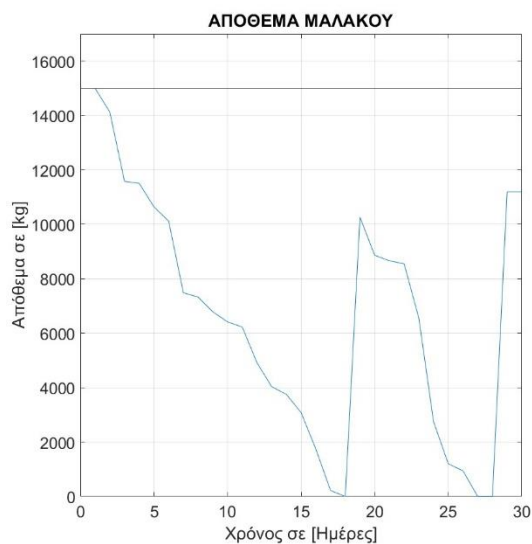


Εικόνα 12: Χρονικές στιγμές εκκίνησης της παραγωγικής διαδικασίας κατά τη διάρκεια των πρώτων 30 ημερών της προσομοίωσης.

Στο γράφημα της εικόνας 12 φαίνεται ένα τμήμα από τα αποτελέσματα μίας προσομοιωτικής διαδικασίας, όπου απεικονίζονται οι χρονικές στιγμές κατά τις οποίες πραγματοποιούνται εκκινήσεις της γραμμής παραγωγής, είτε για παραγωγή σκληρού είτε για παραγωγή μαλακού αλευριού. Δεδομένου ότι οι ποσότητες παραγωγής των προϊόντων σκληρό και μαλακό αλεύρι είναι σταθερές και ίσες με 6.388 [kg] και 11.318 [kg], αντίστοιχα, μπορεί εύκολα να καθοριστεί η στιγμή παραγωγής του καθενός. Το γράφημα αυτό είναι ενδεικτικό της κατάστασης που επικρατεί κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης και του τρόπου λειτουργίας της μεθόδου οργάνωσης, ιδιαίτερα στο χρονικό διάστημα μεταξύ των ημερών 15 και 20. Αναλυτικότερα, στην αρχή της περιόδου αυτής τα επίπεδα αποθεμάτων των δύο προϊόντων βρίσκονται κάτω από τις στάθμες παραγγελίας τους ($s_{σκληρού} = 8.612 [kg]$ και $s_{μαλακού} = 3.682 [kg]$), όπως φαίνεται στις εικόνες 13 και 14, κάτι που σε ένα σύστημα (s, Q) θα δημιουργούσε πρόβλημα, καθώς δε θα υπήρχε κάποιος τρόπος για την επιλογή του προϊόντος που θα παραχθεί μεταξύ των δύο.



Εικόνα 13: Η πορεία της στάθμης των αποθεμάτων του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» κατά τη διάρκεια των πρώτων 30 ημερών της προσομοίωσης.



Εικόνα 14: Η πορεία της στάθμης των αποθεμάτων του προϊόντος «αλεύρι μαλακό» κατά τη διάρκεια των πρώτων 30 ημερών της προσομοίωσης.

Όμως, με βάση το προτεινόμενο σύστημα οργάνωσης, δίνεται προτεραιότητα στην αρχή της περιόδου στο προϊόν με τη μεγαλύτερη ανάγκη για παραγωγή, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το σκληρό αλεύρι. Έτσι, μόλις το απόθεμα αυτό αποκατασταθεί σε ικανοποιητικό βαθμό, κάτι που έχει ήδη πραγματοποιηθεί έως την ημέρα 17, δίνεται άμεσα η εντολή για παραγωγή του εναλλακτικού προϊόντος (ημέρα 17 εντολή και ημέρα 19 υλοποίηση). Στην προκειμένη περίπτωση το προϊόν αυτό είναι το μαλακό αλεύρι το οποίο παράγεται την ημέρα 19, όπως φαίνεται στην εικόνα 14.

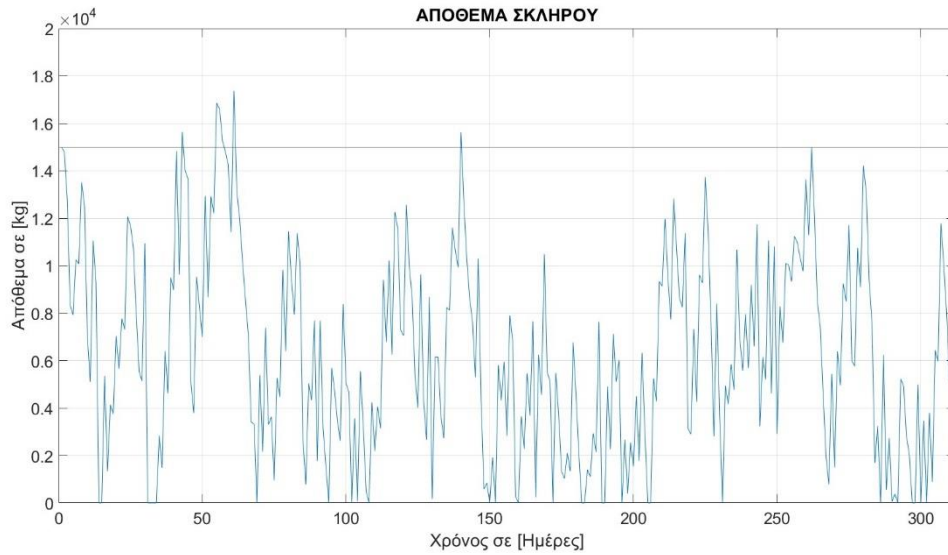
Όσον αφορά τα επίπεδα διαθεσιμότητας των προϊόντων, αυτά όπως αποδείχθηκε σε προηγούμενη ενότητα, επηρεάζονται από τους περιορισμούς του συστήματος, συγκεκριμένα από τον περιορισμένο διαθέσιμο χώρο αποθήκευσης. Έτσι, μετά και την επίδραση ενός ακόμη περιορισμού, αυτόν της μη ταυτόχρονης παραγωγής των προϊόντων, αναμένεται περαιτέρω μείωσή τους σε σχέση με αυτά που είχαν προκύψει από την προηγούμενη προσομοίωση. Για την εύρεση των επιπέδων διαθεσιμότητας των προϊόντων της εταιρίας, ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με αυτή που παρατίθεται στην ενότητα 6.3. Συγκεκριμένα, η προσομοίωση εκτελέστηκε αρκετές φορές για 1.000 έτη, επιτρέποντας τη συλλογή δείγματος για την αξιολόγηση των υπολογισμών. Από ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η διακύμανση των τιμών του εκάστοτε δείγματος είναι πολύ μικρή, όπως και στην προηγούμενη προσομοίωση, γεγονός που δείχνει ότι η διαδικασία συγκλίνει ικανοποιητικά γύρω από συγκεκριμένες τιμές επιπέδων εξυπηρέτησης. Αναλυτικότερα, οι τιμές του επιπέδου εξυπηρέτησης P_1 φαίνεται να συγκλίνουν γύρω από τις τιμές 0,79 για το προϊόν «αλεύρι σκληρό» και 0,68 για το προϊόν «αλεύρι μαλακό».

Πίνακας 14: Ενδεικτικές τιμές αποτελεσμάτων προσομοίωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», με χρήση ευρετικής μεθόδου οργάνωσης της.

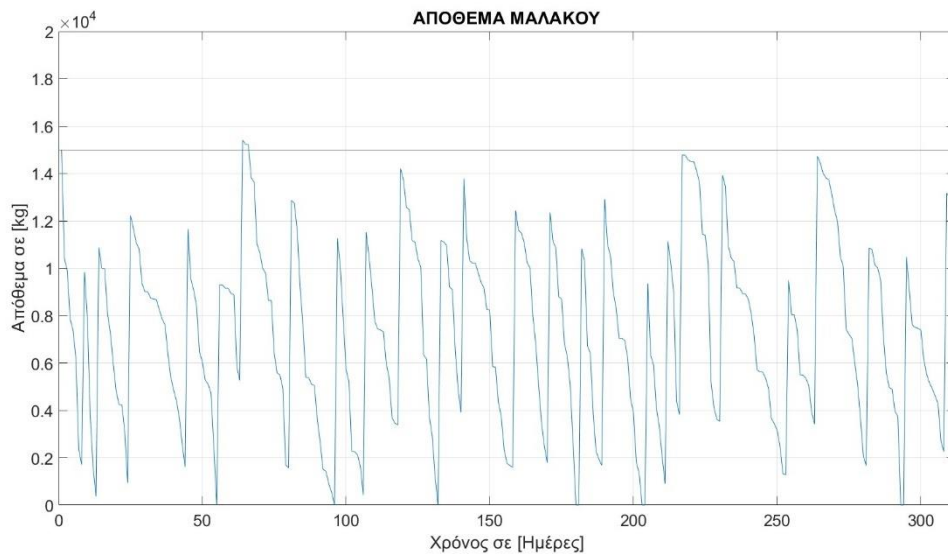
Αποτελέσματα προσομοίωσης						
Προϊόντα	Δείγματα τιμών επιπέδων εξυπηρέτησης ανά κύκλο αναπλήρωσης					Μέσος όρος P_1
	1	2	3	4	5	
Αλεύρι σκληρό	0,7924	0,7936	0,7939	0,7935	0,7943	0,7935
Αλεύρι μαλακό	0,6808	0,6791	0,6835	0,6849	0,6897	0,6836

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα, η αναμενόμενη μείωση επαληθεύεται, με αυτή να επηρεάζει κατά κύριο λόγο τα επίπεδα διαθεσιμότητας του προϊόντος «αλεύρι μαλακό». Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι ο νέος κανόνας δίνει μεγαλύτερη έμφαση στην παραγωγή του σκληρού από ότι του μαλακού αλευριού. Αυτό διότι, το σκληρό αλεύρι εξαιτίας της υψηλής του διακύμανσης και του λιγοστού διαθέσιμου αποθηκευτικού χώρου, βρίσκεται περισσότερες φορές σε κρίσιμη κατάσταση. Έτσι, το προϊόν «αλεύρι μαλακό» παραγκωνίζεται από τη διαδικασία, με αποτέλεσμα αυτό να επωμίζεται τις αναμενόμενες ελλείψεις που έπονται του νέου περιορισμού.

Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι το σύστημα οργάνωσης της παραγωγής επιτυγχάνει τους στόχους για τους οποίους εφαρμόστηκε, εντούτοις αυτό δε μπορεί να εφαρμοστεί στην υπό μελέτη επιχείρηση. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αδυναμία της μεθόδου να προβλέψει με ακρίβεια τη μελλοντική ζήτηση των προϊόντων, με αποτέλεσμα αυτή είτε να υπερεκτιμάται είτε να υποεκτιμάται. Έτσι, σε περιπτώσεις υπερεκτίμησης της ζήτησης, εκδίδεται παραγγελία για παραγωγή η οποία εν τέλει δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική ζήτηση, οδηγώντας στη δημιουργία πλεονάζοντος αποθέματος, το οποίο δε δύναται να αποθηκευτεί στις εγκαταστάσεις της εταιρίας. Ενδεικτικά παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων φαίνονται στις εικόνες 15 και 16, όπου εξαιτίας της αδυναμίας ακριβούς πρόβλεψης της μελλοντικής ζήτησης, προκύπτει πλεονάζον απόθεμα τις ημέρες 43, 55 και 140 για το προϊόν «αλεύρι σκληρό» και 64 για το προϊόν «αλεύρι μαλακό». Έτσι, δεδομένου ότι η ποσότητα παραγωγής των προϊόντων είναι σταθερή και ότι οποιαδήποτε αλλαγή στη μέθοδο θα την εκφύλιζε, προκύπτει η ανάγκη για εύρεση νέας μεθόδου.



Εικόνα 15: Στάθμη αποθεμάτων του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους της προσομοίωσης.



Εικόνα 16: Στάθμη αποθεμάτων του προϊόντος «αλεύρι μαλακό» κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους της προσομοίωσης.

6.8 Νέα μέθοδος οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστεί μία νέα μέθοδος οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό». Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε αποκλειστικά για τις ανάγκες της υπό μελέτη περίπτωσης, έχοντας βασιστεί σε μεγάλο βαθμό στις μεθόδους που μελετήθηκαν στην ενότητα 6.5.

Μελετώντας τις εναλλακτικές μεθόδους οργάνωσης παραγωγής, παρατηρήθηκε ότι αυτές διαθέτουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά, αναφορικά με τον τρόπο με τον οποίο αυτές προσεγγίζουν ένα πρόβλημα. Έτσι, η ανάπτυξη του νέου συστήματος οργάνωσης βασίστηκε σε αυτά, τα οποία και έχουν να κάνουν με το γεγονός ότι:

- Όλες οι μέθοδοι διαθέτουν έναν κανόνα, βάσει του οποίου καθορίζεται η σειρά παραγωγής των προϊόντων σε περιπτώσεις που εμφανίζεται η ανάγκη για ταυτόχρονη παραγωγή τους. Ενδεικτικά, κάποιοι από τους κανόνες που εμφανίζονται είναι ο κανόνας FIFO (First In First Out) και ο κανόνας όπου προτεραιότητα δίνεται στα προϊόντα που θεωρούνται πιο σημαντικά για την εταιρία, βάσει προκαθορισμένων κριτηρίων.
- Όλες προσπαθούν να αναπαραστήσουν με κάποιο τρόπο την υπό μελέτη περίπτωση χρησιμοποιώντας διάφορα εργαλεία επιχειρησιακής έρευνας, ώστε να μελετηθεί η συμπεριφορά του συστήματος υπό τους εκάστοτε κανόνες. Ενδεικτικά τέτοια εργαλεία είναι οι ουρές αναμονής, οι αλυσίδες Markov και οι στοχαστικές προσομοιώσεις.
- Όλες, με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης του συστήματος, υπολογίζουν νέες στάθμες αναπλήρωσης s , ώστε να επιτευχθούν τα επιθυμητά επίπεδα διαθεσιμότητας.

Όπως προκύπτει από τη σύντομη ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, το πρώτο βήμα για την ανάπτυξη μίας μεθόδου οργάνωσης παραγωγής είναι η επιλογή του κατάλληλου κανόνα καθορισμού της σειράς παραγωγής των προϊόντων. Στην υπό μελέτη περίπτωση τα προϊόντα που απαιτείται να διαχειριστούν είναι δύο, με αποτέλεσμα οι διαθέσιμες επιλογές για την παραγωγή τους να περιορίζονται σε δύο περιπτώσεις, αυτήν της παραγωγής σκληρού έναντι μαλακού και το αντίστροφο. Στον κανόνα που αναπτύχθηκε, επιλέχθηκε να δοθεί προτεραιότητα στην παραγωγή του σκληρού αλευριού, εξαιτίας κάποιων συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του, όπως η αυξημένη διακύμανση της ημερήσιας ζήτησής του. Αυτή, σε συνδυασμό με τον περιορισμένο διαθέσιμο αποθηκευτικό χώρο, καθιστούν ιδιαίτερα συχνή την εμφάνιση ελλείψεων, όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα των προηγούμενων προσομοιώσεων και συγκεκριμένα από τη διαφορά μεταξύ του επιθυμητού και του πραγματικού επιπέδου διαθεσιμότητας. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη και τα αποτελέσματα της ανάλυσης ABC, που χαρακτηρίζει το προϊόν «αλεύρι σκληρό» ως το πιο κρίσιμο προϊόν της εταιρίας, κρίνεται απαραίτητο να διασφαλιστεί η συνεχή διαθεσιμότητά του. Όσον αφορά την παραγωγή του προϊόντος «αλεύρι μαλακό», αυτή βάσει του κανόνα θα πραγματοποιείται μόλις τελειώσει η παραγωγή του σκληρού και ελευθερωθεί η γραμμή, με τον καθαρισμό της προς άλεση ποσότητας να πραγματοποιείται παράλληλα με την παραγωγή του σκληρού, καθώς δεν υπάρχει κάποιος περιορισμός που να το απαγορεύει.

Το επόμενο βήμα στην ανάπτυξη ενός συστήματος οργάνωσης παραγωγής, είναι ο ορισμός του τρόπου αναπαράστασης της υπό μελέτη περίπτωσης. Για την επιλογή του τρόπου

αναπαράστασης της εξεταζόμενης περίπτωσης δεν υπάρχουν σαφή κριτήρια που να καθορίζουν ποια από τις εναλλακτικές μεθόδους υπερέχει συνολικά ή ενδείκνυται περισσότερο για συγκεκριμένες περιπτώσεις έναντι των υπολοίπων. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι έχει ήδη αναπτυχθεί ένα στοχαστικό προσομοιωτικό μοντέλο της παραγωγικής διαδικασίας, το οποίο προσαρμόζεται με ευκολία στην εκάστοτε περίπτωση, κρίθηκε ωφέλιμη η χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου αναπαράστασης.

Τέλος, η αναθεώρηση των σταθμών αναπλήρωσης κρίνεται αναγκαία και για τα δύο προϊόντα. Αυτό διότι, υπάρχει κίνδυνος να προκύψει νέα μείωση των επιπέδων διαθεσιμότητας του εκάστοτε προϊόντος, καθώς πλέον πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και ο χρόνος παραγωγής του δευτέρου προϊόντος κατά τον προσδιορισμό της στάθμης αναπλήρωσης, ως επιπλέον χρόνος αβεβαιότητας.

6.9 Τροποποιήσεις υφιστάμενου μοντέλου προσομοίωσης και νέα αποτελέσματα

Με σκοπό την αξιολόγηση της νέας μεθόδου οργάνωσης της παραγωγής και τη μελέτη των επιπέδων διαθεσιμότητας που θα προκύψουν, πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες αλλαγές στον αλγόριθμο προσομοίωσης που παρουσιάστηκε σε προηγούμενες ενότητες. Συγκεκριμένα, οι αλλαγές αυτές αφορούν τον αλγόριθμο που αναπτύχθηκε για να προσδιοριστεί ο αντίκτυπος του περιορισμένου αποθηκευτικού χώρου στα επίπεδα διαθεσιμότητας των προϊόντων. Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν οι αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στον αλγόριθμο προσομοίωσης, καθώς και τα αποτελέσματα που αφορούν τα νέα επίπεδα διαθεσιμότητας και τις αναθεωρημένες στάθμες αναπλήρωσης των προϊόντων.

Όσον αφορά τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στον αλγόριθμο προσομοίωσης, αυτές ήταν μικρής έκτασης σε σχέση με αυτές που πραγματοποιήθηκαν για την προηγούμενη μέθοδο οργάνωσης (στο παράρτημα Z παρατίθεται ο αλγόριθμος συνολικά). Συγκεκριμένα, αυτές αφορούν αποκλειστικά το τμήμα της διαδικασίας που καθορίζει τον τρόπο παραγωγής των προϊόντων και περιλαμβάνουν την προσθήκη κάποιων επιπλέον παραμέτρων. Αυτό διότι, ως επί το πλείστον, ο τρόπος παραγωγής των προϊόντων γίνεται με βάση τις στάθμες αναπλήρωσης s , όπως και στην αρχική διαδικασία, με τη μόνη διαφορά να αφορά τη στιγμή που απαιτείται ταυτόχρονη παραγωγή των προϊόντων. Έτσι, με σκοπό να λαμβάνεται υπόψη και αυτή η περίπτωση, προστέθηκε μία ακόμη λογική πράξη η οποία υλοποιεί τις απαραίτητες ενέργειες βάσει του νέου κανόνα οργάνωσης της παραγωγής.

Αναφορικά με τα αποτελέσματα της διαδικασίας, η νέα μέθοδος οργάνωσης της παραγωγής επιτυγχάνει τον σκοπό για τον οποίο αναπτύχθηκε. Όπως και η προηγούμενη έτσι και αυτή, επιτυγχάνει να οργανώσει την παραγωγή των προϊόντων με τον κατάλληλο τρόπο ώστε να

μην υπάρχουν περιπτώσεις ταυτόχρονης παραγωγής των προϊόντων. Ενδεικτικό παράδειγμα της επιτυχημένης εφαρμογής της μεθόδου, αποτελεί το διάγραμμα που παρουσιάζεται στην εικόνα 17, όπου απεικονίζεται η ημερήσια παραγωγή των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό» τις πρώτες 150 ημέρες της προσομοίωσης. Όπως φαίνεται στην εικόνα 17, τις ημέρες που πραγματοποιείται παραγωγή, αυτή αφορά είτε ποσότητες των 6.388 [kg] είτε των 11.318 [kg], αλλά ποτέ το άθροισμά τους.



Εικόνα 17: Διάγραμμα ημερήσιας παραγωγής σκληρού και μαλακού αλευριού για τις πρώτες 150 ημέρες της προσομοίωσης με τη νέα μέθοδο οργάνωσης της παραγωγής.

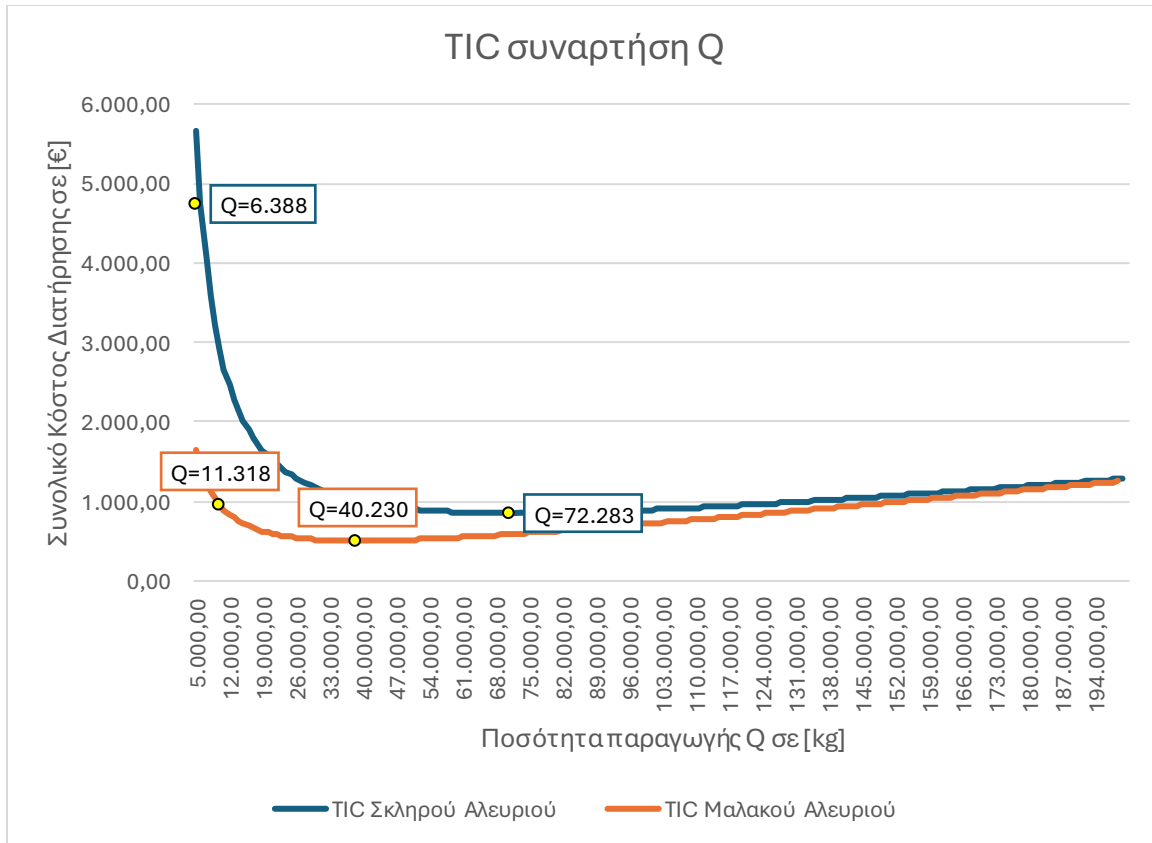
Σε αυτό το σημείο αξίζει να γίνει αναφορά στα επίπεδα διαθεσιμότητας των προϊόντων που προκύπτουν από την εφαρμογή του νέου συστήματος οργάνωσης. Συγκεκριμένα, ακόμη και πριν τον επαναπροσδιορισμό της στάθμης αναπλήρωσης s , τα επίπεδα εξυπηρέτησης ανά κύκλο των προϊόντων δείχνουν σημαντική βελτίωση σε σχέση με αυτά της προηγούμενης μεθόδου οργάνωσης. Το γεγονός αυτό δεν αποτελεί έκπληξη, καθώς οποιαδήποτε μέθοδος οργάνωσης αναπτυχθεί αποκλειστικά για τις ανάγκες μίας συγκεκριμένης περίπτωσης υπερέχει έναντι μίας η οποία μπορεί να εφαρμοστεί, χωρίς αλλαγές σε όλες τις περιπτώσεις (Brander, 2005). Έτσι, εκτελώντας τη νέα προσομοιωτική διαδικασία αρκετές φορές, για χρονικό διάστημα λειτουργίας 1.000 ετών, παρατηρήθηκε, όπως και τις προηγούμενες φορές, ότι τα επίπεδα διαθεσιμότητας των προϊόντων παραμένουν σταθερά, συγκλίνοντας σε συγκεκριμένες τιμές. Αναλυτικότερα, τα επίπεδα εξυπηρέτησης ανά κύκλο των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «μαλακό» φαίνεται να συγκλίνουν στις τιμές 0,8 και 0,79 αντίστοιχα.

Πίνακας 15: Ενδεικτικές τιμές αποτελεσμάτων προσομοίωσης με τη νέα μέθοδο οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό».

Αποτελέσματα προσομοίωσης						
Προϊόντα	Δείγματα τιμών επιπέδων εξυπηρέτησης ανά κύκλο αναπλήρωσης					Μέσος όρος P_1
	1	2	3	4	5	
Αλεύρι σκληρό	0,8080	0,8050	0,8073	0,8070	0,8075	0,8070
Αλεύρι μαλακό	0,7909	0,7898	0,7919	0,7904	0,7924	0,7911

Επίσης, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα επίπεδα εξυπηρέτησης του σκληρού αλευριού επανέρχονται στα επίπεδα που είχαν παρατηρηθεί πριν τεθεί σε εφαρμογή ο περιορισμός της μη ταυτόχρονης παραγωγής των προϊόντων. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι, βάσει του νέου κανόνα οργάνωσης, η διαδικασία παραγωγής του συγκεκριμένου προϊόντος παραμένει αμετάβλητη, λειτουργώντας πρακτικά σαν ένα τυπικό σύστημα (s, Q) .

Τέλος, για την ολοκλήρωση του κανόνα οργάνωσης απαιτείται ο επαναπροσδιορισμός των σταθμών αναπλήρωσης s των προϊόντων, ώστε να λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος παραγωγής τους, ως επιπλέον χρόνος αβεβαιότητας. Ο επαναπροσδιορισμός αυτός αφορά την επαναφορά των επιπέδων διαθεσιμότητας σε τιμές αντίστοιχες με αυτές που παρατηρήθηκαν πριν την εφαρμογή του περιορισμού μη ταυτόχρονης παραγωγής των προϊόντων, και πραγματοποιείται μέσω της προσομοιωτικής διαδικασίας. Η απόφαση αυτή στηρίχθηκε στο γεγονός ότι, η επαναφορά των επιπέδων διαθεσιμότητας σε τιμές αντίστοιχες με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στον σχεδιασμό του συστήματος, προϋποθέτει αύξηση των σταθμών αναπλήρωσης σε τέτοιο βαθμό που θα υπήρχαν εξαιρετικά αρνητικές οικονομικές συνέπειες. Αυτό διότι, εξαιτίας του περιορισμού στον διαθέσιμο αποθηκευτικό χώρο, οποιαδήποτε αύξηση της στάθμης αναπλήρωσης συνεπάγεται μείωση της ποσότητας παραγωγής, και κατά συνέπεια, αύξηση του συνολικού κόστους διαχείρισης, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα της εικόνας 18.



Εικόνα 18: Διάγραμμα συνολικού κόστους διαχείρισης συναρτήσεως της ποσότητας παραγωγής Q για τα προϊόντα «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό».

Έτσι, οι υπολογισμοί για τον επαναπροσδιορισμό της στάθμης αναπλήρωσης πραγματοποιήθηκαν μόνο για το προϊόν «αλεύρι μαλακό». Αυτό διότι, στην περίπτωση του προϊόντος «αλεύρι σκληρό», ο περιορισμός του αποθηκευτικού χώρου είναι τόσο ισχυρός, ώστε οποιαδήποτε αλλαγή της στάθμης αναπλήρωσης θα οδηγούσε σε μείωση του επιπέδου εξυπηρέτησής του. Για τον υπολογισμό της στάθμης αναπλήρωσης του μαλακού αλευριού εκτελέστηκε ο αλγόριθμος προσομοίωσης πολλαπλές φορές, για διάφορες στάθμες αναπλήρωσης. Οι τιμές των σταθμών αυτών σταδιακά αυξάνονταν, ώστε να βρεθεί αυτή η οποία επαναφέρει τα επίπεδα εξυπηρέτησης στις επιθυμητές τιμές, ενώ οι προσομοιώσεις εκτελούνταν κάθε φορά για χρονικό διάστημα 1.000 ετών. Από τα αποτελέσματα αυτής της διαδικασίας προέκυψε ότι για στάθμη ίση με 4.500 [kg] το επίπεδο εξυπηρέτησης ανά κύκλο αναπλήρωσης συγκλίνει στην τιμή 0,87, επιτυγχάνοντας έτσι το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Πίνακας 16: Ενδεικτικά αποτελέσματα επιπέδων εξυπηρέτησης ανά κύκλο αναπλήρωσης της προσομοιωτικής διαδικασίας για διάφορες στάθμες s του προϊόντος «αλεύρι μαλακό».

Αποτελέσματα προσομοίωσης προϊόντος «αλεύρι μαλακό»						
Στάθμη αναπλήρωσης σε [kg]	Δείγματα τιμών επιπέδων εξυπηρέτησης ανά κύκλο αναπλήρωσης					Μέσος όρος P_1
	1	2	3	4	5	
3.800	0,8101	0,8108	0,8046	0,8080	0,8083	0,8084
4.000	0,8305	0,8251	0,8248	0,8243	0,8316	0,8272
4.200	0,8453	0,8483	0,8485	0,8466	0,8457	0,8469
4.400	0,8652	0,8700	0,8674	0,8704	0,8644	0,8675
4.500	0,8746	0,8730	0,8744	0,8737	0,8759	0,8743

Συνοψίζοντας, για την αντιμετώπιση των περιορισμών που εμφανίζονται στην υπό μελέτη περίπτωση, πραγματοποιήθηκαν διαδοχικές τροποποιήσεις των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από το αρχικό σύστημα διαχείρισης (s, Q). Έτσι προέκυψε ένα νέο βελτιωμένο σύστημα το οποίο εκτός από τον καθορισμό της χρονικής στιγμής εκτέλεσης μίας παραγγελίας και της ποσότητας που αυτή θα περιλαμβάνει, καθορίζει με δυναμικό τρόπο τη σειρά παραγωγής των προϊόντων. Στο σύστημα αυτό, το προϊόν «αλεύρι σκληρό» έχει προτεραιότητα στην περίπτωση που προκύψει ανάγκη για ταυτόχρονη παραγωγή. Το προϊόν αυτό παράγεται σε ποσότητες των 6.388 [kg], όταν η στάθμη των αποθεμάτων του γίνει μικρότερη ή ίση των 8.612 [kg]. Τέλος, το προϊόν «αλεύρι μαλακό» παράγεται σε ποσότητες των 10.500 [kg], όταν η στάθμη των αποθεμάτων του γίνει μικρότερη ή ίση των 4.500 [kg] και η γραμμή παραγωγής είναι ελεύθερη.

Κεφάλαιο 7: Σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων προϊόντος «πίτυρα»

7.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί για την εύρεση του κατάλληλου τρόπου διαχείρισης αποθεμάτων του προϊόντος «πίτυρα». Το προϊόν αυτό αποτελεί μία ιδιαίτερη περίπτωση, η οποία δε μπορεί να αντιμετωπισθεί από τις κλασικές μεθόδους διαχείρισης. Στην παρούσα ενότητα θα αναλυθούν οι περιορισμοί που επηρεάζουν την ανάπτυξη ενός συστήματος διαχείρισης, όμοιου με αυτά των προϊόντων σκληρό και μαλακό αλεύρι, και ο τρόπος με τον οποίο αυτοί θα αντιμετωπισθούν.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το προϊόν «πίτυρα» δε μπορεί να διαχειριστεί αυτόνομα, καθώς η παραγωγή του είναι άμεσα συνδεδεμένη με αυτή των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό». Το γεγονός αυτό καθιστά αδύνατη τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη στιγμή και την ποσότητα παραγωγής του. Έτσι, εξαιτίας αυτής της ιδιαιτερότητας, τα αποθέματα του προϊόντος αυτού καταλήγουν να αναπληρώνονται με μη ελεγχόμενο τρόπο, τη στιγμή που παράγεται είτε ποσότητα μαλακού είτε ποσότητα σκληρού αλευριού. Ο ρυθμός παραγωγής του προϊόντος μπορεί να θεωρηθεί σταθερός, σε αντίθεση με τη ζήτησή του η οποία είναι στοχαστική και εποχική. Το γεγονός αυτό, έχει ως αποτέλεσμα, ιδίως κατά την περίοδο υψηλής ζήτησης, η ποσότητα που παράγεται να μην επαρκεί για την κάλυψη της ζήτησης, καθιστώντας απαραίτητη την άμεση αναπλήρωση των αποθεμάτων με εναλλακτικούς τρόπους. Αντιθέτως, κατά την περίοδο χαμηλής ζήτησης, η παραγόμενη ποσότητα πιτύρων υπερκαλύπτει, τις περισσότερες φορές, τη ζήτηση του προϊόντος, με αποτέλεσμα τη διατήρηση μεγάλου όγκου αποθεμάτων. Έτσι, η μόνη δυνατότητα ελέγχου που υπάρχει είναι αυτή του καθορισμού της χρονικής στιγμής αναπλήρωσης των αποθεμάτων με εναλλακτικούς τρόπους. Συγκεκριμένα, όπως έχει ήδη αναφερθεί, υπάρχει η δυνατότητα υποβολής παραγγελίας σε εξωτερικό προμηθευτή, με σκοπό την κάλυψη των οποιωνδήποτε κενών προκύψουν εξαιτίας της αδυναμίας της παραγωγής να ανταπεξέλθει στην αβεβαιότητα της ζήτησης. Ως προς την ποσότητα αναπλήρωσης που περιέχεται στην κάθε παραγγελία, αυτή είναι συγκεκριμένη και ίση με 24.000 [kg] (Truck load), ενώ το σταθερό κόστος που συνεπάγεται της υλοποίησής της είναι 395 €. Τέλος, η παραγγελία υλοποιείται ένα μήνα μετά την υποβολή της.

Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε προκύπτει ότι το πρόβλημα διαχείρισης του προϊόντος «πίτυρα» δε μπορεί να αντιμετωπισθεί αποτελεσματικά από τις τυπικές μεθόδους διαχείρισης. Αυτό διότι, τόσο οι πολλαπλές σχέσεις εξάρτησης που σχετίζονται με την παραγωγή του, όσο και η σταθερή ποσότητα που περιλαμβάνεται στην κάθε παραγγελία, δεν επιτρέπουν τη λήψη καθοριστικών αποφάσεων σχετικά με την ποσότητα αναπλήρωσης του προϊόντος.

Αντίθετα, οι περιορισμοί που σχετίζονται με τη στιγμή αναπλήρωσης των αποθεμάτων, επιτρέπουν τη λήψη αποφάσεων που δύναται να επηρεάσουν σε σημαντικό βαθμό τα επίπεδα διαθεσιμότητας του προϊόντος. Έτσι, το σύστημα διαχείρισης που θα αναπτυχθεί θα έχει ως στόχο την εύρεση της κατάλληλης στιγμής εκτέλεσης μίας παραγγελίας, στην εκάστοτε περίοδο ζήτησης. Ενώ, όσον αφορά τον τρόπο εύρεσης της συγκεκριμένης χρονικής στιγμής, θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά εργαλεία προσομοίωσης. Αυτό διότι, μέσω αυτών των εργαλείων, πολύπλοκα προβλήματα, όπως το υφιστάμενο, δύναται να προσεγγισθούν με σχετική ευκολία και αποτελεσματικότητα. Επίσης, τμήμα του προσομοιωτικού μοντέλου που θα αναπτυχθεί έχει ήδη παρουσιαστεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, όπως θα φανεί στην επόμενη ενότητα.

7.2 Επέκταση του υφιστάμενου προσομοιωτικού μοντέλου

Για την ανάπτυξη του αλγορίθμου στοχαστικής προσομοίωσης που θα αποτυπώνει με ακρίβεια τις διαδικασίες διαχείρισης του προϊόντος «πίτυρα», χρησιμοποιήθηκε το ήδη υπάρχον προσομοιωτικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό είχε αναπτυχθεί για τη μελέτη του αντίκτυπου των διαφόρων περιορισμών του υπό μελέτη συστήματος, καθώς και των διαφόρων μεθόδων οργάνωσης της παραγωγής. Ως εκ τούτου, αυτό παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τις ποσότητες παραγωγής των αλεύρων, και κατά συνέπεια των πιτύρων, που θα φανούν χρήσιμες για τη λήψη αποφάσεων για τα αποθέματα των τελευταίων. Η μορφή του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε είναι η τελευταία, στην οποία εφαρμόζεται το νέο σύστημα οργάνωσης της παραγωγής με τις επαναπροσδιορισμένες στάθμες αναπλήρωσης και ποσότητες παραγωγής. Στην παρούσα ενότητα, θα παρουσιαστεί ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάστηκε το σύστημα διαχείρισης του προϊόντος «πίτυρα», καθώς και οι αλλαγές που απαιτείται να πραγματοποιηθούν στο προσομοιωτικό μοντέλο, ώστε να ενσωματωθεί το σύστημα διαχείρισης του συγκεκριμένου προϊόντος.

Αρχικά, σε ένα σύστημα διαχείρισης ενός προϊόντος πρέπει να καθοριστεί ο τρόπος παρακολούθησης του επιπέδου των αποθεμάτων του. Όπως και για τα υπόλοιπα σημαντικά προϊόντα της εταιρίας, έτσι και για το προϊόν «πίτυρα», επιλέχθηκε η παρακολούθηση της στάθμης των αποθεμάτων του να είναι συνεχής. Επίσης, με σκοπό τη διατήρηση μίας κοινής, ως προς τον τρόπο λειτουργίας, πολιτικής διαχείρισης των αποθεμάτων, επιλέχθηκε η πολιτική διαχείρισης των πιτύρων να είναι η (s, Q) . Στην πολιτική αυτή η ποσότητα Q θα αφορά τη σταθερή ποσότητα που περιλαμβάνεται στην παραγγελία αναπλήρωσης από εξωτερικό προμηθευτή και είναι ίση με 24.000 [kg], ενώ η στάθμη s θα καθορίζει τη στιγμή υποβολής της. Η παραγγελία αναπλήρωσης, όπως και με τα άλλα προϊόντα της μελέτης, θα πραγματοποιείται όταν το επίπεδο των αποθεμάτων γίνεται μικρότερο ή ίσο αυτής. Ωστόσο, στην περίπτωση του προϊόντος «πίτυρα» υπάρχει εποχική ζήτηση, η οποία μπορεί να διακριθεί σε δύο περιόδους,

μία υψηλής και μία χαμηλής ζήτησης. Έτσι, με σκοπό την καλύτερη προσαρμογή στις ανάγκες της εκάστοτε περιόδου, οι στάθμες αναπαραγγελίας θα υπολογισθούν ξεχωριστά για την καθεμία. Ο υπολογισμός τους θα πραγματοποιηθεί μέσω πολλαπλών δοκιμών, για διάφορα ζεύγη s , με την αξιολόγηση των τιμών αυτών να γίνεται βάσει στατιστικών κριτηρίων διαθεσιμότητας. Όσον αφορά τα στατιστικά κριτήρια διαθεσιμότητας που χρησιμοποιήθηκαν, αυτά τροποποιήθηκαν, εξαιτίας της ιδιαιτερότητας του συγκεκριμένου προϊόντος. Αναλυτικότερα, αντί για το κριτήριο διαθεσιμότητας P_1 , το νέο κριτήριο που επιλέχθηκε είναι αυτό του μέσου χρόνου μεταξύ ελλείψεων (TBS). Αυτό διότι, στο προϊόν «πίτυρα» οι κύκλοι αναπλήρωσης είναι δυσδιάκριτοι εξαιτίας της σχεδόν συνεχούς παραγωγής του, η οποία πραγματοποιείται σε διαφορετικές ποσότητες και από διαφορετικές διαδικασίες.

Αναφορικά με τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στον αλγόριθμο προσομοίωσης, αυτές ήταν σχετικά περιορισμένες, αλλά αφορούν το σύνολο του αλγορίθμου (ο πλήρης αλγόριθμος παρατίθεται στο παράρτημα Η). Η ανάλυση αυτών των αλλαγών θα πραγματοποιηθεί διατηρώντας τη θεώρηση πως ο αλγόριθμος αποτελείται από τρία μέρη, με το κύριο να χωρίζεται σε δύο τμήματα. Έτσι, στο πρώτο μέρος του αλγορίθμου ορίστηκαν νέα μεγέθη και αρχικοποιήθηκαν νέα διανύσματα που θα χρησιμοποιηθούν για τους υπολογισμούς του νέου προϊόντος. Μεταξύ των νέων μεγεθών που ορίστηκαν, βρίσκονται οι νέες στάθμες αναπλήρωσης της εκάστοτε περιόδου, καθώς και ένα νέο μέγεθος που ονομάζεται συντελεστής παραγωγής. Ο συντελεστής αυτός χρησιμοποιείται για την εύρεση της ποσότητας παραγωγής των πιτύρων από αυτή των αλεύρων. Όσον αφορά τα νέα διανύσματα, αυτά αφορούν τα τυπικά διανύσματα τα οποία χρησιμοποιούνται για τους διάφορους υπολογισμούς του κυρίου τμήματος της διαδικασίας, καθώς και κάποια νέα που αφορούν αποκλειστικά το νέο προϊόν. Ενδεικτικά, ένα νέο διάνυσμα που προστίθεται στον αλγόριθμο, είναι αυτό που καθορίζει τη στιγμή υλοποίησης μίας παραγγελίας από εξωτερικό προμηθευτή.

Αναφορικά με το κύριο μέρος της προσομοίωσης, όπως έχει ήδη αναφερθεί αυτό δύναται να χωριστεί σε δύο τμήματα, όπου το πρώτο αφορά τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στην υπό μελέτη επιχείρηση, ενώ το δεύτερο τις αποφάσεις που σχετίζονται με τη στιγμή και την ποσότητα αναπλήρωσης των αποθεμάτων. Έτσι, στο αρχικό στάδιο της κύριας διαδικασίας, εκτός από τους υπολογισμούς της ζήτησης των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», προστίθενται και αυτοί που αφορούν τη ζήτηση του προϊόντος πίτυρα. Στο προϊόν αυτό υπάρχει συνεχής παρακολούθηση της στάθμης των αποθεμάτων του. Έτσι, δεδομένου ότι το βήμα εκτέλεσης της προσομοιωτικής διαδικασίας είναι ημερήσιο, η ζήτηση του προϊόντος θα είναι στοχαστική και θα ακολουθεί κατανομή γάμμα. Η παραγωγή των τυχαίων αριθμών που αφορούν την ημερήσια ζήτηση πραγματοποιείται με χρήση συγκεκριμένης συνάρτησης του λογισμικού MATLAB, όπως γίνεται και για τα άλλα προϊόντα. Ωστόσο, δεδομένου ότι η ζήτηση του συγκεκριμένου προϊόντος αφορά συσκευασίες των 30 [kg], είναι απαραίτητο να

γίνουν οι κατάλληλες αλλαγές στη συνάρτηση αυτή, ώστε οι τυχαίοι αριθμοί που παράγονται να είναι ακέραια πολλαπλάσια του 30. Στη συνέχεια, και αφού διεξαχθούν οι υπολογισμοί για την εύρεση των αποθεμάτων και της ποσότητας παραγωγής των αλεύρων, καθορίζεται το απόθεμα των πιτύρων. Για το συγκεκριμένο προϊόν οι εν λόγω υπολογισμοί λαμβάνουν υπόψη, μεταξύ άλλων, και την ποσότητα που παραγγέλθηκε από εξωτερικό προμηθευτή, εφόσον υπάρχει υλοποίηση την τρέχουσα περίοδο. Όσον αφορά τη στιγμή της πραγματοποίησης μίας παραγγελίας, αυτή σχετίζεται με τη στάθμη αναπλήρωσης της εκάστοτε περιόδου. Έτσι, οι στάθμες αυτές έχουν περίοδο ισχύος, όση και αυτή της εκάστοτε περιόδου ζήτησης. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα η περίοδος ισχύος για τη στάθμη υψηλής ζήτησης να αφορά την περίοδο από την 1^η έως την 96^η και την 307^η έως την 312^η ημέρα του έτους προσομοίωσης, ενώ τις ενδιάμεσες ημέρες είναι σε ισχύ η στάθμη χαμηλής ζήτησης. Αναφορικά με την παραγγελία, αυτή εκτελείται όταν η στάθμη των αποθεμάτων γίνει μικρότερη ή ίση από αυτή που είναι σε ισχύ την εκάστοτε περίοδο, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η ποσότητα που παράγεται, η οποία ενδέχεται να αυξήσει τα αποθέματα μετά τη στιγμή υποβολής της παραγγελίας.

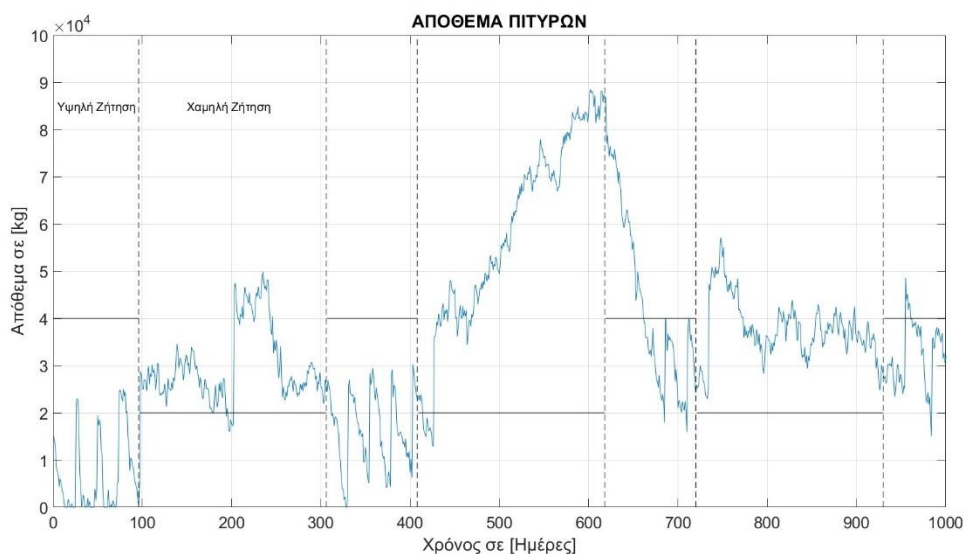
Τέλος, μετά την ολοκλήρωση της προσομοιωτικής διαδικασίας πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί των επιπέδων διαθεσιμότητας των προϊόντων. Όπως έχει ήδη αναφερθεί για το προϊόν «πίτυρα», το νέο επίπεδο διαθεσιμότητας είναι ο μέσος χρόνος μεταξύ ελλείψεων, ο οποίος έχει μονάδα μέτρησης το έτος και χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του εκάστοτε ζεύγους σταθμών αναπαραγγελίας. Για τους υπολογισμούς του χρόνου αυτού μετρήθηκε ο χρόνος μεταξύ όλων των διαδοχικών ελλείψεων της προσομοίωσης, ώστε να βρεθεί η μέση τους τιμή. Επίσης, για την αξιολόγηση του ζεύγους των σταθμών αναπλήρωσης χρησιμοποιείται και ένα ακόμη στατιστικό μέγεθος το οποίο είναι το μέσο ημερήσιο απόθεμα. Σκοπός του μεγέθους αυτού είναι ο έλεγχος της ικανότητας ενός ζεύγους σταθμών να επιτύχει το εκάστοτε επίπεδο διαθεσιμότητας με το χαμηλότερο δυνατό διατηρούμενο απόθεμα.

7.3 Αποτελέσματα προσομοίωσης

Στην παρούσα ενότητα θα γίνει αναφορά στα αποτελέσματα της προσομοιωτικής διαδικασίας και στον τρόπο με τον οποίο υπολογίστηκαν τα ζεύγη των σταθμών αναπλήρωσης υψηλής και χαμηλής ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα».

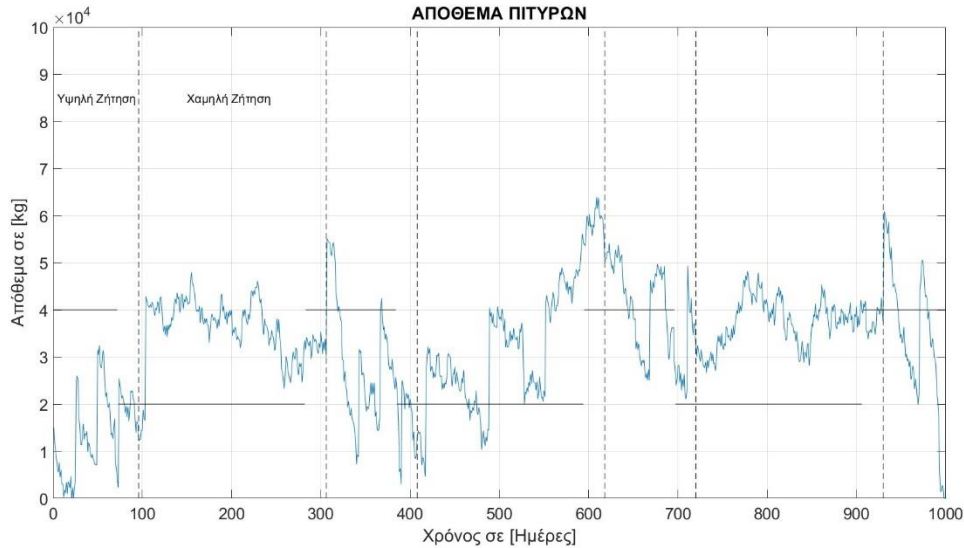
Αρχικά, σκοπός του αλγορίθμου προσομοίωσης, είναι η εύρεση του καταλληλότερου ζεύγους σταθμών αναπαραγγελίας, ώστε να επιτυγχάνεται το καλύτερο δυνατό επίπεδο διαθεσιμότητας με το μικρότερο δυνατό διατηρούμενο απόθεμα. Όμως, δεδομένου ότι οι μεταβλητές ελέγχου είναι δύο, ο αριθμός των πιθανών συνδυασμών είναι υψηλός. Έτσι, με σκοπό τον αποκλεισμό υποδεέστερων τιμών, πραγματοποιήθηκε αρχικά μία σειρά προσομοιώσεων για ένα μεγάλο εύρος τιμών της κάθε στάθμης. Επίσης, δεδομένου ότι στόχος της διαδικασίας είναι περισσότερο ο όγκος και λιγότερο η ακρίβεια, δε δόθηκε ιδιαίτερη βάση στην τελευταία. Έτσι, οι

προσομοιώσεις αυτές εκτελέστηκαν για 1.000 έτη η καθεμία και οι τιμές που επιλέχθηκαν ήταν 20.000 [kg], 25.000 [kg], 30.000 [kg], 35.000 [kg], 40.000 [kg] και 45.000 [kg], δημιουργώντας 36 ζεύγη σταθμών. Όμως, από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρατηρήθηκε ότι τα αποθέματα της περιόδου χαμηλής ζήτησης, τις περισσότερες φορές, παρουσίαζαν αυξητική τάση. Αυτό συμβαίνει διότι, η ζήτηση εκείνης της περιόδου είναι μικρότερη της προσφοράς. Έτσι, όπως φαίνεται και στην εικόνα 19, πολλές παραγγελίες που θέτονταν προς το τέλος της περιόδου υψηλής ζήτησης, υλοποιούνταν κατά την περίοδο χαμηλής ζήτησης, όπου οι ανάγκες αναπλήρωσης δεν είναι τόσο επιτακτικές.



Εικόνα 19: Η εξέλιξη της στάθμης των αποθεμάτων του προϊόντος «πίτυρα» τις πρώτες 1.000 ημέρες της προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα αφορούν το ζεύγος σταθμών υψηλής και χαμηλής ζήτησης 40.000 [kg] και 20.000 [kg] αντίστοιχα.

Επίσης, παρατηρήθηκε ότι κατά την περίοδο υψηλής ζήτησης απαιτούνται υψηλά επίπεδα αποθεμάτων, καθώς ο ρυθμός παραγωγής του προϊόντος είναι μικρότερος της ζήτησης και ο χρόνος υλοποίησης μίας παραγγελίας ιδιαίτερα υψηλός. Έτσι, αποφασίστηκε η μετατόπιση των σταθμών υψηλής και χαμηλής ζήτησης κατά ένα μήνα (δηλαδή μετατόπιση κατά ένα lead time=24 ημέρες), πριν την έναρξη της κάθε περιόδου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, όπως φαίνεται και στην εικόνα 20, να δημιουργείται υψηλό απόθεμα πριν την περίοδο υψηλής ζήτησης και χαμηλό απόθεμα πριν την περίοδο χαμηλής ζήτησης. Επομένως, η νέα στάθμη αναπαραγγελίας της χαμηλής ζήτησης θα ισχύει από την 73^η έως την 282^η ημέρα του έτους προσομοίωσης, ενώ για τις υπόλοιπες ημέρες θα ισχύει η στάθμη υψηλής ζήτησης.



Εικόνα 20: Η εξέλιξη της στάθμης των αποθεμάτων του προϊόντος «πίτυρα» τις πρώτες 1.000 ημέρες της προσομοίωσης με μετατοπισμένες τις στάθμες αναπλήρωσής του. Τα αποτελέσματα αφορούν το ζεύγος σταθμών υψηλής και χαμηλής ζήτησης 40.000 [kg] και 20.000 [kg] αντίστοιχα.

Με βάση, λοιπόν, τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στον αλγόριθμο, εκτελέστηκαν ξανά οι πολλαπλές προσομοιώσεις για την εύρεση του καταλληλότερου ζεύγους σταθμών αναπλήρωσης, με τα αποτελέσματα της διαδικασίας να παρουσιάζονται στον πίνακα 17. Έπειτα από συνεννόηση με τα στελέχη της εταιρίας, προέκυψε ότι η καταλληλότερη τιμή του μέσου χρόνου μεταξύ ελλείψεων είναι τα 0,5 έτη.

Πίνακας 17: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τα 36 διαφορετικά ζεύγη σταθμών αναπλήρωσης. Τα αποτελέσματα αφορούν τις μέσες τιμές από δείγματα 5 τιμών και χρονικό διάστημα εκτέλεσης τα 1.000 έτη.

Τιμές μέσου TBS σε [έτη] για διάφορα ζεύγη τιμών s						
$S_{\text{υψηλής ζήτησης}}$ / $S_{\text{χαμηλής ζήτησης}}$	20.000 [kg]	25.000 [kg]	30.000 [kg]	35.000 [kg]	40.000 [kg]	45.000 [kg]
20.000 [kg]	0,129	0,184	0,275	0,413	0,645	1,030
25.000 [kg]	0,139	0,202	0,289	0,454	0,677	1,173
30.000 [kg]	0,156	0,219	0,326	0,468	0,742	1,192
35.000 [kg]	0,167	0,235	0,333	0,543	0,758	1,340
40.000 [kg]	0,177	0,254	0,381	0,563	0,813	1,410
45.000 [kg]	0,197	0,278	0,411	0,620	0,950	1,570

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 17, προκύπτει ότι τα ζεύγη στάθμης υψηλής και χαμηλής ζήτησης, που ικανοποιούν το επίπεδο διαθεσιμότητας που τέθηκε, είναι τέσσερα. Συγκεκριμένα, τα ζεύγη αυτά είναι (30.000,45.000), (35.000,30.000), (35.000,35.000) και (40.000,20.000). Για την αξιολόγηση των ζευγών αυτών, διεξήχθησαν επαναληπτικές προσομοιώσεις για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, με σκοπό την εξαγωγή ακριβέστερων συμπερασμάτων σχετικά με την πραγματική τιμή του TBS που προσφέρει το

καθένα. Έτσι, οι νέες προσομοιώσεις εκτελέστηκαν για 10.000 έτη η καθεμία, με τα αποτελέσματα να παρατίθενται στον πίνακα 18.

Πίνακας 18: Αποτελέσματα επαναληπτικών προσομοιώσεων διάρκειας 10.000 ετών.

Αποτελέσματα προσομοίωσης για τα νέα ζεύγη σταθμών αναπλήρωσης				
Ζεύγος στάθμης υψηλής και χαμηλής ζήτησης	Δείγμα τιμών μέσου χρόνου μεταξύ ελλείψεων σε [έτη]			Μέση τιμή δείγματος
	1	2	3	
(30.000, 45.000)	0,4169	0,4194	0,4155	0,4173
(35.000, 30.000)	0,4697	0,4717	0,4839	0,4751
(35.000, 35.000)	0,5055	0,5107	0,5089	0,5084
(40.000, 20.000)	0,6325	0,6184	0,6406	0,6305
	Δείγμα τιμών μέσου ημερήσιου αποθέματος σε [kg]			
	1	2	3	
(30.000, 45.000)	55.192	55.233	55.401	55.275
(35.000, 30.000)	45.745	45.664	45.689	45.699
(35.000, 35.000)	49.261	48.991	49.089	49.113
(40.000, 20.000)	40.002	39.987	40.173	40.059

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα του πίνακα 18, το καταλληλότερο ζεύγος σταθμών αναπλήρωσης είναι το (40.000,20.000). Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι, το συγκεκριμένο ζεύγος επιτυγχάνει το μεγαλύτερο χρόνο μεταξύ ελλείψεων, διατηρώντας παράλληλα το μικρότερο μέσο ημερήσιο απόθεμα σε σχέση με τα υπόλοιπα.

Ωστόσο, από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ υψηλής και χαμηλής στάθμης, με την υψηλή να βρίσκεται στο άνω όριο της διαφοράς, επιτυγχάνονται ακόμη καλύτερα επίπεδα διαθεσιμότητας, με ακόμη χαμηλότερο διατηρούμενο απόθεμα. Έτσι, η έρευνα διευρύνθηκε για ακόμη μικρότερες τιμές στάθμης χαμηλής ζήτησης, προκειμένου να εντοπισθούν πιθανώς καλύτερες λύσεις. Επαναλαμβάνοντας, λοιπόν, την ίδια διαδικασία, αυτή δηλαδή της αρχικής εκτέλεσης μεγάλου όγκου προσομοιώσεων με σκοπό την αναγνώριση των καλύτερων ζευγών για περαιτέρω μελέτη, προέκυψε ότι το καλύτερο δυνατό ζεύγος σταθμών είναι το (40.000,10.000).

Πίνακας 19: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τα 12 νέα ζεύγη σταθμών αναπλήρωσης. Τα αποτελέσματα αφορούν τις μέσες τιμές από δείγματα 5 τιμών και χρονικό διάστημα 1.000 ετών.

Τιμές μέσου TBS σε [έτη] για διάφορα ζεύγη τιμών s				
Συψηλής ζήτησης Σχαμηλής ζήτησης	35.000	40.000	45.000	50.000
5.000	0,3056	0,4242	0,6321	0,8254
10.000	0,3452	0,5059	0,7640	1,1740
15.000	0,3818	0,5987	0,8942	1,3947

Πίνακας 20: Αποτελέσματα επαναληπτικών προσομοιώσεων για προσομοιώσεις χρονικής διάρκειας 10.000 ετών.

Αποτελέσματα προσομοίωσης για τα νέα ζεύγη σταθμών αναπλήρωσης						
Ζεύγος στάθμης υψηλής και χαμηλής ζήτησης	Δείγμα τιμών μέσου χρόνου μεταξύ ελλείψεων σε [έτη]					Μέση τιμή δείγματος
	1	2	3	4	5	
(10.000, 40.000)	0,4980	0,5144	0,5211	0,5250	0,5162	0,5149
(5.000, 45.000)	0,6123	0,6360	0,6264	0,6168	0,6306	0,6244
	Δείγμα τιμών μέσου ημερήσιου αποθέματος σε [kg]					
	1	2	3	4	5	
(10.000, 40.000)	34.827	34.834	34.929	34.791	34.841	34.844
(5.000, 45.000)	35.805	35.713	35.823	35.866	35.689	35.779

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα του πίνακα 20, το συγκεκριμένο ζεύγος αποδίδει μέσο χρόνο μεταξύ ελλείψεων 0,5149, αρκετά κοντά στην επιθυμητή τιμή, χρησιμοποιώντας παράλληλα το μικρότερο δυνατό μέσο ημερήσιο απόθεμα (Μέσο ημερήσιο απόθεμα = 34.844 [kg]). Έτσι, σε αυτό το σημείο η μελέτη ολοκληρώθηκε και δεν επεκτάθηκε στην εύρεση ακριβέστερων σταθμών, καθώς θεωρήθηκε ότι η διαδικασία αυτή δε θα προσέφερε κάποια ουσιαστική βελτίωση στα τελικά αποτελέσματα.

Έτσι, στην περίπτωση του προϊόντος «πίτυρα», κάθε φορά που το επίπεδο των αποθεμάτων βρεθεί σε επίπεδο μικρότερο ή ίσο των 40.000 ή 10.000 κιλών, κατά την περίοδο που αφορά η εκάστοτε στάθμη, πραγματοποιείται παραγγελία από εξωτερικό προμηθευτή, ίση με 24.000 κιλά.

Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα

Ένας από τους βασικούς σκοπούς εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάδειξη της αξίας της σωστής πληροφόρησης στη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε μία εταιρία. Ιδιαίτερα στη σημερινή εποχή, όπου διατίθενται πλήθος δεδομένων προς ανάλυση, σημασία έχει τόσο η απόκτησή τους, όσο και η σωστή αξιοποίησή τους (Edward A. Silver, 2017). Στην υπό μελέτη επιχείρηση οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων βρίσκονταν σε αρκετά πρώιμο στάδιο, με αυτές να βασίζονται κυρίως στην εμπειρία των στελεχών. Έτσι, μέσω της μελέτης έγινε απόπειρα να αποκτηθεί σε βάθος κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των διαδικασιών και της συμπεριφοράς των προϊόντων της εταιρίας, ώστε οι μελλοντικές αποφάσεις να στηρίζονται σε ισχυρές βάσεις.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της μελέτης, προκύπτει ότι ο βασικός στόχος που αφορά τη συμμόρφωση στα επίπεδα διαθεσιμότητας που θέτει η διοίκηση, ικανοποιείται μερικώς. Ειδικότερα, σκοπός της μελέτης ήταν η δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων, το οποίο θα εξασφαλίζει τα επιθυμητά επίπεδα διαθεσιμότητας για τα σημαντικότερα προϊόντα της εταιρίας, με το μικρότερο δυνατό κόστος. Ωστόσο, δύο από τα τρία αυτά προϊόντα, το «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», εμφανίζουν επίπεδα διαθεσιμότητας σημαντικά χαμηλότερα από τα επιθυμητά, με επίπεδα εξυπηρέτησης ανά κύκλο αναπλήρωσης 0,8 και 0,87, αντίστοιχα, αντί για 0,97 για το οποίο είχε σχεδιαστεί το σύστημα. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στον υψηλό αριθμό των περιορισμών και στην επιδραστικότητα που αυτοί έχουν στο σύστημα. Έτσι, αναδεικνύεται μία ακόμη πτυχή μίας μελέτης διαχείρισης αποθεμάτων, εξίσου σημαντική με αυτή της ορθής διαχείρισης των διαθέσιμων πληροφοριών. Η πτυχή αυτή αφορά την αλλαγή των δεδομένων στα οποία βασίστηκε η μελέτη.

Μία μελέτη διαχείρισης αποθεμάτων δεν πρέπει να επικεντρώνεται αποκλειστικά στη συνεχή βελτιστοποίηση ενός συστήματος υπό συγκεκριμένες παραμέτρους, με χρήση όλο και πιο σύνθετων μεθόδων διαχείρισης. Σε πολλές περιπτώσεις, μία τέτοια μελέτη μπορεί να προσφέρει περισσότερα οφέλη επειδή ανέδειξε τα σημεία που απαιτείται να αλλάξουν, παρά από την ίδια τη βελτιστοποίηση που παρείχε (Edward A. Silver, 2017). Συνεπώς, η παρούσα μελέτη μπορεί να λειτουργήσει ως εφαλτήριο για περισσότερες και πιο ουσιαστικές αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας της εταιρίας, πέρα από αυτές που αφορούν αποκλειστικά τη διαχείριση των αποθεμάτων. Ως εκ τούτου, λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη ιδιαίτερα επιδραστικών περιορισμών, παρατίθενται στη συνέχεια κάποιες συγκεκριμένες προτάσεις, οι οποίες αναμένεται να επιφέρουν ουσιαστικές βελτιώσεις στον τρόπο λειτουργίας της εταιρίας.

Η πρώτη πρόταση επικεντρώνεται στην αντιμετώπιση του περιορισμού που σχετίζεται με τον διαθέσιμο αποθηκευτικό χώρο των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό». Όπως φάνηκε και από την αρχική προσομοίωση, ο συγκεκριμένος περιορισμός επηρεάζει σε

μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα του συστήματος, τόσο σε επίπεδο διαθεσιμότητας, όσο και σε κόστος διαχείρισης, ιδιαίτερα στο προϊόν «αλεύρι σκληρό». Ενδεικτικά, μόνο από το διπλασιασμό του διαθέσιμου αποθηκευτικού χώρου του προϊόντος «αλεύρι σκληρό», από 15.000 σε 30.000 [kg], αναμένεται να εξοικονομηθούν σημαντικά ποσά ετησίως, ενώ παράλληλα αναμένεται και βελτίωση των επιπέδων διαθεσιμότητάς του.

Η δεύτερη πρόταση βελτίωσης αφορά το προϊόν «πίτυρα», με αυτή να εστιάζεται στη μείωση του χρόνου εκτέλεσης και παράδοσης των παραγγελιών του. Αυτό διότι, οποιαδήποτε μείωση του χρόνου υλοποίησης μίας παραγγελίας, έχει αντίκτυπο στο διατηρούμενο απόθεμα ασφαλείας (Chorpa, 2021). Παρόλο που η υλοποίηση μίας τέτοιας πρότασης είναι δύσκολο να υλοποιηθεί, καθώς απαιτούνται εκτενείς διαπραγματεύσεις με τον υπάρχοντα προμηθευτή ή εναλλακτικά, η αναζήτηση νέου, οι προσδοκώμενες βελτιώσεις αναμένονται σημαντικές. Αυτό διότι, αναμένεται η επίτευξη των υφιστάμενων επιπέδων διαθεσιμότητας με μειωμένο διατηρούμενο απόθεμα, εξοικονομώντας επιπλέον πόρους ετησίως.

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η παρούσα μελέτη παρουσιάζει ορισμένες αδυναμίες. Αρχικά, αυτή δεν αποτελεί μία οριστική λύση, με αποτέλεσμα να μην παραμένει για πάντα αποτελεσματική. Αυτό διότι, απαιτείται συνεχής ανανέωση των δεδομένων στα οποία έχει βασιστεί, έτσι ώστε τα αποτελέσματά της να παραμένουν επίκαιρα, αντικατοπτρίζοντας με ακρίβεια την πραγματικότητα. Η ανάγκη αυτή για συνεχή ανανέωση του συστήματος, καθίσταται ιδιαίτερα επιτακτική για την εξεταζόμενη περίπτωση, εξαιτίας των συνεχών αλλαγών που πραγματοποιούνται, τόσο σε τοπικό, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Επίσης, μία ακόμη αδυναμία που παρουσιάζει η συγκεκριμένη μελέτη, αφορά το περιορισμένο εύρος της και συγκεκριμένα, το γεγονός ότι αυτή εστιάζει σε ένα τμήμα της εξεταζόμενης εφοδιαστικής αλυσίδας. Έτσι, παρόλο που αυτή προσφέρει πολλαπλά οφέλη στην εταιρία, η μη διεύρυνσή της στο σύνολο της αλυσίδας εμποδίζει την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων που μπορεί να προσφέρει.

Παραρτήματα

Παράρτημα Α: Αναλυτικός πίνακας υπολογισμών ανάλυσης ABC

Πίνακας 21: Αναλυτικοί υπολογισμοί ανάλυσης ABC για τα στοιχεία ζήτησης και τιμών πώλησης του έτους 2022.

α/α	Προϊόντα	Τιμή πώλησης ανά [kg] v_i	Ετήσια ζήτηση σε [kg] D_i	$D_i \cdot v_i$	Αθροιστικό ποσοστό επί του συνόλου των ετήσιων πωλήσεων	Κατηγορία
1	ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ	0,79	779.430	615.749,7	0,5096	A
2	ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ	0,75	312.207	234.155,25	0,7034	
3	ΠΙΤΥΡΑ 30KG	0,24	560.700	134.568	0,8148	
4	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ 25KG	0,42	126.675	53.203,5	0,8588	B
5	ΣΟΓΙΑ 40KG	0,67	43.751	29.313,17	0,8830	
6	ΒΗΤΤΕΣ 35KG	0,24	116.795	28.030,8	0,9062	
7	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΑΛΕΣΜΕΝΟ 25KG	0,46	52.803	24.289,38	0,9263	
8	ΚΡΙΘΑΡΙ 25KG	0,45	46.085	20.738,25	0,9435	
9	ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ ΔΥΝΑΤΟ 25KG	0,77	25.315	19.492,55	0,9596	C
10	ΣΙΜΙΓΔΑΛΙ 25KG	1	7.824	7.824	0,9661	
11	ΑΛΕΥΡΙ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ 25KG	0,8	8.725	6.980	0,9719	
12	ΠΛΙΓΟΥΡΙ 25KG	0,8	7.894	6.315,2	0,9771	
13	ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ ΔΥΝΑΤΟ 50KG	0,77	8.150	6.275,5	0,9823	
14	ΑΛΕΥΡΙ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ 5KG	0,82	7.405	6.072,1	0,9873	
15	ΑΛΕΥΡΙ ΤΥΠΟΥ SUPER 50KG	0,87	5.800	5.046	0,9915	
16	ΑΛΕΥΡΙ από ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ 25KG	1,4	3.314	4.639,6	0,9954	
17	ΑΛΕΥΡΙ ΤΥΠΟΥ SUPER 25KG	0,87	2.875	2.501,25	0,9974	
18	ΣΙΤΑΡΙ 25KG	0,4	3.266	1.306,4	0,9985	
19	ΑΛΕΥΡΙ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ 50KG	0,8	850	680	0,9991	
20	ΑΜΥΛΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ 25KG	1,4	409	572,6	0,9995	
21	ΑΛΕΥΡΙ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ 10KG	0,82	380	311,6	0,9998	
22	ΑΛΕΥΡΙ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ 15KG	0,8	300	240	1	

Παράρτημα Β1: Δεδομένα εβδομαδιαίας ζήτησης προϊόντων Α κλάσης για τη διετία 2021-2022

Πίνακας 22: Εβδομαδιαία ζήτηση σημαντικότερων προϊόντων της εταιρίας.

Εβδομάδα	ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ		ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ		ΠΙΤΥΡΑ 30ΚΓ	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
01/01 - 07/01	10.110	12.950	3.760	1.995	8.520	10.380
08/01 - 14/01	28.295	13.400	7.930	6.965	18.810	10.650
15/01 - 21/01	10.605	11.300	3.230	4.305	12.090	11.250
22/01 - 28/01	21.780	15.635	5.710	7.170	16.980	10.590
29/01 - 04/02	15.100	20.150	4.165	7.170	18.600	9.570
05/02 - 11/02	20.895	10.385	8.110	3.675	16.560	18.610
12/02 - 18/02	19.710	13.310	4.670	6.500	12.540	11.280
19/02 - 25/02	18.205	17.435	6.700	3.980	18.735	14.445
26/02 - 04/03	13.895	35.475	4.960	11.615	17.520	13.220
05/03 - 11/03	27.730	15.380	5.825	11.765	17.700	14.880
12/03 - 18/03	14.405	27.115	6.250	10.400	15.990	20.010
19/03 - 25/03	11.535	27.965	3.235	8.275	16.740	18.530
26/03 - 01/04	25.870	28.655	8.510	13.255	15.480	17.910
02/04 - 08/04	21.260	22.175	5.455	13.555	15.360	20.850
09/04 - 15/04	18.180	16.645	8.550	5.135	17.850	11.580
16/04 - 22/04	22.525	9.175	7.930	3.460	15.030	13.770
23/04 - 29/04	22.685	9.260	6.770	5.110	11.760	9.840
30/04 - 06/05	6.370	8.080	1.210	3.390	10.950	10.680
07/05 - 13/05	18.630	14.695	3.875	3.590	7.290	8.140
14/05 - 20/05	15.880	7.815	6.690	1.555	12.330	6.425
21/05 - 27/05	15.405	13.630	3.080	4.365	8.820	9.990
28/05 - 03/06	23.075	12.130	5.115	5.195	9.390	7.320
04/06 - 10/06	19.565	8.680	5.555	3.265	6.160	9.210
11/06 - 17/06	16.930	17.225	4.610	4.390	4.650	8.520
18/06 - 24/06	18.655	7.540	5.900	3.145	9.540	7.350
25/06 - 01/07	22.220	19.695	7.240	5.320	14.550	9.270
02/07 - 08/07	14.310	7.700	2.775	4.235	7.050	3.930
09/07 - 15/07	13.235	21.020	4.345	4.780	10.290	11.430
16/07 - 22/07	26.185	10.135	6.675	3.090	7.050	7.770
23/07 - 29/07	21.945	12.600	4.240	6.015	6.750	8.400
30/07 - 05/08	19.020	14.025	6.250	5.120	12.780	9.000
06/08 - 12/08	17.510	15.880	2.770	2.715	7.770	7.530
13/08 - 19/08	26.760	14.855	7.085	7.787	8.820	9.090
20/08 - 26/08	19.090	18.215	8.700	8.085	6.630	9.000
27/08 - 02/09	31.930	9.860	7.665	4.130	6.420	8.130

03/09 - 09/09	20.515	20.530	6.335	7.870	5.040	8.340
10/09 - 16/09	20.930	13.580	4.805	4.560	9.570	7.620
17/09 - 23/09	26.590	15.675	8.305	6.435	8.490	7.680
24/09 - 30/09	27.620	16.010	7.340	6.615	12.540	9.840
01/10 - 07/10	22.215	15.205	4.225	8.900	8.520	6.420
08/10 - 14/10	16.050	5.535	5.700	1.815	7.470	10.830
15/10 - 21/10	17.275	22.880	5.835	9.080	8.760	9.180
22/10 - 28/10	23.610	9.875	5.820	3.985	7.050	9.210
29/10 - 04/11	27.330	16.850	5.835	8.655	9.450	9.300
05/11 - 11/11	18.060	14.985	3.035	4.655	8.970	12.750
12/11 - 18/11	4.596	7.590	4.265	1.535	2.640	6.570
19/11 - 25/11	9.820	12.205	7.350	8.210	8.070	10.850
26/11 - 02/12	27.350	20.255	10.235	8.120	12.150	9.150
03/12 - 09/12	14.350	8.065	4.935	5.430	7.440	11.580
10/12 - 16/12	18.310	17.030	7.885	9.515	7.605	11.430
17/12 - 23/12	15.431	13.510	6.410	5.995	11.040	11.090
24/12 - 30/12	9.610	9.460	5.875	6.330	8.580	20.310

Παράρτημα Β2: Αναλυτικοί πίνακες υπολογισμών ελέγχου προσαρμογής χ^2 στη γάμμα κατανομή

Πίνακας 23: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» σε κατανομή γάμμα.

ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ				
Κλάσεις	O_i	p_i	E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1.692,14	231,00	0,418	245,527	0,859
3.384,29	165,00	0,288	169,190	0,104
5.076,43	93,00	0,151	89,028	0,177
6.768,57	57,00	0,075	44,121	3,759
8.460,71	24,00	0,036	21,258	0,354
10.152,86	11,00	0,017	10,075	0,085
11.845,00	7,00	0,015	8,801	0,369
Μέγεθος δείγματος	588,00		$\chi_0^2 =$	5,707
α	1,31		P-value	0,222
β	2.087,85			
k	7			
ρ	2			

Πίνακας 24: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι μαλακό» σε κατανομή γάμμα.

ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ				
Κλάσεις	O_i	p_i	E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
810,00	356,00	0,613	360,251	0,050
1.620,00	125,00	0,205	120,810	0,145
2.430,00	46,00	0,093	54,905	1,444
3.240,00	32,00	0,045	26,268	1,251
4.050,00	15,00	0,022	12,871	0,352
4.860,00	7,00	0,011	6,395	0,057
5.670,00	7,00	0,011	6,500	0,038
Μέγεθος δείγματος	588,00		$\chi_0^2 =$	3,338
α	0,74		P-value	0,503
β	1.254,33			
k	7			
ρ	2			

Πίνακας 25: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» σε κατανομή γάμμα, κατά την περίοδο υψηλής ζήτησης.

ΠΙΤΥΡΑ 30KG [Υψηλή ζήτηση]				
Κλάσεις	O_i	p_i	E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1.975,00	89,00	0,483	98,576	0,930
3.950,00	79,00	0,332	67,657	1,902
5.925,00	24,00	0,126	25,679	0,110
7.900,00	10,00	0,041	8,433	0,291
9.875,00	1,00	0,013	2,588	0,974
11.850,00	1,00	0,005	1,068	0,004
Μέγεθος δείγματος	204		$\chi_0^2 =$	4,211
α	1,74		P-value	0,240
β	1438,00			
k	6			
ρ	2			

Πίνακας 26: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» σε κατανομή γάμμα, κατά την περίοδο χαμηλής ζήτησης.

ΠΙΤΥΡΑ 30KG [Χαμηλή ζήτηση]				
Κλάσεις	O_i	p_i	E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1.205,00	215	0,523	219,838	0,106
2.410,00	126	0,296	124,504	0,018
3.615,00	58	0,116	48,799	1,735
4.820,00	15	0,042	17,619	0,389
6.025,00	4	0,015	6,122	0,735
7.230,00	2	0,007	3,119	0,402
Μέγεθος δείγματος	420		$\chi_0^2 =$	3,385
α	1,420412376		P-value	0,336
β	1033,687069			
k	6			
ρ	2			

Παράρτημα Β3: Αναλυτικοί πίνακες υπολογισμών ελέγχου προσαρμογής χ^2 στην κανονική κατανομή

Πίνακας 27: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι σκληρό» σε κανονική κατανομή.

ΑΛΕΥΡΙ ΚΑΤ. Μ ΣΚΛΗΡΟ				
Κλάσεις	O_i	p_i	E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1.692,14	231,00	0,3305	194,3387	6,9160
3.384,29	165,00	0,2755	161,9673	0,0568
5.076,43	93,00	0,2295	134,9685	13,0501
6.768,57	57,00	0,1184	69,5932	2,2788
8.460,71	24,00	0,0377	22,1894	0,1477
10.152,86	11,00	0,0074	4,3703	10,0570
11.845,00	7,00	0,0010	0,5726	72,1455
Μέγεθος δείγματος	588,00		$\chi_0^2 =$	104,6520
Μέση τιμή	2.741,20		P-value	0
Τυπική απόκλιση	2.392,32			
k	7			
p	2			

Πίνακας 28: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «αλεύρι μαλακό» σε κανονική κατανομή.

ΑΛΕΥΡΙ Τ. 70% ΜΑΛΑΚΟ				
Κλάσεις	O_i	p_i	E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
810,00	356,00	0,4580	269,2894	27,9206
1.620,00	125,00	0,2832	166,5308	10,3573
2.430,00	46,00	0,1780	104,6577	32,8760
3.240,00	32,00	0,0651	38,2944	1,0346
4.050,00	15,00	0,0139	8,1469	5,7648
4.860,00	7,00	0,0017	1,0058	35,7217
5.670,00	7,00	0,0001	0,0750	639,8366
Μέγεθος δείγματος	588,00		$\chi_0^2 =$	753,5117
Μέση τιμή	923,59		P-value	0
Τυπική απόκλιση	1.076,33			
k	7			
p	2			

Πίνακας 29: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» σε κανονική κατανομή, κατά την περίοδο υψηλής ζήτησης.

ΠΙΤΥΡΑ 30KG [Υψηλή ζήτηση]				
Κλάσεις	O_i	p_i	E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1.975,00	89,00	0,3901	79,5835	1,1142
3.950,00	79,00	0,3868	78,8990	0,0001
5.925,00	24,00	0,1874	38,2260	5,2943
7.900,00	10,00	0,0335	6,8358	1,4647
9.875,00	1,00	0,0022	0,4452	0,6912
11.850,00	1,00	0,0001	0,0105	93,3391
Μέγεθος δείγματος	204		$\chi_0^2 =$	101,9036
Μέση τιμή	2.504,51		P-value	0
Τυπική απόκλιση	1.897,76			
k	6			
p	2			

Πίνακας 30: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων ημερήσιας ζήτησης του προϊόντος «πίτυρα» σε κανονική κατανομή, κατά την περίοδο χαμηλής ζήτησης.

ΠΙΤΥΡΑ 30KG [Χαμηλή ζήτηση]				
Κλάσεις	O_i	p_i	E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1.205,00	215,00	0,4154	174,4650	9,4178
2.410,00	126,00	0,3623	152,1658	4,4994
3.615,00	58,00	0,1816	76,2722	4,3774
4.820,00	15,00	0,0374	15,7287	0,0338
6.025,00	4,00	0,0031	1,3227	5,4191
7.230,00	2,00	0,0001	0,0455	83,9669
Μέγεθος δείγματος	420		$\chi_0^2 =$	107,7144
Μέση τιμή	1.468,26		P-value	0
Τυπική απόκλιση	1.231,96			
k	6			
p	2			

Παράρτημα Γ: Αναλυτικός υπολογισμός του αναμενόμενου αριθμού ελλείψεων ανά κύκλο αναπλήρωσης

Για τον αναλυτικό υπολογισμό του κόστους έλλειψης πρέπει να επιλυθεί η σχέση:

$$ESPRC = \int_s^{\infty} (x_L - s) \cdot f(x_L; \alpha_L, \beta_L) dx_L$$

Ο τύπος της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας της κατανομής γάμμα για παραμέτρους α και β είναι: (Edward A. Silver, 2017)

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{x^{\alpha-1} \cdot e^{-x/\beta}}{\beta^{\alpha} \cdot \Gamma(\alpha)}$$

Επίσης, η συνάρτηση Γ έχει την ιδιότητα $x\Gamma(x) = \Gamma(x+1)$. Έτσι, αξιοποιώντας την ιδιότητα της συνάρτησης αυτής, προκύπτει ότι:

$$\begin{aligned} x \cdot f(x; \alpha, \beta) &= x \cdot \frac{x^{\alpha-1} \cdot e^{-x/\beta}}{\beta^{\alpha} \cdot \Gamma(\alpha)} = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{x^{\alpha} \cdot e^{-x/\beta}}{\beta \cdot \beta^{\alpha} \cdot \alpha \cdot \Gamma(\alpha)} = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{x^{\alpha} \cdot e^{-x/\beta}}{\beta^{\alpha+1} \cdot \Gamma(\alpha+1)} \\ &= \alpha \cdot \beta \cdot f(x; \alpha+1, \beta) \end{aligned}$$

Έτσι, με χρήση αυτής της νέα σχέσης επιλύθηκε το αρχικό ολοκλήρωμα ως εξής:

$$\begin{aligned} ESPRC &= \int_s^{\infty} (x_L - s) \cdot f(x_L; \alpha_L, \beta_L) dx_L \Rightarrow \\ ESPRC &= \int_s^{\infty} [x_L \cdot f(x_L; \alpha_L, \beta_L) - s \cdot f(x_L; \alpha_L, \beta_L)] dx_L \Rightarrow \\ ESPRC &= \int_s^{\infty} [\alpha_L \cdot \beta_L \cdot f(x_L; \alpha_L + 1, \beta_L) - s \cdot f(x_L; \alpha_L, \beta_L)] dx_L \Rightarrow \\ ESPRC &= \alpha_L \cdot \beta_L \cdot [1 - F(s; \alpha_L + 1, \beta_L)] - s \cdot [1 - F(s; \alpha_L, \beta_L)] \end{aligned}$$

Παράρτημα Δ: Αλγόριθμος προσομοίωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό» χωρίς τη χρήση συστήματος οργάνωσης παραγωγής των προϊόντων

```

clc;clear;clf;
tic
%----Αρχικοποίηση Διανυσμάτων----%
z=5; % Αριθμός εκτέλεσης προσομοιώσεων
num_short_sa=zeros(z,1); % Αριθμός ελλείψεων σκληρού αλευριού ανά προσομοίωση
num_short_ma=zeros(z,1); % Αριθμός ελλείψεων μαλακού αλευριού ανά προσομοίωση
P1_sa=zeros(z,1); % Επίπεδο εξυπηρέτησης ανά κύκλο σκληρού αλευριού
P1_ma=zeros(z,1); % Επίπεδο εξυπηρέτησης ανά κύκλο μαλακού αλευριού
for k=1:z
    n=312*1000; % Χρονικός ορίζοντας προσομοίωσης
    %----Τιμές (s, Q) για Σκληρό & Μαλακό Αλεύρι----%
    s_sa=8612; % Στάθμη αναπλήρωσης του προϊόντος αλεύρι σκληρό
    s_ma=3682; % Στάθμη αναπλήρωσης του προϊόντος αλεύρι μαλακό
    Q_sa=15000-s_sa; % Ποσότητα προϊόντος αλεύρι σκληρό που παράγεται
    Q_ma=15000-s_ma; % Ποσότητα προϊόντος αλεύρι μαλακό που παράγεται
    %----Δημιουργία διανυσμάτων διαδικασίας----%
    sa=zeros(n,1); % Ζήτηση του προϊόντος σκληρό αλεύρι
    ma=zeros(n,1); % Ζήτηση του προϊόντος μαλακό αλεύρι
    manuf_sa=zeros(n+2,1); % Παραγόμενη ποσότητα σκληρού αλευριού
    manuf_ma=zeros(n+2,1); % Παραγόμενη ποσότητα μαλακού αλευριού
    inv_sa=zeros(n,1); % Απόθεμα σκληρού αλευριού στο τέλος της ημέρας
    inv_ma=zeros(n,1); % Απόθεμα μαλακού αλευριού στο τέλος της ημέρας
    %----Αρχικοποιήσεις τιμών της διαδικασίας----%
    inv_sa(1,1)=15000;
    inv_ma(1,1)=15000;
    for j=2:n
        %----Δημιουργία τυχαίων τιμών ζήτησης----%
        sa(j,1)=gamrnd(1.31,2087.85);
        ma(j,1)=gamrnd(0.74,1254.33);
        %----Απόθεμα Σκληρού & Μαλακού αλευριού----%
        inv_sa(j,1)=inv_sa(j-1,1)+manuf_sa(j,1)-sa(j,1);
        inv_ma(j,1)=inv_ma(j-1,1)+manuf_ma(j,1)-ma(j,1);
        %----Όχι backorders----%
        if inv_sa(j,1)<0
            inv_sa(j,1)=0;
        else
            end
        if inv_ma(j,1)<0
            inv_ma(j,1)=0;
        else
            end
        %----Διαδικασίες Παραγωγής Σκληρού και Μαλακού Αλευριού----%
        if inv_sa(j,1)<=s_sa && ~any(manuf_sa(j+1,1))
            manuf_sa(j+2,1)=Q_sa;
        else
            end
        if inv_ma(j,1)<=s_ma && ~any(manuf_ma(j+1,1))

```

```
        manif_ma(j+2,1)=Q_ma;
    else
    end
end
%----Σκληρό----%
m=0;
num_zer_sa=0;
q=1;
while q<=length(inv_sa)
    if inv_sa(q,1)==0
        m=m+1;
    else
        if m>0
            num_zer_sa=num_zer_sa+ceil(m/2);
            m=0;
        end
    end
    q=q+1;
end
if m>0
    num_zer_sa=num_zer_sa+ceil(m/2);
end
num_short_sa(k,1)=num_zer_sa;
num_of_cyrclcs_sa=find(manuf_sa);
P1_sa(k,1)=1-num_short_sa(k,1)/length(num_of_cyrclcs_sa);
%----Μαλακό----%
m=0;
num_zer_ma=0;
q=1;
while q<=length(inv_ma)
    if inv_ma(q,1)==0
        m=m+1;
    else
        if m>0
            num_zer_ma=num_zer_ma+ceil(m/2);
            m=0;
        end
    end
    q=q+1;
end
if m>0
    num_zer_ma=num_zer_ma+ceil(m/2);
end
num_short_ma(k,1)=num_zer_ma;
num_of_cyrclcs_ma=find(manuf_ma);
P1_ma(k,1)=1-num_short_ma(k,1)/length(num_of_cyrclcs_ma);
end
toc
```

Παράρτημα Ε: Δεδομένα ζήτησης που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των σταθερών εξομάλυνσης των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό»

Πίνακας 31: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για την εύρεση της σταθεράς εξομάλυνσης α για το προϊόν αλεύρι σκληρό.

Απλή Εκθετική Εξομάλυνση				
	Πραγματική Ζήτηση 2021	Πρόβλεψη Ζήτησης		
	Y_t	F_t	Σφάλμα	Τετράγωνο Σφάλματος
1	0,00		-	-
2	0,00	0,00	-	-
3	1.620,00	0,00	1.620,00	2.624.400,00
4	3.600,00	97,06	3.502,94	12.270.562,74
5	0,00	306,95	-306,95	94.215,32
6	4.890,00	288,55	4.601,45	21.173.302,86
7	5.575,00	564,25	5.010,75	25.107.576,93
8	5.270,00	864,48	4.405,52	19.408.632,62
9	175,00	1.128,44	-953,44	909.043,53
10	3.100,00	1.071,31	2.028,69	4.115.576,23
11	3.370,00	1.192,86	2.177,14	4.739.928,54
12	10.805,00	1.323,31	9.481,69	89.902.494,77
13	2.640,00	1.891,41	748,59	560.385,22
14	0,00	1.936,26	-1.936,26	3.749.116,44
15	90,00	1.820,25	-1.730,25	2.993.767,23
16	1.710,00	1.716,58	-6,58	43,31
17	1.530,00	1.716,19	-186,19	34.665,54
18	4.635,00	1.705,03	2.929,97	8.584.716,55
19	6.010,00	1.880,58	4.129,42	17.052.085,53
20	1.075,00	2.128,00	-1.053,00	1.108.810,04
21	545,00	2.064,91	-1.519,91	2.310.123,55
22	3.185,00	1.973,84	1.211,16	1.466.902,74
23	8.675,00	2.046,41	6.628,59	43.938.206,04
24	2.290,00	2.443,57	-153,57	23.583,02
25	2.665,00	2.434,37	230,63	53.191,81
26	650,00	2.448,19	-1.798,19	3.233.469,68
27	1.110,00	2.340,45	-1.230,45	1.513.995,63
28	3.225,00	2.266,72	958,28	918.296,52
29	3.925,00	2.324,14	1.600,86	2.562.758,66
30	3.525,00	2.420,06	1.104,94	1.220.903,08

31	2.000,00	2.486,26	-486,26	236.447,71
32	4.330,00	2.457,12	1.872,88	3.507.663,49
33	3.550,00	2.569,34	980,66	961.695,53
34	3.070,00	2.628,10	441,90	195.278,82
35	2.305,00	2.654,57	-349,57	122.201,57
36	5.640,00	2.633,63	3.006,37	9.038.270,09
37	9.390,00	2.813,76	6.576,24	43.246.961,95
38	630,00	3.207,78	-2.577,78	6.644.944,52
39	1.970,00	3.053,33	-1.083,33	1.173.602,02
40	1.790,00	2.988,42	-1.198,42	1.436.211,79
41	2.125,00	2.916,62	-791,62	626.656,11
42	3.805,00	2.869,19	935,81	875.748,27
43	3.050,00	2.925,26	124,74	15.561,09
44	1.775,00	2.932,73	-1.157,73	1.340.338,85
45	75,00	2.863,36	-2.788,36	7.774.971,83
46	3.160,00	2.696,30	463,70	215.021,00
47	4.435,00	2.724,08	1.710,92	2.927.248,50
48	5.710,00	2.826,59	2.883,41	8.314.048,02
49	3.245,00	2.999,35	245,65	60.342,52
50	10,00	3.014,07	-3.004,07	9.024.442,62
51	0,00	2.834,08	-2.834,08	8.032.006,62
52	3.560,00	2.664,27	895,73	802.326,53
53	2.590,00	2.717,94	-127,94	16.369,01
54	4.490,00	2.710,28	1.779,72	3.167.418,56
55	2.430,00	2.816,91	-386,91	149.698,90
56	1.900,00	2.793,73	-893,73	798.748,69
57	5,00	2.740,18	-2.735,18	7.481.203,96
58	9.060,00	2.576,30	6.483,70	42.038.387,01
59	11.640,00	2.964,77	8.675,23	75.259.529,96
60	2.695,00	3.484,56	-789,56	623.402,67
61	5.685,00	3.437,25	2.247,75	5.052.373,56
62	570,00	3.571,93	-3.001,93	9.011.567,15
63	0,00	3.392,06	-3.392,06	11.506.099,40
64	1.760,00	3.188,83	-1.428,83	2.041.542,96
65	985,00	3.103,22	-2.118,22	4.486.840,73
66	5.405,00	2.976,30	2.428,70	5.898.575,73
67	2.465,00	3.121,82	-656,82	431.411,46
68	0,00	3.082,47	-3.082,47	9.501.592,37
69	1.520,00	2.897,78	-1.377,78	1.898.268,75
70	5.085,00	2.815,23	2.269,77	5.151.873,75
71	2.465,00	2.951,22	-486,22	236.411,37

72	0,00	2.922,09	-2.922,09	8.538.604,94
73	7.005,00	2.747,01	4.257,99	18.130.481,83
74	450,00	3.002,13	-2.552,13	6.513.371,69
75	6.055,00	2.849,22	3.205,78	10.277.040,19
76	5.150,00	3.041,29	2.108,71	4.446.637,17
77	3.165,00	3.167,64	-2,64	6,97
78	4.045,00	3.167,48	877,52	770.038,50
79	2.275,00	3.220,06	-945,06	893.136,32
80	4.335,00	3.163,43	1.171,57	1.372.564,84
81	685,00	3.233,63	-2.548,63	6.495.515,96
82	8.000,00	3.080,93	4.919,07	24.197.280,81
83	965,00	3.375,66	-2.410,66	5.811.268,84
84	5.000,00	3.231,22	1.768,78	3.128.580,10
85	2.525,00	3.337,20	-812,20	659.666,68
86	4.050,00	3.288,54	761,46	579.828,82
87	250,00	3.334,16	-3.084,16	9.512.036,19
88	6.400,00	3.149,37	3.250,63	10.566.602,75
89	425,00	3.344,13	-2.919,13	8.521.338,86
90	4.530,00	3.169,23	1.360,77	1.851.692,68
91	3.000,00	3.250,76	-250,76	62.881,84
92	875,00	3.235,74	-2.360,74	5.573.083,23
93	7.770,00	3.094,29	4.675,71	21.862.243,32
94	2.750,00	3.374,44	-624,44	389.926,91
95	2.045,00	3.337,03	-1.292,03	1.669.334,65
96	6.085,00	3.259,61	2.825,39	7.982.803,75
97	3.725,00	3.428,90	296,10	87.675,32
98	3.610,00	3.446,64	163,36	26.686,19
99	1.050,00	3.456,43	-2.406,43	5.790.899,18
100	7.675,00	3.312,25	4.362,75	19.033.627,11
101	2.265,00	3.573,64	-1.308,64	1.712.548,25
102	4.360,00	3.495,24	864,76	747.818,24
103	0,00	3.547,05	-3.547,05	12.581.551,54
104	0,00	3.334,52	-3.334,52	11.119.049,16
105	0,00	3.134,73	-3.134,73	9.826.550,71
106	1.250,00	2.946,91	-1.696,91	2.879.512,80
107	2.200,00	2.845,24	-645,24	416.335,61
108	2.920,00	2.806,58	113,42	12.863,96
109	10.365,00	2.813,38	7.551,62	57.027.021,95
110	0,00	3.265,84	-3.265,84	10.665.699,53
111	1.775,00	3.070,16	-1.295,16	1.677.446,53
112	2.025,00	2.992,56	-967,56	936.176,13

113	1.530,00	2.934,59	-1.404,59	1.972.872,06
114	2.935,00	2.850,43	84,57	7.151,67
115	2.135,00	2.855,50	-720,50	519.119,35
116	5.085,00	2.812,33	2.272,67	5.165.028,76
117	1.900,00	2.948,50	-1.048,50	1.099.350,19
118	2.695,00	2.885,68	-190,68	36.357,83
119	1.420,00	2.874,25	-1.454,25	2.114.850,92
120	2.645,00	2.787,12	-142,12	20.198,06
121	3.950,00	2.778,60	1.171,40	1.372.167,04
122	0,00	2.848,79	-2.848,79	8.115.603,45
123	690,00	2.678,10	-1.988,10	3.952.550,05
124	7.095,00	2.558,98	4.536,02	20.575.447,79
125	1.215,00	2.830,76	-1.615,76	2.610.688,86
126	2.455,00	2.733,95	-278,95	77.814,67
127	6.295,00	2.717,24	3.577,76	12.800.372,96
128	1.415,00	2.931,60	-1.516,60	2.300.086,92
129	2.655,00	2.840,74	-185,74	34.497,54
130	5.325,00	2.829,61	2.495,39	6.226.988,01
131	4.015,00	2.979,12	1.035,88	1.073.046,78
132	3.370,00	3.041,19	328,81	108.118,70
133	4.505,00	3.060,89	1.444,11	2.085.462,09
134	1.375,00	3.147,41	-1.772,41	3.141.445,59
135	1.925,00	3.041,22	-1.116,22	1.245.939,83
136	6.165,00	2.974,34	3.190,66	10.180.326,17
137	2.125,00	3.165,51	-1.040,51	1.082.658,87
138	3.470,00	3.103,17	366,83	134.567,22
139	5.335,00	3.125,15	2.209,85	4.883.458,53
140	250,00	3.257,55	-3.007,55	9.045.359,97
141	500,00	3.077,35	-2.577,35	6.642.735,66
142	5.155,00	2.922,93	2.232,07	4.982.152,86
143	2.700,00	3.056,66	-356,66	127.208,46
144	2.990,00	3.035,29	-45,29	2.051,47
145	5.665,00	3.032,58	2.632,42	6.929.638,20
146	600,00	3.190,30	-2.590,30	6.709.670,43
147	0,00	3.035,10	-3.035,10	9.211.849,65
148	6.655,00	2.853,25	3.801,75	14.453.287,12
149	2.930,00	3.081,04	-151,04	22.812,21
150	2.805,00	3.071,99	-266,99	71.282,37
151	4.500,00	3.055,99	1.444,01	2.085.162,59
152	230,00	3.142,51	-2.912,51	8.482.713,62
153	7.125,00	2.968,00	4.157,00	17.280.613,17

154	6.115,00	3.217,07	2.897,93	8.397.973,41
155	2.025,00	3.390,71	-1.365,71	1.865.152,91
156	2.225,00	3.308,88	-1.083,88	1.174.792,73
157	2.425,00	3.243,94	-818,94	670.657,87
158	1.305,00	3.194,87	-1.889,87	3.571.607,56
159	250,00	3.081,64	-2.831,64	8.018.165,52
160	4.675,00	2.911,98	1.763,02	3.108.251,51
161	2.095,00	3.017,61	-922,61	851.208,60
162	3.560,00	2.962,33	597,67	357.208,58
163	4.270,00	2.998,14	1.271,86	1.617.626,38
164	175,00	3.074,35	-2.899,35	8.406.202,23
165	955,00	2.900,63	-1.945,63	3.785.469,76
166	2.600,00	2.784,05	-184,05	33.876,01
167	3.055,00	2.773,03	281,97	79.509,00
168	2.180,00	2.789,92	-609,92	372.003,96
169	8.960,00	2.753,38	6.206,62	38.522.165,16
170	3.610,00	3.125,25	484,75	234.980,17
171	2.415,00	3.154,30	-739,30	546.559,36
172	5.465,00	3.110,00	2.355,00	5.546.020,55
173	2.555,00	3.251,10	-696,10	484.559,03
174	3.180,00	3.209,40	-29,40	864,07
175	7.850,00	3.207,63	4.642,37	21.551.562,90
176	1.450,00	3.485,79	-2.035,79	4.144.421,71
177	775,00	3.363,81	-2.588,81	6.701.934,36
178	3.375,00	3.208,70	166,30	27.656,12
179	3.335,00	3.218,66	116,34	13.534,35
180	5.160,00	3.225,63	1.934,37	3.741.774,81
181	2.550,00	3.341,53	-791,53	626.523,67
182	4.030,00	3.294,11	735,89	541.538,31
183	200,00	3.338,20	-3.138,20	9.848.291,63
184	4.920,00	3.150,17	1.769,83	3.132.295,04
185	1.930,00	3.256,21	-1.326,21	1.758.837,57
186	5.390,00	3.176,75	2.213,25	4.898.472,83
187	30,00	3.309,36	-3.279,36	10.754.197,83
188	1.570,00	3.112,87	-1.542,87	2.380.459,31
189	3.115,00	3.020,43	94,57	8.943,28
190	3.550,00	3.026,10	523,90	274.474,06
191	2.430,00	3.057,49	-627,49	393.740,40
192	6.815,00	3.019,89	3.795,11	14.402.852,92
193	2.800,00	3.247,28	-447,28	200.057,75
194	500,00	3.220,48	-2.720,48	7.401.006,53

195	6.215,00	3.057,48	3.157,52	9.969.937,31
196	11.845,00	3.246,66	8.598,34	73.931.367,76
197	2.575,00	3.761,84	-1.186,84	1.408.592,73
198	2.825,00	3.690,73	-865,73	749.489,93
199	3.740,00	3.638,86	101,14	10.229,33
200	3.835,00	3.644,92	190,08	36.130,50
201	60,00	3.656,31	-3.596,31	12.933.435,35
202	5.130,00	3.440,83	1.689,17	2.853.286,36
203	2.455,00	3.542,04	-1.087,04	1.181.657,18
204	3.870,00	3.476,91	393,09	154.520,07
205	3.200,00	3.500,46	-300,46	90.277,38
206	8.660,00	3.482,46	5.177,54	26.806.925,59
207	1.375,00	3.792,68	-2.417,68	5.845.158,73
208	5.300,00	3.647,82	1.652,18	2.729.701,57
209	8.850,00	3.746,81	5.103,19	26.042.538,09
210	4.545,00	4.052,57	492,43	242.484,39
211	4.100,00	4.082,08	17,92	321,23
212	25,00	4.083,15	-4.058,15	16.468.589,65
213	4.390,00	3.840,00	550,00	302.496,27
214	2.290,00	3.872,96	-1.582,96	2.505.752,60
215	5.740,00	3.778,11	1.961,89	3.849.001,83
216	3.970,00	3.895,66	74,34	5.526,31
217	2.720,00	3.900,11	-1.180,11	1.392.671,30
218	1.560,00	3.829,41	-2.269,41	5.150.209,70
219	760,00	3.693,43	-2.933,43	8.605.034,14
220	6.700,00	3.517,67	3.182,33	10.127.194,77
221	5.730,00	3.708,35	2.021,65	4.087.083,29
222	3.460,00	3.829,48	-369,48	136.512,16
223	9.865,00	3.807,34	6.057,66	36.695.268,02
224	3.565,00	4.170,29	-605,29	366.373,70
225	2.640,00	4.134,02	-1.494,02	2.232.101,00
226	3.560,00	4.044,51	-484,51	234.746,21
227	2.115,00	4.015,48	-1.900,48	3.611.811,11
228	4.845,00	3.901,61	943,39	889.988,74
229	4.895,00	3.958,13	936,87	877.721,63
230	7.535,00	4.014,27	3.520,73	12.395.573,09
231	125,00	4.225,21	-4.100,21	16.811.747,65
232	8.510,00	3.979,55	4.530,45	20.525.019,64
233	1.885,00	4.250,99	-2.365,99	5.597.915,38
234	4.670,00	4.109,23	560,77	314.461,87
235	3.300,00	4.142,83	-842,83	710.362,34

236	440,00	4.092,33	-3.652,33	13.339.522,28
237	6.340,00	3.873,50	2.466,50	6.083.629,61
238	2.075,00	4.021,28	-1.946,28	3.788.010,01
239	3.020,00	3.904,67	-884,67	782.637,40
240	7.040,00	3.851,66	3.188,34	10.165.497,17
241	3.825,00	4.042,69	-217,69	47.390,82
242	290,00	4.029,65	-3.739,65	13.984.989,44
243	800,00	3.805,59	-3.005,59	9.033.550,59
244	5.475,00	3.625,50	1.849,50	3.420.634,52
245	2.435,00	3.736,32	-1.301,32	1.693.429,54
246	3.225,00	3.658,35	-433,35	187.791,16
247	3.785,00	3.632,38	152,62	23.291,55
248	140,00	3.641,53	-3.501,53	12.260.701,19
249	4.595,00	3.431,73	1.163,27	1.353.194,04
250	4.050,00	3.501,43	548,57	300.929,53
251	2.570,00	3.534,30	-964,30	929.869,92
252	2.135,00	3.476,52	-1.341,52	1.799.678,34
253	9.440,00	3.396,14	6.043,86	36.528.213,19
254	6.000,00	3.758,27	2.241,73	5.025.373,76
255	20,00	3.892,58	-3.872,58	14.996.882,96
256	5.520,00	3.660,55	1.859,45	3.457.547,27
257	2.630,00	3.771,96	-1.141,96	1.304.077,96
258	0,00	3.703,54	-3.703,54	13.716.213,49
259	5.265,00	3.481,64	1.783,36	3.180.373,47
260	0,00	3.588,49	-3.588,49	12.877.270,52
261	10.530,00	3.373,48	7.156,52	51.215.723,53
262	2.800,00	3.802,27	-1.002,27	1.004.550,52
263	3.075,00	3.742,22	-667,22	445.183,39
264	5.660,00	3.702,24	1.957,76	3.832.810,33
265	3.690,00	3.819,54	-129,54	16.781,70
266	105,00	3.811,78	-3.706,78	13.740.236,21
267	0,00	3.589,69	-3.589,69	12.885.855,57
268	8.420,00	3.374,61	5.045,39	25.455.978,66
269	2.955,00	3.676,91	-721,91	521.149,97
270	2.890,00	3.633,65	-743,65	553.020,51
271	681,00	3.589,10	-2.908,10	8.457.027,27
272	365,00	3.414,86	-3.049,86	9.301.619,89
273	20,00	3.232,12	-3.212,12	10.317.721,19
274	0,00	3.039,66	-3.039,66	9.239.557,12
275	505,00	2.857,54	-2.352,54	5.534.443,94
276	3.025,00	2.716,59	308,41	95.119,54

277	25,00	2.735,06	-2.710,06	7.344.448,83
278	2.485,00	2.572,69	-87,69	7.689,28
279	2.660,00	2.567,43	92,57	8.568,36
280	3.425,00	2.572,98	852,02	725.936,85
281	0,00	2.624,03	-2.624,03	6.885.534,44
282	1.225,00	2.466,81	-1.241,81	1.542.089,98
283	8.370,00	2.392,41	5.977,59	35.731.640,90
284	5.460,00	2.750,56	2.709,44	7.341.076,79
285	995,00	2.912,90	-1.917,90	3.678.326,64
286	6.820,00	2.797,98	4.022,02	16.176.612,77
287	1.625,00	3.038,97	-1.413,97	1.999.301,40
288	4.080,00	2.954,25	1.125,75	1.267.318,64
289	75,00	3.021,70	-2.946,70	8.683.028,84
290	2.765,00	2.845,14	-80,14	6.423,06
291	800,00	2.840,34	-2.040,34	4.162.995,92
292	4.840,00	2.718,09	2.121,91	4.502.488,25
293	430,00	2.845,23	-2.415,23	5.833.331,72
294	5.440,00	2.700,52	2.739,48	7.504.758,41
295	530,00	2.864,66	-2.334,66	5.450.623,21
296	6.745,00	2.724,77	4.020,23	16.162.217,15
297	300,00	2.965,65	-2.665,65	7.105.686,20
298	7.100,00	2.805,93	4.294,07	18.438.997,45
299	185,00	3.063,22	-2.878,22	8.284.134,57
300	3.450,00	2.890,77	559,23	312.742,24
301	90,00	2.924,27	-2.834,27	8.033.105,42
302	2.825,00	2.754,46	70,54	4.976,54
303	325,00	2.758,68	-2.433,68	5.922.808,84
304	6.335,00	2.612,87	3.722,13	13.854.281,58
305	1.460,00	2.835,88	-1.375,88	1.893.048,14
306	4.396,00	2.753,44	1.642,56	2.697.990,96
307	25,00	2.851,86	-2.826,86	7.991.131,50
308	0,00	2.682,49	-2.682,49	7.195.727,14
309	120,00	2.521,76	-2.401,76	5.768.459,92
310	5.515,00	2.377,86	3.137,14	9.841.658,65
311	3.260,00	2.565,82	694,18	481.882,04
312	690,00	2.607,41	-1.917,41	3.676.480,24
		2.492,53		
Μέσο Σφάλμα	134,20			
Μέσο Τετράγωνο Σφάλματος	6.758.276,92			
α	0,0599			

Πίνακας 32: Υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για την εύρεση της σταθεράς εξομάλυνσης α για το προϊόν «αλεύρι μαλακό».

Απλή Εκθετική Εξομάλυνση				
	Πραγματική Ζήτηση 2021	Πρόβλεψη Ζήτησης		
	Y_t	F_t	Σφάλμα	Τετράγωνο Σφάλματος
1	0		-	-
2	0	0	-	-
3	685,00	0,00	685,00	469.225,00
4	2.115,00	26,98	2.088,02	4.359.810,10
5	0,00	109,24	-109,24	11.932,78
6	960,00	104,93	855,07	731.137,69
7	125,00	138,62	-13,62	185,44
8	5.560,00	138,08	5.421,92	29.397.203,16
9	125,00	351,67	-226,67	51.377,75
10	325,00	342,74	-17,74	314,62
11	595,00	342,04	252,96	63.989,36
12	1.200,00	352,00	848,00	719.097,73
13	335,00	385,41	-50,41	2.541,04
14	0,00	383,42	-383,42	147.013,22
15	105,00	368,32	-263,32	69.336,82
16	1.320,00	357,95	962,05	925.547,99
17	605,00	395,84	209,16	43.746,19
18	865,00	404,08	460,92	212.444,14
19	2.625,00	422,24	2.202,76	4.852.150,57
20	955,00	509,01	445,99	198.904,01
21	290,00	526,58	-236,58	55.971,12
22	435,00	517,26	-82,26	6.767,12
23	505,00	514,02	-9,02	81,40
24	900,00	513,67	386,33	149.253,54
25	500,00	528,89	-28,89	834,36
26	100,00	527,75	-427,75	182.967,90
27	40,00	510,90	-470,90	221.744,21
28	300,00	492,35	-192,35	36.997,45
29	2.555,00	484,77	2.070,23	4.285.851,91
30	670,00	566,32	103,68	10.749,01
31	200,00	570,41	-370,41	137.201,13
32	4.860,00	555,82	4.304,18	18.526.005,95
33	550,00	725,37	-175,37	30.754,58
34	85,00	718,46	-633,46	401.273,47
35	585,00	693,51	-108,51	11.773,90

36	1.830,00	689,23	1.140,77	1.301.349,01
37	865,00	734,17	130,83	17.116,14
38	50,00	739,33	-689,33	475.169,03
39	2.175,00	712,17	1.462,83	2.139.870,14
40	350,00	769,80	-419,80	176.228,41
41	465,00	753,26	-288,26	83.093,07
42	765,00	741,90	23,10	533,46
43	1.770,00	742,81	1.027,19	1.055.112,79
44	150,00	783,28	-633,28	401.039,87
45	35,00	758,33	-723,33	523.206,92
46	420,00	729,84	-309,84	95.998,54
47	2.820,00	717,63	2.102,37	4.419.955,63
48	1.505,00	800,45	704,55	496.391,45
49	470,00	828,20	-358,20	128.309,96
50	0,00	814,09	-814,09	662.747,56
51	0,00	782,02	-782,02	611.560,85
52	2.050,00	751,22	1.298,78	1.686.836,38
53	855,00	802,38	52,62	2.768,84
54	1.585,00	804,45	780,55	609.253,50
55	680,00	835,20	-155,20	24.087,39
56	250,00	829,09	-579,09	335.342,09
57	0,00	806,28	-806,28	650.079,92
58	860,00	774,51	85,49	7.307,90
59	3.560,00	777,88	2.782,12	7.740.184,33
60	475,00	887,48	-412,48	170.137,43
61	4.220,00	871,23	3.348,77	11.214.270,58
62	10,00	1.003,15	-993,15	986.339,95
63	0,00	964,02	-964,02	929.341,35
64	610,00	926,05	-316,05	99.886,20
65	350,00	913,60	-563,60	317.642,40
66	1.060,00	891,40	168,60	28.427,32
67	150,00	898,04	-748,04	559.560,50
68	0,00	868,57	-868,57	754.414,45
69	300,00	834,35	-534,35	285.535,05
70	2.065,00	813,30	1.251,70	1.566.740,41
71	720,00	862,61	-142,61	20.338,45
72	0,00	857,00	-857,00	734.440,44
73	4.140,00	823,24	3.316,76	11.000.927,15
74	250,00	953,89	-703,89	495.464,77
75	625,00	926,16	-301,16	90.699,86
76	575,00	914,30	-339,30	115.124,78

77	1.165,00	900,93	264,07	69.730,65
78	1.755,00	911,34	843,66	711.767,74
79	610,00	944,57	-334,57	111.937,82
80	1.815,00	931,39	883,61	780.764,24
81	310,00	966,20	-656,20	430.597,53
82	750,00	940,35	-190,35	36.233,00
83	275,00	932,85	-657,85	432.768,26
84	1.695,00	906,94	788,06	621.044,01
85	400,00	937,98	-537,98	289.423,22
86	5.295,00	916,79	4.378,21	19.168.739,96
87	100,00	1.089,26	-989,26	978.632,84
88	560,00	1.050,29	-490,29	240.383,22
89	425,00	1.030,97	-605,97	367.205,68
90	1.770,00	1.007,10	762,90	582.010,55
91	515,00	1.037,16	-522,16	272.647,49
92	420,00	1.016,59	-596,59	355.916,39
93	2.320,00	993,09	1.326,91	1.760.700,90
94	820,00	1.045,36	-225,36	50.785,78
95	1.235,00	1.036,48	198,52	39.410,38
96	2.620,00	1.044,30	1.575,70	2.482.830,99
97	610,00	1.106,37	-496,37	246.384,49
98	3.205,00	1.086,82	2.118,18	4.486.695,88
99	200,00	1.170,26	-970,26	941.402,99
100	1.640,00	1.132,04	507,96	258.025,53
101	760,00	1.152,05	-392,05	153.701,63
102	355,00	1.136,60	-781,60	610.904,91
103	0,00	1.105,81	-1.105,81	1.222.825,43
104	0,00	1.062,25	-1.062,25	1.128.381,61
105	0,00	1.020,41	-1.020,41	1.041.232,07
106	125,00	980,21	-855,21	731.385,72
107	550,00	946,52	-396,52	157.229,41
108	535,00	930,90	-395,90	156.737,98
109	640,00	915,31	-275,31	75.793,26
110	0,00	904,46	-904,46	818.049,06
111	1.325,00	868,83	456,17	208.089,91
112	725,00	886,80	-161,80	26.179,60
113	370,00	880,43	-510,43	260.536,01
114	815,00	860,32	-45,32	2.053,91
115	285,00	858,53	-573,53	328.942,11
116	1.535,00	835,94	699,06	488.682,75
117	475,00	863,48	-388,48	150.916,33

118	2.970,00	848,18	2.121,82	4.502.136,45
119	245,00	931,76	-686,76	471.640,75
120	1.180,00	904,71	275,29	75.785,96
121	700,00	915,55	-215,55	46.462,70
122	35,00	907,06	-872,06	760.490,14
123	60,00	872,71	-812,71	660.493,98
124	1.625,00	840,69	784,31	615.137,71
125	175,00	871,59	-696,59	485.236,27
126	485,00	844,15	-359,15	128.987,52
127	3.235,00	830,00	2.405,00	5.784.023,02
128	150,00	924,74	-774,74	600.222,76
129	440,00	894,22	-454,22	206.316,84
130	50,00	876,33	-826,33	682.818,00
131	325,00	843,78	-518,78	269.129,08
132	915,00	823,34	91,66	8.401,49
133	350,00	826,95	-476,95	227.482,38
134	2.480,00	808,16	1.671,84	2.795.040,25
135	910,00	874,02	35,98	1.294,47
136	815,00	875,44	-60,44	3.652,82
137	350,00	873,06	-523,06	273.589,34
138	650,00	852,45	-202,45	40.987,17
139	405,00	844,48	-439,48	193.140,63
140	0,00	827,17	-827,17	684.202,52
141	615,00	794,58	-179,58	32.249,29
142	1.395,00	787,51	607,49	369.048,17
143	1.065,00	811,44	253,56	64.293,89
144	1.130,00	821,43	308,57	95.217,80
145	3.135,00	833,58	2.301,42	5.296.525,68
146	845,00	924,24	-79,24	6.279,21
147	0,00	921,12	-921,12	848.461,89
148	425,00	884,83	-459,83	211.447,56
149	900,00	866,72	33,28	1.107,56
150	595,00	868,03	-273,03	74.545,95
151	1.440,00	857,28	582,72	339.567,79
152	0,00	880,23	-880,23	774.806,23
153	3.600,00	845,56	2.754,44	7.586.962,34
154	905,00	954,06	-49,06	2.407,04
155	450,00	952,13	-502,13	252.133,43
156	845,00	932,35	-87,35	7.629,77
157	325,00	928,91	-603,91	364.704,44
158	395,00	905,12	-510,12	260.220,31

159	50,00	885,02	-835,02	697.263,22
160	645,00	852,13	-207,13	42.902,37
161	1.015,00	843,97	171,03	29.251,45
162	345,00	850,71	-505,71	255.739,42
163	560,00	830,79	-270,79	73.324,82
164	2.125,00	820,12	1.304,88	1.702.715,68
165	140,00	871,52	-731,52	535.123,93
166	525,00	842,70	-317,70	100.936,38
167	425,00	830,19	-405,19	164.178,55
168	570,00	814,23	-244,23	59.647,27
169	630,00	804,61	-174,61	30.487,62
170	3.010,00	797,73	2.212,27	4.894.144,01
171	550,00	884,88	-334,88	112.142,38
172	115,00	871,68	-756,68	572.572,01
173	1.410,00	841,88	568,12	322.763,94
174	960,00	864,26	95,74	9.166,75
175	215,00	868,03	-653,03	426.446,20
176	725,00	842,30	-117,30	13.760,17
177	275,00	837,68	-562,68	316.611,96
178	150,00	815,52	-665,52	442.912,99
179	2.055,00	789,30	1.265,70	1.601.995,47
180	820,00	839,16	-19,16	367,11
181	200,00	838,41	-638,41	407.561,29
182	2.035,00	813,26	1.221,74	1.492.656,92
183	0,00	861,38	-861,38	741.983,58
184	475,00	827,45	-352,45	124.222,55
185	790,00	813,57	-23,57	555,45
186	2.750,00	812,64	1.937,36	3.753.365,12
187	10,00	888,96	-878,96	772.567,16
188	170,00	854,33	-684,33	468.311,99
189	310,00	827,38	-517,38	267.677,24
190	175,00	806,99	-631,99	399.416,92
191	1.075,00	782,10	292,90	85.791,42
192	1.030,00	793,64	236,36	55.867,69
193	875,00	802,95	72,05	5.191,55
194	0,00	805,79	-805,79	649.290,99
195	890,00	774,04	115,96	13.445,87
196	2.890,00	778,61	2.111,39	4.457.961,30
197	1.475,00	861,79	613,21	376.032,21
198	955,00	885,94	69,06	4.769,05
199	530,00	888,66	-358,66	128.638,50

200	3.200,00	874,53	2.325,47	5.407.795,21
201	60,00	966,14	-906,14	821.090,30
202	2.215,00	930,44	1.284,56	1.650.082,09
203	835,00	981,05	-146,05	21.329,79
204	1.860,00	975,29	884,71	782.704,74
205	655,00	1.010,15	-355,15	126.128,08
206	50,00	996,15	-946,15	895.209,18
207	875,00	958,88	-83,88	7.036,38
208	775,00	955,58	-180,58	32.608,67
209	4.110,00	948,47	3.161,53	9.995.302,44
210	1.200,00	1.073,01	126,99	16.127,13
211	1.370,00	1.078,01	291,99	85.258,17
212	25,00	1.089,51	-1.064,51	1.133.186,50
213	2.745,00	1.047,58	1.697,42	2.881.241,29
214	330,00	1.114,44	-784,44	615.353,18
215	965,00	1.083,54	-118,54	14.052,42
216	900,00	1.078,87	-178,87	31.995,61
217	325,00	1.071,83	-746,83	557.750,31
218	1.000,00	1.042,41	-42,41	1.798,36
219	445,00	1.040,74	-595,74	354.902,06
220	1.005,00	1.017,27	-12,27	150,52
221	710,00	1.016,79	-306,79	94.117,31
222	1.320,00	1.004,70	315,30	99.413,92
223	640,00	1.017,12	-377,12	142.220,14
224	3.345,00	1.002,26	2.342,74	5.488.407,53
225	1.550,00	1.094,55	455,45	207.432,70
226	325,00	1.112,49	-787,49	620.146,21
227	800,00	1.081,47	-281,47	79.226,45
228	1.645,00	1.070,38	574,62	330.183,64
229	785,00	1.093,02	-308,02	94.876,16
230	3.670,00	1.080,89	2.589,11	6.703.511,64
231	125,00	1.182,88	-1.057,88	1.119.107,52
232	845,00	1.141,21	-296,21	87.737,88
233	305,00	1.129,54	-824,54	679.861,91
234	1.610,00	1.097,06	512,94	263.111,11
235	705,00	1.117,26	-412,26	169.960,61
236	930,00	1.101,02	-171,02	29.248,71
237	40,00	1.094,29	-1.054,29	1.111.517,83
238	150,00	1.052,75	-902,75	814.964,87
239	385,00	1.017,19	-632,19	399.666,60
240	2.015,00	992,29	1.022,71	1.045.939,85

241	625,00	1.032,58	-407,58	166.117,90
242	25,00	1.016,52	-991,52	983.111,97
243	0,00	977,46	-977,46	955.430,26
244	1.175,00	938,96	236,04	55.716,75
245	540,00	948,25	-408,25	166.671,75
246	3.335,00	932,17	2.402,83	5.773.581,59
247	395,00	1.026,83	-631,83	399.204,91
248	125,00	1.001,94	-876,94	769.018,73
249	3.635,00	967,39	2.667,61	7.116.132,49
250	125,00	1.072,48	-947,48	897.712,56
251	445,00	1.035,15	-590,15	348.280,60
252	1.110,00	1.011,91	98,09	9.622,60
253	1.295,00	1.015,77	279,23	77.969,72
254	3.000,00	1.026,77	1.973,23	3.893.640,09
255	0,00	1.104,50	-1.104,50	1.219.921,38
256	825,00	1.060,99	-235,99	55.691,74
257	700,00	1.051,69	-351,69	123.689,09
258	0,00	1.037,84	-1.037,84	1.077.112,50
259	980,00	996,96	-16,96	287,53
260	0,00	996,29	-996,29	992.591,25
261	1.300,00	957,04	342,96	117.620,20
262	1.110,00	970,55	139,45	19.445,71
263	530,00	976,05	-446,05	198.956,48
264	1.915,00	958,47	956,53	914.941,35
265	600,00	996,15	-396,15	156.938,55
266	120,00	980,55	-860,55	740.544,58
267	0,00	946,65	-946,65	896.145,15
268	975,00	909,36	65,64	4.308,86
269	545,00	911,94	-366,94	134.647,86
270	795,00	897,49	-102,49	10.503,98
271	500,00	893,45	-393,45	154.804,16
272	2.620,00	877,95	1.742,05	3.034.729,91
273	20,00	946,58	-926,58	858.544,52
274	0,00	910,08	-910,08	828.238,66
275	275,00	874,23	-599,23	359.071,31
276	850,00	850,62	-0,62	0,38
277	20,00	850,60	-830,60	689.889,54
278	465,00	817,88	-352,88	124.521,66
279	1.180,00	803,98	376,02	141.394,48
280	4.185,00	818,79	3.366,21	11.331.382,22
281	0,00	951,39	-951,39	905.148,97

282	1.500,00	913,91	586,09	343.495,64
283	700,00	937,00	-237,00	56.170,23
284	5,00	927,67	-922,67	851.313,23
285	2.975,00	891,32	2.083,68	4.341.723,09
286	5.225,00	973,40	4.251,60	18.076.084,42
287	65,00	1.140,89	-1.075,89	1.157.528,80
288	1.265,00	1.098,50	166,50	27.721,31
289	50,00	1.105,06	-1.055,06	1.113.155,08
290	495,00	1.063,50	-568,50	323.191,86
291	50,00	1.041,10	-991,10	982.288,67
292	1.205,00	1.002,06	202,94	41.183,74
293	165,00	1.010,06	-845,06	714.120,57
294	2.970,00	976,77	1.993,23	3.972.976,68
295	125,00	1.055,29	-930,29	865.433,15
296	300,00	1.018,64	-718,64	516.443,25
297	0,00	990,33	-990,33	980.754,53
298	5.670,00	951,32	4.718,68	22.265.955,33
299	185,00	1.137,20	-952,20	906.687,26
300	1.605,00	1.099,69	505,31	255.336,93
301	60,00	1.119,60	-1.059,60	1.122.745,49
302	1.390,00	1.077,86	312,14	97.433,75
303	235,00	1.090,15	-855,15	731.285,75
304	1.990,00	1.056,47	933,53	871.486,68
305	695,00	1.093,24	-398,24	158.595,23
306	2.040,00	1.077,55	962,45	926.305,55
307	0,00	1.115,47	-1.115,47	1.244.264,33
308	0,00	1.071,52	-1.071,52	1.148.164,70
309	620,00	1.029,31	-409,31	167.537,92
310	3.155,00	1.013,19	2.141,81	4.587.350,61
311	1.555,00	1.097,56	457,44	209.249,43
312	545,00	1.115,58	-570,58	325.563,74
		1.093,11		
Μέσο Σφάλμα	89,51			
Μέσο Τετράγωνο Σφάλματος	1.246.501,06			
α	0,0393			

Παράρτημα ΣΤ: Τροποποιημένος αλγόριθμος προσομοίωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», με χρήση συστήματος οργάνωσης της παραγωγής των προϊόντων

```

clc;clear;clf;
tic
z=1;
%----Αρχικοποίηση διανυσμάτων----%
num_short_sa=zeros(z,1);
num_short_ma=zeros(z,1);
P1_sa=zeros(z,1);
P1_ma=zeros(z,1);
for k=1:z
    n=312*1000;          % Αριθμός ημερών ανά προσομοίωση
    %---Σκληρό κ' Μαλακό Αλεύρι---%
    s_sa=8612;          % Στάθμη ανσπλήρωσης του προϊόντος αλεύρι σκληρό
    s_ma=3682;          % Στάθμη ανσπλήρωσης του προϊόντος αλεύρι μαλακό
    Q_sa=15000-s_sa;    % Ποσότητα προϊόντος αλεύρι σκληρό που παράγεται
    Q_ma=15000-s_ma;    % Ποσότητα προϊόντος αλεύρι μαλακό που παράγεται
    LT_sa=1;            % Lead Time του προϊόντος αλεύρι σκληρό
    LT_ma=1;            % Lead Time του προϊόντος αλεύρι μαλακό
    mLT_sa=2741;        % Μέση τιμή ζήτησης στο Lead Time για το αλεύρι σκληρό
    mLT_ma=924;         % Μέση τιμή ζήτησης στο Lead Time για το αλεύρι μαλακό
    m_sa=10400;         % Ρυθμός παραγωγής του προϊόντος αλεύρι σκληρό/ημέρα
    m_ma=12000;         % Ρυθμός παραγωγής του προϊόντος αλεύρι μαλακό/ημέρα
    ss_sa=s_sa-mLT_sa; % Απόθεμα ασφαλείας για το αλεύρι σκληρό
    ss_ma=s_ma-mLT_ma; % Απόθεμα ασφαλείας για το αλεύρι μαλακό
    a_sa=0.06;          % Τιμή της σταθεράς εξομάλυνσης α για το αλεύρι σκληρό
    a_ma=0.04;          % Τιμή της σταθεράς εξομάλυνσης α για το αλεύρι μαλακό
    %----Δημιουργία διανυσμάτων διαδικασίας----%
    d_sa=zeros(n,1);    % Διάνυσμα προβλέψεων ζήτησης σκληρού αλευριού
    d_ma=zeros(n,1);    % Διάνυσμα προβλέψεων ζήτησης μαλακού αλευριού
    sa=zeros(n,1);      % Διάνυσμα ζήτησης σκληρού αλευριού
    ma=zeros(n,1);      % Διάνυσμα ζήτησης μαλακού αλευριού
    manuf_sa=zeros(n+2,1); % Παραγόμενη ποσότητα σκληρού αλευριού
    manuf_ma=zeros(n+2,1); % Παραγόμενη ποσότητα μαλακού αλευριού
    inv_sa=zeros(n,1);  % Απόθεμα σκληρού αλευριού στο τέλος της ημέρας
    inv_ma=zeros(n,1);  % Απόθεμα μαλακού αλευριού στο τέλος της ημέρας
    %----Αρχικοποιήσεις τιμών της διαδικασίας----%
    inv_sa(1,1)=15000;
    inv_ma(1,1)=15000;
    for j=2:n
        %----Δημιουργία τυχαίων τιμών ζήτησης----%
        sa(j,1)=gamrnd(1.31,2087.85);
        ma(j,1)=gamrnd(0.74,1254.33);
        %---Σκληρό και Μαλακό αλεύρι----%
        inv_sa(j,1)=inv_sa(j-1,1)+manuf_sa(j,1)-sa(j,1);
        inv_ma(j,1)=inv_ma(j-1,1)+manuf_ma(j,1)-ma(j,1);
        %---Όχι backorders---%
        if inv_sa(j,1)<0
            inv_sa(j,1)=0;

```



```

end
if inv_ma(j,1)<0
    inv_ma(j,1)=0;
end
%---Διαδικασίες Παραγωγής Σκληρού και Μαλακού Αλευριού---%
d_sa(j+1,1)=d_sa(j,1)+a_sa*(sa(j,1)-d_sa(j,1));% Μελλοντική ζήτηση Σ
d_ma(j+1,1)=d_ma(j,1)+a_ma*(ma(j,1)-d_ma(j,1));% Μελλοντική ζήτηση Μ
ROT_sa=inv_sa(j,1)/d_sa(j+1,1);           % Run Out Time σκληρού
ROT_ma=inv_ma(j,1)/d_ma(j+1,1);           % Run Out Time μαλακού
if ROT_sa<=ROT_ma
    M=floor((ROT_ma-ROT_sa)*(d_sa(j+1,1)/Q_sa)+1);
    if M<1
        if ROT_sa<=LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
            ROT_ma>LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
            ~any(manuf_sa(j+1,1))
            manuf_sa(j+2,1)=Q_sa;
        elseif ROT_ma<=LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
            ROT_sa>LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
            ~any(manuf_ma(j+1,1))
            manuf_ma(j+2,1)=Q_ma;
        elseif ROT_sa<=LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
            ROT_ma<=LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
            ~any(manuf_sa(j+1,1))
            manuf_sa(j+2,1)=Q_sa;
        end
    elseif M>1
        for i=1:M
            if (ROT_sa+(M-1)*(Q_sa/d_sa(j+1,1)))<=...
                (M-1)*(LT_sa+Q_sa/m_sa)+LT_sa+...
                (ss_sa*sqrt((M-1)*(LT_sa+Q_sa/m_sa)+LT_sa))...
                /d_sa(j+1,1)...
                && ~any(manuf_sa(j+1,1))
                manuf_sa(j+2,1)=Q_sa;
                break
            end
        end
    end
    if manuf_sa(j+2,1)~=Q_sa
        if ROT_sa<=LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
            ROT_ma>LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
            ~any(manuf_sa(j+1,1))
            manuf_sa(j+2,1)=Q_sa;
        elseif ROT_ma<=LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
            ROT_sa>LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
            ~any(manuf_ma(j+1,1))
            manuf_ma(j+2,1)=Q_ma;
        elseif ROT_sa<=LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
            ROT_ma<=LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1)&&...
            ~any(manuf_sa(j+1,1))
            manuf_sa(j+2,1)=Q_sa;
        end
    end
end
else
    if ROT_sa<=(LT_sa+Q_sa/m_sa)+LT_sa+...
        (ss_sa*sqrt((LT_sa+Q_sa/m_sa)+LT_sa))/d_sa(j+1,1)&&...
        ~any(manuf_sa(j+1,1))

```

```

        manu_f_sa(j+2,1)=Q_sa;
    end
    if manu_f_sa(j+2,1)~=Q_sa
        if ROT_sa<=LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
            ROT_ma>LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
            ~any(manu_f_sa(j+1,1))
            manu_f_sa(j+2,1)=Q_sa;
        elseif ROT_ma<=LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
            ROT_sa>LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
            ~any(manu_f_ma(j+1,1))
            manu_f_ma(j+2,1)=Q_ma;
        elseif ROT_sa<=LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
            ROT_ma<=LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1)&&...
            ~any(manu_f_sa(j+1,1))
            manu_f_sa(j+2,1)=Q_sa;
        end
    end
end
else
M=floor((ROT_sa-ROT_ma)*(d_ma(j+1,1)/Q_ma)+1);
if M<1
    if ROT_ma>LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
        ROT_sa<=LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
        ~any(manu_f_sa(j+1,1))
        manu_f_sa(j+2,1)=Q_sa;
    elseif ROT_sa>LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
        ROT_ma<=LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
        ~any(manu_f_ma(j+1,1))
        manu_f_ma(j+2,1)=Q_ma;
    elseif ROT_ma<=LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
        ROT_sa<=LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
        ~any(manu_f_ma(j+1,1))
        manu_f_ma(j+2,1)=Q_ma;
    end
elseif M>1
    for i=1:M
        if (ROT_ma+(M-1)*(Q_ma/d_ma(j+1,1)))<=...
            (M-1)*(LT_ma+Q_ma/m_ma)+LT_ma+...
            (ss_ma*sqrt((M-1)*(LT_ma+Q_ma/m_ma)+LT_ma))...
            /d_ma(j+1,1)...
            && ~any(manu_f_ma(j+1,1))
            manu_f_ma(j+2,1)=Q_ma;
            break
        end
    end
end
if manu_f_ma(j+2,1)~=Q_ma
    if ROT_ma>LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
        ROT_sa<=LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1)&&...
        ~any(manu_f_sa(j+1,1))
        manu_f_sa(j+2,1)=Q_sa;
    elseif ROT_sa>LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
        ROT_ma<=LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1)&&...
        ~any(manu_f_ma(j+1,1))
        manu_f_ma(j+2,1)=Q_ma;
    elseif ROT_ma<=LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...

```

```

        ROT_sa<=LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1)&&...
        ~any(manuf_ma(j+1,1))
        manuf_ma(j+2,1)=Q_ma;
    end
end
else
    if ROT_ma<=(LT_ma+Q_ma/m_ma)+LT_ma+...
        (ss_ma*sqrt((LT_ma+Q_ma/m_ma)+LT_ma))/d_ma(j+1,1)&&...
        ~any(manuf_ma(j+1,1))
        manuf_ma(j+2,1)=Q_ma;
    end
    if manuf_ma(j+2,1)~=Q_ma
        if ROT_ma>LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
            ROT_sa<=LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1)&&...
            ~any(manuf_sa(j+1,1))
            manuf_sa(j+2,1)=Q_sa;
        elseif ROT_sa>LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1) &&...
            ROT_ma<=LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1)&&...
            ~any(manuf_ma(j+1,1))
            manuf_ma(j+2,1)=Q_ma;
        elseif ROT_ma<=LT_ma+(ss_ma*sqrt(LT_ma))/d_ma(j+1,1) &&...
            ROT_sa<=LT_sa+(ss_sa*sqrt(LT_sa))/d_sa(j+1,1)&&...
            ~any(manuf_ma(j+1,1))
            manuf_ma(j+2,1)=Q_ma;
        end
    end
end
end
end
end
%---Σκληρό---%
m=0;
num_zer_sa=0;
q=1;
while q<=length(inv_sa)
    if inv_sa(q,1)==0
        m=m+1;
    else
        if m>0
            num_zer_sa=num_zer_sa+ceil(m/2);
            m=0;
        end
    end
    q=q+1;
end
if m>0
    num_zer_sa=num_zer_sa+ceil(m/2);
end
num_short_sa(k,1)=num_zer_sa;
num_of_cyrclcs_sa=find(manuf_sa);
P1_sa(k,1)=1-num_short_sa(k,1)/length(num_of_cyrclcs_sa);
%---Μαλακό---%
m=0;
num_zer_ma=0;
q=1;
while q<=length(inv_ma)

```

```
    if inv_ma(q,1)==0
        m=m+1;
    else
        if m>0
            num_zer_ma=num_zer_ma+ceil(m/2);
            m=0;
        end
    end
    end
    q=q+1;
end
if m>0
    num_zer_ma=num_zer_ma+ceil(m/2);
end
num_short_ma(k,1)=num_zer_ma;
num_of_cyrcles_ma=find(manuf_ma);
P1_ma(k,1)=1-num_short_ma(k,1)/length(num_of_cyrcles_ma);
end
toc
```

Παράρτημα Z: Τροποποιημένος αλγόριθμος προσομοίωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων «αλεύρι σκληρό» και «αλεύρι μαλακό», με χρήση του νέου συστήματος οργάνωσης της παραγωγής των προϊόντων

```

clc;clear;clf;
tic
z=3;
%----Αρχικοποίηση διανυσμάτων----%
num_short_sa=zeros(z,1);
num_short_ma=zeros(z,1);
P1_sa=zeros(z,1);
P1_ma=zeros(z,1);
for k=1:z
    n=312*1000;           % Χρονικός ορίζοντας προσομοίωσης
    %----Τιμές (s, Q) για Σκληρό & Μαλακό Αλεύρι----%
    s_sa=8612;           % Στάθμη αναπλήρωσης του προϊόντος αλεύρι σκληρό
    s_ma=4500;           % Στάθμη αναπλήρωσης του προϊόντος αλεύρι μαλακό
    Q_sa=15000-s_sa;     % Ποσότητα προϊόντος αλεύρι σκληρό που παράγεται
    Q_ma=15000-s_ma;     % Ποσότητα προϊόντος αλεύρι μαλακό που παράγεται
    %----Δημιουργία διανυσμάτων διαδικασίας----%
    sa=zeros(n,1);      % Ζήτηση του προϊόντος σκληρό αλεύρι
    ma=zeros(n,1);      % Ζήτηση του προϊόντος μαλακό αλεύρι
    manuf_sa=zeros(n+3,1); % Παραγόμενη ποσότητα σκληρού αλευριού
    manuf_ma=zeros(n+3,1); % Παραγόμενη ποσότητα μαλακού αλευριού
    inv_sa=zeros(n,1);  % Απόθεμα σκληρού αλευριού στο τέλος της ημέρας
    inv_ma=zeros(n,1);  % Απόθεμα μαλακού αλευριού στο τέλος της ημέρας
    %----Αρχικοποιήσεις τιμών της διαδικασίας----%
    inv_sa(1,1)=15000;
    inv_ma(1,1)=15000;
    for j=2:n
        %----Δημιουργία τυχαίων τιμών ζήτησης----%
        sa(j,1)=gamrnd(1.31,2087.85);
        ma(j,1)=gamrnd(0.74,1254.33);
        %----Σκληρό και Μαλακό αλεύρι----%
        inv_sa(j,1)=inv_sa(j-1,1)+manuf_sa(j,1)-sa(j,1);
        inv_ma(j,1)=inv_ma(j-1,1)+manuf_ma(j,1)-ma(j,1);
        %---Όχι Backorders---%
        if inv_sa(j,1)<0
            inv_sa(j,1)=0;
        end
        if inv_ma(j,1)<0
            inv_ma(j,1)=0;
        end
        %----Διαδικασίες Παραγωγής Σκληρού και Μαλακού Αλευριού----%
        if inv_sa(j,1)<=s_sa && inv_ma(j,1)>s_ma && ~any(manuf_sa(j+1,1))
            manuf_sa(j+2,1)=Q_sa;
        elseif inv_ma(j,1)<=s_ma && inv_sa(j,1)>s_sa && ~any(manuf_ma(j+1,1))
            manuf_ma(j+2,1)=Q_ma;
        elseif inv_sa(j,1)<=s_sa && inv_ma(j,1)<=s_ma
            if ~any(manuf_sa(j+1,1)) && ~any(manuf_ma(j+1,1)) &&...
                ~any(manuf_ma(j+2,1))

```

```

        manu_f_sa(j+2,1)=Q_sa;
        manu_f_ma(j+3,1)=Q_ma;
    elseif any(manu_f_ma(j+1,1)) && ~any(manu_f_sa(j+1,1))
        manu_f_sa(j+2,1)=Q_sa;
    elseif any(manu_f_sa(j+1,1)) && ~any(manu_f_ma(j+1,1))
        manu_f_ma(j+2,1)=Q_ma;
    end
end
else
end
end
%---Σκληρό---%
m=0;
num_zer_sa=0;
q=1;
while q<=length(inv_sa)
    if inv_sa(q,1)==0
        m=m+1;
    else
        if m>0
            num_zer_sa=num_zer_sa+ceil(m/2);
            m=0;
        end
    end
    q=q+1;
end
if m>0
    num_zer_sa=num_zer_sa+ceil(m/2);
end
num_short_sa(k,1)=num_zer_sa;
num_of_cyrcler_sa=find(manu_f_sa);
P1_sa(k,1)=1-num_short_sa(k,1)/length(num_of_cyrcler_sa);
%---Μαλακό---%
m=0;
num_zer_ma=0;
q=1;
while q<=length(inv_ma)
    if inv_ma(q,1)==0
        m=m+1;
    else
        if m>0
            num_zer_ma=num_zer_ma+ceil(m/2);
            m=0;
        end
    end
    q=q+1;
end
if m>0
    num_zer_ma=num_zer_ma+ceil(m/2);
end
num_short_ma(k,1)=num_zer_ma;
num_of_cyrcler_ma=find(manu_f_ma);
P1_ma(k,1)=1-num_short_ma(k,1)/length(num_of_cyrcler_ma);
end
toc

```

Παράρτημα Η: Τροποποιημένος αλγόριθμος προσομοίωσης της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων της μελέτης, με χρήση του νέου συστήματος οργάνωσης της παραγωγής

```

tic
%----Αρχικοποίηση διανυσμάτων----%
z=5;
aver_inv_pit=zeros(z,1); % Μέσο απόθεμα πιτύρων
aver_TBS=zeros(z,1); % Μέσος χρόνος μεταξύ ελλείψεων
for k=1:z
    %---Πίτυρα---%
    coef_manuf=0.285/0.65; % συντελεστής παραγωγής
    s_pit_h=40000; % δηλώνει το ROP υψηλής ζήτησης των πιτύρων
    s_pit_l=20000; % δηλώνει το ROP χαμηλής ζήτησης των πιτύρων
    %---Σκληρό κ' Μαλακό Αλεύρι---%
    n=312*1000; % Αριθμός των προσομοιώσεων = βήμα * χρόνος
    s_sa=8612; % Στάθμη αναπλήρωσης του προϊόντος αλεύρι σκληρό
    s_ma=4500; % Στάθμη αναπλήρωσης του προϊόντος αλεύρι μαλακό
    Q_sa=15000-s_sa; % Ποσότητα προϊόντος αλεύρι σκληρό που παράγεται
    Q_ma=15000-s_ma; % Ποσότητα προϊόντος αλεύρι μαλακό που παράγεται
    %---Αρχικοποίηση Διανυσμάτων---%
    sa=zeros(n,1); % Ζήτηση του προϊόντος σκληρό αλεύρι
    ma=zeros(n,1); % Ζήτηση του προϊόντος μαλακό αλεύρι
    pit=zeros(n,1); % Ζήτηση του προϊόντος πίτυρα
    manuf_sa=zeros(n+3,1); % Παραγόμενη ποσότητα σκληρού αλευριού
    manuf_ma=zeros(n+3,1); % Παραγόμενη ποσότητα μαλακού αλευριού
    manuf_pit=zeros(n+3,1); % Παραγόμενη ποσότητα πιτύρων
    ord_pit=zeros(n+25,1); % Παραγγελίες πιτύρων από εξωτερικό προμηθευτή
    inv_sa=zeros(n,1); % Απόθεμα σκληρού αλευριού στο τέλος της ημέρας
    inv_ma=zeros(n,1); % Απόθεμα μαλακού αλευριού στο τέλος της ημέρας
    inv_pit=zeros(n,1); % Απόθεμα πιτύρων στο τέλος της ημέρας
    %----Αρχικοποιήσεις τιμών της διαδικασίας----%
    inv_sa(1,1)=15000;
    inv_ma(1,1)=15000;
    inv_pit(1,1)=15000;
    for j=2:n
        %----Δημιουργία τυχαίων τιμών ζήτησης----%
        sa(j,1)=gamrnd(1.31,2087.85);
        ma(j,1)=gamrnd(0.74,1254.33);
        if 97<=mod(j-1,312)+1 && mod(j-1,312)+1<=306
            pit(j,1)=round(gamrnd(1.42,1033.69)/30)*30;
        else
            pit(j,1)=round(gamrnd(1.74,1438)/30)*30;
        end
        %---Σκληρό και Μαλακό αλεύρι---%
        inv_sa(j,1)=inv_sa(j-1,1)+manuf_sa(j,1)-sa(j,1);
        inv_ma(j,1)=inv_ma(j-1,1)+manuf_ma(j,1)-ma(j,1);
        %---Όχι backorders---%
        if inv_sa(j,1)<0
            inv_sa(j,1)=0;
        end
    end
end

```

```

if inv_ma(j,1)<0
    inv_ma(j,1)=0;
end
%---Διαδικασίες Παραγωγής Σκληρού και Μαλακού Αλευριού---%
if inv_sa(j,1)<=s_sa && inv_ma(j,1)>s_ma && ~any(manuf_sa(j+1,1))
    manuf_sa(j+2,1)=Q_sa;
elseif inv_ma(j,1)<=s_ma && inv_sa(j,1)>s_sa && ~any(manuf_ma(j+1,1))
    manuf_ma(j+2,1)=Q_ma;
elseif inv_sa(j,1)<=s_sa && inv_ma(j,1)<=s_ma
    if ~any(manuf_sa(j+1,1)) && ~any(manuf_ma(j+1,1)) ...
        && ~any(manuf_ma(j+2,1))
        manuf_sa(j+2,1)=Q_sa;
        manuf_ma(j+3,1)=Q_ma;
    elseif any(manuf_ma(j+1,1)) && ~any(manuf_sa(j+1,1))
        manuf_sa(j+2,1)=Q_sa;
    elseif any(manuf_sa(j+1,1)) && ~any(manuf_ma(j+1,1))
        manuf_ma(j+2,1)=Q_ma;
    end
end
%---Πίτυρα---%
inv_pit(j,1)=inv_pit(j-1,1)+coef_manuf*(manuf_sa(j,1)+...
    manuf_ma(j,1))+ord_pit(j,1)-pit(j,1);
%---Όχι backorders---%
if inv_pit(j,1)<0
    inv_pit(j,1)=0;
end
%---Διαδικασίες Παραγωγής Πιτύρων---%
if 73<=mod(j-1,312)+1 && mod(j-1,312)+1<=282
    if inv_pit(j,1)<=s_pit_l && ~any(ord_pit(j+1:j+23,1))
        ord_pit(j+24,1)=24000;
    end
else
    if inv_pit(j,1)<=s_pit_h && ~any(ord_pit(j+1:j+23,1))
        ord_pit(j+24,1)=24000;
    end
end
end
%---Πίτυρα---%
inv_pit_1=[0 ; inv_pit]; % Επαύξηση του inv_pit για την εύρεση των TBS
indx=find(inv_pit_1==0); % Εύρεση των ημερών που παρουσιάζονται ελλείψεις
TBS=diff(indx)-1; % Υπολογισμός του χρόνου μεταξύ των ελλείψεων
aver_TBS(k,1)=mean(TBS)/312; % Μέσος χρόνος μεταξύ ελλείψεων
aver_inv_pit(k,1)=mean(inv_pit); % Μέσο ημερήσιο απόθεμα πιτύρων
TBS=0;
end
toc

```


Βιβλιογραφία

- Anon., 2024. *Tsig.gr*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://www.tsig.gr/banks/deposits/fixed-deposits?bank=&telestis=%CE%AD%CF%89%CF%82&duration=&amount=500000&compare_per=0
[Πρόσβαση 15 Ιανουάριος 2024].
- Brander, P., 2005. *Inventory Control and Scheduling Problems in a Single-Machine Multi-Item System*, Ph.D. Thesis. Luleå: Luleå University of Technology.
- Chopra, S., 2021. *Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας*. 7η Έκδοση επιμ. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.
- Das, C. D. P.-A. a. T. K., 2005. A multi-agent reinforcement learning approach to obtaining dynamic control policies for stochastic lot scheduling problem. *Elsevier*, 10 January, pp. 389-406.
- E.M.M. Winands, A. d. K. a. C. T., 2008. Case study of a batch-production/inventory system. 1 January.
- E.M.M. Winands, I. A. a. G. v. H., 2011. The stochastics economic lot scheduling problem: A survey. *Elsevier*, pp. 1-9.
- Edward A. Silver, D. F. P. a. D. J. T., 2017. *Inventory and Production Management in Supply Chains*. 4η Έκδοση επιμ. s.l.:CRC Press Taylor & Francis Group.
- Hibbs, E. S. P. a. A. N., 2005. *WHEAT FLOUR MILLING*. 2η Έκδοση επιμ. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Pär Brander, E. L. a. A. S., 2005. Lot sizes in a capacity constrained facility-a simulation study of stationary stochastic demand. *Elsevier*, pp. 375-386.
- Roland E. Walpole, R. H. M. S. L. M. a. K. Y., 2012. *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*. 9η Έκδοση επιμ. s.l.:Pearson.
- Rosas, D. S. a. R., 2018. *Problems & Solutions in Inventory Management*. s.l.:Springer.
- Runger, D. C. M. & G. C., 2018. *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 7η Έκδοση επιμ. s.l.:Wiley.
- Shiue, T. A. a. G. A., 1995. Single-Stage, Multi-Production/Inventory Systems With Lost Sales. *Naval Research Logistics*, pp. 889-913.
- Vandeput, N., 2020. *Inventory Optimization*. s.l.:De Gruyter.
- Βιδάλης, Μ., 2017. *Εφοδιαστική (Logistics)*. 2η Έκδοση επιμ. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Γεώργιος, Ν., 2022. *Σημειώσεις μαθήματος "Διαχείριση Αποθεμάτων"*. Κοζάνη: Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.
- Δεσπότης, Κ., 2024. *Κλαδική Μελέτη της ICAP CRIF για την Αλευροβιομηχανία*, Αθήνα: ICAP CRIF.

Ζιούτας, Γ. Χ., 2014. *Πιθανότητες και Στοιχεία Στατιστικής για Μηχανικούς*. 3η Έκδοση επιμ. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζητη.

Λυγγίτσος, Α., 2012. *Κοστολόγηση και Διαχείριση Προϋπολογισμού μικρής επιχείρησης*. 1η Έκδοση επιμ. Αθήνα: ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ.

Μιχιώτης, Σ. Γ. Δ. κ. Α. Ν., 2007. *Διοίκηση Παραγωγικών Συστημάτων*. 1η Έκδοση επιμ. Αθήνα: Κριτική.

Σουραβλάς, Μ. Ρ. κ. Σ. Ι., 2022. *Τεχνικές Προσομοίωσης Θεωρία και Εφαρμογές*. 2η Έκδοση επιμ. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.