



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Σχεδίαση παραγωγής συνθετικών σχοινιών από ελληνική εταιρεία»

Χριστίνα Α. Δανιηλίδη

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Βασίλης Κουϊκόγλου, Καθηγητής, επιβλέπων
Ευστράτιος Ιωαννίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής
Δρ. Γεώργιος Τσιναράκης, διδάσκων

Χανιά, Μάρτιος, 2021

Η έγκριση της παρούσας διπλωματικής εργασίας από το Πολυτεχνείο Κρήτης, δεν σημαίνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Νόμος 5343/1932, άρθρο 202)

Στην οικογένεια μου

Ευχαριστώ
τους γονείς μου, Αλέκο και Λίλη,
τον Θείο μου Ζάκο και τη φίλη μου Δέσποινα,
τον καθηγητή μου Κ. Βασίλη Κουϊκόγλου,
και την εταιρία Δ. Κορωνάκης ΑΒΕΕ

Περίληψη

Σχεδίαση παραγωγής συνθετικών σχοινιών από ελληνική εταιρεία.

Η εργασία αυτή ασχολείται με προβλήματα της πρόβλεψης της ζήτησης και τη σχεδίαση παραγωγής. Στο πρώτο στάδιο της εργασίας μελετάται το πρόβλημα της πρόβλεψης ζήτησης. Δοκιμάζονται μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης και αυτοπαλινδρομικά μοντέλα κινητού μέσου όρου με χρήση του προγράμματος στατιστικών αναλύσεων SPSS. Η έρευνα βασίζεται στη χρήση δεδομένων παραγωγής, για τα οποία έχει εξασφαλιστεί σχετική άδεια. Στο δεύτερο στάδιο γίνεται ο προγραμματισμός παραγωγής με τον οποίο προσδιορίζονται οι ανάγκες παραγωγής του εργοστασίου για μία περίοδο αρκετών μηνών. Συγκεκριμένα εφαρμόζεται κλασσικός γραμμικός προγραμματισμός με στόχο την βελτιστοποίηση του κέρδους υπό περιορισμούς διαθεσιμότητας για διάφορα σενάρια ζήτησης τα οποία βασίζονται σε προβλέψεις και πραγματικά δεδομένα.

Abstract

Production planning of synthetic ropes by a Greek company.

This thesis deals with problems of demand forecasting and production planning. In the first stage of this thesis we study the demand forecasting problem. A number of exponential smoothing methods and autoregressive moving average models (ARMA) are tested using the SPSS statistical analysis program. This research is based on the use of production data, which are available by permission of the company. The second stage involves a production plan which determines the production requirements of the factory over a period of several months. Specifically, classical linear programming is applied to optimize the profit under availability constraints for various demand scenarios which are based on forecasts and real data.

Περιεχόμενα

Ευρετήριο Πινάκων	7
Ευρετήριο Γραφημάτων.....	12
Ευρετήριο Εικόνων.....	14
Κεφάλαιο 1.....	16
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
1.1 Κίνητρα.....	16
1.2 Συνεισφορά και στόχος της διπλωματικής εργασίας	16
1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας.....	17
Κεφάλαιο 2.....	18
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ.....	18
2.1 Γενικές πληροφορίες	18
2.2 Παραγωγή.....	20
2.2.1 Προϊόντα και πρώτες ύλες.....	20
2.2.2 Διαδικασία και στάδια παραγωγής.....	21
2.2.3 Ποιοτικός έλεγχος.....	28
2.2.4 Ημιέτοιμα προϊόντα	29
2.2.5 Βλάβες και επιδιορθώσεις	29
2.2.6 Αποθήκες ανά τον κόσμο / Stock Points	30
Κεφάλαιο 3.....	32
ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ.....	32
3.1 Γενικά περί προβλέψεων	32
3.2 Διαδικασία και κριτήρια αξιολόγησης πρόβλεψης	33
3.3 Μέθοδοι πρόβλεψης	34
3.4 Στατιστική ανάλυση ακρίβειας προβλέψεων	37
3.5 Μέθοδοι πρόβλεψης ζήτησης που χρησιμοποιήθηκαν για τα έτη 2019 και 2020	39
3.5.1 Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα.....	40
3.5.2 Μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα	40
3.5.3 Μοντέλα ARIMA - Αυτοπαλινδρομικές ολοκληρωμένες μέθοδοι κινητού μέσου όρου	41
3.6 Προβλέψεις ζήτησης και αξιολόγηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων για κάθε προϊόν της εταιρίας.....	44
3.6.1 Προϊόν Α.....	44
3.6.2 Προϊόν Β.....	48
3.6.3 Προϊόν Γ	51
3.6.4 Προϊόν Δ	55
3.6.5 Προϊόν Ε	58
3.6.6 Προϊόν ΣΤ.....	62
3.6.7 Προϊόν Ζ	65
3.6.8 Προϊόν Η.....	69
3.7 Συμπεράσματα και προτεινόμενες λύσεις	72
3.8 Αξιολόγηση της πρόβλεψης βάσει των πραγματικών πωλήσεων του 2019	78
Κεφάλαιο 4.....	88
ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	88
4.1 Γραμμικός προγραμματισμός	88
4.2 Μοντελοποίηση	89
4.3 Τυπολογία μοντέλων γραμμικού προγραμματισμού και συνθήκες εφαρμογής.....	89

4.4	Μέθοδος Simplex	90
4.5	Μοντελοποίηση του γραμμικού προβλήματος της εταιρίας και αποτελέσματα	90
4.5.1	Το πρόβλημα.....	90
4.5.2	Μαθηματική μοντελοποίηση προβλήματος για ετήσιο πλάνο παραγωγής.....	91
4.5.3	Υλοποίηση	97
4.5.4	Πλάνο παραγωγής με βάση τις προβλέψεις 2019	102
4.5.5	Πλάνο παραγωγής με βάση τις πραγματικές πωλήσεις 2019.....	106
4.5.6	Σύγκριση των δύο πλάνων παραγωγής.....	109
4.6	Μοντελοποίηση του γραμμικού προβλήματος της εταιρίας στην περίπτωση υπερωριών	111
4.7	Σενάρια αύξησης της ζήτησης.....	112
4.7.1	Σενάριο 1	114
4.7.2	Σενάρια αύξησης ζήτησης σε όλους τους μήνες	116
4.7.3	Σενάρια αύξησης ζήτησης σε έξι προεπιλεγμένους μήνες	143
4.7.4	Σενάρια αύξησης ζήτησης σε τέσσερις προεπιλεγμένους μήνες.....	180
4.8	Συμπεράσματα και προτεινόμενες λύσεις	219
	Κεφάλαιο 5.....	222
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	222
5.1	Ανακεφαλαίωση	222
5.2	Προτεινόμενες επεκτάσεις.....	223
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	224

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 2-1 Αποθήκες ανά τον κόσμο – Stock Points.....	30
Πίνακας 3-1 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Α	45
Πίνακας 3-2 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν Α	45
Πίνακας 3-3 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν Α	45
Πίνακας 3-4 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν Α	46
Πίνακας 3-5 Παράμετροι ARIMA Προϊόν Α	46
Πίνακας 3-6 Πρόβλεψη 2019 και 2020 Προϊόν Α.....	48
Πίνακας 3-7 6 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Β.....	48
Πίνακας 3-8 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν Β	49
Πίνακας 3-9 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν Β	49
Πίνακας 3-10 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν Β	49
Πίνακας 3-11 Παράμετροι ARIMA Προϊόν Β	50
Πίνακας 3-12 Πρόβλεψη 2019 και 2020 Προϊόν Β.....	51
Πίνακας 3-13 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Γ	52
Πίνακας 3-14 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν Γ	52
Πίνακας 3-15 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν Γ	52
Πίνακας 3-16 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν Γ.....	53
Πίνακας 3-17 Παράμετροι ARIMA Προϊόν Γ.....	53
Πίνακας 3-18 Πρόβλεψη 2020 Προϊόν Γ	55
Πίνακας 3-19 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Δ.....	55
Πίνακας 3-20 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν Δ	55
Πίνακας 3-21 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν Δ	56
Πίνακας 3-22 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν Δ	56
Πίνακας 3-23 Παράμετροι ARIMA Προϊόν Δ	56
Πίνακας 3-24 Πρόβλεψη 2019 και 2020 Προϊόν Δ.....	58
Πίνακας 3-25 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Ε.....	59
Πίνακας 3-26 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν Ε	59
Πίνακας 3-27 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν Ε	59
Πίνακας 3-28 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν Ε.....	60
Πίνακας 3-29 Παράμετροι ARIMA Προϊόν Ε	60
Πίνακας 3-30 Πρόβλεψης 2019 και 2020 Προϊόν Ε.....	62
Πίνακας 3-31 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν ΣΤ.....	62
Πίνακας 3-32 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν ΣΤ	62
Πίνακας 3-33 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν ΣΤ	63
Πίνακας 3-34 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν ΣΤ	63
Πίνακας 3-35 Παράμετροι ARIMA Προϊόν ΣΤ	63
Πίνακας 3-36 Πρόβλεψη 2019 και 2020 Προϊόν ΣΤ.....	65
Πίνακας 3-37 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Ζ.....	66
Πίνακας 3-38 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν Ζ	66
Πίνακας 3-39 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν Ζ	66
Πίνακας 3-40 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν Ζ.....	67
Πίνακας 3-41 Παράμετροι ARIMA Προϊόν Ζ	67
Πίνακας 3-42 Πρόβλεψη 2019 και 2020 Προϊόν Ζ	69
Πίνακας 3-43 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Η	69
Πίνακας 3-44 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν Η.....	70

Πίνακας 3-45 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν Η.....	70
Πίνακας 3-46 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν Η.....	70
Πίνακας 3-47 Παράμετροι ARIMA Προϊόν Η.....	70
Πίνακας 3-48 Forecast 2020 Προϊόν Η.....	71
Πίνακας 3-49 Πρόβλεψη ζήτησης 2019 και 2020 για κάθε προϊόν ανά μήνα σε κιλά (kg)....	74
Πίνακας 3-50 Σύγκριση Προϊόν Α.....	79
Πίνακας 3-51 Σύγκριση Προϊόν Β.....	80
Πίνακας 3-52 Σύγκριση Προϊόν Γ.....	81
Πίνακας 3-53 Σύγκριση Προϊόν Δ.....	82
Πίνακας 3-54 Σύγκριση Προϊόν Ε.....	83
Πίνακας 3-55 Σύγκριση Προϊόν ΣΤ.....	84
Πίνακας 3-56 Σύγκριση Προϊόν Ζ.....	85
Πίνακας 3-57 Σύγκριση Προϊόν Η.....	86
Πίνακας 4-1 Χρόνοι επεξεργασίας T_{ij} ώρες/κάβο.....	92
Πίνακας 4-2 Κιλά μέσου κάβου για κάθε προϊόν.....	92
Πίνακας 4-3 T_{ij} ώρες/κάβος.....	92
Πίνακας 4-4 T_{ij} ώρες/kg.....	92
Πίνακας 4-5 T_{ij} λεπτά (min)/kg.....	93
Πίνακας 4-6 T_{ij} δευτερόλεπτα (sec)/kg.....	93
Πίνακας 4-7 Μηχανήματα σταδίων παραγωγής και Εργατοώρες ανά ημέρα.....	93
Πίνακας 4-8 Εργατοώρες T_{jt} ανά μήνα και ανά στάδιο παραγωγής.....	94
Πίνακας 4-9 Τιμές πωλήσεων SP_i	94
Πίνακας 4-10 Ποσοστά μικτού κέρδους (%) PPR_i	95
Πίνακας 4-11 Μικτό κέρδους PR_i	95
Πίνακας 4-12 Κόστος Παραγωγής PC_i	95
Πίνακας 4-13 Ζήτηση D_i σε κιλά ανά προϊόν για το 2019 από προβλέψεις.....	103
Πίνακας 4-14 Ποσότητες παραγωγής X_{it} σε κιλά ανά προϊόν για το 2019 από προβλέψεις.....	103
Πίνακας 4-15 Τελικές εργατοώρες 2019 από προβλέψεις.....	103
Πίνακας 4-16 Χρόνοι Ασφαλείας 2019 από προβλέψεις.....	104
Πίνακας 4-17 Τελικοί χρόνοι επεξεργασίας κάθε προϊόντος κάθε μήνα σε κάθε στάδιο παραγωγής FT_{ijt} 2019 από προβλέψεις.....	105
Πίνακας 4-18 Αποθέματα Y_{it} 2019 από προβλέψεις.....	105
Πίνακας 4-19 Ζήτηση D_i σε κιλά ανά προϊόν, από πραγματικές πωλήσεις, για το 2019 από πραγματικές πωλήσεις.....	106
Πίνακας 4-20 Ποσότητες παραγωγής X_{it} σε κιλά για το 2019 από πραγματικές πωλήσεις.....	106
Πίνακας 4-21 Τελικές εργατοώρες 2019 από πραγματικές πωλήσεις.....	107
Πίνακας 4-22 Χρόνοι Ασφαλείας 2019 από πραγματικές πωλήσεις.....	107
Πίνακας 4-23 Τελικοί χρόνοι επεξεργασίας κάθε προϊόντος κάθε μήνα σε κάθε στάδιο παραγωγής FT_{ijt} 2019 από πραγματικές πωλήσεις.....	108
Πίνακας 4-24 Αποθέματα Y_{it} 2019 από πραγματικές πωλήσεις.....	109
Πίνακας 4-25 Αποκλίσεις εργατοωρών ως ποσοστό επί της τιμής πρόβλεψης ($(FT_{jt}$ πραγματικότητα - FT_{jt} πρόβλεψη)/ FT_{jt} πρόβλεψη)%.....	110
Πίνακας 4-26 Αποκλίσεις Χρόνων Ασφαλείας ως ποσοστό επί της τιμής πρόβλεψης ($(A_{j,t}$ πραγματικότητα - $A_{j,t}$ πρόβλεψη)/ $A_{j,t}$ πρόβλεψη)%.....	110
Πίνακας 4-27 Σύγκριση Συνολικού Καθαρού Κέρδους $\max(K)$	111
Πίνακας 4-28 Κέρδη και κόστη στο Excel.....	114
Πίνακας 4-29 Ταξινόμηση προϊόντων κατά αύξουσα σειρά κόστους παραγωγής και αποθέματος.....	114
Πίνακας 4-30 Ζήτηση σενάριο 1.....	115
Πίνακας 4-31 Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1.....	115

Πίνακας 4-32 Αποθέματα σενάριο 1	115
Πίνακας 4-33 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1	116
Πίνακας 4-34 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1	116
Πίνακας 4-35 Σενάρια με τον ίδιο πολλαπλασιαστή ζήτησης σε όλους τους μήνες	117
Πίνακας 4-36 Χρόνοι Ασφαλείας $A_{j,all}$ (ώρες/στάδιο/έτος) για κάθε σενάριο	118
Πίνακας 4-37 Καθαρό κέρδος, Κέρδος και Κόστος Αποθέματος, ανά σενάριο αύξησης της αρχικής ζήτησης, με τον ίδιο πολλαπλασιαστή, σε όλους τους μήνες, σε όλα τα προϊόντα .	119
Πίνακας 4-38 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 2.....	121
Πίνακας 4-39 Αποθέματα σενάριο 2	121
Πίνακας 4-40 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2	121
Πίνακας 4-41 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2	122
Πίνακας 4-42 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2	122
Πίνακας 4-43 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 2.4.....	123
Πίνακας 4-44 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.4	123
Πίνακας 4-45 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.4	124
Πίνακας 4-46 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.4	124
Πίνακας 4-47 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 2.5.....	125
Πίνακας 4-48 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.5	125
Πίνακας 4-49 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.5	126
Πίνακας 4-50 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.5	127
Πίνακας 4-51 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 2.6.....	128
Πίνακας 4-52 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.6	128
Πίνακας 4-53 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.6	129
Πίνακας 4-54 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.6	129
Πίνακας 4-55 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 – 2.7.....	130
Πίνακας 4-56 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.7	130
Πίνακας 4-57 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.7	131
Πίνακας 4-58 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής και Αποθέματα σενάριο 2.8	132
Πίνακας 4-59 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.8	133
Πίνακας 4-60 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.8	134
Πίνακας 4-61 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.81.....	136
Πίνακας 4-62 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.81	137
Πίνακας 4-63 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.82.....	137
Πίνακας 4-64 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.82	138
Πίνακας 4-65 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα σενάριο 2.83	138
Πίνακας 4-66 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.83	139
Πίνακας 4-67 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.83	139
Πίνακας 4-68 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 2.84.....	139
Πίνακας 4-69 Αποθέματα σενάριο 2.84	140
Πίνακας 4-70 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.84	140
Πίνακας 4-71 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.84	140
Πίνακας 4-72 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.85.....	141
Πίνακας 4-73 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 1 – 2.85	141
Πίνακας 4-74 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας 1ου σταδίου παραγωγής, στην περίπτωση συνολικής αύξησης ζήτησης κατά 2.86 φορές την προβλεπόμενη ζήτηση του 2019	142
Πίνακας 4-75 Διαδικασία εντοπισμού των μηνών με τις περισσότερες πωλήσεις τα έτη 2014 – 2018.....	143

Πίνακας 4-76 Διαδικασία εντοπισμού των μηνών με τις περισσότερες πωλήσεις τα έτη 2014 – 2018.....	143
Πίνακας 4-77 Σενάριο με πολλαπλασιαστική μόνο σε 6 προεπιλεγμένους μήνες	144
Πίνακας 4-78 Χρόνοι Ασφαλείας $A_{j,all}$ (ώρες/στάδιο/έτος) για κάθε σενάριο	145
Πίνακας 4-79 Καθαρό κέρδος, Κέρδος και Κόστος Αποθέματος, ανά σενάριο	146
Πίνακας 4-80 Ζήτηση σενάριο 1-2	148
Πίνακας 4-81 Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 - 2.....	148
Πίνακας 4-82 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 - 2.....	149
Πίνακας 4-83 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.....	149
Πίνακας 4-84 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.....	150
Πίνακας 4-85 Ζήτηση σενάριο 1 – 2.1	150
Πίνακας 4-86 Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.1.....	151
Πίνακας 4-87 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.1	151
Πίνακας 4-88 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.1	152
Πίνακας 4-89 Ζήτηση σενάριο 1 – 2.2	152
Πίνακας 4-90 Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.2.....	153
Πίνακας 4-91 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.2.....	153
Πίνακας 4-92 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.2.....	154
Πίνακας 4-93 Ζήτηση σενάριο 1 – 2.3	154
Πίνακας 4-94 Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.3.....	155
Πίνακας 4-95 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.3.....	156
Πίνακας 4-96 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.4.....	157
Πίνακας 4-97 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.4.....	158
Πίνακας 4-98 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.5.....	159
Πίνακας 4-99 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.5	160
Πίνακας 4-100 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.5	161
Πίνακας 4-101 Ζήτηση σενάριο 1 – 2.6	161
Πίνακας 4-102 Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.6.....	162
Πίνακας 4-103 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.6.....	163
Πίνακας 4-104 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής και Αποθέματα σενάριο 1 – 2.7	164
Πίνακας 4-105 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.7	164
Πίνακας 4-106 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.7	165
Πίνακας 4-107 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα σενάριο 1 – 2.8	166
Πίνακας 4-108 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.8.....	167
Πίνακας 4-109 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.8.....	168
Πίνακας 4-110 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.8.....	168
Πίνακας 4-111 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.9.....	169
Πίνακας 4-112 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.9.....	170
Πίνακας 4-113 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.9.....	171
Πίνακας 4-114 Ζήτηση σενάριο 1 – 3	171
Πίνακας 4-115 Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.....	172
Πίνακας 4-116 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.....	173

Πίνακας 4-117 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 – 3.1.....	174
Πίνακας 4-118 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.1	175
Πίνακας 4-119 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.1	176
Πίνακας 4-120 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής και Αποθέματα σενάριο 1 – 3.2.....	177
Πίνακας 4-121 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.2.....	178
Πίνακας 4-122 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.2.....	179
Πίνακας 4-123 Εργατοώρες και χρόνοι ασφαλείας σενάριο 1-3.3.....	180
Πίνακας 4-124 Σενάριο με πολλαπλασιαστή μόνο σε 4 προεπιλεγμένους μήνες	181
Πίνακας 4-125 Χρόνοι Ασφαλείας $A_{j,all}$ (ώρες/στάδιο/έτος) για κάθε σενάριο.....	182
Πίνακας 4-126 Καθαρό κέρδος, Κέρδος και Κόστος Αποθέματος, ανά σενάριο	183
Πίνακας 4-127 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 – 2.....	185
Πίνακας 4-128 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2	185
Πίνακας 4-129 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.....	186
Πίνακας 4-130 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής και Αποθέματα σενάριο 1 – 3	187
Πίνακας 4-131 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3	187
Πίνακας 4-132 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.....	188
Πίνακας 4-133 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1-3.05	189
Πίνακας 4-134 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.05	189
Πίνακας 4-135 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.05.....	191
Πίνακας 4-136 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.1.....	192
Πίνακας 4-137 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.1	193
Πίνακας 4-138 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα σενάριο 1 – 3.2	194
Πίνακας 4-139 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.2.....	195
Πίνακας 4-140 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.2.....	196
Πίνακας 4-141 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.3.....	197
Πίνακας 4-142 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.3.....	198
Πίνακας 4-143 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 - 3.4	199
Πίνακας 4-144, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.4	200
Πίνακας 4-145 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.4.....	201
Πίνακας 4-146 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 4.....	202
Πίνακας 4-147 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-4.....	203
Πίνακας 4-148 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 – 5.....	204
Πίνακας 4-149 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 5	205
Πίνακας 4-150 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-5	206
Πίνακας 4-151 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής και Αποθέματα σενάριο 1 – 6.....	207
Πίνακας 4-152 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 6.....	208
Πίνακας 4-153 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-6.....	209
Πίνακας 4-154 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 7.....	210
Πίνακας 4-155 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-7.....	212
Πίνακας 4-156 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 - 7.1	213
Πίνακας 4-157 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 7.1	214
Πίνακας 4-158 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-7.1.....	215
Πίνακας 4-159 Ζήτησ και Ποσότητες παραγωγής συνάρτηση σενάριο 1 – 7.2	216
Πίνακας 4-160, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 7.2	217
Πίνακας 4-161 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-7.2.....	218
Πίνακας 4-162 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-7.3.....	219

Ευρετήριο Γραφημάτων

Γράφημα 1 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν Α.....	46
Γράφημα 2 Μοντέλο ARIMA (1,0,0)(0,0,0) Προϊόν Α.....	47
Γράφημα 3 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν Β	50
Γράφημα 4 Μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,1,0) Προϊόν Β.....	50
Γράφημα 5 Μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα Προϊόν Γ	53
Γράφημα 6 Μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0) Προϊόν Γ	54
Γράφημα 7 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν Δ	57
Γράφημα 8 Μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0) Προϊόν Δ.....	57
Γράφημα 9 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν Ε	60
Γράφημα 10 Μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0) Προϊόν Ε	61
Γράφημα 11 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν ΣΤ	64
Γράφημα 12 Μοντέλο ARIMA (0,0,0) (0,0,0) Προϊόν ΣΤ.....	64
Γράφημα 13 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν Ζ	67
Γράφημα 14 Μοντέλο ARIMA (1,0,0) (0,0,1) Προϊόν Ζ.....	68
Γράφημα 15 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν Η.....	72
Γράφημα 16 Μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0) Προϊόν Η.....	72
Γράφημα 17 Πρόβλεψη Προϊόν Α, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα	74
Γράφημα 18 Πρόβλεψη Προϊόν Β, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα	75
Γράφημα 19 Πρόβλεψη Προϊόν Γ, Μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα.....	75
Γράφημα 20 Πρόβλεψη Προϊόν Δ, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα	76
Γράφημα 21 Πρόβλεψη Προϊόν Ε, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα	76
Γράφημα 22 Πρόβλεψη Προϊόν ΣΤ, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα	77
Γράφημα 23 Πρόβλεψη Προϊόν Ζ, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα	77
Γράφημα 24 Πρόβλεψη Προϊόν Η, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα	78
Γράφημα 25 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Α	79
Γράφημα 26 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Β.....	80
Γράφημα 27 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Γ	81
Γράφημα 28 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Δ.....	82
Γράφημα 29 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Ε.....	83
Γράφημα 30 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν ΣΤ.....	84
Γράφημα 31 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Ζ.....	85
Γράφημα 32 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Η	86
Γράφημα 33 Μία αύξηση της ζήτησης κατά 186% (συνολική ζήτηση 2.86 φορές την προβλεπόμενη ζήτηση του 2019) οριακά υπερβαίνει τη δυναμικότητα του συστήματος.....	117
Γράφημα 34 Χρόνοι Ασφαλείας $A_{j,all}$ (ώρες/στάδιο/έτος) για κάθε σενάριο	118

Γράφημα 35 Κέρδος και Κόστος αποθέματος ανά σενάριο - Σενάρια αύξησης της αρχικής ζήτησης, με τον ίδιο πολλαπλασιαστή, σε όλους τους μήνες, σε όλα τα προϊόντα.....	119
Γράφημα 36 Καθαρό Κέρδος ανά σενάριο - Σενάρια αύξησης της αρχικής ζήτησης, με τον ίδιο πολλαπλασιαστή, σε όλους τους μήνες, σε όλα τα προϊόντα	120
Γράφημα 37 Μία αύξηση της ζήτησης κατά 230% (συνολική ζήτηση 3.3 φορές την ζήτηση για τους 6 επιλεγέντες μήνες του 2019) οριακά υπερβαίνει τη δυναμικότητα του συστήματος.	145
Γράφημα 38 Χρόνοι Ασφαλείας $A_{j,all}$ (ώρες/στάδιο/έτος) για κάθε σενάριο	145
Γράφημα 39 Κέρδος και Κόστος αποθέματος ανά σενάριο - Σενάρια αύξησης σε 6 προεπιλεγμένους μήνες.....	146
Γράφημα 40 Καθαρό Κέρδος ανά σενάριο - Σενάρια σε 6 προεπιλεγμένους μήνες.....	147
Γράφημα 41 Μία αύξηση της ζήτησης κατά 630% (συνολική ζήτηση 7.3 φορές την ζήτηση για τους 4 επιλεγέντες μήνες του 2019) οριακά υπερβαίνει τη δυναμικότητα του συστήματος.	181
Γράφημα 42 Χρόνοι Ασφαλείας $A_{j,all}$ (ώρες/στάδιο/έτος) για κάθε σενάριο	182
Γράφημα 43 Κέρδος και Κόστος αποθέματος ανά σενάριο - Σενάρια αύξησης σε 4 προεπιλεγμένους μήνες.....	183
Γράφημα 44 Καθαρό Κέρδος ανά σενάριο - Σενάρια σε 4 προεπιλεγμένους μήνες.....	183

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 2-1 Προϊόντα	18
Εικόνα 2-2 Εγκαταστάσεις	19
Εικόνα 2-3 Αποθήκες ανά τον κόσμο - Stock Points	19
Εικόνα 2-4 Διάγραμμα σταδίων παραγωγικής διαδικασίας εργοστασίου	21
Εικόνα 2-5 Μηχανή εξώθησης – Στο βάθος απεικονίζεται η μηχανή που θερμαίνει και λιώνει την πρώτη ύλη (κόκκοι) που στη συνέχεια ψύχεται και κόβεται σε ίνες οι οποίες περνάνε από τα ράουλα και τέλος τυλίγονται σε σιδερένιους σωλήνες	22
Εικόνα 2-6 Μηχανή εξώθησης - οι ίνες περνάνε από τα ράουλα	22
Εικόνα 2-7 Στρεπτική μηχανή – (από τα αριστερά της εικόνας) φαίνεται ο σιδερένιος σωλήνας με το νήμα το οποίο αρχίζει και δέχεται στρέψη μέχρι που τυλίγεται ως στριμμένο νήμα σε χάρτινο σωλήνα (στα δεξιά της εικόνας και στην επόμενη εικόνα)	23
Εικόνα 2-8 Στρεπτική μηχανή – (από τα αριστερά της εικόνας) φαίνεται ο σιδερένιος σωλήνας με το νήμα το οποίο αρχίζει και δέχεται στρέψη μέχρι που τυλίγεται ως στριμμένο νήμα σε χάρτινο σωλήνα (στα δεξιά της εικόνας)	23
Εικόνα 2-9 Εμβολομηχανές – οι σωλήνες με τα στριμμένα νήματα δημιουργούν τον κλώνο ή έμβολο	24
Εικόνα 2-10 Εμβολομηχανές – δημιουργία τελικού κλώνου ή εμβόλου	24
Εικόνα 2-11 Πλεκτική μηχανή – οι κλώνοι τοποθετημένοι στα μεγάλα σιδερένια καρούλια για την τελική πλέξη του σχοινιού	25
Εικόνα 2-12 Πλεκτική μηχανή – (από αριστερά) οι κλώνοι τοποθετημένοι στα μεγάλα σιδερένια καρούλια για την τελική πλέξη του σχοινιού	25
Εικόνα 2-13 Πλεκτική μηχανή – το πλεγμένο σχοινί τανύζεται πριν πάει να τυλιχτεί στον τελικό κάβο	26
Εικόνα 2-14 Δημιουργία τελικού προϊόντος στον κάβο	26
Εικόνα 2-15 Τελική γάσσα στο ένα άκρο του σχοινιού	27
Εικόνα 2-16 Αποθηκευμένοι έτοιμοι πακεταρισμένοι κάβοι	27
Εικόνα 2-17 Μηχανή εφελκυσμού ίνας, νήματος και στριμμένου νήματος	28
Εικόνα 2-18 Μηχανή εφελκυσμού του τελικού προϊόντος	29
Εικόνα 4-1 Χρόνοι επεξεργασίας T_{ij} στο Excel	97
Εικόνα 4-2 Κέρδη και κόστη στο Excel	97
Εικόνα 4-3 Χώρος καταχώρησης της ζήτησης D_{it} στο Excel	98
Εικόνα 4-4 Μεταβλητές απόφασης: Ποσότητες παραγωγής X_{it} στο Excel	98
Εικόνα 4-5 Χώρος αποθεμάτων Y_{it} , και αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$	98
Εικόνα 4-6 Χώρος αντικειμενικής συνάρτησης $\max(K)$ στο Excel	99
Εικόνα 4-7 Τελικοί χρόνοι επεξεργασίας ανά μήνα ανά προϊόν ανά στάδιο FT_{ijt} , στο Excel	99
Εικόνα 4-8 Τελικοί χρόνοι επεξεργασίας ανά μήνα ανά προϊόν ανά στάδιο FT_{ijt} , στο Excel	100
Εικόνα 4-9 Διαθέσιμοι χρόνοι λειτουργίας κάθε σταδίου ανά μήνα T_{jt} - Εργατοώρες, Τελικοί χρόνοι λειτουργίας ανά μήνα ανά στάδιο παραγωγής FT_{jt} – Τελικές εργατοώρες και οι Χρόνοι ασφαλείας A_{jt}	100
Εικόνα 4-10 Διαθέσιμοι χρόνοι λειτουργίας κάθε σταδίου ανά μήνα T_{jt} - Εργατοώρες, Τελικοί χρόνοι λειτουργίας ανά μήνα ανά στάδιο παραγωγής FT_{jt} – Τελικές εργατοώρες και οι Χρόνοι ασφαλείας A_{jt}	101
Εικόνα 4-11 Εργαλείο Open Solver στο Excel	101
Εικόνα 4-12 Παράμετροι επίλυσης στο Excel	102

Εικόνα 4-13 Χώρος δημιουργίας σεναρίων στο Excel.....	113
Εικόνα 4-14 Ενημέρωση από τον Open Solver στο Excel στην περίπτωση συνολικής αύξησης ζήτησης κατά 2.86 φορές την προβλεπόμενη ζήτηση του 2019.....	142
Εικόνα 4-15 Ενημέρωση από τον Open Solver στο Excel στην περίπτωση συνολικής αύξησης ζήτησης κατά 3.3 φορές την προβλεπόμενη ζήτηση του 2019.....	180
Εικόνα 4-16 Ενημέρωση από τον Open Solver στο Excel στην περίπτωση συνολικής αύξησης ζήτησης κατά 7.3 φορές την προβλεπόμενη ζήτηση του 2019.....	219

1.1 Κίνητρα

Στο σύγχρονο επιχειρηματικό κόσμο υπάρχει έντονος ανταγωνισμός και προσπάθεια για τη βέλτιστη διαχείριση του χώρου, του χρόνου και του κόστους παραγωγής. Όλες οι μονάδες παραγωγής στοχεύουν στην καλύτερη αξιοποίηση των παραγωγικών δυνατοτήτων τους, προκειμένου να επιβιώσουν. Σε αυτό συνεισφέρει η μελέτη προβλημάτων σχετικά με τα συστήματα παραγωγής. Ο αποδοτικός σχεδιασμός και προγραμματισμός της παραγωγικής διαδικασίας και η κατάλληλη πρόβλεψη, κρίνονται ιδιαίτερα σημαντικές διαδικασίες για την επιβίωση και την εξέλιξη της κάθε βιομηχανίας. Μια σωστή μελέτη του προγραμματισμού της παραγωγής και μια σωστή εφαρμογή πρόβλεψης, συμβάλλουν στη σωστή διαχείριση των πόρων της επιχείρησης και κατ' επέκταση στην κερδοφορία της.

1.2 Συνεισφορά και στόχος της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά ένα εργοστάσιο παραγωγής συνθετικών καραβόσχοινων (κάβων) που τροφοδοτεί αποθήκες μεταπώλησης σε διάφορες περιοχές του κόσμου. Εξετάζει τα προβλήματα πρόβλεψης ζήτησης, προγραμματισμού δυναμικότητας παραγωγής και σχεδίασης του πλάνου παραγωγής των προϊόντων. Η ιδέα εκπόνησης της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας ξεκίνησε από την ανάγκη της επιχείρησης να μπορεί να υπολογίζει τον έγκαιρο ανεφοδιασμό των αποθηκών ανά τον κόσμο, σε περιπτώσεις αυξημένης ζήτησης, βασιζόμενη στην πρόβλεψη της ζήτησης, το ελάχιστο απόθεμα των αποθηκών καθώς και το πλάνο παραγωγής. Σε συνεργασία με τα στελέχη της επιχείρησης, περιεγράφηκαν τα χαρακτηριστικά του συστήματος παραγωγής και αντλήθηκαν τα δεδομένα παραγωγής και ζήτησης που ήταν απαραίτητα για την επίλυση του προβλήματος σχεδίασης παραγωγής συνθετικών σχοινιών.

Αρχικά πραγματοποιείται η πρόβλεψη της ζήτησης της βιομηχανίας για τα έτη 2019 και 2020 χρησιμοποιώντας δεδομένα των προηγούμενων ετών. Στη συνέχεια γίνεται ο προγραμματισμός παραγωγής με τον οποίο προσδιορίζονται οι ανάγκες παραγωγής του εργοστασίου για μία περίοδο αρκετών μηνών. Συγκεκριμένα εφαρμόζεται γραμμικός προγραμματισμός με στόχο την βελτιστοποίηση του κέρδους υπό περιορισμούς διαθεσιμότητας για διάφορα σενάρια ζήτησης τα οποία βασίζονται σε προβλέψεις και πραγματικά δεδομένα.

Τελικά σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να μελετηθεί το κατά πόσο επηρεάζουν οι αποκλίσεις των προβλέψεων των πωλήσεων των προϊόντων, το πλάνο παραγωγής ενός εργοστασίου. Επίσης κρίνεται αναγκαίο να εντοπισθούν οι συνθήκες στις οποίες το εργοστάσιο θα υπερβεί τα όρια της παραγωγικής του ικανότητας και να παρατηρηθούν οι χρόνοι στα στάδια παραγωγής, τα επίπεδα των αποθεμάτων, τα κόστη και τα κέρδη, καθώς και οι παραγόμενες ποσότητες.

1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας

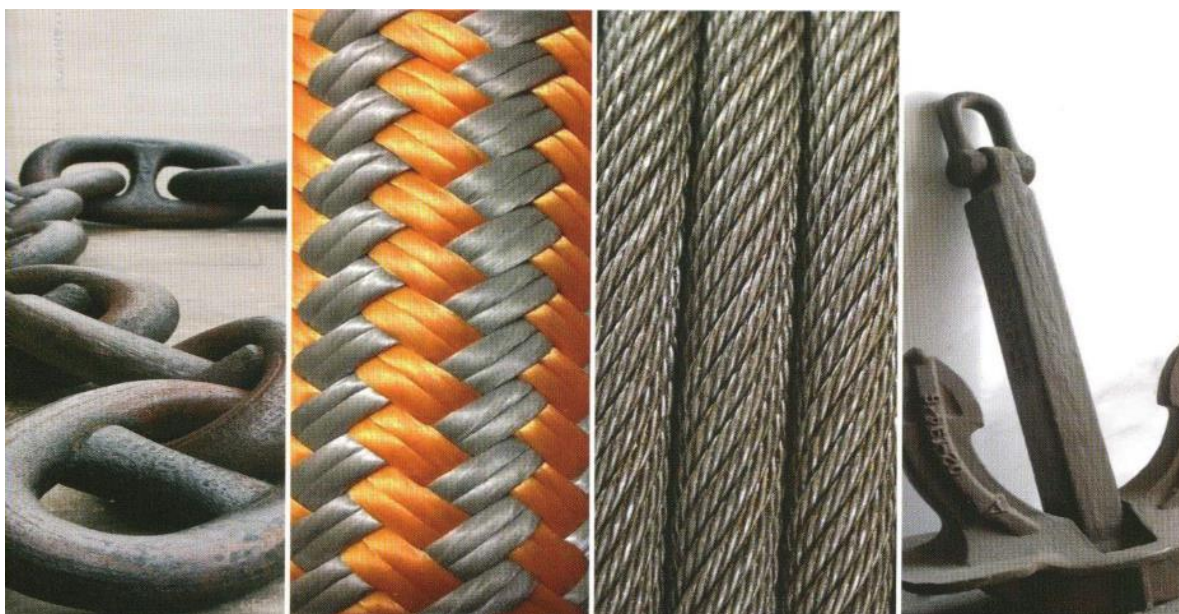
Στο πρώτο στάδιο της εργασίας μελετάται η πρόβλεψη της ζήτησης ανά μονάδα χρόνου. Στόχος της πρόβλεψης είναι η μείωση της αβεβαιότητας στις αποφάσεις που πρέπει να πάρει η επιχείρηση. Στην συγκεκριμένη εργασία, πραγματοποιείται η πρόβλεψη μηνιαίας ζήτησης οκτώ προϊόντων για το 2019 και το 2020. Για τον σκοπό αυτό αντλήθηκαν δεδομένα ζήτησης (δεδομένα πωλήσεων) των προϊόντων για την περίοδο 2014 - 2018. Η πρόβλεψη πραγματοποιείται με ανάλυση χρονοσειρών (μέθοδοι προεκβολής) και συγκεκριμένα με τη μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης Winters, την απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα και με αυτοπαλινδρομικά μοντέλα κινητού μέσου όρου ARMA. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιείται είναι το πρόγραμμα στατιστικών αναλύσεων SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Έπειτα, μελετάται και αξιολογείται η ποιότητα της πρόβλεψης που πραγματοποιήθηκε για κάθε ένα από τα οκτώ προϊόντα της εταιρίας. Συγκεκριμένα γίνεται σύγκριση των τιμών που έδωσαν οι προβλέψεις σε κιλά (kg) και των πραγματικών πωλήσεων σε κιλά, που έκανε η εταιρία το 2019 για κάθε προϊόν ξεχωριστά.

Στο επόμενο στάδιο της εργασίας γίνεται ο προγραμματισμός παραγωγής με τον οποίο προσδιορίζονται οι ανάγκες παραγωγής του εργοστασίου για μία περίοδο αρκετών μηνών. Εφαρμόζεται γραμμικός προγραμματισμός με στόχο την βελτιστοποίηση του κέρδους υπό περιορισμούς διαθεσιμότητας για διάφορα σενάρια ζήτησης τα οποία βασίζονται σε προβλέψεις και πραγματικά δεδομένα. Αρχικά μοντελοποιείται το γραμμικό πρόβλημα. Έπειτα, φτιάχνεται το πλάνο παραγωγής με βάση τις προβλέψεις του 2019 και το πλάνο παραγωγής με βάση τις πραγματικές πωλήσεις του 2019, όπως αυτές αντλήθηκαν από την εταιρία. Σκοπός είναι η σύγκριση των δύο πλάνων παραγωγής για να μελετηθεί το πώς και το κατά πόσο επηρεάζουν οι αποκλίσεις των προβλέψεων των πωλήσεων των προϊόντων, το πλάνο παραγωγής ενός εργοστασίου. Επίσης, παρουσιάζεται η μοντελοποίηση τους προβλήματος σε περίπτωση υπερωριών. Έπειτα μελετώνται διάφορα σενάρια αύξησης της ζήτησης προκειμένου να εντοπιστούν οι συνθήκες στις οποίες το εργοστάσιο θα υπερβεί τα όρια της παραγωγικής του ικανότητας και να παρατηρηθούν οι χρόνοι στα στάδια παραγωγής, τα επίπεδα των αποθεμάτων και οι παραγόμενες ποσότητες. Σκοπός είναι η διοίκηση της εταιρίας να μπορεί να οργανώνει κάθε φορά την παραγωγή του εργοστασίου σε κάθε περίπτωση ανάγκης κάλυψης ζήτησης σε οποιαδήποτε πιθανή προβλεπόμενη αύξηση αυτής.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ

2.1 Γενικές πληροφορίες

Η υπό μελέτη εταιρία ιδρύθηκε το 1967 από τους μέχρι και σήμερα ιδιοκτήτες της, ενώ τα ηνία κρατάει η επόμενη γενεά. Από το ξεκίνημά της μέχρι και σήμερα παραμένει οικογενειακή επιχείρηση. Είναι μία 100% ελληνική επιχείρηση που εξυπηρετεί τους κλάδους της ναυτιλίας, της ιχθυοκαλλιέργειας, του yachting και των offshore θαλάσσιων κατασκευών.



Εικόνα 2-1 Προϊόντα

Από τότε που ιδρύθηκε η εταιρία δίνει έμφαση στην καινοτομία των προϊόντων που παράγει. Τα προϊόντα της μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν σχοινιά και κάβους υψηλών προδιαγραφών, συρματόσχοινα, σχοινοσύρματα και αλυσίδες. Τα προϊόντα παράγονται στην Ελλάδα και είναι αναγνωρισμένα και πιστοποιημένα από όλους τους διεθνείς οργανισμούς πιστοποίησης αλλά και από τους χρήστες λόγω της υψηλής τους ποιότητας και της τεχνικής τους υπεροχής. Η εταιρία κατέχει ηγετική θέση στην Ευρώπη και σε ολόκληρο τον κόσμο.

Τα κεντρικά γραφεία της εταιρίας βρίσκονται στον Πειραιά και οι εγκαταστάσεις του εργοστασίου στην Θήβα. Το εργοστάσιο καλύπτει 30.000 τ.μ. κλειστού χώρου και πάνω από 100.000 τ.μ. ανοιχτών εγκαταστάσεων όπου διατίθενται σε στοκ μεγάλα αποθέματα ναυτιλιακών αλυσίδων και αγκυρών. Με την βοήθεια της θυγατρικής εταιρίας (Ελληνική διχτυοραφεία) η εταιρία είναι σε θέση να εξυπηρετεί τις ανάγκες για την υλοποίηση εγκαταστάσεων ιχθυοτροφείων και ιχθυοκαλλιεργειών. Πρόσφατα προέβη και στη εξαγορά και απορρόφηση μεγάλης εταιρίας παραγωγής σχοινιών, με συνέπεια την αποκλειστική κατασκευή και διανομή των παγκοσμίου φήμης σχοινιών KARAT.



Εικόνα 2-2 Εγκαταστάσεις

Στόχος της εταιρίας είναι να εστιάζει στην ικανοποίηση του τελικού χρήστη, στην ταχύτατη εξυπηρέτηση και παράδοση παραγγελιών σε ολόκληρο τον κόσμο, στον ειδικό σχεδιασμό και κατασκευή κάβων όταν αυτό απαιτείται και στην ανάπτυξη και βελτίωση των προϊόντων που διαθέτει. Για την υλοποίηση των παραπάνω στόχων, η εταιρία έχει δημιουργήσει ένα δίκτυο αποθηκών και παρέχει εξυπηρέτηση στα μεγαλύτερα λιμάνια (stock points) της υψηλίου ξεκινώντας από τον Πειραιά μέχρι τη Νέα Υόρκη ΗΠΑ, το Χιούστον, τη Νέα Ορλεάνη ΗΠΑ, το Λος Άντζελες ΗΠΑ, τον Παναμά, το Αμβούργο, το Ρότερνταμ, την Αμβέρσα, τη Σιγκαπούρη, το Κέιπ Τάουν και το Ντέρμπαν Νότιας Αφρικής, το Λας Πάλμας και την Ταραγκόνα Ισπανίας, το Λιβόρνο Ιταλίας και τη Φουτζάιρα Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων.



Εικόνα 2-3 Αποθήκες ανά τον κόσμο - Stock Points

2.2 Παραγωγή

Η εταιρεία παράγει προϊόντα προς αποθήκευση ή κατόπιν ανάθεσης παραγγελίας από πελάτη. Ο προγραμματισμός της παραγωγής βασίζεται στο πλάνο πωλήσεων, το οποίο διαρκώς αναθεωρείται με βάση την παραγωγή των προηγούμενων μηνών, το τρέχον απόθεμα, τις τρέχουσες παραγγελίες που έρχονται από το τμήμα πωλήσεων και τις τάσεις της αγοράς και είναι ευθύνη του Διευθυντή Εργοστασίου.

2.2.1 Προϊόντα και πρώτες ύλες

Προϊόντα

Κύρια παραγωγή του εργοστασίου είναι η κατασκευή συνθετικών σχοινιών. Τα είδη των σχοινιών είναι τα ειδικά σχοινιά (special ropes), ειδικά συνθετικά σχοινιά από πολυπροπυλένιο, τα κοινά σχοινιά (common ropes), τα οικονομικά σχοινιά (cheap ropes) και τα πολύ οικονομικά σχοινιά (even cheap ropes).

Πρώτες ύλες

Το εργοστάσιο προμηθεύεται τις πρώτες ύλες κυρίως από ξένους προμηθευτές και εγχώριους σε μικρότερο ποσοστό. Πρόσφατα αγοράστηκε ειδική μηχανή για την κατασκευή συγκεκριμένης πρώτης ύλης από το ίδιο το εργοστάσιο. Ο χρόνος παράδοσης των πρώτων υλών από τους εγχώριους προμηθευτές είναι το πολύ ένας μήνας ενώ από τους ξένους ενάμιση με δύο μήνες.

Οι πρώτες ύλες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, βασικές πρώτες ύλες και βοηθητικές. Οι βασικές πρώτες ύλες είναι το πολυπροπυλένιο (PP), το πολυαιθυλένιο (PE), ο πολυεστέρας (PES ή PET), νάilon, υγρό εμβάπτισης για προστασία και αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία (UV) και το χρώμα (colour). Οι βοηθητικές πρώτες ύλες είναι κάποια ιδιαίτερα χρώματα και διάφορες άλλες ύλες σε μορφή κόκκων και υγρά εμβάπτισης για την κατασκευή ειδικών σχοινιών. Για την νάilon μορφή των σχοινιών γίνεται προσθήκη πολυαμιδίου. Όλες οι πρώτες ύλες αγοράζονται σε μορφή κόκκων και σε κάποιες ειδικές περιπτώσεις αγοράζονται και σε μορφή νήματος.

Στο τέλος κάθε εβδομάδας παραγωγής του εργοστασίου, γίνεται η καταμέτρηση των πρώτων υλών και η ενημέρωση του τρέχοντος υπολοίπου κάθε πρώτης ύλης με σκοπό να σημειώνεται η μέση εβδομαδιαία κατανάλωση ανά υλικό πρώτης ύλης.

Η φύλαξη των πρώτων υλών στις αποθήκες του εργοστασίου γίνεται κυρίως σε εσωτερικό χώρο, στεγασμένο και σκιερό, προκειμένου να διατηρούνται οι φυσικές ιδιότητές τους και να αποφεύγεται η αλλοίωση από τις καιρικές συνθήκες. Επίσης οι άσκοπες μετακινήσεις των πρώτων υλών δεν είναι επιθυμητές γιατί μία μετακίνηση μπορεί να επιφέρει χτυπήματα, σκισίματα συσκευασιών και διείσδυση υγρασίας και βρωμιάς της πρώτης ύλης. Γενικά οι συγκεκριμένες πρώτες ύλες μπορούν να παραμείνουν αναλλοίωτες στις αποθήκες μέχρι και δύο και έξι χρόνια. Σίγουρα όμως η φύλαξη σε εξωτερικό χώρο επιταχύνει την αλλοίωση τους σε αντίθεση με την φύλαξη σε εσωτερικό χώρο.

Η αλλοίωση της πρώτης ύλης αναγνωρίζεται από τον ποιοτικό έλεγχο που πραγματοποιείται στο εργοστάσιο μέσα στα στάδια της παραγωγής. Σε περίπτωση που ένα έτοιμο ή ημιέτοιμο προϊόν δεν εγκριθεί από τον ποιοτικό έλεγχο, τότε αυτό μεταφέρεται στη μηχανή ανακύκλωσης που διαθέτει το εργοστάσιο.

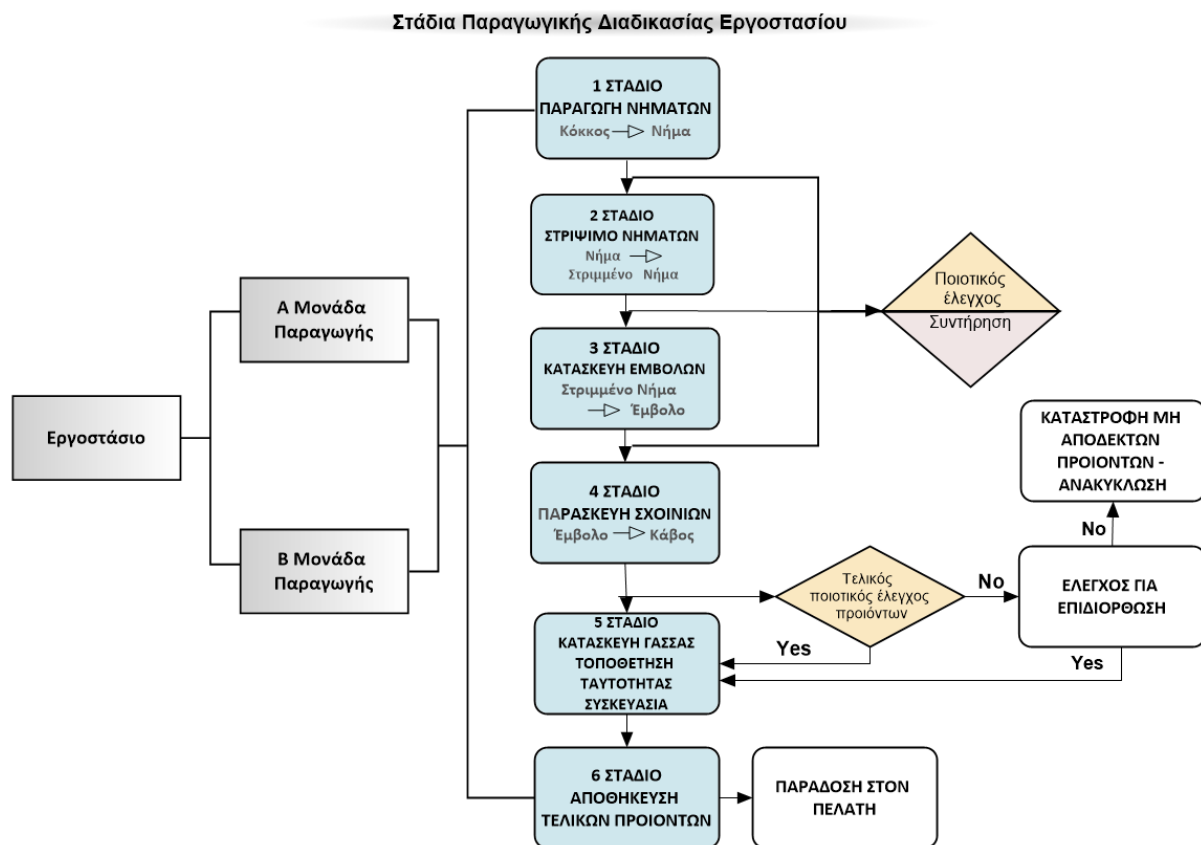
2.2.2 Διαδικασία και στάδια παραγωγής

Το εργοστάσιο διαθέτει δύο μονάδες παραγωγής.

Η Μονάδα Α διαθέτει: 3 μηχανήματα εξώθησης (extruder), 20 στρεπτικά μηχανήματα, 5 εμβολομηχανές, 9 πλεκτικές μηχανές.

Η Μονάδα Β διαθέτει: 2 μηχανήματα εξώθησης, 9 στρεπτικά μηχανήματα, 2 εμβολομηχανές, 2 πλεκτικές μηχανές.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας του εργοστασίου, όπως φτιάχτηκε με τη βοήθεια του προγράμματος “Click Charts by NCH software”:



Εικόνα 2-4 Διάγραμμα σταδίων παραγωγικής διαδικασίας εργοστασίου

Στάδια Παραγωγής

1^ο Στάδιο παραγωγής: Παραγωγή Νημάτων

Μηχανή εξώθησης / Extruding (Κόκκος → Νήμα)

Η πρώτη ύλη σε μορφή κόκκου μπαίνει στο extruder για εξώθηση. Αρχικά λιώνει μέσω της θερμότητας. Ακολούθως το λιωμένο υλικό είτε περνάει από τις κεφαλές (επιφάνεια με οπές) από τις οποίες βγαίνει σε στρογγυλή μορφή ίνας (κλωστές) και ψύχεται μέσα από εμβάπτιση σε νερό, είτε το λιωμένο υλικό περνάει μέσα από ράουλα και βγαίνει σε μορφή φύλλου, το οποίο στη συνέχεια περνάει από τους κόφτες και παίρνει τη μορφή μικρών λωρίδων. Με την διαδικασία θέρμανσης και ψύξης του υλικού, σταθεροποιούνται οι ιδιότητές του (σταμπιλάρεται). Τέλος οι ίνες ή οι λωρίδες τυλίγονται πάνω σε σιδερένιες σωλήνες και παλετοποιούνται (spool).

Ο μέγιστος χρόνος λειτουργίας των μηχανημάτων του σταδίου αυτού είναι 24 ώρες/ ημέρα.

Ο χρόνος που χρειάζεται το πρώτο στάδιο, για να δουλέψει για έναν μέσο κάβο 220 μέτρων, 60mm, είναι κατά μέσο 2.5 ώρες.



Εικόνα 2-5 Μηχανή εξώθησης – Στο βάθος απεικονίζεται η μηχανή που θερμαίνει και λιώνει την πρώτη ύλη (κόκκοι) που στη συνέχεια ψύχεται και κόβεται σε ίνες οι οποίες περνάνε από τα ράουλα και τέλος τυλίγονται σε σιδερένιους σωλήνες



Εικόνα 2-6 Μηχανή εξώθησης - οι ίνες περνάνε από τα ράουλα

2^ο Στάδιο παραγωγής: Στρίψιμο Νημάτων

Στρεπτική Μηχανή / Twisting (Νήμα → Στριμμένο Νήμα)

Οι σιδερένιες σωλήνες με το νήμα μπαίνουν στη στρεπτική μηχανή και δημιουργείται το στριμμένο νήμα, το οποίο τυλίγεται σε χάρτινες σωλήνες και παλετοποιούνται.

Ο μέγιστος χρόνος λειτουργίας των μηχανημάτων του σταδίου αυτού είναι 24 ώρες/ ημέρα.

Ο χρόνος που χρειάζεται το δεύτερο στάδιο, για να δουλέψει για έναν μέσο κάβο 220 μέτρων, 60mm, είναι κατά μέσο όρο 5 ώρες.



Εικόνα 2-7 Στρεπτική μηχανή – (από τα αριστερά της εικόνας) φαίνεται ο σιδερένιος σωλήνας με το νήμα το οποίο αρχίζει και δέχεται στρέψη μέχρι που τυλίγεται ως στριμμένο νήμα σε χάρτινο σωλήνα (στα δεξιά της εικόνας και στην επόμενη εικόνα)



Εικόνα 2-8 Στρεπτική μηχανή – (από τα αριστερά της εικόνας) φαίνεται ο σιδερένιος σωλήνας με το νήμα το οποίο αρχίζει και δέχεται στρέψη μέχρι που τυλίγεται ως στριμμένο νήμα σε χάρτινο σωλήνα (στα δεξιά της εικόνας)

3^ο Στάδιο παραγωγής: Κατασκευή εμβόλων

Εμβολομηχανές / Stranding (Στριμμένο Νήμα → Κλώνος ή Έμβολο)

Πολλοί σωλήνες στριμμένου νήματος μπαίνουν στις εμβολομηχανές, ανάλογα με τις προδιαγραφές κάθε σχοινιού, και φτιάχνεται ο επιθυμητός κλώνος ή έμβολο. Ο κλώνος είναι πολλά στριμμένα νήματα μαζί.

Ο μέγιστος χρόνος λειτουργίας των μηχανημάτων του σταδίου αυτού είναι 21 ώρες/ ημέρα.

Ο χρόνος που χρειάζεται το τρίτο στάδιο, για να δουλέψει για έναν μέσο κάβο 220 μέτρων, 60mm, είναι κατά μέσο 1.5 ώρες.



Εικόνα 2-9 Εμβολομηχανές – οι σωλήνες με τα στριμμένα νήματα δημιουργούν τον κλώνο ή έμβολο



Εικόνα 2-10 Εμβολομηχανές – δημιουργία τελικού κλώνου ή εμβόλου

4^ο Στάδιο παραγωγής: Παρασκευή Σχοινιών

Πλεκτική Μηχανή / Braiding (Κλώνοι ή Έμβολα → Κάβος)

Ανάλογα με τη σύνθεση του επιθυμητού σχοινιού τοποθετούνται στην πλεκτική μηχανή οι ανάλογοι κλώνοι και παράγεται το τελικό προϊόν. Οι κλώνοι τοποθετούνται σε μεγάλα σιδερένια καρούλια τα οποία θα εφοδιάσουν την πλεκτική μηχανή για την παραγωγή του τελικού σχοινιού. Ο μέγιστος χρόνος λειτουργίας των μηχανημάτων του σταδίου αυτού είναι 19 - 20 ώρες/ ημέρα.

Ο ένας κάβος συνήθως είναι 200 ή 220 μέτρα. Επίσης το πάχος του σχοινιού που τυλίγεται σε κάβο μπορεί να κυμαίνεται από 3mm έως και 120mm.

Ο χρόνος που χρειάζεται το τρίτο στάδιο, για να δουλέψει για έναν μέσο κάβο 220 μέτρων, 60mm, είναι κατά μέσο 1.5 ώρες.



Εικόνα 2-11 Πλεκτική μηχανή – οι κλώνοι τοποθετημένοι στα μεγάλα σιδερένια καρούλια για την τελική πλέξη του σχοινιού



Εικόνα 2-12 Πλεκτική μηχανή – (από αριστερά) οι κλώνοι τοποθετημένοι στα μεγάλα σιδερένια καρούλια για την τελική πλέξη του σχοινιού



Εικόνα 2-13 Πλεκτική μηχανή – το πλεγμένο σχοινί τανύζεται πριν πάει να τυλιχτεί στον τελικό κάβο



Εικόνα 2-14 Δημιουργία τελικού προϊόντος στον κάβο

5^ο Στάδιο παραγωγής: Eye splicing and Packing

Στις δύο άκρες του σχοινιού πλέκονται οι γάσσες αφού τοποθετηθούν στα δύο άκρα τα προστατευτικά καλύμματα. Έπειτα τοποθετείται η ταυτότητα του σχοινιού (identification label) πάνω στο σχοινί. Τέλος ο κάβος περνάει στο στάδιο του πακεταρίσματος όπου τυλίγεται με υλικό συσκευασίας και τοποθετείται η τελική ταμπέλα σήμανσης πάνω στον συσκευασμένο κάβο με τι πληροφορίες του σχοινιού.



Εικόνα 2-15 Τελική γάσσα στο ένα άκρο του σχοινιού

6^ο Στάδιο παραγωγής: Storing

Οι έτοιμοι κάβοι είτε αποθηκεύονται στους χώρους του εργοστασίου, είτε μεταφέρονται στο χώρο φόρτωσης για να αποσταλούν στις κατάλληλες αποθήκες.



Εικόνα 2-16 Αποθηκευμένοι έτοιμοι πακεταρισμένοι κάβοι

2.2.3 Ποιοτικός έλεγχος

Ποιοτικός έλεγχος πραγματοποιείται σε όλες τις φάσεις της παραγωγής, από την αρχική μέχρι την τελική φάση. Συγκεκριμένα στο πρώτο και δεύτερο στάδιο (extruding και twisting) λαμβάνονται δείγματα από τα ημιέτοιμα προϊόντα και ελέγχονται οι μηχανικές τους ιδιότητες, κυρίως με την μέθοδο του εφελκυσμού. Κάθε προϊόν που ολοκληρώνεται, ανεξαρτήτως μεγέθους, ελέγχεται στην πρωινή βάρδια από τον ελεγκτή ποιότητας ή/και τους προϊστάμενους παραγωγής. Οι ίδιοι ελέγχουν κάθε πρωί και τα προϊόντα παραγωγής της προηγούμενης απογευματινής και βραδινής βάρδιας. Ο έλεγχος γίνεται πριν την παραλαβή των παλετών από την αποθήκη. Κανένα προϊόν δεν εισάγεται στην αποθήκη πριν τον τελικό έλεγχο.



Εικόνα 2-17 Μηχανή εφελκυσμού ίνας, νήματος και στριμμένου νήματος



Εικόνα 2-18 Μηχανή εφελκυσμού του τελικού προϊόντος

2.2.4 Ημιέτοιμα προϊόντα

Σε κάποια στάδια παραγωγής παράγονται ημιέτοιμα προϊόντα τα οποία ή προχωρούν στο επόμενο στάδιο, σε περίπτωση που ξεκίνησε η παραγωγή τους με σκοπό να κατασκευαστεί ο τελικός κάβος ή αποθηκεύονται στις αποθήκες των ημιέτοιμων προϊόντων στους χώρους του εργοστασίου προκειμένου να δημιουργείται απόθεμα ημιέτοιμων προϊόντων έτοιμων για χρήση όποτε χρειαστεί.

Συγκεκριμένα, ημιέτοιμα προϊόντα φτιάχνονται στο πρώτο και στο δεύτερο στάδιο. Στα υπόλοιπα στάδια δεν φτιάχνονται ημιέτοιμα προϊόντα. Πρακτικά το εργοστάσιο ξεκινά κάθε χρονιά με απόθεμα ημιέτοιμων προϊόντων του πρώτου και δεύτερου σταδίου, με βάση τις εκκρεμότητες παραγγελιών που μπορεί να υπάρχουν πριν λήξει η χρονιά. Θεωρητικά και εμπειρικά, κάθε αρχή χρονιάς, οι ποσότητες ημιέτοιμων προϊόντων κατά μέσον όρο είναι:

Από το πρώτο στάδιο: 150 – 200 τόνοι.

Από το δεύτερο στάδιο: 150 – 200 τόνοι.

2.2.5 Βλάβες και επιδιορθώσεις

Σε περίπτωση βλάβης σε κάποια μηχανή, η επισκευή μπορεί να κρατήσει από ένα λεπτό μέχρι 3 μέρες, ανάλογα το είδος της βλάβης και το ανθρώπινο δυναμικό. Με την εμφάνιση κάποιας βλάβης σε κάποια μηχανή, πραγματοποιείται εποπτικός έλεγχος και συντήρηση των

υπόλοιπων εξαρτημάτων της μηχανής. Οι μηχανές συντηρούνται με βάση τα προγράμματα συντήρησης των κατασκευαστών.

2.2.6 Αποθήκες ανά τον κόσμο / Stock Points

Η παράδοση των έτοιμων προϊόντων (κάβων) στους πελάτες (πλοία) γίνεται μέσω ενός μεγάλου παγκόσμιου δικτύου αποθηκών που έχει δημιουργήσει η εταιρία σε πολλά και κομβικά λιμάνια πολλών χωρών. Με βάση την ιστορική ζήτηση, η εταιρία γνωρίζει το ελάχιστο επίπεδο αποθέματος κάθε αποθήκης. Το απόθεμα αυτό μέσω μιας διαρκούς ροής αποστολών από το εργοστάσιο και παραδόσεων στους πελάτες διατηρείται για την ικανοποίηση απρόβλεπτης ζήτησης. Επιπλέον, γίνονται αποστολές έκτακτων και απρόβλεπτων παραγγελιών. Επομένως, σε κάθε αποθήκη υπάρχει πιθανότητα τόσο άμεσης παράδοσης των κάβων αμέσως με το που φτάσουν στην αποθήκη, όσο και της φύλαξης των κάβων για κάποιες μέρες μέχρι να καταφθάσει το πλοίο να παραλάβει την παραγγελία του. Η χωρητικότητα της κάθε αποθήκης είναι μεγάλη και ο υπεύθυνος πωλήσεων της εταιρίας φροντίζει για τον ανεφοδιασμό τους με βάση τα ιστορικά στοιχεία της ζήτησης κάθε προϊόντος σε κάθε αποθήκη. Επίσης σε περιπτώσεις έκτακτων παραγγελιών η εταιρία έρχεται σε επικοινωνία με το ενδιαφερόμενο πλοίο (πελάτης) και κατόπιν συνεννόησης γίνεται η αποστολή της παραγγελίας από το εργοστάσιο στην αποθήκη, από την οποία θα περάσει το πλοίο σε ημερομηνία που έχει συμφωνηθεί για να γίνει η παραλαβή. Οι περισσότερες αποθήκες είναι ιδιοκτησία της εταιρίας αλλά υπάρχουν και κάποιες υπό ενοικίαση. Σε περίπτωση υπερχειλίσης μιας αποθήκης νοικιάζεται προσωρινά επιπλέον κοντινός χώρος προς αποθήκευση των προϊόντων.

A/A	Κωδικός	Περιγραφή	Πόλη	Χώρα	Ημέρες παράδοσης/ταξιδιού
1	AX01	Κέντρικό	Πειραιάς	Ελλάδα	1
2	AX02	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ	Θήβα	Ελλάδα	0
3	AX04	TUBINO	Λιβόρνο	Ιταλία	5
4	AX08	EUROCABLE	Αντβέρπη	Βέλγιο	7
5	AX10	GAYLIN	Σιγκαπούρη	Σιγκαπούρη	20
6	AX11	MAYFAIR	Νέα Υόρκη	Η.Π.Α.	30
7	AX12	CHICAGO SHIP CHANDL.	Φουτζάιρα	Η.Α.Ε.	25
8	AX14	WEST COAST SHIP SUPPLY	Λος Άντζελες	Η.Π.Α.	35
9	AX17	WCI	Χιούστον	Η.Π.Α.	30
10	AX18	KLOMAR	Νέα Ορλεάνη	Η.Π.Α.	30
11	AX21	DINO THEO/TARRAGONA	Ταραγκόνα	Ισπανία	8
12	AX28	MERCANTILE SHIPSTORES SA	Κόλον	Παναμάς	35
13	AX31	DINO THEO/ALGECIRAS	Αλγεθίρας	Ισπανία	15
14	AX59	TRITON	Ρότερνταμ	Ολλανδία	8
15	AX60	NATIONAL SHIP CHANDLERS(NATAL)	Ντέρμπαν	Νότια Αφρική	30
16	AX68	EMS LAS PALMAS	Λας Πάλμας	Ισπανία	20
17	AX52	EUROROEPE	Θήβα	Ελλάδα	0

Πίνακας 2-1 Αποθήκες ανά τον κόσμο – Stock Points

Η εταιρία εφοδιάζει τις αποθήκες της, αποστέλλοντας εμπορευματοκιβώτια (containers) κυρίως μέσω θαλάσσης, αλλά και οδικώς με φορτηγά και σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις εναερίως με αεροπλάνο. Σε κάθε αποθήκη αποστέλλεται πάντα γεμάτο εμπορευματοκιβώτιο (container) με έτοιμους κάβους (μέγιστη χωρητικότητα κατ' όγκο 63.5 m³, κατά βάρος 20000 κιλά και σε κάβους 44 κάβοι/τεμάχια). Στην περίπτωση που γίνεται αποστολή κάβων με σκοπό τον ανεφοδιασμό της αποθήκης (όχι έκτακτη παράδοση) το εμπορευματοκιβώτιο αποστέλλεται πάντα γεμάτο για προφανείς οικονομικούς λόγους. Σε περίπτωση που πρέπει να αποσταλεί με εμπορευματοκιβώτιο κάποια παραγγελία σε μία αποθήκη, αλλά δεν είναι ικανή να το γεμίσει, γίνεται συνδυασμός αποστολών. Δηλαδή γεμίζει το

εμπορευματοκιβώτιο και με άλλες παραγγελίες που πρέπει να παραδοθούν σε άλλες αποθήκες, οπότε και το πλοίο συνδυάζει τις διαδρομές. Ο ανεφοδιασμός των αποθηκών ελέγχεται ανά τρίμηνο ή εξάμηνο, με κριτήρια την ζήτηση των προϊόντων και τον προγραμματισμό των παραγγελιών. Μέχρι σήμερα η εταιρία μετρά 1790 διαφορετικούς κωδικούς σχοινιών.

3.1 Γενικά περί προβλέψεων

Στο σύγχρονο επιχειρηματικό κόσμο το ανταγωνιστικό περιβάλλον είναι ιδιαίτερα έντονο. Η ικανότητα μιας επιχείρησης να προσαρμόζεται αποτελεσματικά στις αλλαγές του επιχειρησιακού περιβάλλοντος αποτελεί σημαντικό ζήτημα, το οποίο καθορίζει την επιτυχία της επιχείρησης. Γι' αυτόν τον λόγο είναι απαραίτητο για μια εταιρία να κάνει καλές εκτιμήσεις των μελλοντικών συμπεριφορών διάφορων κρίσιμων μεγεθών για την δραστηριότητά της. Αυτό επιτυγχάνεται εφαρμόζοντας μεθόδους πρόβλεψης [1].

Η πρόβλεψη αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στον κλάδο των επιχειρήσεων. Τόσο στις μικρές όσο και στις μεγάλες επιχειρήσεις, η πρόβλεψη και η εκτίμηση μελλοντικών καταστάσεων αποτελούν σημαντικό κομμάτι για τις στρατηγικές αποφάσεις, τις οποίες οι επιχειρήσεις καλούνται να σχεδιάσουν και να λάβουν, με απώτερο σκοπό το κέρδος. Κάθε επιχείρηση καλείται να πάρει επενδυτικές αποφάσεις που αφορούν την έκτασή της, καθώς επίσης και αποφάσεις που περιλαμβάνουν την εκτίμηση της πορείας της παραγωγής προϊόντων και υπηρεσιών για τα επόμενα έτη. Στην πρόβλεψη βασίζονται οι επιχειρήσεις για πολλές αποφάσεις που πρέπει να λάβουν [1].

Σκοπός της διαδικασίας της πρόβλεψης είναι η μείωση της αβεβαιότητας στις αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν. Με λίγα λόγια στόχος της πρόβλεψης είναι η εκτίμηση των μελλοντικών εξελίξεων διάφορων μεγεθών, βάσει της οποίας μια επιχείρηση μπορεί να σχεδιάσει το πλάνο παραγωγής της με μεγαλύτερη ακρίβεια [1], [2].

Πρόβλεψη πραγματοποιείται σε διάφορα τμήματα μια επιχείρησης, όπως στις πωλήσεις, στην παραγωγική διαδικασία, στην εφοδιαστική αλυσίδα, στον προγραμματισμό της παραγωγής, στο οικονομικό τμήμα καθώς και στο τμήμα marketing. Η πρόβλεψη των πωλήσεων θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας και τα αποτελέσματά της μπορούν να αξιοποιηθούν σε διάφορα τμήματα της εταιρίας και στην οργανωτική δομή της. Η πρόβλεψη της ζήτησης είναι άμεσα συνδεδεμένη με την παραγωγή του εργοστασίου και τον συνολικό σχεδιασμό. Αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν σχετικά με τον έλεγχο των αποθεμάτων, τις ποσότητες παραγγελιών, τους χρόνους έκδοσης εντολών παραγωγής και παραγγελιών, τα αποθέματα ασφαλείας, και διάφορα άλλα, βασίζονται στις προβλέψεις της ζήτησης. Η ακρίβεια των αποφάσεων αυτών επηρεάζει την απόδοση όλου του συστήματος του εργοστασίου. Συγκεκριμένα, υποεκτίμηση της ζήτησης δημιουργεί ελλείψεις αποθεμάτων, κακή εξυπηρέτηση πελατών και χαμένες πωλήσεις, ενώ η υπερεκτίμηση της ζήτησης προκαλεί δημιουργία μεγάλου όγκου αποθεμάτων. Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης χρησιμοποιούνται, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα, στην παραγωγή και τον προγραμματισμό. Όλες οι βιομηχανίες έχουν ως βασική αρχή την ικανοποίηση της ζήτησης των πελατών [2], [3], [4], [5].

Η πρόβλεψη βασίζεται συνήθως σε μελέτη ιστορικών δεδομένων μιας επιχείρησης. Η ανάλυση δεδομένων για την προγενέστερη πορεία διάφορων κρίσιμων μεγεθών του εκάστοτε φαινομένου που μελετάται, αποτελεί βάση για την πραγματοποίηση των προβλέψεων. Σε περίπτωση που τα δεδομένα αυτά είναι διατεταγμένα κατά χρονική σειρά εμφάνισης, τότε σχηματίζουν μια χρονοσειρά. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να αφορούν ομάδες προϊόντων ή και

μεμονωμένα προϊόντα. Οι προβλέψεις μπορούν να αφορούν την ζήτηση προϊόντων και υπηρεσιών, το ελάχιστο απόθεμα, την στάθμη παραγωγής και άλλα [2], [3].

Η ανάγκη για ακριβείς προβλέψεις οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Αρχικά, ο αυξανόμενος ανταγωνισμός, η μείωση της διάρκειας ζωής των παραγόμενων προϊόντων από την στιγμή που δημιουργούνται και η ενασχόληση με τις πιο απομακρυσμένες αγορές, αποτελούν βασικούς παράγοντες. Επίσης, η αύξηση της εκτέλεσης διάφορων προωθητικών ενεργειών και η παρατήρηση πως τα επώνυμα προϊόντα παρουσιάζουν μειωμένη πιστότητα, συμβάλλουν στην ανάγκη για ακριβείς προβλέψεις. Οι ακριβείς προβλέψεις είναι αναγκαίες για μια επιχείρηση, γιατί έτσι γίνεται καλύτερη διαχείριση και αξιοποίηση του εξοπλισμού και του προσωπικού της εταιρίας, επιτυγχάνονται μειώσεις σε χρόνους και κόστη, γίνεται η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση αποθέματος πρώτων υλών, προγραμματίζεται η παραγωγική διαδικασία και οι διαδικασίες της εταιρίας, και τέλος επιτρέπονται ο καθορισμός των πόρων που θα χρειαστεί μια επιχείρηση και οι ανάγκες που υπάρχουν για προσωπικό [3], [6].

Μια ακριβής πρόβλεψη μελλοντικών συνθηκών οδηγεί σε βάσιμες στρατηγικές αποφάσεις, και άρα σε βέλτιστο κέρδος για την επιχείρηση. Ταυτόχρονα παρατηρείται μείωση του αποθέματος, μείωση καταστροφής του αποθέματος, καλύτερη αξιοποίηση εξοπλισμού και τέλος μεγαλύτερη ευελιξία λειτουργίας στις διάφορες μεταβολές των συνθηκών, επιτρέποντας την πραγματοποίηση ενεργειών πριν την εκδήλωση των αλλαγών [1], [3].

3.2 Διαδικασία και κριτήρια αξιολόγησης πρόβλεψης

Η διαδικασία της πρόβλεψης αποτελείται από πέντε βασικά διαδοχικά στάδια [7].

Στάδιο 1: Διευκρίνιση και καθορισμός προβλήματος

Σε αυτό το στάδιο απαιτείται καλή εμπέδωση και σαφής γνώση των μεθόδων πρόβλεψης, κατανόηση και σωστή επιλογή των μεθόδων πρόβλεψης που ταιριάζουν με τα χαρακτηριστικά των δεδομένων της κάθε επιχείρησης και προσεκτική παρατήρηση για το ποιοι θα χρησιμοποιήσουν τις μεθόδους αυτές. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται αντιληπτό το επίπεδο δυσκολίας αυτού του σταδίου.

Στάδιο 2: Συγκέντρωση πληροφοριών

Τα διαθέσιμα δεδομένα (πληροφορίες) χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: Α κατηγορία: τα ποσοτικά δεδομένα που αποτελούνται από στατιστικά και αριθμητικά δεδομένα και Β κατηγορία: τα ποιοτικά δεδομένα που σχετίζονται με την κρίση και την εμπειρία των ανθρώπων που είναι σε επαφή με την επιχείρηση. Και οι δύο κατηγορίες πληροφοριών είναι απαραίτητες για την σωστή επιλογή της μεθόδου πρόβλεψης. Πολύ χρήσιμη είναι η συλλογή και αξιοποίηση των ιστορικών δεδομένων της επιχείρησης, πριν την έναρξη της διαδικασίας επιλογής μεθόδου πρόβλεψης. Κρίσιμη είναι η εφαρμογή του μοντέλου πρόβλεψης που επιλέχθηκε, στα ιστορικά δεδομένα, και έπειτα η εφαρμογή του για τον μελλοντικό ορίζοντα.

Στάδιο 3: Προκαταρκτική/Διερευνητική Ανάλυση

Σε αυτό το στάδιο η ακατέργαστη πληροφορία που έχει συλλεχθεί, αναλύεται και δίνει το είδος της πληροφορίας που είναι απαραίτητη για την επιλογή της σωστής μεθόδου πρόβλεψης. Αρχικά, φτιάχνονται οι γραφικές παραστάσεις των δεδομένων (γραφήματα) για οπτική παρατήρηση. Έπειτα, υπολογίζονται διάφοροι στατιστικοί δείκτες των μεγεθών όπως για παράδειγμα η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, το ελάχιστο και το μέγιστο. Οι στατιστικοί δείκτες αυτοί αναδεικνύουν διάφορα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς, όπως την ύπαρξη τάσης, εποχικότητας, κυκλικότητας. Η ανάλυση αυτή οδηγεί σε κατάλληλες οικογένειες μεθόδων πρόβλεψης.

Στάδιο 4: Επιλογή και προσαρμογή μοντέλων

Στο συγκεκριμένο στάδιο μελετάται και αναλύεται κάθε μοντέλο που έχει επιλεγεί από το προηγούμενο στάδιο. Καθορίζονται όλες οι παράμετροι, σχολιάζονται όλες οι μέθοδοι και τελικά επιλέγεται η βέλτιστη μέθοδος πρόβλεψης σύμφωνα με κάποιο κριτήριο ελαχίστου σφάλματος.

Στάδιο 5: Εφαρμογή και αξιολόγηση μοντέλου

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η εφαρμογή του επιλεγμένου μοντέλου πρόβλεψης, η καταγραφή των αποτελεσμάτων και η εκτίμηση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων. Το μοντέλο τοποθετείται στα γνωστά ιστορικά δεδομένα και έπειτα πραγματοποιείται αξιολόγηση μέσα από τα αποτελέσματα των αποκλίσεων. Στη συνέχεια, το μοντέλο εκτελείται στον μελλοντικό χρονικό ορίζοντα. Επαναλαμβάνονται βήματα της μεθόδου προκειμένου να βελτιστοποιηθούν τα αποτελέσματα. Κατά την μέτρηση των σφαλμάτων, της απόκλισης δηλαδή των προβλέψεων από τα δεδομένα, αξιολογείται η μέθοδος πρόβλεψης, εξετάζεται η αξιοπιστία της μεθόδου. Όσο πιο μικρή είναι η απόκλιση αυτή τόσο πιο αξιόπιστη είναι η μέθοδος.

Τα κριτήρια επιλογής κατάλληλης μεθόδου πρόβλεψης ποικίλουν. Το βασικότερο κριτήριο είναι το είδος των πληροφοριών και το είδος των αποφάσεων που θα ληφθούν. Σημαντικό κριτήριο αποτελεί το κόστος της μεθόδου, η ζητούμενη μορφή, η περίοδος και ο ορίζοντας της πρόβλεψης, η επιζητούμενη ακρίβεια, η ευκολία της εφαρμογής και τα διαθέσιμα στοιχεία.

3.3 Μέθοδοι πρόβλεψης

Οι μέθοδοι πρόβλεψης κατηγοριοποιούνται σε δύο κατηγορίες, τις ποιοτικές μεθόδους και τις ποσοτικές μεθόδους [11],[9],[13].

Οι ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης είναι υποκειμενικές, βασίζονται σε εκτιμήσεις και γνώμες ειδικών, και περιλαμβάνουν έντονα το στοιχείο της προκατάληψης. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται μέθοδοι που η μελέτη της πρόβλεψης μπορεί να γίνει από ένα ή περισσότερα άτομα με βάση το ένστικτο, την εμπειρία, την υποκειμενική εκτίμηση και την γνώση. Οι ποιοτικές μέθοδοι επιλέγονται όταν δεν υπάρχουν ή δεν είναι επαρκή τα αριθμητικά δεδομένα συνεπώς και στατιστικά στοιχεία ώστε να επιλεγεί μια ποσοτική μέθοδος πρόβλεψης. Καθώς επιλέγονται σε περιπτώσεις περιορισμένου χρόνου για αναλυτική πρόβλεψη και για μακροχρόνιες προβλέψεις [2],[3]. Αυτές οι μέθοδοι απαιτούν ειδικούς με υψηλό επίπεδο γνώσης και εξειδίκευσης ενώ διάφοροι κίνδυνοι μπορούν να προκύψουν για την πρόβλεψη, λόγω της ύπαρξης της υποκειμενικότητας των εκτιμήσεων. Σημαντική είναι η εμφάνιση της αδυναμίας των ποιοτικών μεθόδων, να αντιληφθούν πολύπλοκα φαινόμενα καθώς επίσης σημαντικό είναι και το γεγονός πως παρατηρείται περιορισμός στις ανθρώπινες ικανότητες σε ότι αφορά την ανάλυση και επεξεργασία πολύ μεγάλων όγκων δεδομένων [6],[7].

Στη συνέχεια παρουσιάζονται μερικές από τις πιο σημαντικές ποιοτικές μεθόδους πρόβλεψης:

- Έρευνα αγοράς (Customer surveys)

Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιείται συλλογή δεδομένων από καταναλωτές για προϊόντα ή υπηρεσίες με σκοπό τον έλεγχο της αγοράς. Η έρευνα πραγματοποιείται με ερωτηματολόγια που δίνονται σε αντιπροσωπευτικό δείγμα καταναλωτών μέσω τηλεφώνου, ταχυδρομείου ή προσωπικής συνέντευξης και ανάλυση όλων των

πληροφοριών με χρήση στατιστικών εργαλείων. Η έρευνα αγοράς θεωρείται κατάλληλη τόσο για βραχυπρόθεσμες όσο και μακροπρόθεσμες προβλέψεις και χρησιμοποιείται συνήθως για τον σχεδιασμό νέων προϊόντων.

- **Μέθοδος Delphi**
Στην μέθοδο αυτή δίνεται ένα ερωτηματολόγιο σε μια ομάδα ειδικών, των οποίων η ταυτότητα παραμένει κρυφή προκειμένου να μην υπάρχουν επιρροές από την απάντηση κάποιου που είναι ιεραρχικά ανώτερος, οπότε να υπάρχει ίδια συμμετοχή από όλους. Στη συνέχεια τα ερωτηματολόγια συλλέγονται από όλους και μελετώνται και συνοψίζονται όλες οι απαντήσεις. Έπειτα το ερωτηματολόγιο μοιράζεται ξανά στην ομάδα, συμπληρωμένο με νέες ερωτήσεις για βελτίωση, αξιολόγηση και αιτιολόγηση της πρόβλεψής τους. Το τελευταίο βήμα επαναλαμβάνεται μέχρι να υπάρξει σύγκλιση των απόψεων της ομάδας. Έπειτα όλη η ομάδα μοιράζεται τα αποτελέσματα.
- **Μέθοδος Grass Roots**
Εδώ η μέθοδος πραγματοποιείται από δεδομένα προερχόμενα από ανθρώπους που έχουν άμεση επαφή με το αντικείμενο της πρόβλεψης.
- **Μέθοδος Brainstorming**
Με αυτήν την μέθοδο δημιουργείται μια λίστα από πολλές απόψεις και ιδέες που δίνονται από τα μέλη μιας επιχείρησης με σκοπό την άντληση συμπερασμάτων.
- **Μέθοδος Ιστορικής Αναλογίας**
Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τα ιστορικά στοιχεία ενός προϊόντος προκειμένου να γίνει η πρόβλεψη για τον σχεδιασμό νέου προϊόντος.
- **Συμβούλιο τεχνικών/στελεχών**
Μία ομάδα που μπορεί να περιλαμβάνει, στελέχη της επιτήρησης, πωλητές, πελάτες, και διευθυντές συζητάνε σε συνελεύσεις ανοιχτά, με σκοπό να πραγματοποιηθεί μια κοινή πρόβλεψη.

Οι ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης βασίζονται στη μαθηματική μοντελοποίηση, επομένως είναι συγκεκριμένες, αντικειμενικές και επαναλήψιμες, δηλαδή μπορούν να παράγουν όμοια ή και τα ίδια αποτελέσματα κάθε φορά που εισάγουμε τα ίδια δεδομένα και ακολουθούμε τις ίδιες συνθήκες χρήσης. Οι ποσοτικές μέθοδοι χρησιμοποιούν την ανάλυση και βάσεις δεδομένων, μεθόδους στατιστικής ανάλυσης, μαθηματικά υποδείγματα και μαθηματικό προγραμματισμό. Όλες οι ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης βασίζονται σε ιστορικά αριθμητικά δεδομένα. Σκοπός τους είναι η αυτοματοποιημένη και συστηματική παραγωγή προβλέψεων μέσω συγκεκριμένων και εξειδικευμένων πληροφοριακών συστημάτων προβλέψεων από τα στελέχη της επιχείρησης, χωρίς να υπάρχει απαίτηση τεχνικών και στατιστικών γνώσεων, σε πολύ σύντομο χρόνο.

Στις ποσοτικές μεθόδους περιλαμβάνονται τα μοντέλα χρονοσειρών (time series models) και τα επεξηγηματικά μοντέλα (causal/explanatory models).

Χρονοσειρά ή χρονολογική σειρά, είναι μία ακολουθία τιμών D_1, D_2, \dots από διαδοχικές παρατηρήσεις που λαμβάνονται σε χρονικές στιγμές ή περιόδους $t_1 < t_2 < \dots$ που μπορεί να ισαπέχουν ή όχι. Η ανάλυση χρονοσειρών χρησιμοποιείται ευρέως για προβλέψεις και βασίζεται στο γεγονός ότι οι ιστορικές παρατηρήσεις χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη των μελλοντικών παρατηρήσεων. Συγκεκριμένα, τα μοντέλα χρονοσειρών χρησιμοποιούν ιστορικά δεδομένα μόνο από το μέγεθος για το οποίο ζητούνται προβλέψεις και εφαρμόζουν στατιστικές μεθόδους συσχέτισης παρατηρούμενων τιμών D_t με προηγούμενες παρατηρήσεις D_{t-k} για $k = 1, 2, \dots$, προκειμένου να συσχετίσουν με τον ίδιο τρόπο τις μελλοντικές τιμές με τις πιο πρόσφατες διαθέσιμες παρατηρήσεις. Άλλο κριτήριο επιλογής μοντέλου χρονοσειρών είναι μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων των σφαλμάτων πρόβλεψης. Οι μέθοδοι χρονοσειρών

μπορούν να συμπεριλάβουν την ανάλυση και ποιοτικών χαρακτηριστικών των χρονοσειρών, όπως το επίπεδο, η τάση και οι εποχικές διακυμάνσεις-κυκλικότητα.

Τα επεξηγηματικά μοντέλα συσχετίζουν το μέγεθος για το οποίο ζητούνται οι προβλέψεις με άλλα μεγέθη των οποίων οι μελλοντικές τιμές είναι γνωστές. Κι εδώ εφαρμόζονται τα κριτήρια συσχέτισης ή ελαχίστων τετραγώνων. Τέτοια μοντέλα είναι χρήσιμα κυρίως για μελέτες προώθησης (marketing), ποιότητας και ικανοποίησης πελατών. Για παράδειγμα μία επιχείρηση που παράγει κάποιο προϊόν θέλει να προβλέψει τη ζήτηση αν μειώσει την τιμή πώλησης, αν βελτιώσει την ποιότητα, ή αν τα ανταγωνιστικά προϊόντα αλλάξουν τιμή ή ποιότητα.

Στην εργασία αυτή εξετάζονται θέματα παραγωγικής δυναμικότητας και εφαρμόζονται μοντέλα χρονοσειρών. Τα πλέον συνήθη από αυτά είναι [7]:

- **Απλή εκθετική εξομάλυνση (simple exponential smoothing)**
Η απλούστερη μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης για δεδομένα που δεν έχουν προσαρμογή στην τάση και στην εποχικότητα. Γνωστό και ως μοντέλο σταθερού επιπέδου. Κατάλληλη για χρονοσειρές που έχουν μόνο επίπεδο. [1]
- **Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα (simple seasonal exponential smoothing)**
Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για χρονοσειρές που τα δεδομένα τους έχουν επίπεδο, δεν έχουν τάση, έχουν εποχικότητα. Κατάλληλη για χρονοσειρές που έχουν επίπεδο και εποχικότητα.
- **Μέθοδος Holt - (Holt's linear trend method)**
Μέθοδος εξομάλυνσης για γραμμική τάση. Η μέθοδος αυτή είναι επέκταση της απλής εκθετικής εξομάλυνσης που επιτρέπει την πρόβλεψη χρονοσειρών που τα δεδομένα τους έχουν προσαρμογή στην τάση. Κατάλληλη για χρονοσειρές που έχουν επίπεδο και τάση. [7]
- **Μέθοδος Winters (Winters' method)**
Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για χρονοσειρές που τα δεδομένα εμφανίζουν έντονη εποχικότητα. Κατάλληλη για χρονοσειρές που έχουν επίπεδο, τάση και εποχικότητα. Ανάλογα με τον χαρακτήρα των εποχιακών διακυμάνσεων, η μέθοδος διακρίνεται σε προσθετικού χαρακτήρα (additive seasonality) και πολλαπλασιαστικού χαρακτήρα (multiplicative seasonality).
- **Μέθοδος Holt – Winters (Holt – Winters' trend and seasonality method)**
Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης με προσαρμογή στην τάση και στην εποχικότητα. Κατάλληλη για χρονοσειρές που έχουν επίπεδο, τάση και εποχικότητα. Ανάλογα με τον χαρακτήρα των εποχιακών διακυμάνσεων, η μέθοδος διακρίνεται σε προσθετικού χαρακτήρα (additive seasonality) και πολλαπλασιαστικού χαρακτήρα (multiplicative seasonality).
- **Διπλή εκθετική εξομάλυνση – Μέθοδος Brown (double exponential smoothing - Brown's method)**
Κατάλληλη για χρονοσειρές που έχουν επίπεδο και τάση.
- **Μοντέλα ARIMA - (Box – Jenkins models)**
ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average / Αυτοπαλινδρομικές ολοκληρωμένες μέθοδοι κινητού μέσου όρου). Τα μοντέλα αυτά δίνουν μια διαφορετική προσέγγιση στην πρόβλεψη χρονοσειρών με χρήση κατανομών Bezier [10].

3.4 Στατιστική ανάλυση ακρίβειας προβλέψεων

Για τον έλεγχο της ακρίβειας και της αξιοπιστίας μιας μεθόδου πρόβλεψης χρησιμοποιούνται διάφοροι στατιστικοί δείκτες αξιολόγησης. Αυτοί οι στατιστικοί δείκτες βασίζονται στην απόκλιση που παρουσιάζουν οι πραγματικές τιμές ζήτησης από τις τιμές της πρόβλεψης. Η απόκλιση αυτή ορίζεται ως το Μέτρο Σφάλματος (Error) το οποίο δίνεται από τον τύπο:

$$e_t = D_t - \hat{F}_t, \quad \text{για } t = 1, 2, 3, \dots, n$$

όπου: \hat{F}_t = η πρόβλεψη για την χρονική περίοδο t

D_t = η πραγματική τιμή την χρονική περίοδο t

Όσο πιο μικρές τιμές έχουν τα μέτρα σφάλματος, τόσο πιο αξιόπιστη είναι και η μέθοδος πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκε [1],[7]. Παρακάτω συνοψίζονται τα συνηθέστερα κριτήρια.

Stationary R-squared:

$$R^2 = \frac{\sum_t (D_t - \hat{F}_t)^2}{\sum_t (\Delta D_t - \overline{\Delta D})^2}$$

Ο δείκτης αυτός δείχνει το ποσοστό της διακύμανσης της μεταβλητής που επεξηγείται από το μοντέλο. Είναι ένα μέτρο που συγκρίνει το σταθερό τμήμα του μοντέλου με ένα απλό μέσο μοντέλο πρόβλεψης. Όταν η χρονοσειρά χαρακτηρίζεται από τάση ή εποχικότητα, είναι προτιμότερο να το λαμβάνουμε υπ' όψη αυτό το μέτρο σε σχέση με το κλασσικό μέτρο R-squared. Το μέτρο αυτό μπορεί να πάρει από αρνητικές τιμές μέχρι την τιμή 1. Οι θετικές τιμές δείχνουν ότι το εξεταζόμενο μοντέλο είναι καλύτερο από το βασικό μοντέλο ενώ οι αρνητικές τιμές σημαίνουν ότι το εξεταζόμενο μοντέλο είναι χειρότερο από το βασικό μοντέλο. Όσο πιο κοντά στο 1 είναι η τιμή του Stationary R-squared, τόσο καλύτερα ταιριάζει το προτεινόμενο μοντέλο στα δεδομένα της χρονοσειράς και κατά συνέπεια τόσο πιο ακριβής είναι η πρόβλεψη. Μέγιστη τιμή = 1 που σημαίνει ότι το μοντέλο επεξηγεί όλη τη διακύμανση της χρονοσειράς [15].

Μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Mean squared error - MSE):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_t - \hat{F}_t)^2$$

όπου: n = ο αριθμός των παρατηρήσεων

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα είναι η μέση τιμή των τετραγώνων των σφαλμάτων, των αποκλίσεων δηλαδή, μεταξύ των προβλεπόμενων και των πραγματικών τιμών της χρονοσειράς. Ορίζεται ως το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων, διαιρεμένο με τον αριθμό των παρατηρήσεων που συμμετείχαν στην πρόβλεψη συνολικά. Δίνει μεγάλο βάρος στα μεγάλα σφάλματα, αφού πρόκειται για τετραγωνισμό αυτών. [7].

Τετραγωνική ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root mean squared error - RMSE)

Άμεσα υπολογίζεται και η τετραγωνική ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος [1]:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\text{MSE}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_t - \hat{F}_t)^2}$$

όπου n = ο αριθμός των παρατηρήσεων.

Μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error - MAE)

Το μέσο απόλυτο σφάλμα δείχνει την ακρίβεια της πρόβλεψης έναντι των πραγματικών τιμών. Λαμβάνει τιμές από μεγαλύτερες ή ίσες με το μηδέν. Όσο πιο μεγάλες θετικές τιμές παίρνει, τόσο μικρότερη είναι η ακρίβεια της μεθόδου. Όσο πιο μικρό θετικό σφάλμα, τόσο καλύτερη η ποιότητα της πρόβλεψης [7].

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |D_t - \hat{F}_t|$$

όπου n = ο αριθμός των παρατηρήσεων

Μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (Mean Absolute Percentage Error - MAPE)

Το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα δείχνει το κατά πόσο η μέθοδος πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκε είναι αντικειμενική. Λαμβάνει τιμές από μεγαλύτερες ή ίσες με το μηδέν. Για τιμές θετικές κοντά στο μηδέν η μέθοδος πρόβλεψης είναι αντικειμενική και έχει πολύ καλή απόδοση. Όσο πιο μεγάλες θετικές τιμές παίρνει, τόσο «έξω πέφτει» η μέθοδος πρόβλεψης. Οι αρνητικές τιμές αυτού του σφάλματος σημαίνουν υπερεκτίμηση των τιμών πρόβλεψης σε σχέση με τις πραγματικές. Όσο πιο μικρό θετικό σφάλμα, τόσο καλύτερη η ποιότητα της πρόβλεψης. Το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα ορίζεται ως το άθροισμα των τιμών του σφάλματος $(D_t - F_t)$ διαιρούμενα με τις αντίστοιχες πραγματικές τιμές (D_t) προς τον αριθμό των χρονικών περιόδων επί 100% [7]:

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{D_t - \hat{F}_t}{D_t} \right| \cdot 100\%$$

όπου n = ο αριθμός των παρατηρήσεων

Μέγιστο απόλυτο σφάλμα (Maximum absolute error MaxAE)

Το μεγαλύτερο προβλεπόμενο σφάλμα. Ο δείκτης αυτός δείχνει το χειρότερο σενάριο για την πρόβλεψη που έχει πραγματοποιηθεί. Δείχνει το μεγαλύτερο σφάλμα που μπορεί να γίνει κατά την επιλεγείσα μέθοδο, το πόσο μη ακριβής μπορεί να αποτελέσει η μέθοδος πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκε. Όσο πιο μικρός είναι αυτός ο δείκτης τόσο μικρότερο είναι το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει, άρα και τόσο καλύτερη η ποιότητα της πρόβλεψης [15].

$$\text{MaxAE} = \max \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |D_t - \hat{F}_t|$$

όπου n = ο αριθμός των παρατηρήσεων

Μέγιστο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (Maximum absolute percentage error MaxAPE)

Το μεγαλύτερο προβλεπόμενο σφάλμα, εκφρασμένο σε ποσοστό. Ο δείκτης αυτός δείχνει το χειρότερο σενάριο για την πρόβλεψη που έχει πραγματοποιηθεί. Δείχνει το μεγαλύτερο σφάλμα που μπορεί να γίνει κατά την επιλεγείσα μέθοδο, το πόσο μη ακριβής μπορεί να αποτελέσει η μέθοδος πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκε. Όσο πιο μικρός είναι αυτός ο δείκτης τόσο μικρότερο είναι το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει, άρα και τόσο καλύτερη η ποιότητα της πρόβλεψης [15].

$$\text{MaxAPE} = \max \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{D_t - \hat{F}_t}{D_t} \right| \cdot 100\%$$

όπου n = ο αριθμός των παρατηρήσεων.

3.5 Μέθοδοι πρόβλεψης ζήτησης που χρησιμοποιήθηκαν για τα έτη 2019 και 2020

Για την πρόβλεψη της ζήτησης των προϊόντων της υπό μελέτη επιχείρησης χρησιμοποιήθηκαν ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης. Αρχικά ζητήθηκαν οι μηνιαίες πωλήσεις οκτώ διαφορετικών τελικών προϊόντων που παράγει το εργοστάσιο (Προϊόντα Α,Β,Γ,Δ,Ε,ΣΤ,Ζ,Η) για τα τελευταία πέντε συναπτά έτη (από το 2014 έως και το 2018).

Για την πραγματοποίηση της πρόβλεψης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα στατιστικών αναλύσεων SPSS για κάθε ένα από τα οκτώ προϊόντα ξεχωριστά. Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές με έναν εξαιρετικά μεγάλο αριθμό μοντέλων εκθετικής εξομάλυνσης και μοντέλων ARIMA μέσω του εργαλείου του Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), Expert Modeler. Το Expert Modeler αναλαμβάνει να εξετάσει όλα τα βασικά μοντέλα ARIMA και εκθετικής εξομάλυνσης προκειμένου να διαπιστώσει ποιος τύπος μοντέλου ταιριάζει καλύτερα στα δεδομένα της εκάστοτε χρονοσειράς. Προκειμένου να καταλήξει στο καλύτερο δυνατό μοντέλο εξετάζει μια σειρά από δείκτες ποιότητας (goodness of fit measures) μεταξύ των οποίων το Stationary R-squared, MAPE, MAE, MaxAPE, MaxAE, RMSE και παρουσιάζει το μοντέλο που έχει την καλύτερη συνολική εικόνα. Αρχικά σε κάθε προϊόν εκτελέστηκε το expert modeler για όλα τα μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης και έπειτα για όλα τα μοντέλα ARIMA. Έπειτα εντοπίστηκε και καταγράφηκε για κάθε προϊόν, το βέλτιστο μοντέλο από το σύνολο των μοντέλων της εκθετικής εξομάλυνσης, καθώς και το βέλτιστο μοντέλο από όλα τα ARIMA που εξετάστηκαν.

Οι ποσοτικές μέθοδοι που κρίθηκαν καταλληλότερες και χρησιμοποιήθηκαν είναι η απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα (Simple Seasonal Exponential Smoothing), η μέθοδος Winters (Winters Method – Additive method with Seasonality) και τα εποχικά μοντέλα ARIMA (αυτοπαλινδρομικά ολοκληρωμένα μοντέλα κινητού μέσου όρου).

Τα βέλτιστα εποχικά ARIMA που βρέθηκαν δοκιμάζοντας τις χρονοσειρές πωλήσεων για κάθε προϊόν ήταν τα εξής (τα σύμβολα θα εξηγηθούν στη συνέχεια):

ΠΡΟΪΟΝ Α: (1,0,0) (0,0,0)
 ΠΡΟΪΟΝ Β: (0,0,0) (0,1,0)
 ΠΡΟΪΟΝ Γ: (0,0,0) (0,0,0)
 ΠΡΟΪΟΝ Δ: (0,0,0) (0,0,0)
 ΠΡΟΪΟΝ Ε: (0,0,0) (0,0,0)
 ΠΡΟΪΟΝ ΣΤ: (1,0,0) (0,0,0)
 ΠΡΟΪΟΝ Ζ: (1,0,0) (0,0,1)
 ΠΡΟΪΟΝ Η: (0,0,0) (0,0,0)

Για όλα τα προϊόντα η καταλληλότερη μέθοδος κρίθηκε η απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα ενώ για το Προϊόν Γ τις καλύτερες προβλέψεις απέδωσε η μέθοδος Winters [15].

3.5.1 Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται όταν τα δεδομένα της χρονοσειράς έχουν επίπεδο (level) και εποχικότητα (seasonality). Στα δεδομένα των πωλήσεων (πλην του τρίτου προϊόντος) της υπό μελέτης επιχείρησης παρατηρείται εποχικότητα. Στην μέθοδο αυτή υπάρχει μία εξίσωση πρόβλεψης, δύο εξισώσεις εξομάλυνσης (εξίσωση επιπέδου και εξίσωση εποχικότητας), και δύο παράμετροι εξομάλυνσης (μια για το επίπεδο και μια για την εποχικότητα). Ο δείκτης εποχικότητας δείχνει την περιοδικότητα που εμφανίζει η εποχικότητα και είναι $\rho = 12$ καθώς τα δεδομένα είναι μηνιαία [15]. Έστω D_t , $t = 1, \dots, n$ η χρονοσειρά με τα δεδομένα των πωλήσεων. Ακολουθούν οι εξισώσεις της μεθόδου.

$$\text{Η εξίσωση πρόβλεψης: } \hat{F}_t(m) = L_t + S_{t-\rho+m} \quad (2)$$

όπου: t η μονάδα χρόνου

ρ ο δείκτης εποχικότητας

$m = 1$ το βήμα

$$\text{Εξίσωση Επιπέδου: } L_t = \alpha (D_t - S_{t-\rho}) + (1 - \alpha) L_{t-1} \quad (3)$$

όπου: α παράμετρος εξομάλυνσης επιπέδου, $0 \leq \alpha \leq 1$

$$\text{Εξίσωση Εποχικότητας: } S_t = \gamma (D_t - L_t) + (1 - \gamma) S_{t-\rho} \quad (4)$$

όπου: γ παράμετρος εξομάλυνσης εποχικότητας, $0 \leq \gamma \leq 1$

3.5.2 Μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα

Η μέθοδος Winters χρησιμοποιείται όταν οι παρατηρήσεις της χρονοσειράς εμφανίζουν τόσο τάση (ανοδική ή καθοδική) όσο και εποχικότητα (περιοδικές εποχιακές διακυμάνσεις που επαναλαμβάνονται). Συγκεκριμένα η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η Μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα (Winters' Method – additive version with seasonality), δηλαδή η διαφορά κάθε σημείου της χρονοσειράς από τον μέσο όρο των τιμών της χρονοσειράς για όλο το έτος ορίζει τον εποχιακό παράγοντα. Στα δεδομένα των πωλήσεων για το τρίτο προϊόν, της υπό μελέτης επιχείρησης παρατηρείται και τάση και εποχικότητα. Στην μέθοδο αυτή υπάρχει μία εξίσωση πρόβλεψης, τρεις εξισώσεις εξομάλυνσης (εξίσωση επιπέδου, εξίσωση τάσης και εξίσωση εποχικότητας), και τρεις παράμετροι εξομάλυνσης (μία για την τάση, μια για το επίπεδο και μια για την εποχικότητα). Ο δείκτης εποχικότητας δείχνει την περιοδικότητα που εμφανίζει η εποχικότητα και είναι $\rho = 12$, καθώς τα δεδομένα είναι μηνιαία [15]. Οι εξισώσεις της μεθόδου φαίνονται παρακάτω.

$$\text{Η εξίσωση πρόβλεψης: } \hat{F}_t(m) = L_t + mT_t + S_{t-\rho+m} \quad (5)$$

όπου: t η μονάδα χρόνου

ρ ο δείκτης εποχικότητας

$m = 1$ το βήμα

$$\text{Εξίσωση Επιπέδου: } L_t = \alpha (D_t - S_{t-\rho}) + (1 - \alpha) (L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (6)$$

όπου: α παράμετρος εξομάλυνσης επιπέδου, $0 \leq \alpha \leq 1$

$$\text{Εξίσωση Τάσης: } T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (7)$$

όπου: β παράμετρος εξομάλυνσης τάσης, $0 \leq \beta \leq 1$

$$\text{Εξίσωση Εποχικότητας: } S_t = \gamma (D_t - L_t) + (1 - \gamma) S_{t-p} \quad (8)$$

όπου: γ παράμετρος εξομάλυνσης εποχικότητας, $0 \leq \gamma \leq 1$.

3.5.3 Μοντέλα ARIMA - Αυτοπαλινδρομικές ολοκληρωμένες μέθοδοι κινητού μέσου όρου

Έστω D_t η ζήτηση (ή οι πωλήσεις, ισοδύναμα, αν όλη η ζήτηση γίνεται δεκτή και διεκπεραιώνεται) κάποιου προϊόντος τον μήνα t . Ένα αυτοπαλινδρομικό (autoregressive) μοντέλο τάξεως p ή μοντέλο $AR(p)$ συνδέει την D_t με τη ζήτηση κατά τους p προηγούμενους μήνες και έχει μορφή

$$\hat{D}_t = \phi_1 D_{t-1} + \dots + \phi_p D_{t-p}$$

όπου ϕ_1, \dots, ϕ_p είναι οι άγνωστοι συντελεστές του μοντέλου και \hat{D}_t είναι η εκτίμηση της D_t με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα D_{t-1}, D_{t-2}, \dots ως τη στιγμή $t-1$. Λόγω τυχαιότητας, η εκτίμηση αποκλίνει από την πραγματική ζήτηση D_t . Η τυχαία απόκλιση συμβολίζεται

$$a_t = D_t - \hat{D}_t$$

και τελικά

$$D_t = \phi_1 D_{t-1} + \dots + \phi_p D_{t-p} + a_t. \quad (9)$$

Το a_t είναι γνωστό ως τυχαία διαταραχή, υπόλοιπο, απόκλιση ή σφάλμα. Υποθέτουμε ότι το a_t

- έχει μέση τιμή $E(a_t) = 0$ και
- είναι ανεξάρτητο από παλαιότερα σφάλματα a_{t-k} και τιμές D_{t-k} .

Αυτές οι δύο υποθέσεις είναι ο ορισμός του λεγόμενου λευκού θορύβου (white noise), της στοχαστικής διαδικασίας που χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης. Ο όρος "λευκός" οφείλεται στο γεγονός ότι η a_t συσχετίζεται με τις a_{t-k} μόνο για $k = 0$ ενώ οι συσχετίσεις με παλαιότερες τιμές είναι 0. Ο μετασχηματισμός Fourier της οικογένειας τέτοιων συσχετίσεων έχει σταθερή τιμή για όλες τις συχνότητες όπως το λευκό χρώμα.

Η υπόθεση λευκών σφαλμάτων είναι θεμελιώδης για την πρόβλεψη για δύο βασικούς λόγους:

1) Μέσο σφάλμα 0 σημαίνει ότι το μοντέλο δεν μπορεί να διορθωθεί προσθέτοντας ή αφαιρώντας μία ενιαία σταθερά σε όλες τις εκτιμήσεις. Αν το μέσο σφάλμα ήταν ε , θα μπορούσαμε αντί της \hat{D}_t να είχαμε την $\hat{D}_t + \varepsilon$ και τότε τα σφάλματα θα πλησίαζαν περισσότερο προς το 0, θα είχαν δηλαδή μικρότερο μέγεθος. Τα a_t πρέπει επίσης να είναι ανεξάρτητα από παλαιότερα σφάλματα a_{t-k} ή δεδομένα D_{t-k} , αλλιώς η ανάλυση των εξαρτήσεων θα μπορούσε να οδηγήσει σε περαιτέρω μείωση των σφαλμάτων και βελτίωση του μοντέλου. Με άλλα λόγια το μοντέλο που ορίζεται από τα ϕ_k και a_t θέλουμε να είναι το βέλτιστο δυνατό.

2) Ο λευκός θόρυβος είναι μία από τις απλούστερες στοχαστικές διαδικασίες και αυτό βολεύει στην εύρεση των αγνώστων συντελεστών ϕ_k , $k = 1, \dots, p$. Πράγματι, πολλαπλασιάζοντας την Εξ. (9) κατά μέλη με D_{t-k} για κάποιο $k > 0$ και παίρνοντας μέσες τιμές, $E(\cdot)$, προκύπτει

$$E(D_t D_{t-k}) = \phi_1 E(D_{t-1} D_{t-k}) + \dots + \phi_p E(D_{t-p} D_{t-k}) + E(a_t D_{t-k}) \quad (9)$$

Η ανεξαρτησία συνεπάγεται ότι $E(a_t D_{t-k}) = E(a_t) E(D_{t-k})$ και από την προηγούμενη υπόθεση προκύπτει ότι $E(a_t D_{t-k}) = 0 E(D_{t-k}) = 0$.

Ακολουθώντας, κάνουμε δύο ακόμη υποθέσεις. Η D_t

- έχει μέση τιμή $E(D_t) = 0$
- και είναι αμετάβλητη ή στάσιμη (stationary).

Η τελευταία υπόθεση σημαίνει ότι οι στατιστικές ιδιότητες της D_t μένουν σταθερές στον χρόνο. Ωστόσο είναι γνωστό ότι η ζήτηση εμφανίζει περιοδικότητα και τάση, ιδιότητες που είδαμε προηγουμένως. Επίσης προφανώς η ζήτηση δεν έχει μέση τιμή 0. Θα δούμε αργότερα πώς αυτοί οι περιορισμοί παρακάμπτονται. Για κάθε ακέραιο m , ορίζεται ο συντελεστής (αυτό)συσχέτισης τάξεως m της D_t ως το κλάσμα

$$\begin{aligned} \rho_m &= E[(D_t - \text{μέση τιμή})(D_{t-m} - \text{μέση τιμή}) / E[(D_t - \text{μέση τιμή})^2]] \\ &= E(D_t D_{t-m}) / E(D_t^2), \end{aligned}$$

αφού η μέση τιμή είναι 0. Λόγω στασιμότητας της D_t , για κάθε τ ($>t$, $=t$ ή $<t$) ισχύουν τα εξής

$$E(D_\tau D_{\tau-m}) = E(D_t D_{t-m}), \quad E(D_\tau^2) = E(D_t^2)$$

και τελικά

$$\rho_m = E(D_\tau D_{\tau-m}) / E(D_\tau^2) = E(D_t D_{t-m}) / E(D_t^2).$$

Επίσης

$$\rho_k = \rho_{-k} \text{ αφού } E(D_t D_{t-k}) = E(D_{t-k} D_t).$$

Διαιρώντας την Εξ. (9) κατά μέλη δια $E(D_t^2)$ για $k = 1, 2, \dots, p$ και λαμβάνοντας υπ' όψιν τους προηγούμενους τύπους προκύπτουν οι λεγόμενες εξισώσεις Yule Walker:

$$\rho_1 = \phi_1 \rho_0 + \phi_2 \rho_1 + \phi_3 \rho_2 + \dots + \phi_p \rho_{p-1}$$

$$\rho_2 = \phi_1 \rho_1 + \phi_2 \rho_0 + \phi_3 \rho_1 + \dots + \phi_p \rho_{p-2}$$

...

$$\rho_p = \phi_1 \rho_{p-1} + \phi_2 \rho_{p-2} + \phi_3 \rho_{p-3} + \dots + \phi_p \rho_0$$

Αν είναι διαθέσιμες οι τιμές D_1, \dots, D_n , οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης εκτιμώνται με τις δειγματικές τιμές $\rho_k \approx (D_{k+1}D_1 + D_{k+2}D_2 + \dots + D_n D_{n-k}) / (D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2)$ με $\rho_0 = 1$. Λύνοντας τις p εξισώσεις Yule-Walker προκύπτουν οι συντελεστές $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$. Οι προβλέψεις της ζήτησης για τους επόμενους μήνες, $n+1, n+2, \dots$, προκύπτουν επαναληπτικά:

$$\hat{D}_n(1) = \phi_1 D_{n+1-1} + \phi_2 D_{n+1-2} + \dots + \phi_p D_{n+1-p} = \phi_1 D_n + \phi_2 D_{n+1} + \dots + \phi_p D_{n+1-p}$$

$$\hat{D}_n(2) = \phi_1 D_{n+2-1} + \phi_2 D_{n+2-2} + \dots + \phi_p D_{n+2-p} \approx \phi_1 \hat{D}_n(1) + \phi_2 D_n + \dots + \phi_p D_{n+2-p}$$

...

Η εκτίμηση της D_{n+m} είναι

$$\hat{D}_n(m) = \phi_1 D_{n+m-1} + \phi_2 D_{n+m-2} + \dots + \phi_p D_{n+m-p} \approx \phi_1 \hat{D}_n(m-1) + \phi_2 \hat{D}_n(m-2) + \dots + \phi_p \hat{D}_n(m-p)$$

όπου χρησιμοποιούμε τις γνωστές τιμές της ζήτησης αν οι δείκτες είναι $\leq n$, οπότε έχουμε $\hat{D}_n(m-k) = D_{n-m+k}$ για όλα τα $m-k \leq 0$, ενώ χρησιμοποιούμε εκτιμήσεις $\hat{D}_n(m-k)$ από προηγούμενες επαναλήψεις αν $m-k > 0$.

Η βέλτιστη τάξη p του μοντέλου είναι εκείνη για την οποία αν θεωρούσαμε τις εξισώσεις Yule-Walker για το αμέσως μεγαλύτερο μοντέλο, $AR(p+1)$, θα προέκυπτε ένα πολύ μικρό σε μέγεθος ϕ_{p+1} . Ως κριτήριο απόφασης για τάξη p προτείνεται [23] το $|\phi_{p+1}| < 2/n^{0.5}$.

Στην πραγματικότητα η ζήτηση έχει μέση τιμή διάφορη του 0. Βολεύει προσωρινά να συμβολίζουμε τις τιμές της ζήτησης με το γράμμα Z αντί του D . Έστω η χρονοσειρά Z_1, \dots, Z_n με τη ζήτηση για τους πρώτους n μήνες. Η προηγούμενη διαδικασία εφαρμόζεται ως εξής:

- α) υπολογίζεται ο μέσος όρος της χρονοσειράς, $\mu_Z = (Z_1 + \dots + Z_n)/n$
- β) ορίζεται η νέα χρονοσειρά $D_t = Z_t - \mu_Z$
- γ) με τις εξισώσεις Yule-Walker ευρίσκονται η τάξη p και οι συντελεστές $\phi_k, k = 1, \dots, p$
- δ) τέλος, υπολογίζονται οι $\hat{D}_n(m)$ και σε αυτές προστίθεται μ_Z : $\hat{Z}_n(m) = \hat{D}_n(m) + \mu_Z$.

Ένα μοντέλο κινητού μέσου όρου (moving average) τάξεως q ή μοντέλο $MA(q)$ συνδέει την D_t με μία ακολουθία λευκών θορύβων $a_t, a_{t-1}, a_{t-2}, \dots$ ως εξής

$$D_t = a_t + \theta_1 a_{t-1} + \dots + \theta_q a_{t-q}. \quad (10)$$

Η εύρεση των συντελεστών θ_k βασίζεται πάλι στις δειγματικές αυτοσυσχετίσεις ρ_k . Τώρα προκύπτουν μη γραμμικές εξισώσεις, για τη λύση των οποίων υπάρχουν αρκετές εφαρμογές στον υπολογιστή.

Συνδυάζοντας τα μοντέλα AR και MA προκύπτει το νέο μοντέλο $ARMA(p,q)$:

$$D_t - \phi_1 D_{t-1} - \dots - \phi_p D_{t-p} = a_t + \theta_1 a_{t-1} + \dots + \theta_q a_{t-q}. \quad (11)$$

Στη συνέχεια θα δούμε ακόμη πιο σύνθετα μοντέλα που επεκτείνουν το $ARMA(p,q)$. Η αναπαράστασή τους με μορφή όπως η Εξ. (11) είναι εξαιρετικά εκτενής. Η αναπαράσταση και η μαθηματική τους ανάλυση διευκολύνονται ορίζοντας τον λεγόμενο **τελεστή χρονικής μετατόπισης B** . Ο τελεστής B εφαρμόζεται επάνω σε χρονοσειρές και είναι κάπως ανάλογος του **τελεστή διαφορίσης d/dt** (της παραγώγου δηλαδή) που εφαρμόζεται επάνω σε συναρτήσεις. Δεν είναι αριθμός αλλά ένας μετασχηματισμός με άγνωστη μορφή ο οποίος για οποιαδήποτε ακολουθία X_1, \dots, X_t, \dots έχει εξ ορισμού τις ακόλουθες ιδιότητες:

$$BX_t = X_{t-1}, B^2 X_t = BBX_t = BX_{t-1} = X_{t-2}, B^k X_t = X_{t-k}$$

Το μοντέλο $ARMA(p,q)$ γράφεται και ως εξής

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) D_t = (1 + \theta_1 B + \dots + \theta_q B^q) a_t. \quad (11)$$

Έχουμε εκφράσει τα μοντέλα $ARMA$ με τη βοήθεια πολωνύμων του τελεστή B .

Ακολουθούν δύο επεκτάσεις των μοντέλων οι οποίες επιτρέπουν την ανάλυση μη στάσιμων χρονοσειρών που έχουν

- τάση
- και περιοδικότητα

Τάση είναι η μηνιαία αυξομείωση της ζήτησης. Δηλαδή

$$\text{τάση} = D_t - D_{t-1} = (1 - B)D_t$$

Θεωρώντας την $(1 - B)D_t$ ως νέα χρονοσειρά, μπορούμε να την συνδυάσουμε με τα προηγούμενα σε ένα **αυτοπαλινδρομικό ολοκληρωμένο μοντέλο κινητού μέσου όρου (autoregressive integrated moving average) ή $ARIMA$** :

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)D_t = (1 + \theta_1 B + \dots + \theta_q B^q) a_t$$

Η τάση $(1 - B)D_t$ περιγράφει μία γραμμική μεταβολή. Τάσεις μεγαλύτερης τάξεως περιγράφονται από το **μοντέλο $ARIMA(p,d,q)$**

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d D_t = (1 + \theta_1 B + \dots + \theta_q B^q) a_t$$

Τέλος τυχόν εποχικές διακυμάνσεις με περίοδο έστω p (π.χ. $p = 12$ για ετήσια εποχικότητα) τις περιγράφουμε παρόμοια με την τάση:

$$\text{περιοδικότητα: } D_t - D_{t-p} = (1 - B^p)D_t$$

Θεωρώντας όρους $(B^p)^k$ στις θέσεις που είναι οι B^k μπορούμε την $(1 - B^p)D_t$ ως νέα χρονοσειρά, μπορούμε να την συνδυάσουμε με τα προηγούμενα σε **ένα αυτοπαλινδρομικό ολοκληρωμένο μοντέλο κινητού μέσου όρου (seasonal autoregressive integrated moving average) ή ARIMA(p,d,q)(r,δ,s)_p**:

$$\begin{aligned} (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)[1 - \psi_1 B^p - \dots - \psi_\pi (B^p)^\pi](1 - B)^d(1 - B^p)^\delta D_t = \\ = (1 + \theta_1 B + \dots + \theta_q B^q)[1 + \omega_1 B^p + \dots + \omega_s (B^p)^s]a_t \end{aligned}$$

Στη βιβλιογραφία των μοντέλων ARMA ο τελεστής $1 - B$ συμβολίζεται με το ανάδελτα ∇ και αναφέρεται ως τελεστής διαφοράς αφού $\nabla D_t = D_t - D_{t-1}$.

Στην διπλωματική αυτή χρησιμοποιήσαμε το λογισμικό SPSS [24] το οποίο ευρίσκει το καλύτερο μοντέλο $ARIMA(p,d,q)(r,\delta,s)_{12}$ με βάση όποιο κριτήριο επιθυμεί ο χρήστης από εκείνα που παρουσιάστηκαν στην Παράγραφο 3.4.

3.6 Προβλέψεις ζήτησης και αξιολόγηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων για κάθε προϊόν της εταιρίας

Για κάθε προϊόν αρχικά, παρουσιάζεται ο πίνακας «Δεδομένα πωλήσεων» σε κιλά, ανά μήνα και ανά έτος που πραγματοποιήθηκαν τις χρονιές από το 2014 έως και το 2018.

Στους πίνακες «Στατιστικά στοιχεία» παρουσιάζεται το “Ljung - Box”. Ο δείκτης Ljung-Box, γνωστός και ως ο τροποποιημένος δείκτης Box - Pierce, παρέχει μια ένδειξη για το κατά πόσον το μοντέλο είναι σωστά ορισμένο. Ένα σκορ στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 0,05 υποδηλώνει ότι υπάρχει δομή εντός της χρονοσειράς η οποία δεν λαμβάνεται υπ’ όψη από το προτεινόμενο μοντέλο. Σε μια τέτοια περίπτωση το μοντέλο θα θεωρηθεί μη ορθώς ορισμένο.

- ‘Statistics’ είναι ο δείκτης Ljung - Box,
- ‘DF’ είναι οι βαθμοί ελευθερίας του δείκτη (degrees of freedom),
- ‘Sig.’ (Significance) είναι το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας του δείκτη, δηλαδή το κατά πόσο το μοντέλο είναι σωστά ορισμένο, αν απορρίπτεται ή αν γίνεται αποδεκτή η μηδενική υπόθεση ότι το μοντέλο δεν επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά.

Αν $\text{Sig.} \geq 0.05$ τότε ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός, άρα το μοντέλο της πρόβλεψης είναι σωστά ορισμένο και απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ότι το μοντέλο δεν επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά.

Αν $\text{Sig.} \leq 0.05$ τότε ο δείκτης είναι στατιστικά σημαντικός και άρα το μοντέλο δεν επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν είναι σωστά ορισμένο.

Επίσης, παρουσιάζεται κάθε γράφημα κάθε μεθόδου πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκε. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι πωλήσεις από το 2014 έως και το 2018, ενώ με μπλε οι τιμές της πρόβλεψης για το 2019 και 2020.

3.6.1 Προϊόν Α

Για το συγκεκριμένο προϊόν εφαρμόστηκε πρόβλεψη ζήτησης με την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και με το μοντέλο $ARIMA(1,0,0)(0,0,0)$. Μετά από ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων, φαίνεται καλύτερη και επιλέγεται η πρώτη μέθοδος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες πωλήσεις προϊόντος 'Α' για πέντε συνεχόμενα προηγούμενα χρόνια.

ΜΗΝΑΣ	2014	2015	2016	2017	2018
1	1036	1313	640	0	1542
2	6953	2292	1783	265	0
3	6272	1141	1135	209	3180
4	3150	666	1405	218	3174
5	0	1766	0	3020	5274
6	98	696	872	2604	0
7	2857	5839	0	1188	600
8	4936	498	0	351	3677
9	5236	340	0	0	810
10	4715	1506	0	454	453
11	3291	2614	126	70	0
12	3406	3490	2836	70	0

Πίνακας 3-1 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Α

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται ο δείκτης Ljung-Box και για τις δύο μεθόδους πρόβλεψης.

Στην απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα ο δείκτης = 21.885 με Sig. = 0.147 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Από το μοντέλο ARIMA (1,0,0)(0,0,0) ο δείκτης = 18.984 με Sig. = 0.329 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Προϊόν Α Ljung-Box	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (1,0,0) (0,0,0)
Statistics	21.885	18.984
DF	16	17
Sig.	0.147	0.329

Πίνακας 3-2 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν Α

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των στατιστικών μέτρων αξιολόγησης (Stationary R-squared, MAPE, MaxAPE, MAE, MaxAE, RMSE).

Προϊόν Α Σφάλματα	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (1,0,0) (0,0,0)
Stationary R-squared	0.652	0.158
MAPE	197.852 %	193.005 %
MaxAPE	2156.901 %	1576.471 %
MAE	1385.816	1353.303
MaxAE	4211.473	5549.583
RMSE	1695.791	1716.564

Πίνακας 3-3 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν Α

Τα δεδομένα των πωλήσεων των προηγούμενων χρόνων, που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόβλεψη, παρουσιάζουν αρκετά σημαντικές διακυμάνσεις. Επομένως είναι λογικό οι τιμές των σφαλμάτων να είναι μεγάλα νούμερα.

Υπενθυμίζεται ότι το ύψος της τιμής του Stationary R-squared είναι ενδεικτικό καλής προσαρμογής του μοντέλου στα δεδομένα και κατά συνέπεια καλής ποιότητας πρόβλεψης. Άρα όσο μεγαλύτερο είναι, όσο δηλαδή πιο κοντά στο 1 πάει, τόσο καλύτερα το μοντέλο επεξηγεί τη χρονοσειρά. Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, το Stationary R-squared που καταγράφηκε στην μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα είναι μεγαλύτερο από αυτό που καταγράφηκε στο μοντέλο ARIMA(1,0,0)(0,0,0), (0.652 > 0.158). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα επεξηγεί το 65.2% της διακύμανσης της χρονοσειράς, δηλαδή επεξηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό έναντι του 15.8% του μοντέλου ARIMA.

Σε ότι αφορά τα σφάλματα, η απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα εμφανίζει μικρότερη τετραγωνική ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος RMSE και μικρότερο το μέγιστο απόλυτο σφάλμα MaxAE. Αντιθέτως, τα σφάλματα MAPE, MaxAPE και MAE E από το μοντέλο ARIMA είναι μικρότερα.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για κάθε μέθοδο πρόβλεψης.

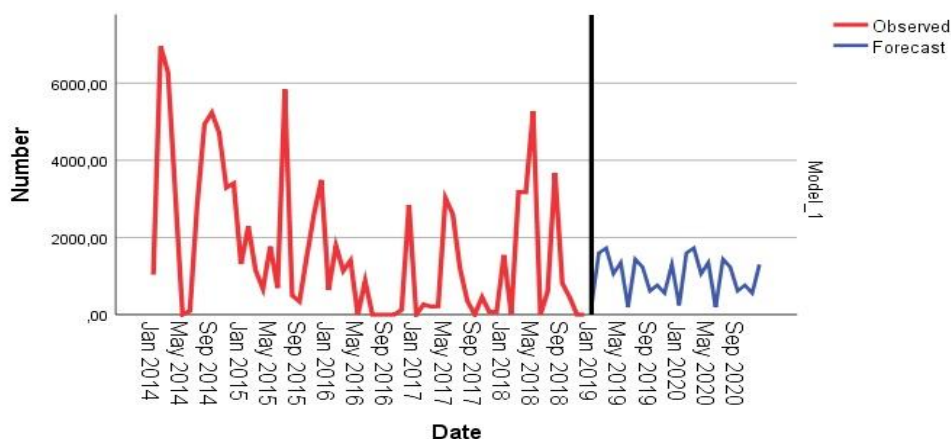
Προϊόν A Παράμετροι εξομάλυνσης	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα
α παράμετρος εξομάλυνσης επιπέδου	0.200
γ παράμετρος εξομάλυνσης εποχικότητας	0.00001544

Πίνακας 3-4 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν A

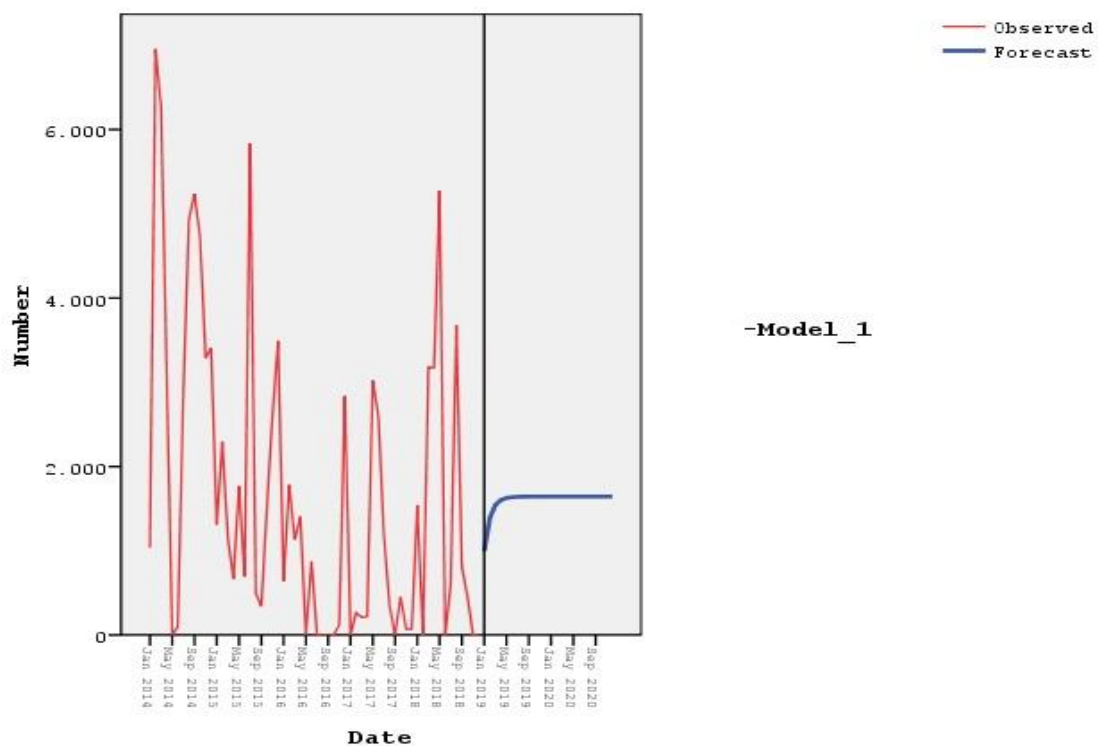
Προϊόν A Παράμετροι ARIMA	ARIMA (1,0,0) (0,0,0)
Τάξη αυτοπαλινδρόμησης p	1
Σταθερός όρος	1643.296

Πίνακας 3-5 Παράμετροι ARIMA Προϊόν A

Στη συνέχεια δίνονται τα γραφήματα των παρατηρήσεων (κόκκινη γραμμή) και των προβλέψεων (μπλε γραμμή) των δύο διαφορετικών μεθόδων. Στο πρώτο γράφημα παρουσιάζεται η μελλοντική πορεία των πωλήσεων με βάση την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και στο δεύτερο γράφημα με βάση το μοντέλο ARIMA (1,0,0)(0,0,0).



Γράφημα 1 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν A



Γράφημα 2 Μοντέλο ARIMA (1,0,0)(0,0,0) Προϊόν Α

Συνολικά, κρίνοντας από τους δείκτες Ljung – Box και τις αποκλίσεις, η απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα κρίνεται καταλληλότερη μέθοδος από το μοντέλο ARIMA.

Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης της ζήτησης τους 2019 και 2020 που προκύπτουν από της εφαρμογή της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα, παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

2019	Πρόβλεψη	UCL	LCL	μονάδες
Ιανουάριος 2019	244.83	3639.32	0.0	kg
Φεβρουάριος 2019	1597.24	5058.86	0.0	kg
Μάρτιος 2019	1726.04	5253.52	0.0	kg
Απρίλιος 2019	1061.25	4653.38	0.0	kg
Μάιος 2019	1350.65	5006.29	0.0	kg
Ιούνιος 2019	192.66	3910.71	0.0	kg
Ιούλιος 2019	1435.46	5214.91	0.0	kg
Αύγουστος 2019	1231.07	5070.92	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2019	615.87	4515.20	0.0	kg
Οκτώβριος 2019	764.28	4722.18	0.0	kg
Νοέμβριος 2019	558.89	4574.51	0.0	kg
Δεκέμβριος 2019	1299.10	5371.63	0.0	kg
2020				
Ιανουάριος 2020	244.83	4373.49	0.0	kg
Φεβρουάριος 2020	1597.24	5781.27	0.0	kg
Μάρτιος 2020	1726.04	5964.72	0.0	kg
Απρίλιος 2020	1061.25	5353.87	0.0	kg
Μάιος 2020	1350.65	5696.56	0.0	kg
Ιούνιος 2020	192.66	4591.20	0.0	kg
Ιούλιος 2020	1435.46	5886.02	0.0	kg

Αύγουστος 2020	1231.07	5733.04	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2020	615.87	5168.67	0.0	kg
Οκτώβριος 2020	764.28	5367.35	0.0	kg
Νοέμβριος 2020	558.89	5211.68	0.0	kg
Δεκέμβριος 2020	1299.1	6001.09	0.0	kg

Πίνακας 3-6 Πρόβλεψη 2019 και 2020 Προϊόν Α

Οι τιμές των προβλέψεων δίνονται ανά μήνα σε κιλά σχοινιού για το προϊόν 'Α'. Παρουσιάζονται επίσης οι τιμές UCL (upper confidence limits) ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και LCL (lower confidence limits) κατώτερο όριο εμπιστοσύνης, με διάστημα εμπιστοσύνης 95%, το οποίο σημαίνει ότι η τιμή που θα πραγματοποιηθεί τελικά θα είναι με πιθανότητα 95% ανάμεσα στο ανώτερο και στο κατώτερο όριο.

Δεδομένου του ότι το μοντέλο είναι απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα χωρίς τάση, δίνει ίδιες προβλέψεις για τους ίδιους μήνες των ετών 2019 και 2020. Ωστόσο, επειδή η αβεβαιότητα αυξάνεται για προβλέψεις σε μεγαλύτερο χρονικό ορίζοντα στο μέλλον, τα διαστήματα εμπιστοσύνης των προβλέψεων διευρύνονται και τα άνω όριά τους (UCL) είναι μεγαλύτερα για το 2020.

3.6.2 Προϊόν Β

Για το συγκεκριμένο προϊόν εφαρμόστηκε πρόβλεψη ζήτησης με την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και με το μοντέλο ARIMA (0,0,0) (0,1,0). Μετά από ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων, φαίνεται καλύτερη και επιλέγεται η πρώτη μέθοδος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες πωλήσεις προϊόντος 'Β' για πέντε συνεχόμενα προηγούμενα χρόνια.

ΜΗΝΑΣ	2014	2015	2016	2017	2018
1	23766	22972	27429	14291	34863
2	23251	40405	20790	19130	29698
3	42428	18986	32165	38429	33081
4	33256	20122	32904	23885	20572
5	16886	32745	29566	30896	18241
6	23882	33494	37638	34842	23400
7	19623	28318	28248	39388	14475
8	26474	45314	21584	25732	25306
9	28032	36889	23169	8985	10134
10	37178	23430	21593	28972	20006
11	30441	31460	40984	50210	34945
12	36097	30593	40573	35652	52570

Πίνακας 3-7 6 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Β

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται ο δείκτης Ljung-Box και για τις δύο μεθόδους πρόβλεψης.

Στην απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα ο δείκτης = 18.093 με Sig. = 0.319 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Από το μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,1,0) ο δείκτης = 19.515 με Sig. = 0.361 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο

επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Προϊόν B Ljung-Box	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (0,0,0) (0,1,0)
Statistics	18.093	19.515
DF	16	18
Sig.	0.319	0.361

Πίνακας 3-8 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν B

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των στατιστικών μέτρων αξιολόγησης (Stationary R-squared, MAPE, MaxAPE, MAE, MaxAE, RMSE).

Προϊόν B Σφάλματα	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (0,0,0) (0,1,0)
Stationary R-squared	0.751	0.00
MAPE	26.699 %	39.281 %
MaxAPE	152.099 %	168.653 %
MAE	6530.890	9783.832
MaxAE	16554.265	24412.521
RMSE	7960.331	11931.768

Πίνακας 3-9 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν B

Τα δεδομένα των πωλήσεων των προηγούμενων χρόνων, που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόβλεψη, παρουσιάζουν αρκετά σημαντικές διακυμάνσεις. Επομένως είναι λογικό οι τιμές των σφαλμάτων να είναι μεγάλα νούμερα.

Υπενθυμίζεται ότι το ύψος της τιμής του Stationary R-squared είναι ενδεικτικό καλής προσαρμογής του μοντέλου στα δεδομένα και κατά συνέπεια καλής ποιότητας πρόβλεψης. Άρα όσο μεγαλύτερο είναι, όσο δηλαδή πιο κοντά στο 1 πάει, τόσο καλύτερα το μοντέλο επεξηγεί τη χρονοσειρά. Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, το Stationary R-squared που καταγράφηκε στην μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα είναι μεγαλύτερο από αυτό που καταγράφηκε στο μοντέλο ARIMA(0,0,0)(0,1,0), (0.751 > 0.000). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα επεξηγεί το 75.1% της διακύμανσης της χρονοσειράς, δηλαδή επεξηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό έναντι του 0.00% του μοντέλου ARIMA.

Η μέθοδος της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα παρουσιάζει εμφανώς τις μικρότερες τιμές σφαλμάτων.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για κάθε μέθοδο πρόβλεψης.

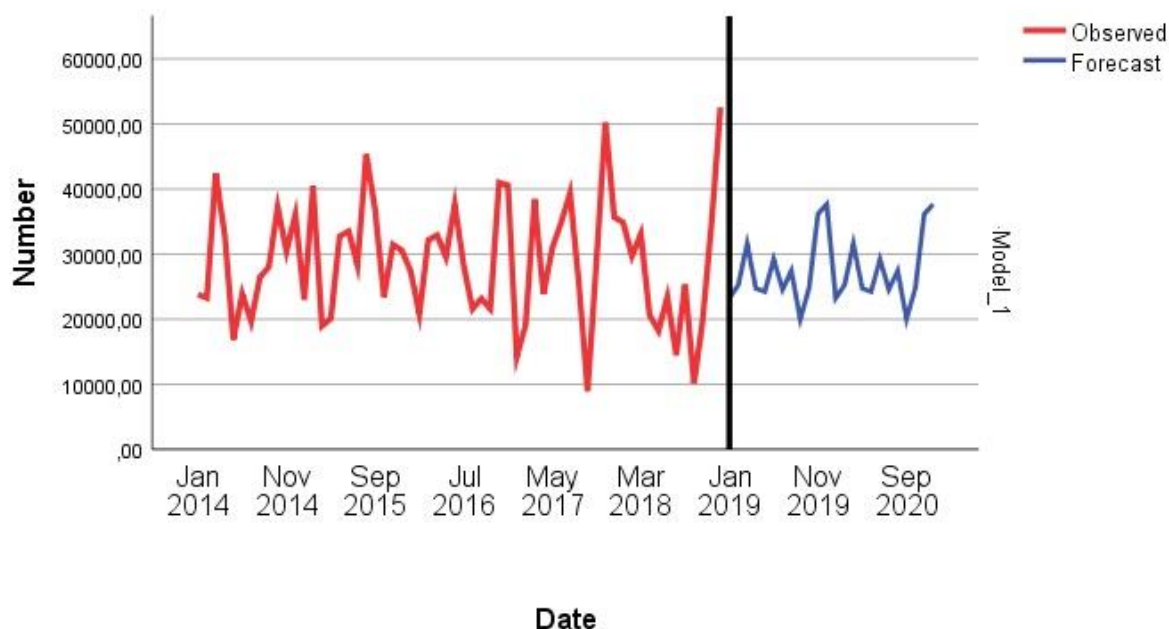
Προϊόν B Παράμετροι εξομάλυνσης	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα
α παράμετρος εξομάλυνσης επιπέδου	0.100
γ παράμετρος εξομάλυνσης εποχικότητας	0.00005951

Πίνακας 3-10 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν B

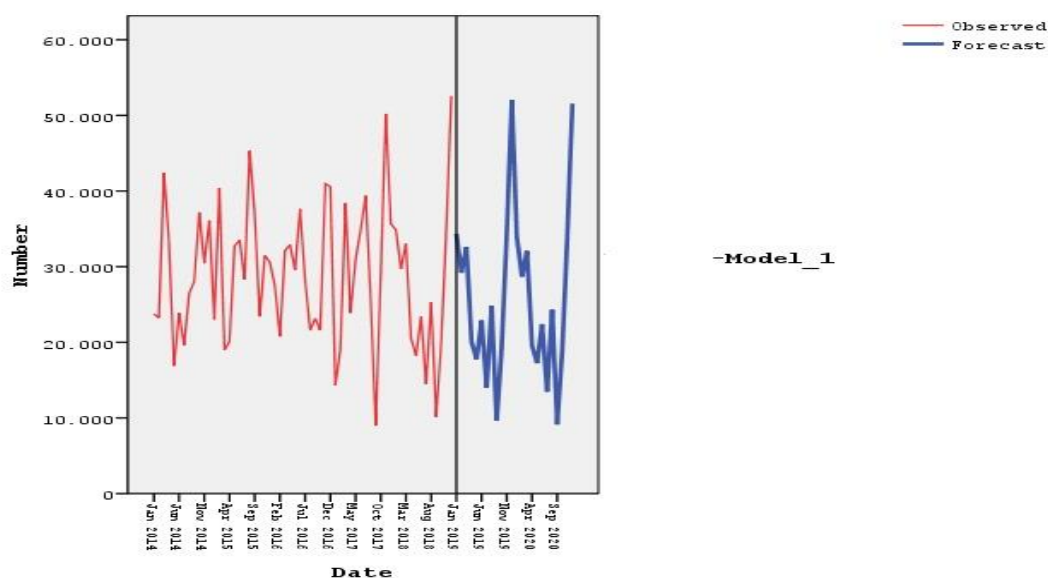
Προϊόν B	ARIMA
Παράμετροι ARIMA	(0,0,0) (0,1,0)
Εποχιακή Τάξη διαφορίσης δ	1
Σταθερός όρος	-500.479

Πίνακας 3-11 Παράμετροι ARIMA Προϊόν B

Στη συνέχεια δίνονται τα γραφήματα των παρατηρήσεων (κόκκινη γραμμή) και των προβλέψεων (μπλε γραμμή) των δύο διαφορετικών μεθόδων. Στο πρώτο γράφημα παρουσιάζεται η μελλοντική πορεία των πωλήσεων με βάση την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και στο δεύτερο γράφημα με βάση το μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,1,0).



Γράφημα 3 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν B



Γράφημα 4 Μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,1,0) Προϊόν B

Τελικά, η μέθοδος που δίνει τις μικρότερες αποκλίσεις και την καλύτερη επεξήγηση της χρονοσειράς είναι η απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα.

Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης της ζήτησης τους 2019 και 2020 που προκύπτουν από της εφαρμογή της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα, παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

2019	Πρόβλεψη	UCL	LCL	μονάδες
Ιανουάριος 2019	23232.94	39167.28	0.0	kg
Φεβρουάριος 2019	25223.49	41236.59	0.0	kg
Μάρτιος 2019	31586.44	47677.91	0.0	kg
Απρίλιος 2019	24716.37	40885.85	0.0	kg
Μάιος 2019	24235.3	40482.40	0.0	kg
Ιούνιος 2019	29219.61	45543.97	0.0	kg
Ιούλιος 2019	24578.71	40979.96	0.0	kg
Αύγουστος 2019	27450.21	43927.98	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2019	20009.88	36563.84	0.0	kg
Οκτώβριος 2019	24803.75	41433.53	0.0	kg
Νοέμβριος 2019	36175.79	52881.06	0.0	kg
Δεκέμβριος 2019	37664.62	54445.04	0.0	kg
2020				
Ιανουάριος 2020	23232.94	40088.25	0.0	kg
Φεβρουάριος 2020	25223.49	42153.28	0.0	kg
Μάρτιος 2020	31586.44	48590.38	0.0	kg
Απρίλιος 2020	24716.37	41794.14	0.0	kg
Μάιος 2020	24235.3	41386.58	0.0	kg
Ιούνιος 2020	29219.61	46444.10	0.0	kg
Ιούλιος 2020	24578.71	41876.09	0.0	kg
Αύγουστος 2020	27450.21	44820.17	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2020	20009.88	37452.13	0.0	kg
Οκτώβριος 2020	24803.75	42317.97	0.0	kg
Νοέμβριος 2020	36175.79	53761.71	0.0	kg
Δεκέμβριος 2020	37664.62	55321.71	0.0	kg

Πίνακας 3-12 Πρόβλεψη 2019 και 2020 Προϊόν Β

Οι τιμές των προβλέψεων δίνονται ανά μήνα σε κιλά σχοινιού για το προϊόν 'Β'. Δεδομένου του ότι το μοντέλο είναι απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα χωρίς τάση, μπορεί να δίνει τις ίδιες προβλέψεις για κάθε έτος από το 2019 και μετά. Παρουσιάζονται επίσης οι τιμές UCL (upper confidence limits) ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και LCL (lower confidence limits) κατώτερο όριο εμπιστοσύνης, με διάστημα εμπιστοσύνης 95%, το οποίο σημαίνει ότι η τιμή που θα πραγματοποιηθεί τελικά θα είναι με πιθανότητα 95% ανάμεσα στο ανώτερο και στο κατώτερο όριο.

3.6.3 Προϊόν Γ

Για το συγκεκριμένο προϊόν εφαρμόστηκε πρόβλεψη ζήτησης με την μέθοδο Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα και με το μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0). Μετά από ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων, φαίνεται καλύτερη και επιλέγεται η πρώτη μέθοδος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες πωλήσεις προϊόντος 'Γ' για πέντε συνεχόμενα προηγούμενα χρόνια.

ΜΗΝΑΣ	2014	2015	2016	2017	2018
1	24384	37007	24854	13991	25634
2	29095	35857	13770	16873	26196
3	36678	66676	28197	26009	27321
4	33524	21067	25525	14979	23113
5	34129	21680	14555	18652	27478
6	24731	21253	11728	14387	22681
7	27084	26311	28664.5	19259	24519
8	23687.5	6747	74786	18900	21486
9	31945.5	21648	26769.5	20846	24799
10	34400.6	15363	15936	20989	14349
11	27370.8	34522	20165	14144	28303
12	26999	31291	7155	24195	20088

Πίνακας 3-13 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Γ

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται ο δείκτης Ljung-Box και για τις δύο μεθόδους πρόβλεψης.

Στη μέθοδο Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα ο δείκτης = 35.341 με Sig. = 0.002 < 0.05, ο οποίος είναι στατιστικά σημαντικός, το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο δεν επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά.

Από το μοντέλο ARIMA (0,0,0) (0,0,0) ο δείκτης = 19.354 με Sig. = 0.370 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Προϊόν Γ Ljung-Box	Μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα	ARIMA (0,0,0) (0,0,0)
Statistics	35.341	19.354
DF	15	18
Sig.	0.002	0.370

Πίνακας 3-14 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν Γ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των στατιστικών μέτρων αξιολόγησης (Stationary R-squared, MAPE, MaxAPE, MAE, MaxAE, RMSE).

Προϊόν Γ Σφάλματα	Μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα	ARIMA (0,0,0) (0,0,0)
Stationary R-squared	0.768	0.000
MAPE	99.692 %	35.065 %
MaxAPE	370.519 %	269.237 %
MAE	6625.864	7001.649
MaxAE	45200.790	49873.560
RMSE	9889.562	11091.470

Πίνακας 3-15 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν Γ

Τα δεδομένα των πωλήσεων των προηγούμενων χρόνων, που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόβλεψη, παρουσιάζουν αρκετά σημαντικές διακυμάνσεις. Επομένως είναι λογικό οι τιμές των σφαλμάτων να είναι μεγάλα νούμερα.

Υπενθυμίζεται ότι το ύψος της τιμής του Stationary R-squared είναι ενδεικτικό καλής προσαρμογής του μοντέλου στα δεδομένα και κατά συνέπεια καλής ποιότητας πρόβλεψης. Άρα όσο μεγαλύτερο είναι, όσο δηλαδή πιο κοντά στο 1 πάει, τόσο καλύτερα το μοντέλο επεξηγεί τη χρονοσειρά. Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, το Stationary R-squared που καταγράφηκε στην μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα είναι μεγαλύτερο από αυτό που καταγράφηκε στο μοντέλο ARIMA(0,0,0)(0,0,0), (0.768 > 0.000). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα επεξηγεί το 76.8% της διακύμανσης της χρονοσειράς, δηλαδή επεξηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό έναντι του 0.00% του μοντέλου ARIMA.

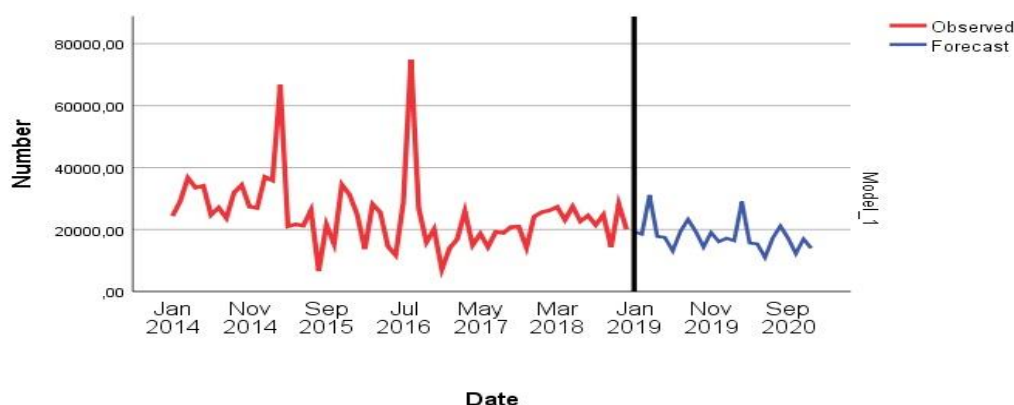
Σε ότι αφορά τα υπόλοιπα σφάλματα, η μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα εμφανίζει μικρότερες αποκλίσεις στην πλειοψηφία των σφαλμάτων (RMSE, MAE, MaxAE). Μόνο το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (MAPE) και το Μέγιστο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (MaxAPE) εμφανίζονται λίγο μεγαλύτερα.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για κάθε μέθοδο πρόβλεψης.

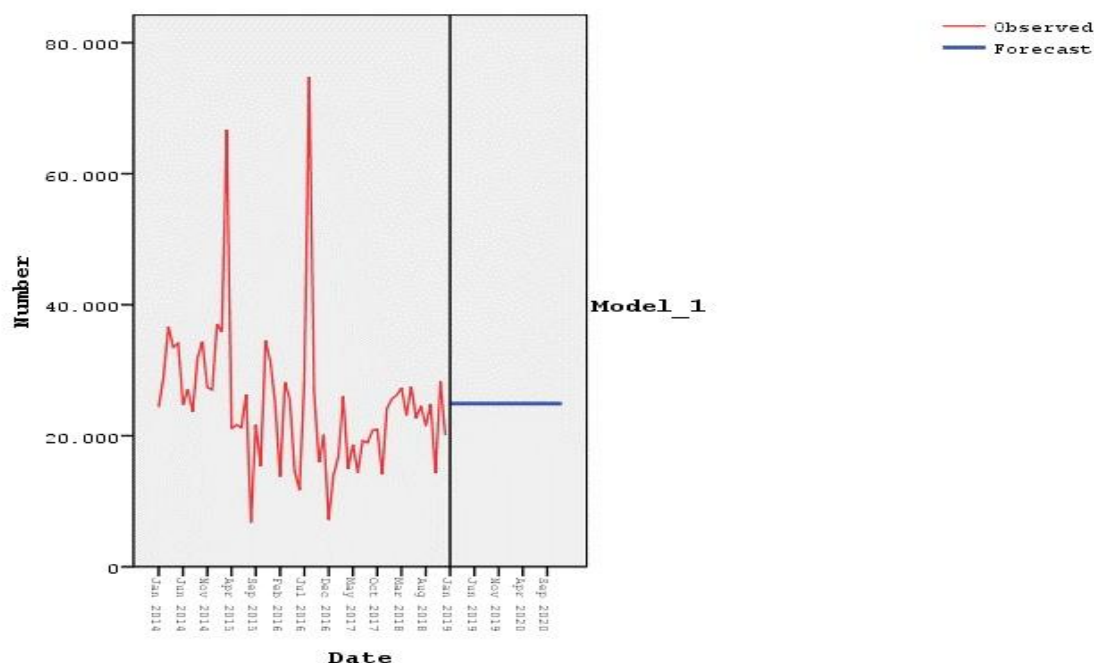
Προϊόν Γ Παράμετροι εξομάλυνσης	Μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα
α παράμετρος εξομάλυνσης επιπέδου	0.001
γ παράμετρος εξομάλυνσης εποχικότητας	0.00002366
β παράμετρος εξομάλυνσης τάσης	0.000

Προϊόν Γ Παράμετροι ARIMA	ARIMA (0,0,0) (0,0,0)
Σταθερός όρος	24912.440

Στη συνέχεια δίνονται τα γραφήματα των παρατηρήσεων (κόκκινη γραμμή) και των προβλέψεων (μπλε γραμμή) των δύο διαφορετικών μεθόδων. Στο πρώτο γράφημα παρουσιάζεται η μελλοντική πορεία των πωλήσεων με βάση την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και στο δεύτερο γράφημα με βάση το μοντέλο ARIMA (0,0,0) (0,0,0).



Γράφημα 5 Μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα Προϊόν Γ



Γράφημα 6 Μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0) Προϊόν Γ

Έτσι λοιπόν, η μέθοδος που δίνει τις περισσότερες μικρές αποκλίσεις και την καλύτερη επεξήγηση της χρονοσειράς, είναι η μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα.

Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης της ζήτησης τους 2019 και 2020 που προκύπτουν από της εφαρμογή της μεθόδου Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα, παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα. Οι τιμές των προβλέψεων δίνονται ανά μήνα σε κιλά σχοινιού για το προϊόν 'Γ'. Παρουσιάζονται επίσης οι τιμές UCL (upper confidence limits) ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και LCL (lower confidence limits) κατώτερο όριο εμπιστοσύνης, με διάστημα εμπιστοσύνης 95%, το οποίο σημαίνει ότι η τιμή που θα πραγματοποιηθεί τελικά θα είναι με πιθανότητα 95% ανάμεσα στο ανώτερο και στο κατώτερο όριο.

2019	Πρόβλεψη	UCL	LCL	μονάδες
Ιανουάριος 2019	19327.86	39131.37	0.0	kg
Φεβρουάριος 2019	18512.06	38315.58	0.0	kg
Μάρτιος 2019	31130.06	50933.59	0.0	kg
Απρίλιος 2019	17795.46	37599.00	0.0	kg
Μάιος 2019	17452.66	37256.21	0.0	kg
Ιούνιος 2019	13109.86	32913.42	0.0	kg
Ιούλιος 2019	19321.36	39124.93	0.0	kg
Αύγουστος 2019	23275.16	43078.74	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2019	19355.46	39159.05	0.0	kg
Οκτώβριος 2019	14361.38	34164.98	0.0	kg
Νοέμβριος 2019	19054.82	38858.43	0.0	kg
Δεκέμβριος 2019	16099.46	35903.08	0.0	kg
2020				
Ιανουάριος 2020	17225.19	37028.81	0.0	kg
Φεβρουάριος 2020	16409.39	36213.02	0.0	kg
Μάρτιος 2020	29027.39	48831.03	0.0	kg
Απρίλιος 2020	15692.79	35496.44	0.0	kg

Μάιος 2020	15349.99	35153.65	0.0	kg
Ιούνιος 2020	11007.19	30810.86	0.0	kg
Ιούλιος 2020	17218.69	37022.37	0.0	kg
Αύγουστος 2020	21172.49	40976.18	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2020	17252.79	37056.49	0.0	kg
Οκτώβριος 2020	12258.71	32062.42	0.0	kg
Νοέμβριος 2020	16952.15	36755.87	0.0	kg
Δεκέμβριος 2020	13996.79	33800.52	0.0	kg

Πίνακας 3-18 Πρόβλεψη 2020 Προϊόν Γ

3.6.4 Προϊόν Δ

Για το συγκεκριμένο προϊόν εφαρμόστηκε πρόβλεψη ζήτησης με την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα καθώς και με το μοντέλο ARIMA (0,0,0) (0,0,0). Μετά από ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων, φαίνεται καλύτερη και επιλέγεται η πρώτη μέθοδος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες πωλήσεις προϊόντος 'Δ' για πέντε συνεχόμενα προηγούμενα χρόνια.

ΜΗΝΑΣ	2014	2015	2016	2017	2018
1	92055	71697	68238	71672	113353
2	81806	114927	122301	98190	130071
3	49973	86624	74618	115289	73027
4	82004.5	92140	79739	93197	54472
5	57878	149217	162161	172102	105965
6	72504	124183	78692	83751	68830
7	89991	118022.5	106556	90272	83478
8	57857	116151	90719	60187	62690
9	101529	129674	97567	73012	81274
10	87152	148804	70244	144826	91033
11	58721	136460	113217	99789	102100
12	73779	133401	104746	75074	71313

Πίνακας 3-19 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Δ

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται ο δείκτης Ljung-Box και για τις δύο μεθόδους πρόβλεψης.

Στην απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα ο δείκτης = 13.754 με Sig. = 0.617 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Από το μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0) ο δείκτης = 30.876 με Sig. = 0.030 < 0.05, δηλαδή ο δείκτης είναι στατιστικά σημαντικός, άρα το μοντέλο δεν επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά.

Προϊόν Δ Ljung-Box	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (0,0,0) (0,0,0)
Statistics	13.754	30.876
DF	16	18
Sig.	0.617	0.030

Πίνακας 3-20 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν Δ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των στατιστικών μέτρων αξιολόγησης (Stationary R-squared, MAPE, MaxAPE, MAE, MaxAE, RMSE).

Προϊόν Δ Σφάλματα	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (0,0,0) (0,0,0)
Stationary R-squared	0.724	0.000
MAPE	20.867 %	25.454 %
MaxAPE	102.175 %	90.447 %
MAE	18012.188	22 710.119
MaxAE	59136.635	76 930.083
RMSE	22259,335	28 179.080

Πίνακας 3-21 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν Δ

Τα δεδομένα των πωλήσεων των προηγούμενων χρόνων, που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόβλεψη, παρουσιάζουν αρκετά σημαντικές διακυμάνσεις. Επομένως είναι λογικό οι τιμές των σφαλμάτων να είναι μεγάλα νούμερα.

Υπενθυμίζεται ότι το ύψος της τιμής του Stationary R-squared είναι ενδεικτικό καλής προσαρμογής του μοντέλου στα δεδομένα και κατά συνέπεια καλής ποιότητας πρόβλεψης. Άρα όσο μεγαλύτερο είναι, όσο δηλαδή πιο κοντά στο 1 πάει, τόσο καλύτερα το μοντέλο επεξηγεί τη χρονοσειρά. Όπως φαίνεται στον πίνακα το Stationary R-squared που καταγράφηκε στην μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα είναι μεγαλύτερο από αυτό που καταγράφηκε στο μοντέλο ARIMA(0,0,0)(0,0,0), (0.724 > 0.00). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα επεξηγεί το 72.4% της διακύμανσης της χρονοσειράς, δηλαδή επεξηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό έναντι του 0.00% του μοντέλου ARIMA.

Η μέθοδος της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα εμφανίζει τις μικρότερες τιμές σφαλμάτων. Μόνη εξαίρεση αποτελεί η τιμή του MaxAPE (μέγιστο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα) που είναι λίγο μεγαλύτερο, αλλά μικρή σημασία έχει.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για κάθε μέθοδο πρόβλεψης.

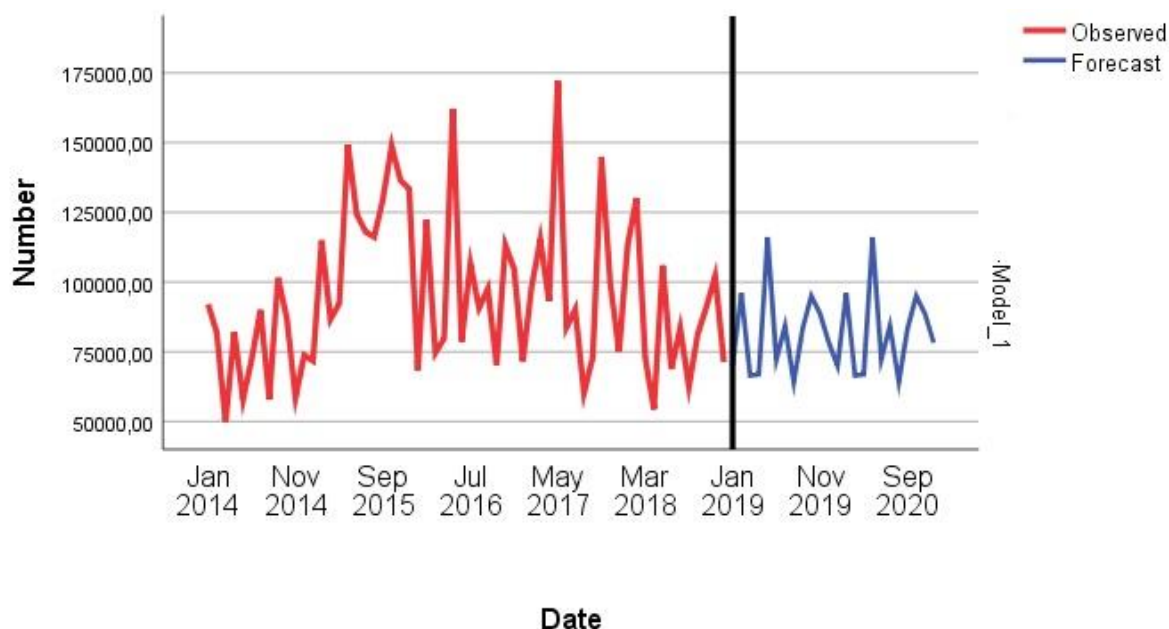
Προϊόν Δ Παράμετροι εξομάλυνσης	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα
α παράμετρος εξομάλυνσης επιπέδου	0.300
γ παράμετρος εξομάλυνσης εποχικότητας	0.00001839

Πίνακας 3-22 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν Δ

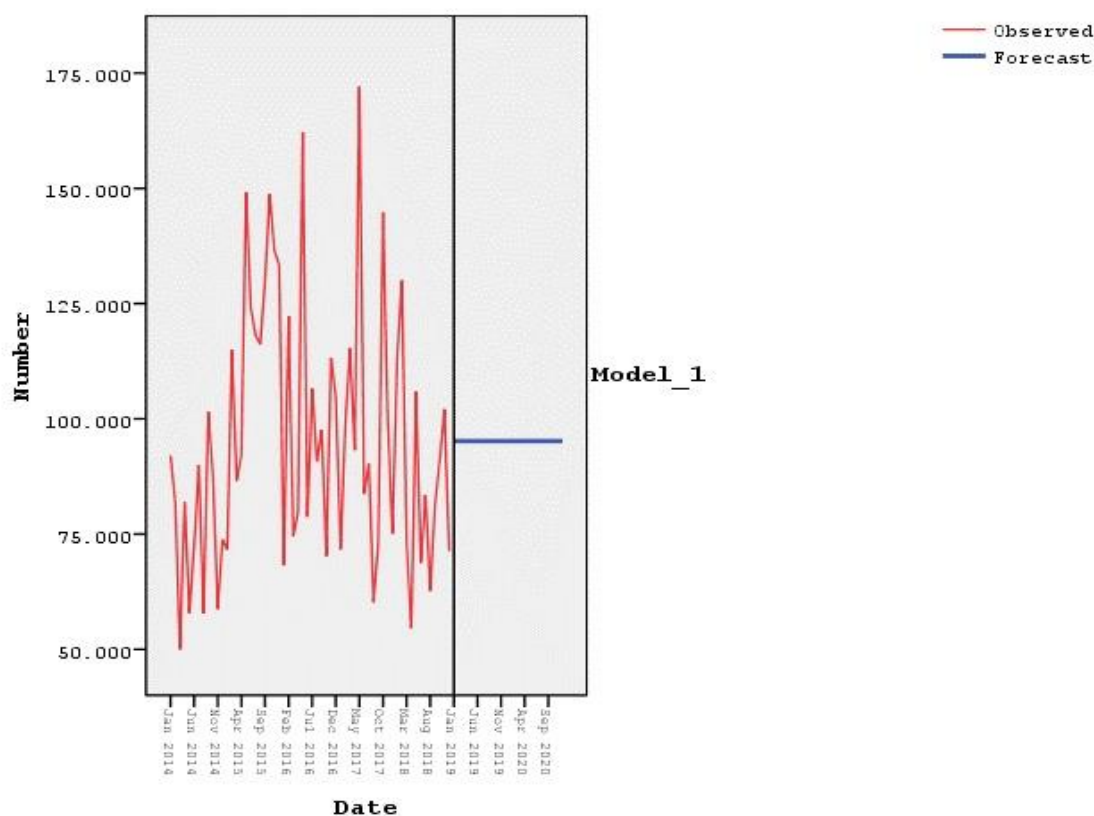
Προϊόν Δ Παράμετροι ARIMA	ARIMA (0,0,0) (0,0,0)
Σταθερός όρος	95171.917

Πίνακας 3-23 Παράμετροι ARIMA Προϊόν Δ

Στη συνέχεια δίνονται τα γραφήματα των παρατηρήσεων (κόκκινη γραμμή) και των προβλέψεων (μπλε γραμμή) των δύο διαφορετικών μεθόδων. Στο πρώτο γράφημα παρουσιάζεται η μελλοντική πορεία των πωλήσεων με βάση την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και στο δεύτερο γράφημα με βάση το μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0).



Γράφημα 7 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν Α



Γράφημα 8 Μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0) Προϊόν Α

Συνοψίζοντας, μέθοδος που δίνει τις μικρότερες αποκλίσεις και την καλύτερη επεξήγηση της χρονοσειράς για το τέταρτο προϊόν, είναι η απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα.

Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης της ζήτησης τους 2019 και 2020 που προκύπτουν από της εφαρμογή της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα, παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα. Οι τιμές των προβλέψεων δίνονται ανά μήνα σε κιλά σχοινιού για το

προϊόν Δ. Δεδομένου του ότι το μοντέλο είναι απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα χωρίς τάση, μπορεί να δίνει τις ίδιες προβλέψεις για κάθε έτος από το 2019 και μετά. Παρουσιάζονται επίσης οι τιμές UCL (upper confidence limits) ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και LCL (lower confidence limits) κατώτερο όριο εμπιστοσύνης, με διάστημα εμπιστοσύνης 95%, το οποίο σημαίνει ότι η τιμή που θα πραγματοποιηθεί τελικά θα είναι με πιθανότητα 95% ανάμεσα στο ανώτερο και στο κατώτερο όριο.

2019	Πρόβλεψη	UCL	LCL	μονάδες
Ιανουάριος 2019	70004.23	114561.13	0.0	kg
Φεβρουάριος 2019	96060.23	142578.84	0.0	kg
Μάρτιος 2019	66507.43	114908.30	0.0	kg
Απρίλιος 2019	66911.73	117124.35	0.0	kg
Μάιος 2019	116065.83	168027.08	0.0	kg
Ιούνιος 2019	72193.23	125846.14	0.0	kg
Ιούλιος 2019	84265.14	139557.98	0.0	kg
Αύγουστος 2019	64122.04	121007.56	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2019	83212.46	141647.26	0.0	kg
Οκτώβριος 2019	95013.07	154957.13	0.0	kg
Νοέμβριος 2019	88658.7	150074.93	0.0	kg
Δεκέμβριος 2019	78263.94	141117.86	0.0	kg
2020				
Ιανουάριος 2020	70004.23	134263.82	0.0	kg
Φεβρουάριος 2020	96060.23	161695.27	0.0	kg
Μάρτιος 2020	66507.43	133489.68	0.0	kg
Απρίλιος 2020	66911.73	135214.62	0.0	kg
Μάιος 2020	116065.83	185664.31	0.0	kg
Ιούνιος 2020	72193.23	143063.63	0.0	kg
Ιούλιος 2020	84265.14	156385.01	0.0	kg
Αύγουστος 2020	64122.04	137470.12	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2020	83212.46	157768.50	0.0	kg
Οκτώβριος 2020	95013.07	170757.82	0.0	kg
Νοέμβριος 2020	88658.7	165573.79	0.0	kg
Δεκέμβριος 2020	78263.94	156331.82	0.0	kg

Πίνακας 3-24 Πρόβλεψη 2019 και 2020 Προϊόν Δ

3.6.5 Προϊόν Ε

Για το συγκεκριμένο προϊόν εφαρμόστηκε πρόβλεψη ζήτησης με την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα καθώς και με το μοντέλο ARIMA (0,0,0) (0,0,0). Μετά από ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων, φαίνεται καλύτερη και επιλέγεται η πρώτη μέθοδος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες πωλήσεις προϊόντος 'Ε' για πέντε συνεχόμενα προηγούμενα χρόνια.

ΜΗΝΑΣ	2014	2015	2016	2017	2018
1	7383	2286.8	3547.5	3904	2581
2	18680.1	7233	3688.2	5095	9472.5
3	1798.5	5924	6642	3261.5	12355.5
4	6419.1	6392.9	30445.1	6800	7634.5
5	2631.5	9780.8	12447.3	13052.7	5438.6

ΜΗΝΑΣ	2014	2015	2016	2017	2018
6	4789.2	6351.6	6999.5	5102.1	3931
7	6056	10082.5	8529.8	4185.5	1293.3
8	2661.8	12576	1899.2	3363	4094
9	5866.7	12906	1838.5	1263.8	8166
10	4603.2	4491	9912.5	4276	3205.7
11	1768	965	3741.5	2736	3522
12	2077.1	6310.4	2854	4825	856

Πίνακας 3-25 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν E

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται ο δείκτης Ljung-Box και για τις δύο μεθόδους πρόβλεψης.

Στην απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα ο δείκτης = 19.055 με Sig. = 0.266 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Από το μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0) ο δείκτης = 25.058 με Sig. = 0.123 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Προϊόν E Ljung-Box	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (0,0,0) (0,0,0)
Statistics	19.055	25.058
DF	16	18
Sig.	0.266	0.123

Πίνακας 3-26 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν E

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των στατιστικών μέτρων αξιολόγησης (Stationary R-squared, MAPE, MaxAPE, MAE, MaxAE, RMSE).

Προϊόν E Σφάλματα	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (0,0,0) (0,0,0)
Stationary R-squared	0.752	0.000
MAPE	73.064 %	91.942 %
MaxAPE	362.258 %	613.728 %
MAE	2974.959	3261.413
MaxAE	18671.782	24335.585
RMSE	4311.414	4839.194

Πίνακας 3-27 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν E

Τα δεδομένα των πωλήσεων των προηγούμενων χρόνων, που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόβλεψη, παρουσιάζουν αρκετά σημαντικές διακυμάνσεις. Επομένως είναι λογικό οι τιμές των σφαλμάτων να είναι μεγάλα νούμερα.

Υπενθυμίζεται ότι το ύψος της τιμής του Stationary R-squared είναι ενδεικτικό καλής προσαρμογής του μοντέλου στα δεδομένα και κατά συνέπεια καλής ποιότητας πρόβλεψης. Άρα όσο μεγαλύτερο είναι, όσο δηλαδή πιο κοντά στο 1 πάει, τόσο καλύτερα το μοντέλο επεξηγεί τη χρονοσειρά. Όπως φαίνεται στον πίνακα, το Stationary R-squared που καταγράφηκε στην μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα είναι

μεγαλύτερο από αυτό που καταγράφηκε στην μέθοδο ARIMA ($0.752 > 0.00$). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα επεξηγεί το 75.2% της διακύμανσης της χρονοσειράς, δηλαδή επεξηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό έναντι του 0.00% του μοντέλου ARIMA.

Η μέθοδος της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα εμφανίζει τις μικρότερες τιμές σφαλμάτων.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για κάθε μέθοδο πρόβλεψης.

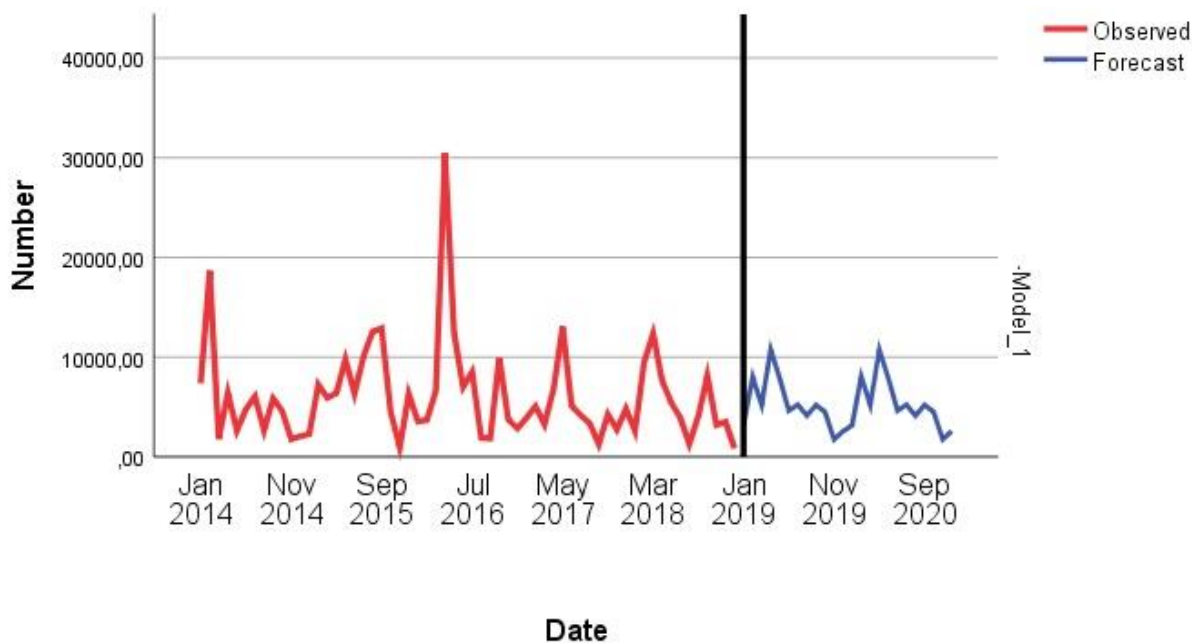
Προϊόν E	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα
Παράμετροι εξομάλυνσης	
α παράμετρος εξομάλυνσης επιπέδου	0.100
γ παράμετρος εξομάλυνσης εποχικότητας	0.00002016

Πίνακας 3-28 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν E

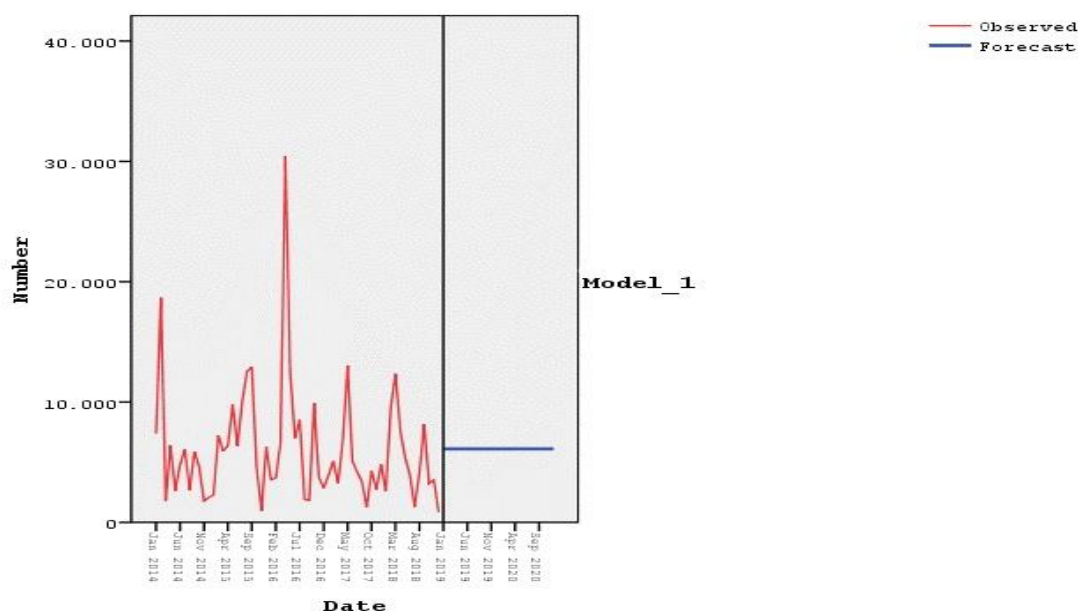
Προϊόν E	ARIMA
Παράμετροι ARIMA	(0,0,0) (0,0,0)
Σταθερός όρος	8.458

Πίνακας 3-29 Παράμετροι ARIMA Προϊόν E

Στη συνέχεια δίνονται τα γραφήματα των παρατηρήσεων (κόκκινη γραμμή) και των προβλέψεων (μπλε γραμμή) των δύο διαφορετικών μεθόδων. Στο πρώτο γράφημα παρουσιάζεται η μελλοντική πορεία των πωλήσεων με βάση την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και στο δεύτερο γράφημα με βάση το μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0).



Γράφημα 9 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν E



Γράφημα 10 Μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0) Προϊόν Ε

Τελικά, η μέθοδος που δίνει τις μικρότερες αποκλίσεις και την καλύτερη επεξήγηση της χρονοσειράς είναι η απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα και για το πέμπτο προϊόν.

Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης της ζήτησης τους 2019 και 2020 που προκύπτουν από της εφαρμογή της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα, παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα. Οι τιμές των προβλέψεων δίνονται ανά μήνα σε κιλά σχοινιού για το προϊόν 'Ε'. Δεδομένου του ότι το μοντέλο είναι απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα χωρίς τάση, μπορεί να δίνει τις ίδιες προβλέψεις για κάθε έτος από το 2019 και μετά. Παρουσιάζονται επίσης οι τιμές UCL (upper confidence limits) ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και LCL (lower confidence limits) κατώτερο όριο εμπιστοσύνης, με διάστημα εμπιστοσύνης 95%, το οποίο σημαίνει ότι η τιμή που θα πραγματοποιηθεί τελικά θα είναι με πιθανότητα 95% ανάμεσα στο ανώτερο και στο κατώτερο όριο.

2019	Πρόβλεψη	UCL	LCL	μονάδες
Ιανουάριος 2019	3146.76	11776.99	0.0	kg
Φεβρουάριος 2019	8040.07	16713.27	0.0	kg
Μάρτιος 2019	5202.61	13918.59	0.0	kg
Απρίλιος 2019	10744.64	19503.17	0.0	kg
Μάιος 2019	7876.51	16677.39	0.0	kg
Ιούνιος 2019	4641.02	13484.04	0.0	kg
Ιούλιος 2019	5235.77	14120.74	0.0	kg
Αύγουστος 2019	4125.16	13051.88	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2019	5214.57	14182.84	0.0	kg
Οκτώβριος 2019	4504.06	13513.70	0.0	kg
Νοέμβριος 2019	1752.89	10803.70	0.0	kg
Δεκέμβριος 2019	2590.9	11682.71	0.0	kg
2020				
Ιανουάριος 2020	3146.76	12279.38	0.0	kg
Φεβρουάριος 2020	8040.07	17213.31	0.0	kg
Μάρτιος 2020	5202.61	14416.30	0.0	kg
Απρίλιος 2020	10744.64	19998.59	0.0	kg
Μάιος 2020	7876.51	17170.55	0.0	kg

Ιούνιος 2020	4641.02	13974.98	0.0	kg
Ιούλιος 2020	5235.77	14609.48	0.0	kg
Αύγουστος 2020	4125.16	13538.45	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2020	5214.57	14667.28	0.0	kg
Οκτώβριος 2020	4504.06	13996.03	0.0	kg
Νοέμβριος 2020	1752.89	11238.95	0.0	kg
Δεκέμβριος 2020	2590.9	12160.90	0.0	kg

Πίνακας 3-30 Πρόβλεψη 2019 και 2020 Προϊόν Ε

3.6.6 Προϊόν ΣΤ

Για το συγκεκριμένο προϊόν εφαρμόστηκε πρόβλεψη ζήτησης με την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και με το μοντέλο ARIMA (1,0,0) (0,0,0). Μετά από ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων, φαίνεται καλύτερη και επιλέγεται η πρώτη μέθοδος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες πωλήσεις προϊόντος 'ΣΤ' για πέντε συνεχόμενα προηγούμενα χρόνια.

ΜΗΝΑΣ	2014	2015	2016	2017	2018
1	13664	8661	7443	0	3994
2	16127	3931	20229	5924	18679
3	16422	9323	12578	4139	24197
4	21095	4576	9501	5708	32443
5	14652	4842	12795	8532	16610
6	12509	3439	5911	5058	6188
7	3979	5042	13689	12153	2433
8	5141	6373	7609	4474	13785
9	4049	7805	5238	3490	3190
10	9122	2427	7560	7610	10115
11	6760	11223	4583	19298	4602
12	3686	5282	13248	10914	5132

Πίνακας 3-31 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν ΣΤ

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται ο δείκτης Ljung-Box και για τις δύο μεθόδους πρόβλεψης.

Στην απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα ο δείκτης = 22.407 με Sig. = 0.131 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Από το μοντέλο ARIMA (1,0,0)(0,0,0) ο δείκτης = 10.349 με Sig. = 0.888 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Προϊόν ΣΤ Ljung-Box	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (1,0,0) (0,0,0)
Statistics	22.407	10.349
DF	16	17
Sig.	0.131	0.888

Πίνακας 3-32 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν ΣΤ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των στατιστικών μέτρων αξιολόγησης (Stationary R-squared, MAPE, MaxAPE, MAE, MaxAE, RMSE).

Προϊόν ΣΤ Σφάλματα	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (1,0,0) (0,0,0)
Stationary R-squared	0.653	0.182
MAPE	63.598 %	62.145 %
MaxAPE	409.054 %	253.667 %
MAE	4200.824	4 404.947
MaxAE	11719.276	16 892.496
RMSE	5171,454	5 634.186

Πίνακας 3-33 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν ΣΤ

Τα δεδομένα των πωλήσεων των προηγούμενων χρόνων, που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόβλεψη, παρουσιάζουν αρκετά σημαντικές διακυμάνσεις. Επομένως είναι λογικό οι τιμές των σφαλμάτων να είναι μεγάλα νούμερα.

Υπενθυμίζεται ότι το ύψος της τιμής του Stationary R-squared είναι ενδεικτικό καλής προσαρμογής του μοντέλου στα δεδομένα και κατά συνέπεια καλής ποιότητας πρόβλεψης. Άρα όσο μεγαλύτερο είναι, όσο δηλαδή πιο κοντά στο 1 πάει, τόσο καλύτερα το μοντέλο επεξηγεί τη χρονοσειρά. Όπως φαίνεται στον πίνακα, το Stationary R-squared που καταγράφηκε στην μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα είναι μεγαλύτερο από αυτό που καταγράφηκε στην μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης (0.653 > 0.182). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα επεξηγεί το 65.3% της διακύμανσης της χρονοσειράς, δηλαδή επεξηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό έναντι του 18.2% του μοντέλου ARIMA.

Η μέθοδος της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα εμφανίζει τις μικρότερες τιμές σφαλμάτων στην πλειοψηφία των σφαλμάτων. Το μοντέλο ARIMA εμφανίζει μικρότερες αποκλίσεις στο μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα MAPE και στο μέγιστο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα MaxAPE.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για κάθε μέθοδο πρόβλεψης.

Προϊόν ΣΤ Παράμετροι εξομάλυνσης	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα
α παράμετρος εξομάλυνσης επιπέδου	0.200
γ παράμετρος εξομάλυνσης εποχικότητας	0. 00001544

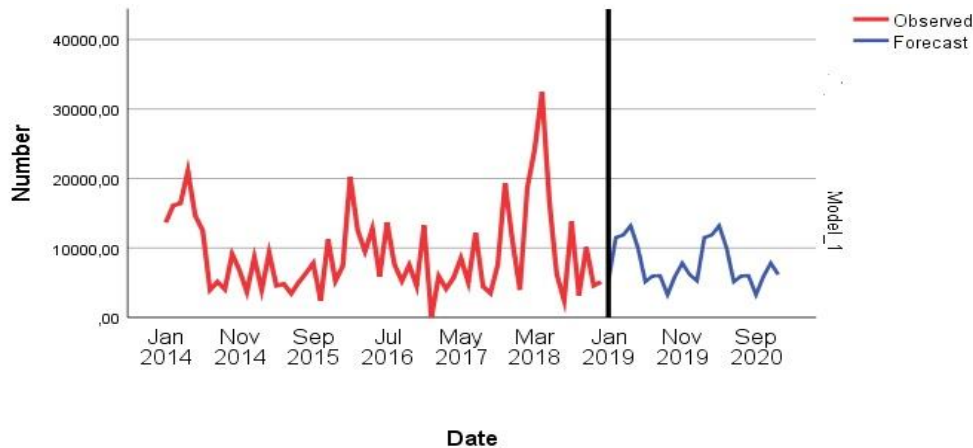
Πίνακας 3-34 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν ΣΤ

Προϊόν ΣΤ Παράμετροι ARIMA	ARIMA (1,0,0) (0,0,0)
Τάξη αυτοπαλινδρόμησης p	1
Σταθερός όρος	9158.959

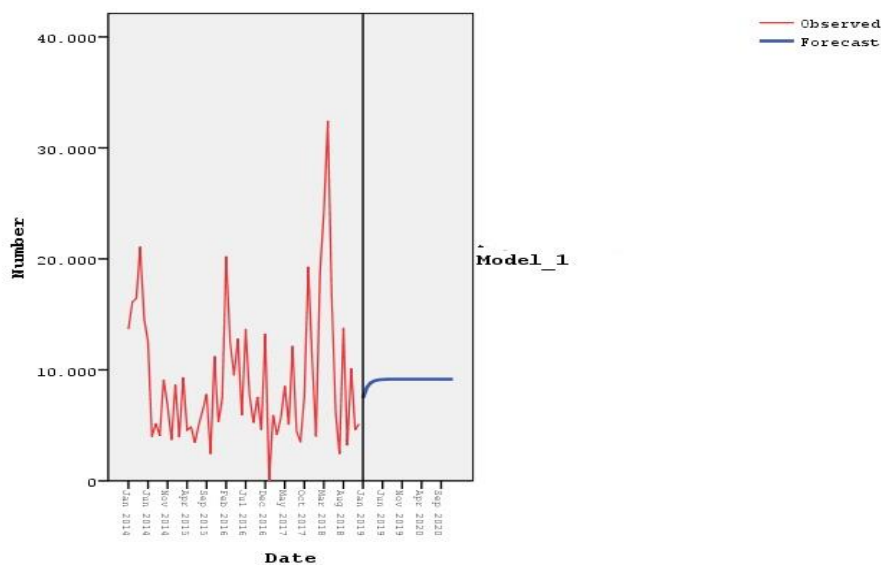
Πίνακας 3-35 Παράμετροι ARIMA Προϊόν ΣΤ

Στη συνέχεια δίνονται τα γραφήματα των παρατηρήσεων (κόκκινη γραμμή) και των προβλέψεων (μπλε γραμμή) των δύο διαφορετικών μεθόδων. Στο πρώτο γράφημα παρουσιάζεται η μελλοντική πορεία των πωλήσεων με βάση την μέθοδο της απλής εκθετικής

εξομάλυνσης με εποχικότητα και στο δεύτερο γράφημα με βάση το μοντέλο ARIMA (1,0,0)(0,0,0).



Γράφημα 11 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν ΣΤ



Γράφημα 12 Μοντέλο ARIMA (0,0,0) (0,0,0) Προϊόν ΣΤ

Έτσι λοιπόν, η μέθοδος που δίνει τις μικρότερες αποκλίσεις στο σύνολο των αποκλίσεων και έχει την καλύτερη επεξήγηση της χρονοσειράς είναι η απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα.

Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης της ζήτησης τους 2019 και 2020 που προκύπτουν από της εφαρμογή της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα, παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

Η παράμετρος εξομάλυνσης επιπέδου είναι $\alpha=0.400$ και η παράμετρος εξομάλυνσης εποχικότητας είναι $\gamma=0,00006320$.

2019	Πρόβλεψη	UCL	LCL	μονάδες
Ιανουάριος 2019	5279.16	15630.95	0.0	kg
Φεβρουάριος 2019	11504.85	22653.92	0.0	kg
Μάρτιος 2019	11858.71	23751.72	0.0	kg
Απρίλιος 2019	13191.55	25784.63	0.0	kg
Μάιος 2019	10013.17	23269.41	0.0	kg

Ιούνιος 2019	5147.99	19035.76	0.0	kg
Ιούλιος 2019	5986.21	20478.00	0.0	kg
Αύγουστος 2019	6003.43	21075.07	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2019	3281.46	18911.44	0.0	kg
Οκτώβριος 2019	5893.91	22062.97	0.0	kg
Νοέμβριος 2019	7820.39	24511.12	0.0	kg
Δεκέμβριος 2019	6179.73	23376.31	0.0	kg
2020				
Ιανουάριος 2020	5279.16	22967.23	0.0	kg
Φεβρουάριος 2020	11504.85	29671.03	0.0	kg
Μάρτιος 2020	11858.71	30490.73	0.0	kg
Απρίλιος 2020	13191.55	32278.04	0.0	kg
Μάιος 2020	10013.17	29543.56	0.0	kg
Ιούνιος 2020	5147.99	25112.42	0.0	kg
Ιούλιος 2020	5986.21	26375.43	0.0	kg
Αύγουστος 2020	6003.43	26808.78	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2020	3281.46	24494.77	0.0	kg
Οκτώβριος 2020	5893.91	27507.49	0.0	kg
Νοέμβριος 2020	7820.39	29826.95	0.0	kg
Δεκέμβριος 2020	6179.73	28572.38	0.0	kg

Πίνακας 3-36 Πρόβλεψη 2019 και 2020 Προϊόν ΣΤ

Οι τιμές των προβλέψεων δίνονται ανά μήνα σε κιλά σχοινιού για το προϊόν 'ΣΤ'. Δεδομένου του ότι το μοντέλο είναι απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα χωρίς τάση, μπορεί να δίνει τις ίδιες προβλέψεις για κάθε έτος από το 2019 και μετά. Παρουσιάζονται επίσης οι τιμές UCL (upper confidence limits) ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και LCL (lower confidence limits) κατώτερο όριο εμπιστοσύνης, με διάστημα εμπιστοσύνης 95%, το οποίο σημαίνει ότι η τιμή που θα πραγματοποιηθεί τελικά θα είναι με πιθανότητα 95% ανάμεσα στο ανώτερο και στο κατώτερο όριο.

3.6.7 Προϊόν Ζ

Για το συγκεκριμένο προϊόν εφαρμόστηκε πρόβλεψη ζήτησης με την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και με το μοντέλο ARIMA (1,0,0) (0,0,1). Μετά από ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων, φαίνεται καλύτερη και επιλέγεται η πρώτη μέθοδος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες πωλήσεις προϊόντος 'Ζ' για πέντε συνεχόμενα προηγούμενα χρόνια.

ΜΗΝΑΣ	2014	2015	2016	2017	2018
1	22983	23574	23211	32697	29831
2	30229	24259	30397	34613	74047
3	24861	30346	22906	68196	89952
4	34136	35939.6	20975	18917	31368
5	26444	33954	24815	15246	34936
6	12189	38736	35413	22080	29473
7	35135	20849	28518	49290	40510
8	29064	27772	34469	19617	33783
9	24680	35148	17576	19073	34571

ΜΗΝΑΣ	2014	2015	2016	2017	2018
10	23829	27872	17918	16540	41816
11	14794	42009	35531	33314	53885
12	23627	30119	31035	33417	32183

Πίνακας 3-37 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Ζ

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται ο δείκτης Ljung-Box και για τις δύο μεθόδους πρόβλεψης.

Στην απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα ο δείκτης = 21.696 με Sig. = 0.153 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Από το μοντέλο ARIMA (1,0,0)(0,0,1) ο δείκτης = 19.776 με Sig. = 0.231 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Προϊόν Ζ Ljung-Box	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (1,0,0) (0,0,1)
Statistics	21.696	19.776
DF	16	16
Sig.	0.153	0.231

Πίνακας 3-38 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν Ζ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των στατιστικών μέτρων αξιολόγησης (Stationary R-squared, MAPE, MaxAPE, MAE, MaxAE, RMSE)

Προϊόν Ζ	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (1,0,0) (0,0,1)
Stationary R-squared	0.561	0.206
MAPE	27.563 %	29.512 %
MaxAPE	113.061 %	149.317 %
MAE	8318.703	8 404.428
MaxAE	40581.279	42 331.877
RMSE	11573.551	12 286.148

Πίνακας 3-39 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν Ζ

Τα δεδομένα των πωλήσεων των προηγούμενων χρόνων, που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόβλεψη, παρουσιάζουν αρκετά σημαντικές διακυμάνσεις. Επομένως είναι λογικό οι τιμές των σφαλμάτων να είναι μεγάλα νούμερα.

Υπενθυμίζεται ότι το ύψος της τιμής του Stationary R-squared είναι ενδεικτικό καλής προσαρμογής του μοντέλου στα δεδομένα και κατά συνέπεια καλής ποιότητας πρόβλεψης. Άρα όσο μεγαλύτερο είναι, όσο δηλαδή πιο κοντά στο 1 πάει, τόσο καλύτερα το μοντέλο επεξηγεί τη χρονοσειρά. Όπως φαίνεται στον πίνακα το Stationary R-squared που καταγράφηκε στην μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα είναι μεγαλύτερο από αυτό που καταγράφηκε στην μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης (0.561 > 0.206). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα επεξηγεί το 56.1% της διακύμανσης της χρονοσειράς, δηλαδή επεξηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό έναντι του 20.6% του μοντέλου ARIMA.

Η μέθοδος της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα εμφανίζει συνολικά τις μικρότερες τιμές σφαλμάτων.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για κάθε μέθοδο πρόβλεψης.

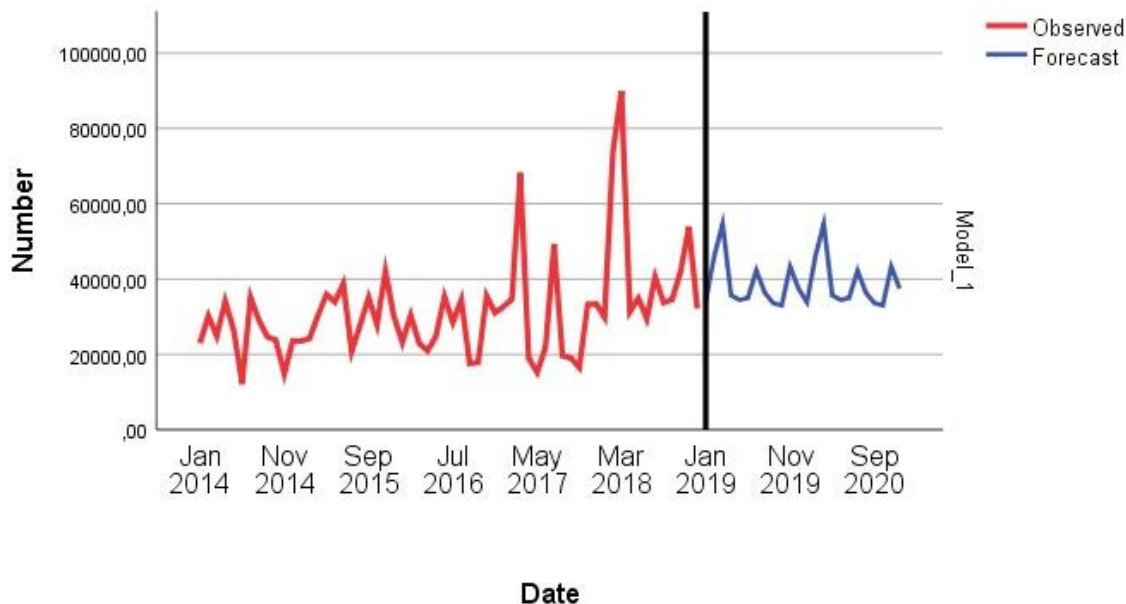
Προϊόν Z Παράμετροι εξομάλυνσης	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα
α παράμετρος εξομάλυνσης επιπέδου	0.100
γ παράμετρος εξομάλυνσης εποχικότητας	0.00001182

Πίνακας 3-40 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν Z

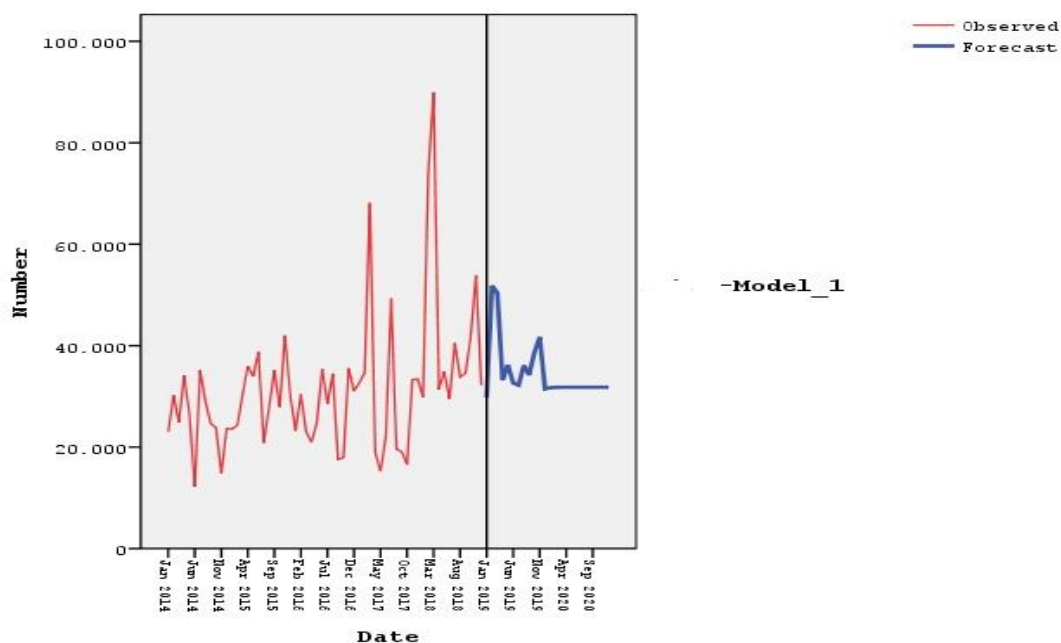
Προϊόν Z Παράμετροι ARIMA	ARIMA (1,0,0) (0,0,1)
Τάξη αυτοπαλινδρόμησης p	1
Εποχιακή Τάξη κινούμενου μέσου όρου s	1
Σταθερός όρος	31810.198

Πίνακας 3-41 Παράμετροι ARIMA Προϊόν Z

Στη συνέχεια δίνονται τα γραφήματα των παρατηρήσεων (κόκκινη γραμμή) και των προβλέψεων (μπλε γραμμή) των δύο διαφορετικών μεθόδων. Στο πρώτο γράφημα παρουσιάζεται η μελλοντική πορεία των πωλήσεων με βάση την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και στο δεύτερο γράφημα με βάση το μοντέλο ARIMA (1,0,0)(0,0,1).



Γράφημα 13 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν Z



Γράφημα 14 Μοντέλο ARIMA (1,0,0) (0,0,1) Προϊόν Z

Έτσι λοιπόν, η μέθοδος που δίνει τις μικρότερες αποκλίσεις και την καλύτερη επεξήγηση της χρονοσειράς είναι η απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα.

Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης της ζήτησης τους 2019 και 2020 που προκύπτουν από της εφαρμογή της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα, παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

2019	Πρόβλεψη	UCL	LCL	μονάδες
Ιανουάριος 2019	33867.77	57034.74	0.0	kg
Φεβρουάριος 2019	46117.54	69400.23	0.0	kg
Μάρτιος 2019	54660.72	78058.54	0.0	kg
Απρίλιος 2019	35675.62	59188.01	0.0	kg
Μάιος 2019	34487.49	58113.89	0.0	kg
Ιούνιος 2019	34986.67	58726.54	0.0	kg
Ιούλιος 2019	42268.85	66121.65	0.0	kg
Αύγουστος 2019	36349.44	60314.63	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2019	33618.02	57695.09	0.0	kg
Οκτώβριος 2019	33003.41	57191.83	0.0	kg
Νοέμβριος 2019	43314.99	67614.25	0.0	kg
Δεκέμβριος 2019	37484.58	61894.18	0.0	kg
2020	Πρόβλεψη	UCL	LCL	μονάδες
Ιανουάριος 2020	33867.77	58387.23	0.0	kg
Φεβρουάριος 2020	46117.54	70746.37	0.0	kg
Μάρτιος 2020	54660.72	79398.41	0.0	kg
Απρίλιος 2020	35675.62	60521.71	0.0	kg
Μάιος 2020	34487.49	59441.49	0.0	kg
Ιούνιος 2020	34986.67	60048.13	0.0	kg
Ιούλιος 2020	42268.85	67437.32	0.0	kg
Αύγουστος 2020	36349.44	62624.45	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2020	33618.02	58999.13	0.0	kg
Οκτώβριος 2020	33003.41	58490.17	0.0	kg

Νοέμβριος 2020	43314.99	68906.98	0.0	kg
Δεκέμβριος 2020	37484.58	63181.35	0.0	kg

Πίνακας 3-42 Πρόβλεψη 2019 και 2020 Προϊόν Ζ

Οι τιμές των προβλέψεων δίνονται ανά μήνα σε κιλά σχοινιού για το προϊόν 'Ζ'. Δεδομένου του ότι το μοντέλο είναι απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα χωρίς τάση, μπορεί να δίνει τις ίδιες προβλέψεις για κάθε έτος από το 2019 και μετά. Παρουσιάζονται επίσης οι τιμές UCL (upper confidence limits) ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και LCL (lower confidence limits) κατώτερο όριο εμπιστοσύνης, με διάστημα εμπιστοσύνης 95%, το οποίο σημαίνει ότι η τιμή που θα πραγματοποιηθεί τελικά θα είναι με πιθανότητα 95% ανάμεσα στο ανώτερο και στο κατώτερο όριο.

3.6.8 Προϊόν Η

Για το συγκεκριμένο προϊόν εφαρμόστηκε πρόβλεψη ζήτησης με την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα καθώς και με το μοντέλο ARIMA (0,0,0) (0,0,0). Μετά από ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων, φαίνεται καλύτερη και επιλέγεται η πρώτη μέθοδος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες πωλήσεις προϊόντος 'Ζ' για πέντε συνεχόμενα προηγούμενα χρόνια.

ΜΗΝΑΣ	2014	2015	2016	2017	2018
1	14924	13428	8037	9851	19554
2	11459	16832	19222	23205	13566
3	17593	12004	14283	17166	26421
4	11753	11675	17265	16065	20440
5	60292	15449	17528	18879	10904
6	9060	20171	9321	15321	15353
7	13528	12215	13082	26377	21030
8	6348	10515	12752	10398	13921
9	17296	22645	12911	11151	19318
10	14280	12001	32788	16549	19104
11	11083	13479	28132	21720	27351
12	15257	12582	12134	21940	21182

Πίνακας 3-43 Δεδομένα πωλήσεων σε κιλά ανά έτος και ανά μήνα για το Προϊόν Η

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται ο δείκτης Ljung-Box και για τις δύο μεθόδους πρόβλεψης.

Στην απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα ο δείκτης = 16.063 με Sig. = 0.449 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Από το μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0) ο δείκτης = 11.477 με Sig. = 0.873 > 0.05, δηλαδή ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μοντέλο επεξηγεί σωστά και επαρκώς την χρονοσειρά και δεν εντοπίζεται κάποια «δομή» (structure) μέσα στην χρονοσειρά η οποία δεν επεξηγείται από το μοντέλο.

Προϊόν Η Ljung-Box	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (0,0,0) (0,0,0)
Statistics	16.063	11.477
DF	16	18
Sig.	0.449	0.873

Πίνακας 3-44 Στατιστικά στοιχεία Προϊόν Η

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των στατιστικών μέτρων αξιολόγησης (Stationary R-squared, MAPE, MaxAPE, MAE, MaxAE, RMSE)

Προϊόν Η Σφάλματα	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα	ARIMA (0,0,0) (0,0,0)
Stationary R-squared	0.844	0.00
MAPE	29.951 %	32.397
MaxAPE	141.955 %	165.199
MAE	4912.079	5 086.100
MaxAE	36300.764	43 457.167
RMSE	7315,570	7 842.942

Πίνακας 3-45 Αξιολόγηση προβλέψεων Προϊόν Η

Τα δεδομένα των πωλήσεων των προηγούμενων χρόνων, που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόβλεψη, παρουσιάζουν αρκετά σημαντικές διακυμάνσεις. Επομένως είναι λογικό οι τιμές των σφαλμάτων να είναι μεγάλα νούμερα.

Υπενθυμίζεται ότι το ύψος της τιμής του Stationary R-squared είναι ενδεικτικό καλής προσαρμογής του μοντέλου στα δεδομένα και κατά συνέπεια καλής ποιότητας πρόβλεψης. Άρα όσο μεγαλύτερο είναι, όσο δηλαδή πιο κοντά στο 1 πάει, τόσο καλύτερα το μοντέλο επεξηγεί τη χρονοσειρά. Όπως φαίνεται στον πίνακα, το Stationary R-squared που καταγράφηκε στην μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα είναι μεγαλύτερο από αυτό που καταγράφηκε στην μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης ($0.844 > 0.00$). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα επεξηγεί το 84.4% της διακύμανσης της χρονοσειράς, δηλαδή επεξηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό έναντι του 0.00% της απλής εκθετικής εξομάλυνσης.

Η μέθοδος της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα εμφανίζει τις μικρότερες τιμές σφαλμάτων σε όλα τα σφάλματα.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για κάθε μέθοδο πρόβλεψης.

Προϊόν Η Παράμετροι εξομάλυνσης	Απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα
α παράμετρος εξομάλυνσης επιπέδου	0.100
γ παράμετρος εξομάλυνσης εποχικότητας	0.00002530

Πίνακας 3-46 Παράμετροι εξομάλυνσης Προϊόν Η

Προϊόν Η Παράμετροι ARIMA	ARIMA (0,0,0) (0,0,0)
Σταθερός όρος	16834.833

Πίνακας 3-47 Παράμετροι ARIMA Προϊόν Η

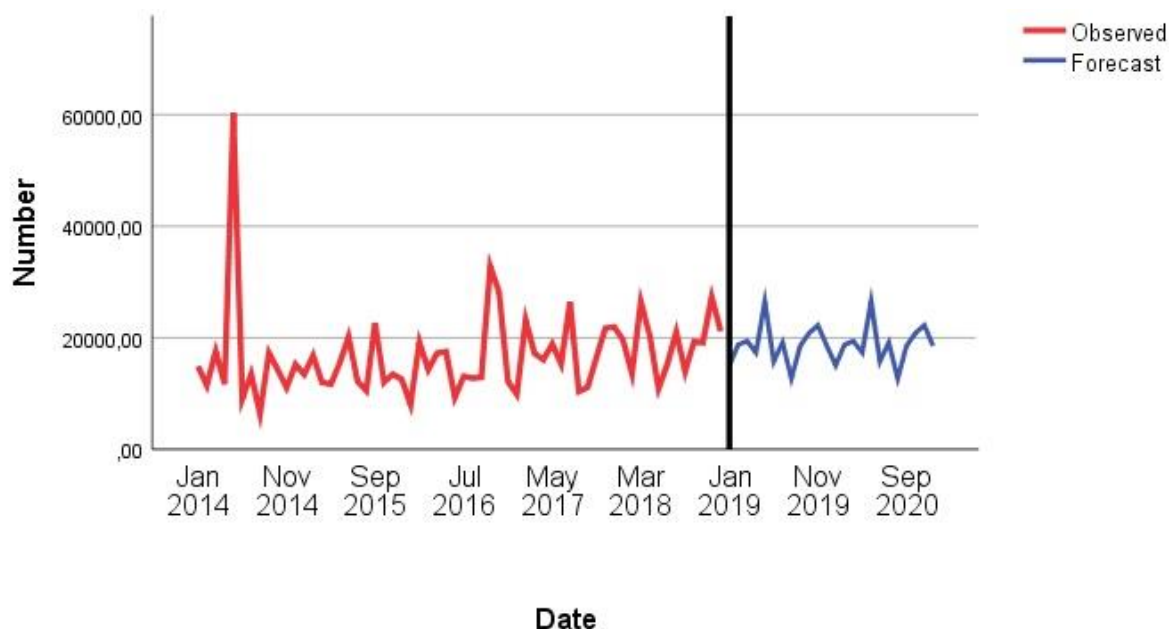
Στη συνέχεια δίνονται τα γραφήματα των παρατηρήσεων (κόκκινη γραμμή) και των προβλέψεων (μπλε γραμμή) των δύο διαφορετικών μεθόδων. Στο πρώτο γράφημα παρουσιάζεται η μελλοντική πορεία των πωλήσεων με βάση την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και στο δεύτερο γράφημα με βάση το μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0).

Έτσι λοιπόν, η μέθοδος που δίνει τις μικρότερες αποκλίσεις και την καλύτερη επεξήγηση της χρονοσειράς είναι η απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα.

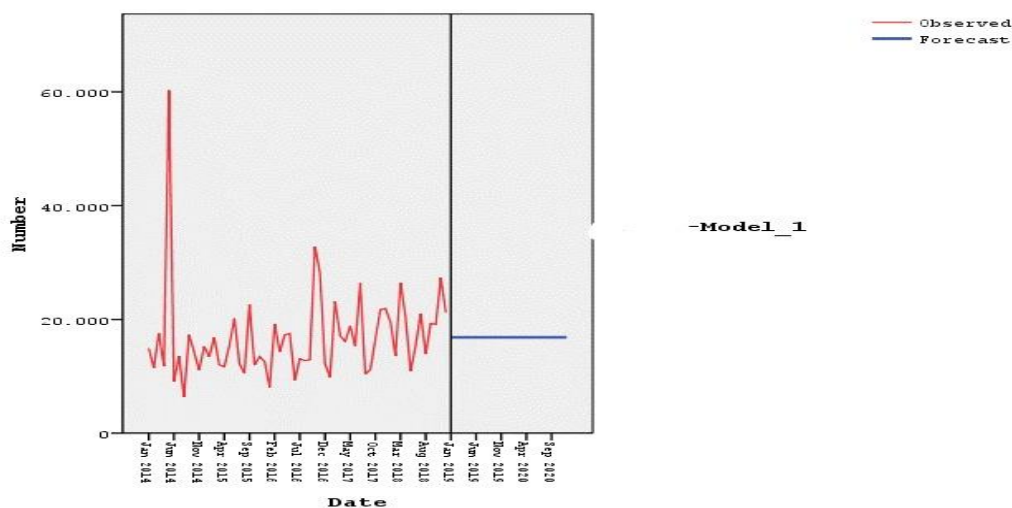
Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης της ζήτησης τους 2019 και 2020 που προκύπτουν από της εφαρμογή της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα, παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα. Οι τιμές των προβλέψεων δίνονται ανά μήνα σε κιλά σχοιניού για το προϊόν 'Η'. Δεδομένου του ότι το μοντέλο είναι απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα χωρίς τάση, μπορεί να δίνει τις ίδιες προβλέψεις για κάθε έτος από το 2019 και μετά. Παρουσιάζονται επίσης οι τιμές UCL (upper confidence limits) ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και LCL (lower confidence limits) κατώτερο όριο εμπιστοσύνης, με διάστημα εμπιστοσύνης 95%, το οποίο σημαίνει ότι η τιμή που θα πραγματοποιηθεί τελικά θα είναι με πιθανότητα 95% ανάμεσα στο ανώτερο και στο κατώτερο όριο.

2019	Πρόβλεψη	UCL	LCL	μονάδες
Ιανουάριος 2019	15065.91	30557.68	0.0	kg
Φεβρουάριος 2019	18763.91	34324.26	0.0	kg
Μάρτιος 2019	19400.51	35029.14	0.0	kg
Απρίλιος 2019	17346.71	33043.33	0.0	kg
Μάιος 2019	26517.51	42281.82	0.0	kg
Ιούνιος 2019	15752.31	31584.02	0.0	kg
Ιούλιος 2019	19153.51	35052.34	0.0	kg
Αύγουστος 2019	12693.9	28659.58	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2019	18571.3	34603.53	0.0	kg
Οκτώβριος 2019	20851.5	36950.02	0.0	kg
Νοέμβριος 2019	22260.1	38424.62	0.0	kg
Δεκέμβριος 2019	18526.1	34756.37	0.0	kg
2020	Πρόβλεψη	UCL	LCL	μονάδες
Ιανουάριος 2020	15065.91	29709.62	0.0	kg
Φεβρουάριος 2020	18763.91	33480.15	0.0	kg
Μάρτιος 2020	19400.51	34188.93	0.0	kg
Απρίλιος 2020	17346.71	32206.97	0.0	kg
Μάιος 2020	26517.51	41449.25	0.0	kg
Ιούνιος 2020	15752.31	30755.19	0.0	kg
Ιούλιος 2020	19153.51	34227.20	0.0	kg
Αύγουστος 2020	12693.9	27838.08	0.0	kg
Σεπτέμβριος 2020	18571.3	33785.63	0.0	kg
Οκτώβριος 2020	20851.5	36135.66	0.0	kg
Νοέμβριος 2020	22260.1	37613.77	0.0	kg
Δεκέμβριος 2020	18526.1	33948.97	0.0	kg

Πίνακας 3-48 Forecast 2020 Προϊόν Η



Γράφημα 15 Μέθοδος απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα Προϊόν H



Γράφημα 16 Μοντέλο ARIMA (0,0,0)(0,0,0) Προϊόν H

3.7 Συμπεράσματα και προτεινόμενες λύσεις

- Από την εφαρμογή των μεθόδων πρόβλεψης, φαίνεται πως η μέθοδος της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα, στην πλειοψηφία των προϊόντων, και η μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα, εμφανίζουν τα βέλτιστα αποτελέσματα (μικρότερες αποκλίσεις και καλύτερες επεξηγήσεις των χρονοσειρών). Τα μοντέλα ARIMA, που δοκιμάστηκαν σε όλα τα προϊόντα ξεχωριστά, δεν κρίθηκαν καταλληλότερα από αυτά της εξομάλυνσης, βάσει των αποτελεσμάτων που έδωσαν.
- Συγκεκριμένα η απλή εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα κρίθηκε η βέλτιστη μέθοδος πρόβλεψης για τα προϊόντα A, B, Δ, E, ΣΤ, Ζ, Η και η μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα για το προϊόν Γ.
- Οι τιμές των στατιστικών μέτρων αξιολόγησης (Stationary R-squared, MAPE, MaxAPE, MAE, MaxAE, RMSE), των αποκλίσεων ή σφαλμάτων με άλλα λόγια, παρουσιάζουν γενικά στο σύνολο των προϊόντων μεγάλες τιμές. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι τα

ιστορικά δεδομένα των πωλήσεων που χρησιμοποιήθηκαν, παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις.

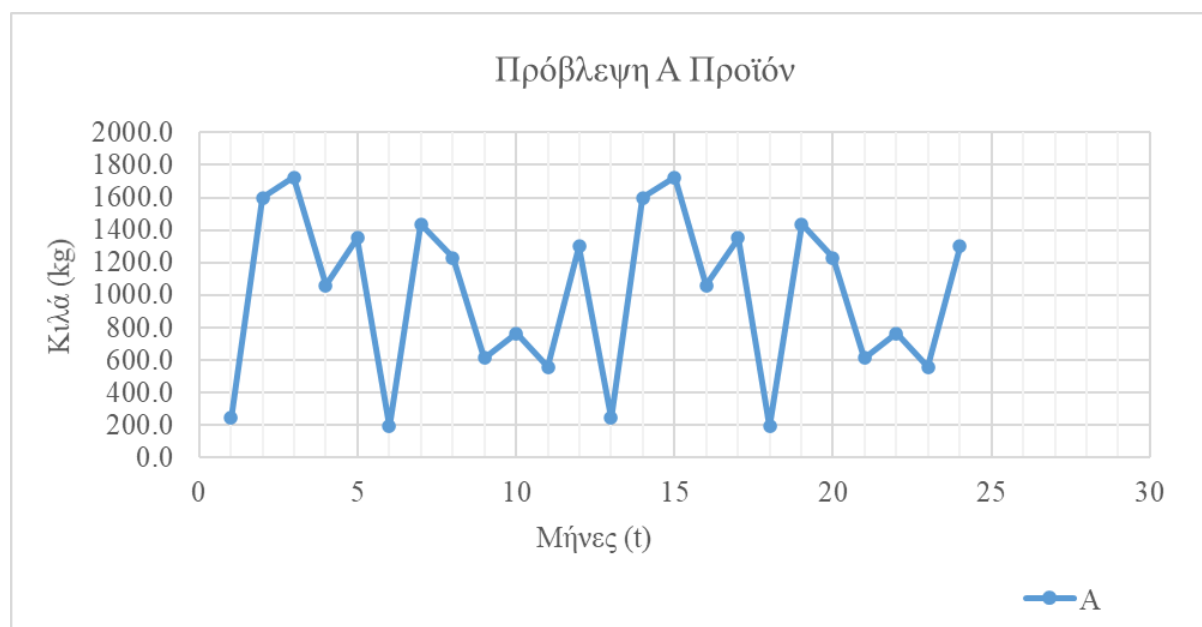
- Στα προϊόντα που η πρόβλεψη γίνεται με το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα προκύπτουν ίδιες προβλέψεις για τους ίδιους μήνες των ετών 2019 και 2020. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν υπάρχει τάση. Ωστόσο, επειδή η αβεβαιότητα αυξάνεται για προβλέψεις σε μεγαλύτερο χρονικό ορίζοντα στο μέλλον, τα διαστήματα εμπιστοσύνης των προβλέψεων διευρύνονται και τα άνω όριά τους (UCL) είναι μεγαλύτερα για το 2020.
- Η εταιρία θα πρέπει να είναι προετοιμασμένη για κάθε σενάριο πρόβλεψης. Ο δείκτης απαξίωσης του αποθέματος για κάθε προϊόν i της εταιρίας, εκτιμάται στο 1% της αξίας του προϊόντος. Επομένως το κόστος αποθέματος δεν αποτελεί άμεσα σημαντικό κίνδυνο για το κέρδος. Δεν σημαίνει όμως ότι είναι αμελητέο, και φυσικά πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν στα πλάνα παραγωγής. Έτσι σε περίπτωση υπερεκτίμησης της ζήτησης, οι αποθηκευτικοί χώροι πρέπει να μπορούν να διατηρήσουν ένα απόθεμα έτοιμων προϊόντων, για ένα χρονικό διάστημα μέχρι την πώληση σε επόμενους πελάτες. Το χρονικό διάστημα αυτό καθορίζεται από το χρόνο απαξίωσης και φθοράς των προϊόντων, από το κόστος αποθέματος και από την διαθεσιμότητα των αποθηκευτικών χώρων (χωροταξικά και οικονομικά). Στην περίπτωση που οι πραγματικές ζητήσεις είναι μεγαλύτερες από τις προβλεπόμενες, τότε το εργοστάσιο θα πρέπει να έχει κάθε μήνα διαθέσιμες εργατοώρες και χρόνους ασφαλείας των μηχανών κάθε σταδίου παραγωγής, προκειμένου να καλύψει τις ανικανοποίητες ζητήσεις, όσο πιο έγκαιρα μπορεί.
- Γενικά τόσο τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη, όσο και οι προβλέψεις παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις. Κανένα προϊόν δεν παρουσίασε ακραία συμπεριφορά. Για όλα τα προϊόντα κρίνεται αναγκαίος ένας σωστός προγραμματισμός παραγωγής και αποθεματοποίησης.
- Τα σφάλματα έχουν συχνά μεγάλο μέγεθος (θετικό ή αρνητικό). Αυτό είναι σοβαρή ένδειξη ότι οι προβλέψεις για τα επόμενα έτη θα αποκλίνουν αρκετά από την πραγματική ζήτηση. Η χρήση των προβλέψεων σε προβλήματα σχεδίασης της παραγωγής που θα δούμε στη συνέχεια, έχει το νόημα της διερεύνησης ενδεχόμενων σεναρίων, αφού ο στόχος της βελτιστοποίησης της παραγωγής απαιτεί ακρίβεια στις προβλέψεις της ζήτησης και των στόχων. Δοθέντος του μεγάλου αριθμού μοντέλων και παραμέτρων που δοκιμάστηκαν για την πρόβλεψη, το ενδεχόμενο να ευρεθεί ένα ακριβέστερο μοντέλο δεν δείχνει να είναι πιθανό. Ωστόσο, χρησιμοποιώντας τις μέγιστες αποκλίσεις, μπορεί κανείς να δώσει την εικόνα της λειτουργίας του συστήματος παραγωγής υπό συνθήκες πίεσης λόγω αυξημένης ζήτησης, όπως θα δούμε στη συνέχεια.
- Τα αποτελέσματα των προβλέψεων για δύο χρονιές, ανά μήνα ανά προϊόν, παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα και τα γραφήματα:

Πρόβλεψη (Kg)	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
ΙΑΝ 2019	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒ 2019	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤ 2019	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡ 2019	1061	24716	17795	66912	10745	13192	35676	17347
ΜΑΙ 2019	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝ 2019	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛ 2019	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓ 2019	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤ 2019	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤ 2019	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852

Πρόβλεψη (Kg)	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
NOEM 2019	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚ 2019	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
ΙΑΝ 2020	245	23233	17225	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒ 2020	1597	25223	16409	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤ 2020	1726	31586	29027	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡ 2020	1061	24716	15693	66912	10745	13192	35676	17347
ΜΑΙ 2020	1351	24235	15350	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝ 2020	193	29220	11007	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛ 2020	1435	24579	17219	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓ 2020	1231	27450	21172	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤ 2020	616	20010	17253	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤ 2020	764	24804	12259	95013	4504	5894	33003	20852
NOEM 2020	559	36176	16952	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚ 2020	1299	37665	13997	78264	2591	6180	37485	18526

Πίνακας 3-49 Πρόβλεψη ζήτησης 2019 και 2020 για κάθε προϊόν ανά μήνα σε κιλά (kg)

Στα παρακάτω γραφήματα απεικονίζονται οι προβλέψεις των πωλήσεων για κάθε προϊόν ξεχωριστά για 2 έτη (2019,2020), ανά μήνα, με βάση το βέλτιστο μοντέλο πρόβλεψης. Οι κατακόρυφοι άξονες είναι κιλά προϊόντος και οι οριζόντιοι άξονες είναι οι μήνες δύο συνεχόμενων ετών.



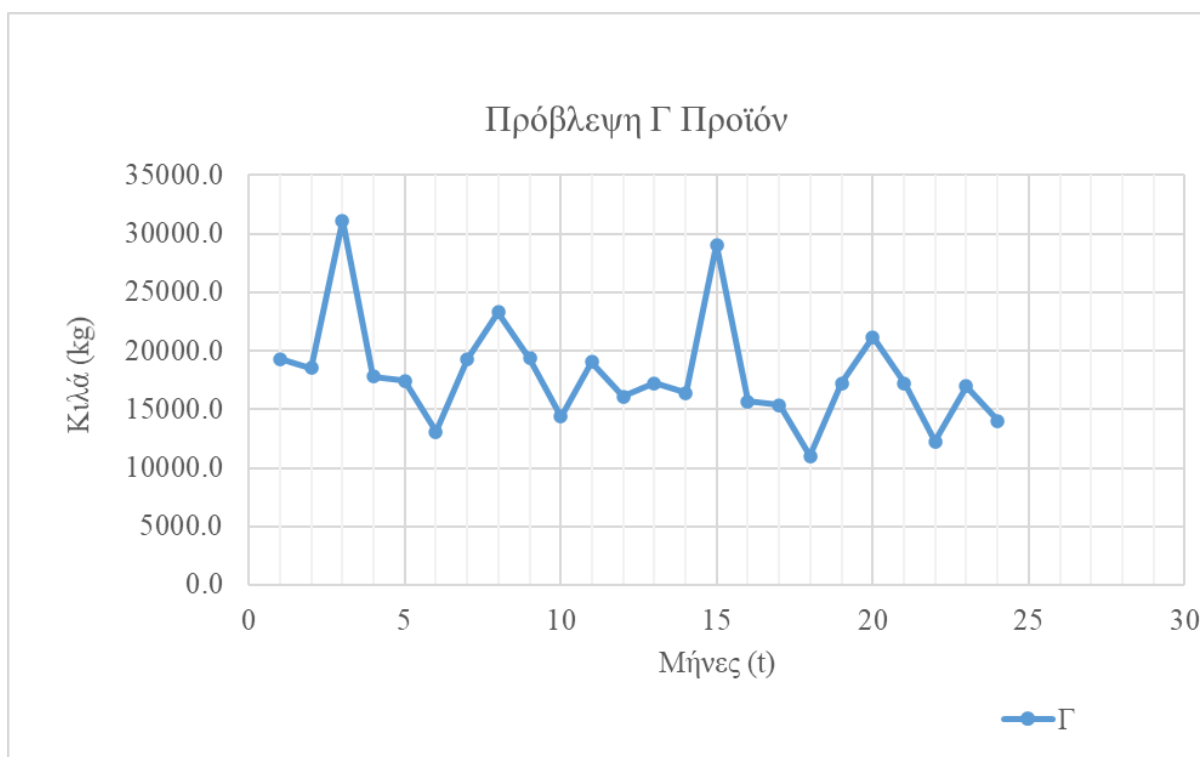
Γράφημα 17 Πρόβλεψη Προϊόν Α, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα

Από την παρατήρηση των αποτελεσμάτων, παρατηρείται αυξημένη ζήτηση τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο και τον Ιούλιο.



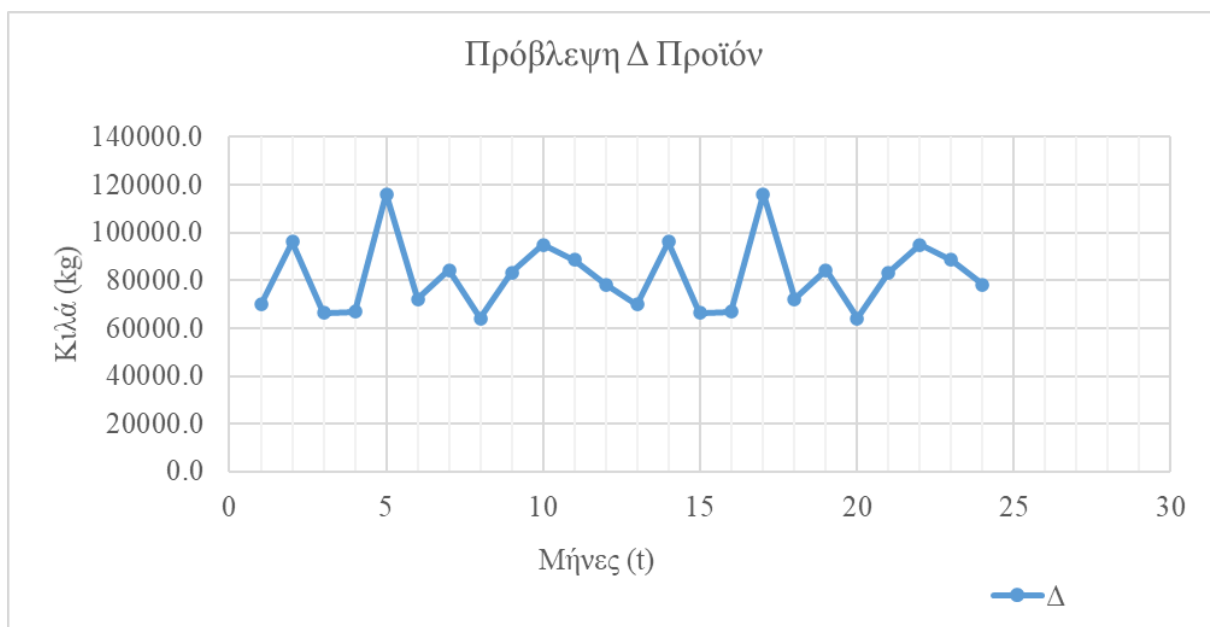
Γράφημα 18 Πρόβλεψη Προϊόν Β, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα

Από την παρατήρηση των αποτελεσμάτων του προϊόντος Β, φαίνεται πως υπάρχει αυξημένη ζήτηση τους χειμερινούς μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο.



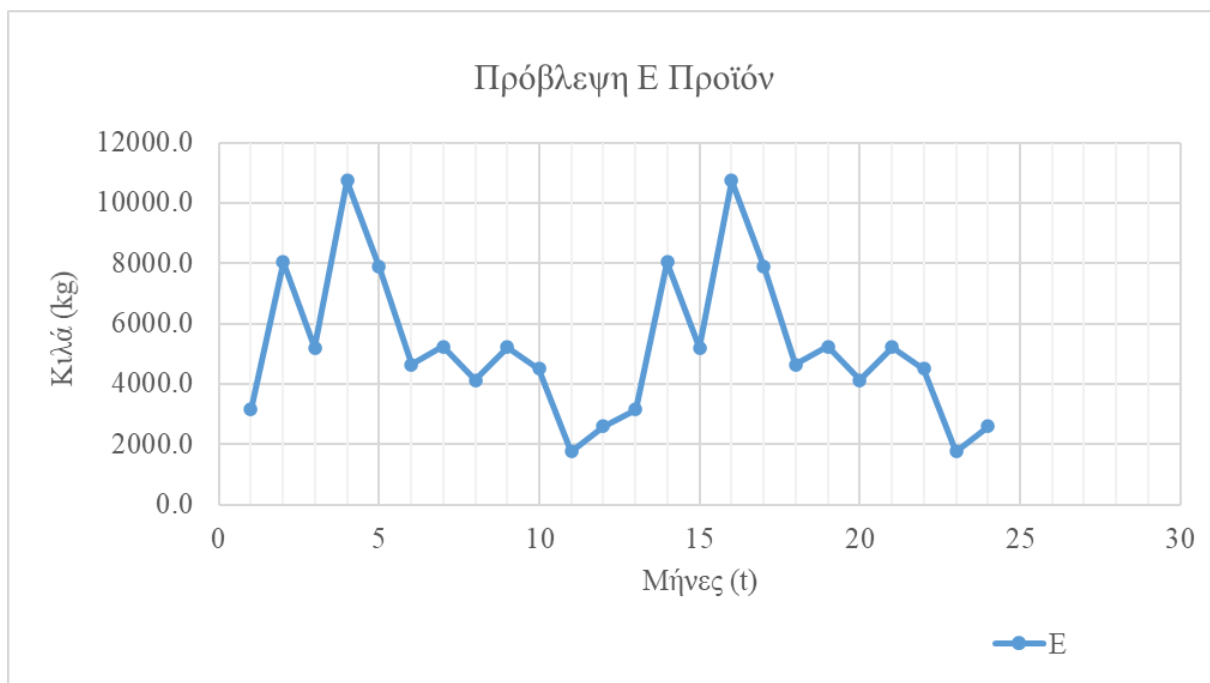
Γράφημα 19 Πρόβλεψη Προϊόν Γ, Μέθοδος Winters προσθετικού χαρακτήρα με εποχικότητα

Από την παρατήρηση των αποτελεσμάτων, παρατηρείται αυξημένη ζήτηση συγκεκριμένους μήνες την άνοιξη και το καλοκαίρι, και για τα δύο έτη, ιδιαίτερα τον Μάρτιο και τον Αύγουστο, και έπειτα τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο.



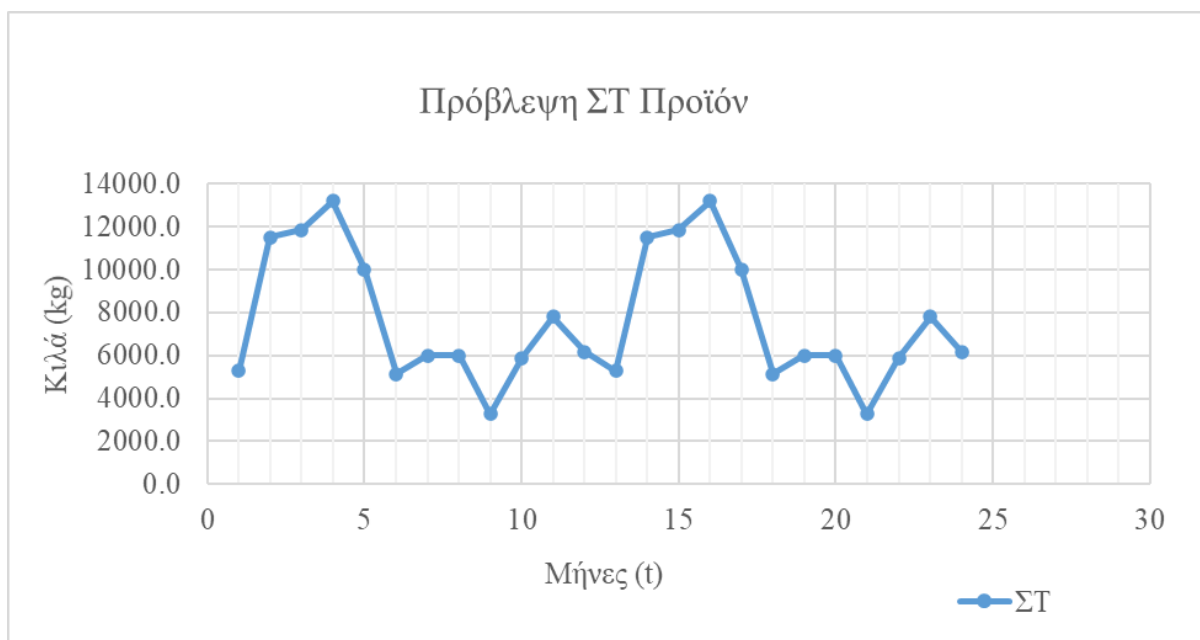
Γράφημα 20 Πρόβλεψη Προϊόν Δ, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα

Από την παρατήρηση του γραφήματος του προϊόντος Δ, και για τα δύο έτη, φαίνεται να έχει αυξημένη ζήτηση τον μήνα τον Μάιο, έπειτα Φεβρουάριο και έπειτα τον Οκτώβριο.



Γράφημα 21 Πρόβλεψη Προϊόν Ε, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα

Παρατηρώντας το προϊόν Ε, η ζήτηση είναι αυξημένη τους μήνες Απρίλιο, Φεβρουάριο και Μάιο του 2019 και του 2020.



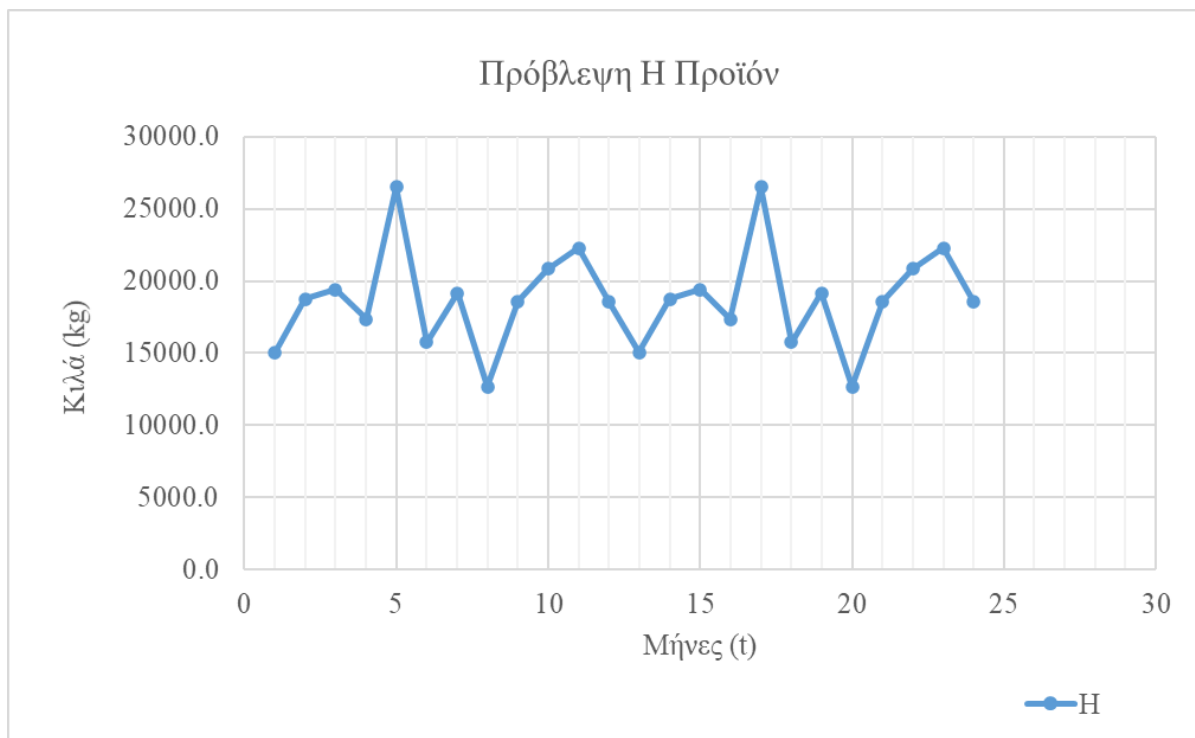
Γράφημα 22 Πρόβλεψη Προϊόν ΣΤ, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα

Από το γράφημα του προϊόντος ΣΤ, παρατηρείται αυξημένη ζήτηση τους μήνες της άνοιξης (Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος) και στα δύο έτη.



Γράφημα 23 Πρόβλεψη Προϊόν Ζ, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα

Και για τα δύο έτη, το προϊόν Ζ δείχνει να έχει αυξημένη ζήτηση φαίνεται τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο.



Γράφημα 24 Πρόβλεψη Προϊόν Η, Μέθοδος Απλής εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα

Το προϊόν Η, δείχνει να έχει αυξημένη ζήτηση τους μήνες Μάιος και Νοέμβριος και στα δύο έτη πρόβλεψης.

3.8 Αξιολόγηση της πρόβλεψης βάσει των πραγματικών πωλήσεων του 2019

Στην ενότητα αυτή μελετάται και αξιολογείται η ποιότητα της πρόβλεψης που πραγματοποιήθηκε για κάθε ένα από τα οχτώ προϊόντα της εταιρίας. Συγκεκριμένα γίνεται σύγκριση των τιμών που έδωσαν οι προβλέψεις σε κιλά (kg) και των πραγματικών πωλήσεων σε κιλά, που έκανε η εταιρία το 2019 για κάθε προϊόν ξεχωριστά. Η σύγκριση αυτή δίνεται από το μέγεθος της απόκλισης της τιμής πρόβλεψης από τα πραγματικά κιλά που πουλήθηκαν, ως ποσοστό επί της τιμής πρόβλεψης.

$$\text{Απόκλιση \%} = \frac{(\text{Πραγματικά κιλά πώλησης} - \text{Τιμή πρόβλεψης})}{\text{Τιμή πρόβλεψης}} 100\%$$

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι προβλέψεις, οι πραγματικές πωλήσεις και οι αποκλίσεις % για κάθε προϊόν ξεχωριστά. Επίσης στις στήλες των αποκλίσεων παρουσιάζονται ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη απόκλιση για κάθε προϊόν.

Θετική απόκλιση +% σημαίνει ότι η εταιρία πούλησε περισσότερα κιλά προϊόντος από ότι είχε δείξει η πρόβλεψη (υποεκτίμηση ζήτησης). Αρνητική απόκλιση -% σημαίνει πως η πρόβλεψη που έγινε είχε υπολογίσει πως η εταιρία θα πουλούσε περισσότερο προϊόν από ότι πουλήθηκε στην πραγματικότητα (υπερεκτίμηση ζήτησης). Γενικά, όσο πιο κοντά στο μηδέν είναι οι αποκλίσεις, τόσο είναι ακριβείς είναι οι προβλέψεις.

Στα προϊόντα Α και Β παρατηρούνται μη αναμενόμενες αποκλίσεις. Μετά από επικοινωνία με την εταιρία, έγινε γνωστός ο λόγος. Παρατηρώντας επιπλέον τις πωλήσεις του 2019 με αυτές των προηγούμενων ετών, που χρησιμοποιήθηκαν για τις προβλέψεις, φαίνεται πως είναι αρκετά μειωμένες. Ο λόγος είναι ότι η εταιρία ξεκίνησε να πουλάει ένα νέο είδος

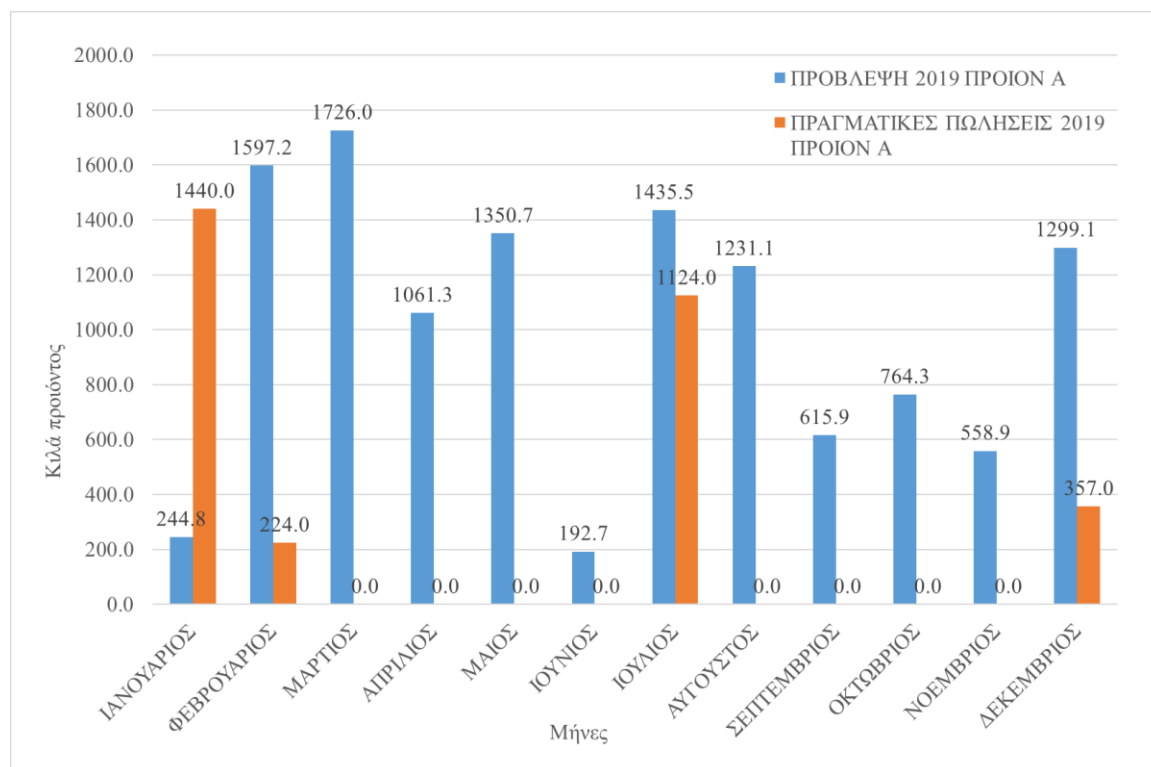
σχοινιού, το οποίο έχει διαφορετική κατασκευαστική δομή από τα δύο εξεταζόμενα προϊόντα και διαφορετικά όρια θραύσης.

Σε όλα τα υπόλοιπα προϊόντα οι αποκλίσεις είναι σαφώς πιο αναμενόμενες αλλά όχι και ασήμαντες. Οι χειροκίνητες δοκιμές στο SPSS και το εργαλείο Expert Modeler του SPSS έδωσαν τα βέλτιστα αποτελέσματα, όπως παρουσιάστηκαν.

Προϊόν Α:

Προϊόν Α	Πρόβλεψη (kg)	Τι πωλήθηκε πραγματικά (kg)	Απόκλιση %
Ιανουάριος 2019	244.83	1440.0	488%
Φεβρουάριος 2019	1597.24	224.0	-86%
Μάρτιος 2019	1726.04	0.0	-100%
Απρίλιος 2019	1061.25	0.0	-100%
Μάιος 2019	1350.65	0.0	-100%
Ιούνιος 2019	192.66	0.0	-100%
Ιούλιος 2019	1435.46	1124.0	-22%
Αύγουστος 2019	1231.07	0.0	-100%
Σεπτέμβριος 2019	615.87	0.0	-100%
Οκτώβριος 2019	764.28	0.0	-100%
Νοέμβριος 2019	558.89	0.0	-100%
Δεκέμβριος 2019	1299.10	357.0	-73%
Μέσος όρος			-41%
Μέγιστο			488%
Ελάχιστο			-100%

Πίνακας 3-50 Σύγκριση Προϊόν Α

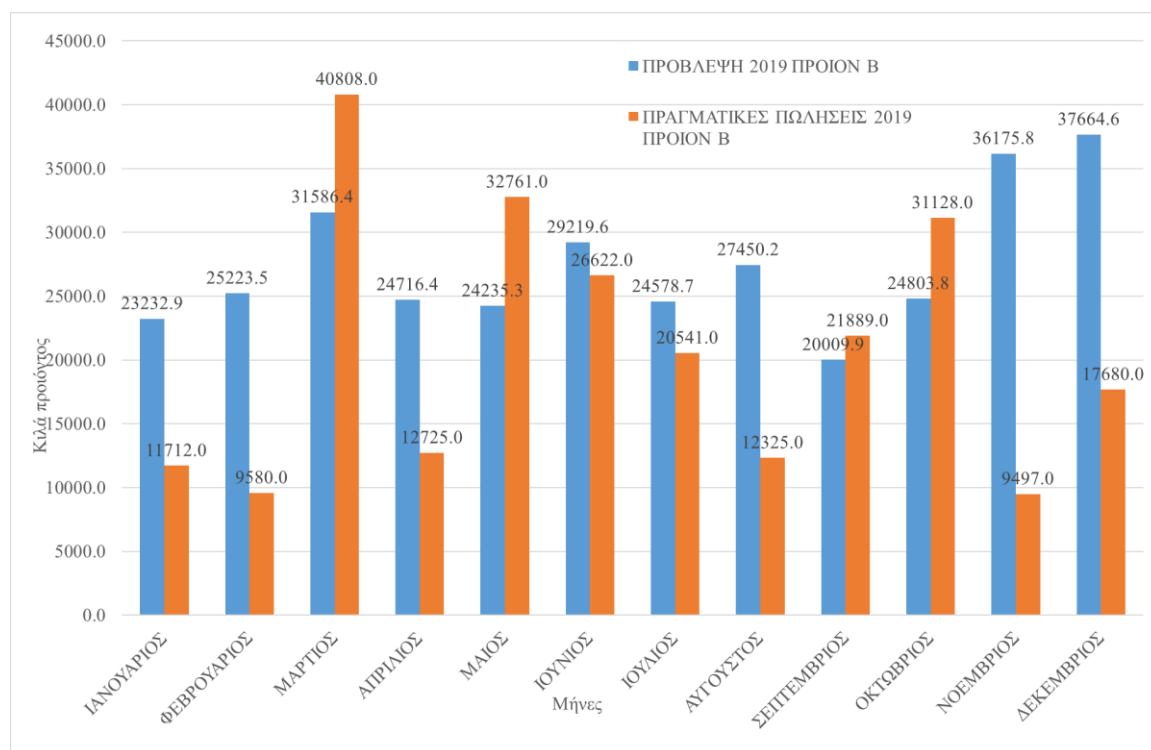


Γράφημα 25 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Α

Προϊόν Β:

Προϊόν Β	Πρόβλεψη (kg)	Τι πωλήθηκε πραγματικά (kg)	Απόκλιση %
Ιανουάριος 2019	23232.94	11712.0	-50%
Φεβρουάριος 2019	25223.49	9580.0	-62%
Μάρτιος 2019	31586.44	40808.0	29%
Απρίλιος 2019	24716.37	12725.0	-49%
Μάιος 2019	24235.3	32761.0	35%
Ιούνιος 2019	29219.61	26622.0	-9%
Ιούλιος 2019	24578.71	20541.0	-16%
Αύγουστος 2019	27450.21	12325.0	-55%
Σεπτέμβριος 2019	20009.88	21889.0	9%
Οκτώβριος 2019	24803.75	31128.0	25%
Νοέμβριος 2019	36175.79	9497.0	-74%
Δεκέμβριος 2019	37664.62	17680.0	-53%
	Μέσος όρος		-22%
	Μέγιστο		35%
	Ελάχιστο		-74%

Πίνακας 3-51 Σύγκριση Προϊόν Β



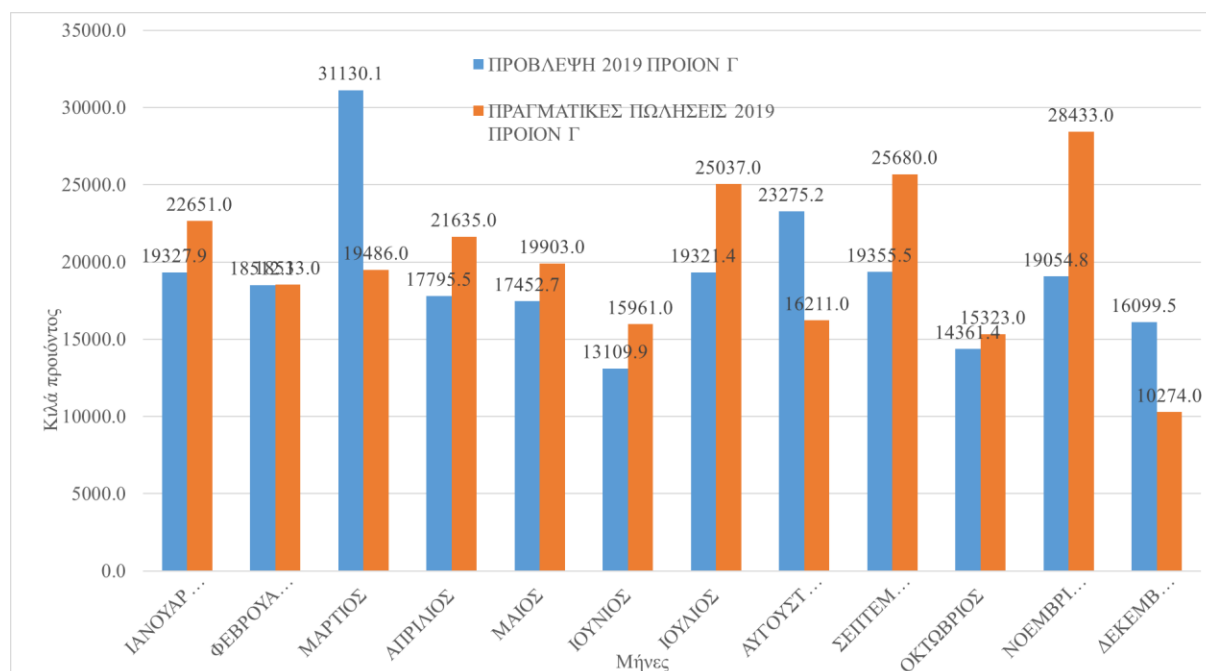
Γράφημα 26 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Β

Οι συγκρίσεις των προϊόντων Α και Β δεν θα αξιολογηθούν, καθώς υπήρξε ο αστάθμητος παράγοντας που δεν λήφθηκε υπόψιν κατά της πρόβλεψη. Όμως αξίζει να σχολιαστεί η αρνητικότητα των μέσων όρων των ποσοστών των αποκλίσεων και η οι σχετικά μεγάλοι αριθμοί τους (-41% και -21% αντίστοιχα). Οι προβλέψεις και των δύο προϊόντων είναι μεγαλύτερες από τις πραγματικές πωλήσεις. Οπότε σε περίπτωση που το πλάνο παραγωγής γι' αυτά τα δύο προϊόντα βασιζόταν στις προβλέψεις, θα υπήρχε πλήρης ικανοποίηση της ζήτησης. Όμως το κόστος αποθεματοποίησης θα ήταν μεγάλο και ίσως δημιουργούνταν χωροταξικά προβλήματα στις αποθήκες ετοιμών προϊόντων.

Προϊόν Γ:

Προϊόν Γ	Πρόβλεψη (kg)	Τι πωλήθηκε πραγματικά (kg)	Απόκλιση %
Ιανουάριος 2019	19327.86	22651.0	17%
Φεβρουάριος 2019	18512.06	18533.0	0%
Μάρτιος 2019	31130.06	19486.0	-37%
Απρίλιος 2019	17795.46	21635.0	22%
Μάιος 2019	17452.66	19903.0	14%
Ιούνιος 2019	13109.86	15961.0	22%
Ιούλιος 2019	19321.36	25037.0	30%
Αύγουστος 2019	23275.16	16211.0	-30%
Σεπτέμβριος 2019	19355.46	25680.0	33%
Οκτώβριος 2019	14361.38	15323.0	7%
Νοέμβριος 2019	19054.82	28433.0	49%
Δεκέμβριος 2019	16099.46	10274.0	-36%
Μέσος όρος			7%
Μέγιστο			49%
Ελάχιστο			-37%

Πίνακας 3-52 Σύγκριση Προϊόν Γ



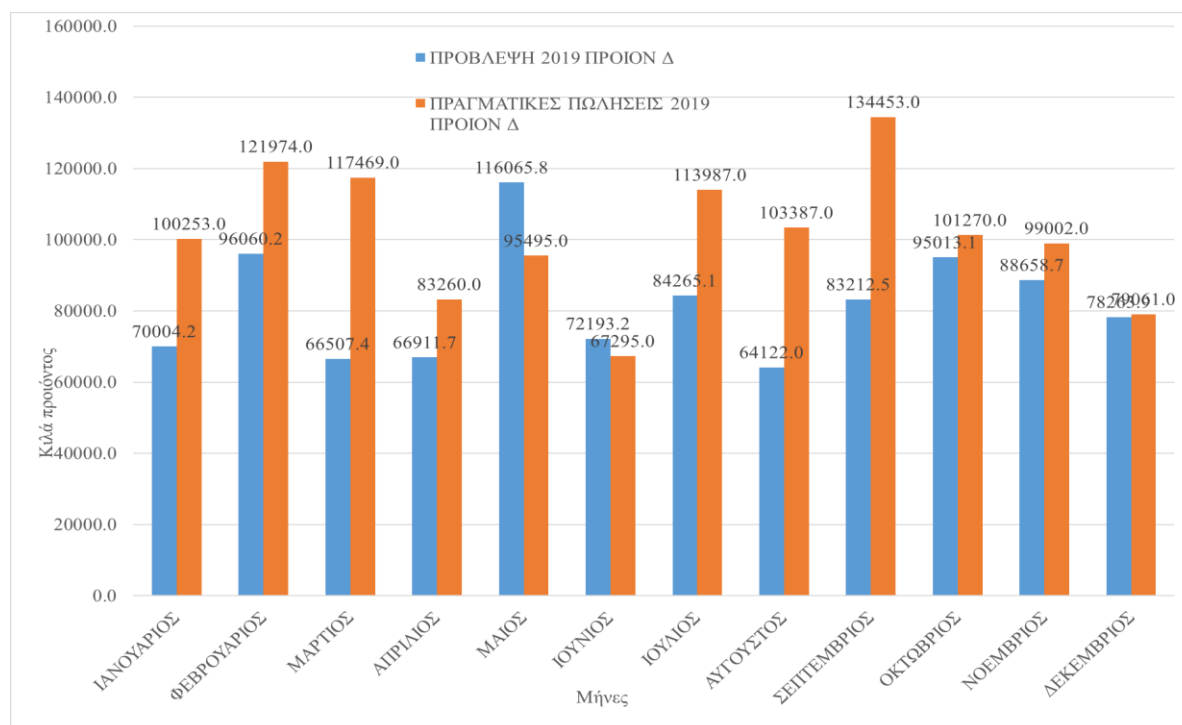
Γράφημα 27 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Γ

Οι αποκλίσεις στο προϊόν Γ είναι σε γενική βάση μικρές με μέσο όρο 7%. Σε κανέναν μήνα δεν προκύπτει απόκλιση μεγαλύτερη του 50% ή μικρότερη του -50%. Στην πλειοψηφία των μηνών οι πραγματικές πωλήσεις ήταν μεγαλύτερες από τις προβλεπόμενες (+%), εκτός από τον Μάρτιο, τον Αύγουστο και τον Δεκέμβριο που οι προβλέψεις των πωλήσεων ήταν μεγαλύτερες (-%). Μια πρόταση προς την εταιρία για το πλάνο παραγωγής του προϊόντος Γ το επόμενο έτος, είναι η παραγωγή μεγαλύτερων αποθεμάτων έτοιμων προϊόντων, ειδικά τους μήνες που η απόκλιση είναι μεγάλη. Για το προϊόν Γ, μπορεί να βγει το συμπέρασμα πως η πρόβλεψη ήταν αρκετά καλή.

Προϊόν Δ:

Προϊόν Δ	Πρόβλεψη (kg)	Τι πωλήθηκε πραγματικά (kg)	Απόκλιση %
Ιανουάριος 2019	70004.23	100253.0	43%
Φεβρουάριος 2019	96060.23	121974.0	27%
Μάρτιος 2019	66507.43	117469.0	77%
Απρίλιος 2019	66911.73	83260.0	24%
Μάιος 2019	116065.83	95495.0	-18%
Ιούνιος 2019	72193.23	67295.0	-7%
Ιούλιος 2019	84265.14	113987.0	35%
Αύγουστος 2019	64122.04	103387.0	61%
Σεπτέμβριος 2019	83212.46	134453.0	62%
Οκτώβριος 2019	95013.07	101270.0	7%
Νοέμβριος 2019	88658.7	99002.0	12%
Δεκέμβριος 2019	78263.94	79061.0	1%
Μέσος όρος			27%
Μέγιστο			77%
Ελάχιστο			-18%

Πίνακας 3-53 Σύγκριση Προϊόν Δ



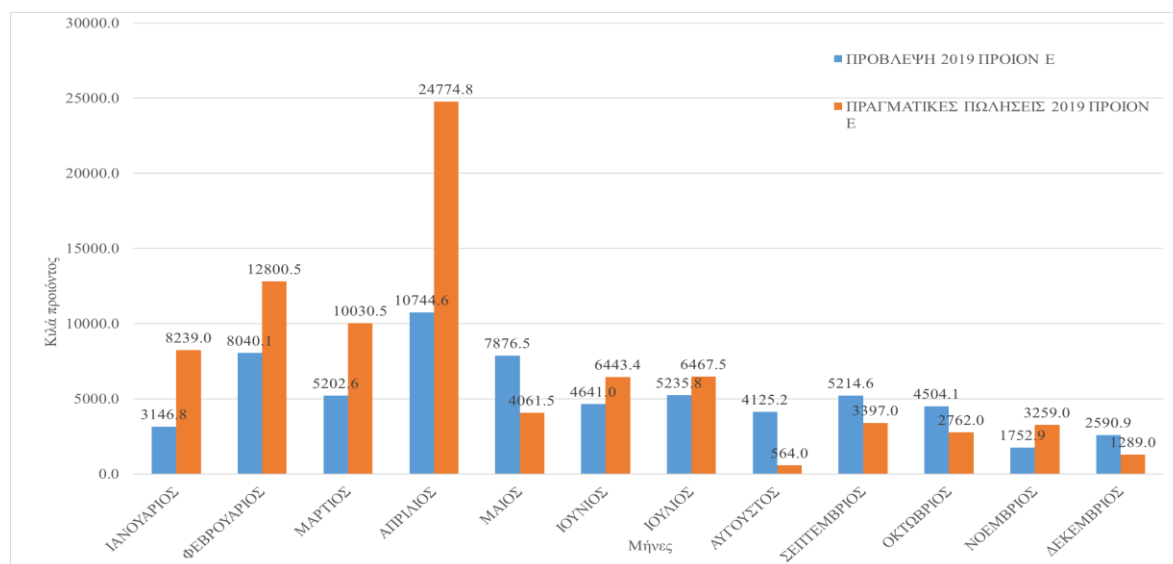
Γράφημα 28 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Δ

Οι αποκλίσεις στο προϊόν Δ είναι σε γενική βάση μικρές με μέσο όρο 27%. Τον Μάιο και τον Ιούνιο οι προβλεπόμενες πωλήσεις ήταν μεγαλύτερες από τις πραγματικές (-%). Όλους τους υπόλοιπους μήνες οι πραγματικές πωλήσεις ήταν μεγαλύτερες από τις προβλεπόμενες (+%). Η πρόταση προς την εταιρία, προκειμένου να καλύπτει πλήρως τη ζήτηση, είναι η ενδεχόμενη δημιουργία περισσότερων αποθεμάτων προϊόντος Δ. Για το προϊόν Δ, μπορεί να βγει το συμπέρασμα πως η πρόβλεψη ήταν σχετικά καλή.

Προϊόν Ε:

Προϊόν Ε	Πρόβλεψη (kg)	Τι πωλήθηκε πραγματικά (kg)	Απόκλιση %
Ιανουάριος 2019	3146.76	8239.0	162%
Φεβρουάριος 2019	8040.07	12800.5	59%
Μάρτιος 2019	5202.61	10030.5	93%
Απρίλιος 2019	10744.64	24774.8	131%
Μάιος 2019	7876.51	4061.5	-48%
Ιούνιος 2019	4641.02	6443.4	39%
Ιούλιος 2019	5235.77	6467.5	24%
Αύγουστος 2019	4125.16	564.0	-86%
Σεπτέμβριος 2019	5214.57	3397.0	-35%
Οκτώβριος 2019	4504.06	2762.0	-39%
Νοέμβριος 2019	1752.89	3259.0	86%
Δεκέμβριος 2019	2590.9	1289.0	-50%
		Μέσος όρος	28%
		Μέγιστο	162%
		Ελάχιστο	-86%

Πίνακας 3-54 Σύγκριση Προϊόν Ε



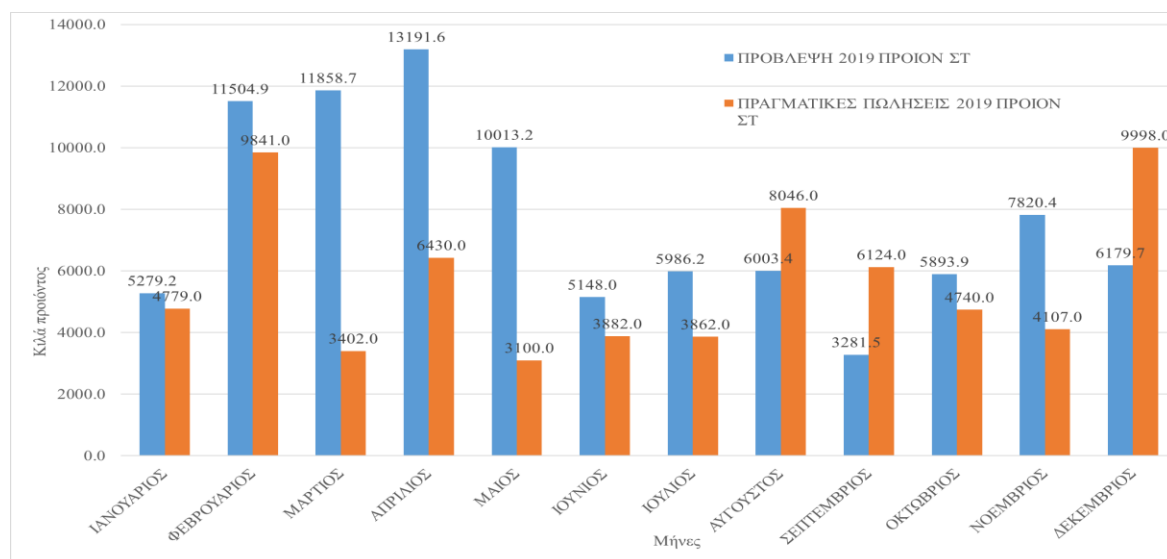
Γράφημα 29 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Ε

Οι αποκλίσεις στο προϊόν Ε έχουν μέσο όρο 28%. Τους μήνες Μάιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και τον Δεκέμβριο οι προβλεπόμενες πωλήσεις ήταν μεγαλύτερες από τις πραγματικές (-%). Όλους τους υπόλοιπους μήνες οι πραγματικές πωλήσεις ήταν μεγαλύτερες από τις προβλεπόμενες. Για το προϊόν Ε, μπορεί να βγει το συμπέρασμα πως η πρόβλεψη ήταν καλή σε ένα ποσοστό, καθώς προκύπτουν και μεγάλες αποκλίσεις, όπως στους μήνες Ιανουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο και Αύγουστο.

Προϊόν ΣΤ:

Προϊόν ΣΤ	Πρόβλεψη (kg)	Τι πωλήθηκε πραγματικά (kg)	Απόκλιση %
Ιανουάριος 2019	5279.16	4779.0	-9%
Φεβρουάριος 2019	11504.85	9841.0	-14%
Μάρτιος 2019	11858.71	3402.0	-71%
Απρίλιος 2019	13191.55	6430.0	-51%
Μάιος 2019	10013.17	3100.0	-69%
Ιούνιος 2019	5147.99	3882.0	-25%
Ιούλιος 2019	5986.21	3862.0	-35%
Αύγουστος 2019	6003.43	8046.0	34%
Σεπτέμβριος 2019	3281.46	6124.0	87%
Οκτώβριος 2019	5893.91	4740.0	-20%
Νοέμβριος 2019	7820.39	4107.0	-47%
Δεκέμβριος 2019	6179.73	9998.0	62%
Μέσος όρος			-13%
Μέγιστο			87%
Ελάχιστο			-71%

Πίνακας 3-55 Σύγκριση Προϊόν ΣΤ



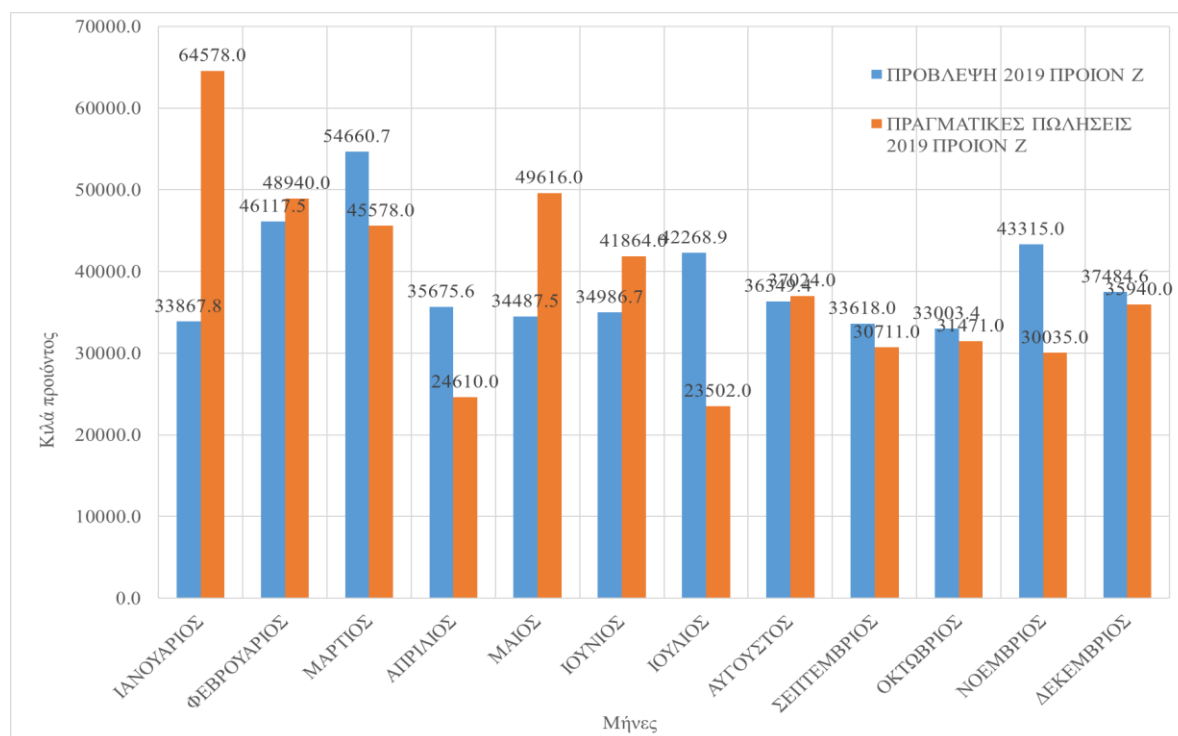
Γράφημα 30 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν ΣΤ

Για το προϊόν ΣΤ, ο μέσος όρος των αποκλίσεων είναι -13%, που σημαίνει πως οι προβλέψεις είναι μεγαλύτερες από τις πραγματικές πωλήσεις. Αυτό από τη μία μεριά είναι καλό, καθώς όλες οι ζητήσεις ικανοποιήθηκαν και έμεινε και απόθεμα προϊόντων για την ικανοποίηση των μελλοντικών ζητήσεων. Από την άλλη μεριά, μεγαλώνει το κόστος αποθέματος και καταλαμβάνονται περισσότερα τετραγωνικά στους αποθηκευτικούς χώρους. Βέβαια, ο δείκτης απαξίωσης του αποθέματος για τα προϊόντα της εταιρίας αυτής, εκτιμάται συντηρητικά στην τιμή του 0.01 της συνολικής αξίας κάθε προϊόντος, οπότε το κόστος αποθέματος δεν δύναται να παίρνει τεράστιες τιμές. Σε ότι αφορά τους αποθηκευτικούς χώρους, σε περίπτωση πληρότητας, η εταιρία θα πρέπει να προβεί σε επέκταση αυτών ή να προβεί σε πώληση των αποθεμάτων πιο άμεσα σε πελάτες. Τελικά η πρόβλεψη για το προϊόν ΣΤ ήταν σχετικά καλή.

Προϊόν Z:

Προϊόν Z	Πρόβλεψη (kg)	Τι πωλήθηκε πραγματικά (kg)	Απόκλιση %
Ιανουάριος 2019	33867.77	64578.0	91%
Φεβρουάριος 2019	46117.54	48940.0	6%
Μάρτιος 2019	54660.72	45578.0	-17%
Απρίλιος 2019	35675.62	24610.0	-31%
Μάιος 2019	34487.49	49616.0	44%
Ιούνιος 2019	34986.67	41864.0	20%
Ιούλιος 2019	42268.85	23502.0	-44%
Αύγουστος 2019	36349.44	37024.0	2%
Σεπτέμβριος 2019	33618.02	30711.0	-9%
Οκτώβριος 2019	33003.41	31471.0	-5%
Νοέμβριος 2019	43314.99	30035.0	-31%
Δεκέμβριος 2019	37484.58	35940.0	-4%
		Μέσος όρος	2%
		Μέγιστο	91%
		Ελάχιστο	-44%

Πίνακας 3-56 Σύγκριση Προϊόν Z



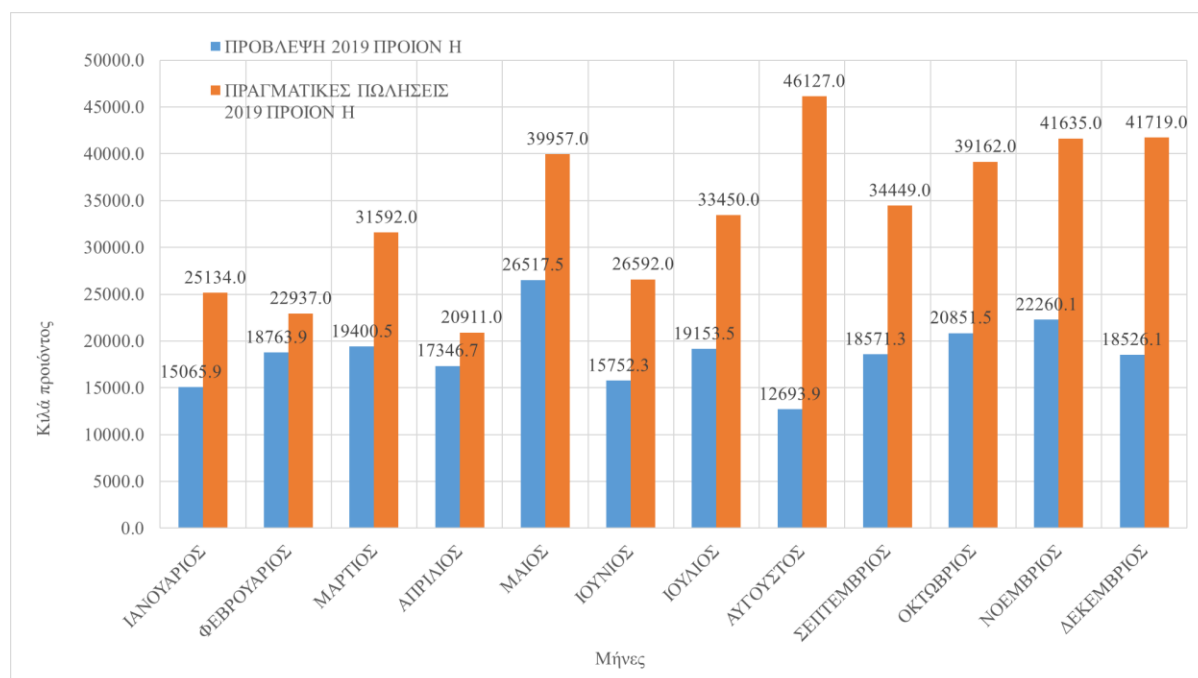
Γράφημα 31 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Z

Το προϊόν Z παρουσιάζει έναν μέσο όρο αποκλίσεων 2%. Οι επτά από τους δώδεκα μήνες, παρουσίασαν μεγαλύτερες προβλεπόμενες πωλήσεις, από ότι πωλήθηκε στην πραγματικότητα (-%). Τους υπόλοιπους μήνες οι πραγματικές πωλήσεις ήταν μεγαλύτερες. Η μόνη μεγάλη απόκλιση εμφανίζεται τον Ιανουάριο με 91%, δηλαδή στην πραγματικότητα πωλήθηκε η διπλάσια ποσότητα σχοινού από ότι είχαν δείξει οι προβλέψεις, ενώ οι υπόλοιποι μήνες δεν παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις. Η πρόβλεψη ήταν πάρα πολύ καλή.

Προϊόν Η:

Προϊόν Η	Πρόβλεψη (kg)	Τι πωλήθηκε πραγματικά (kg)	Απόκλιση %
Ιανουάριος 2019	15065.91	25134.0	67%
Φεβρουάριος 2019	18763.91	22937.0	22%
Μάρτιος 2019	19400.51	31592.0	63%
Απρίλιος 2019	17346.71	20911.0	21%
Μάιος 2019	26517.51	39957.0	51%
Ιούνιος 2019	15752.31	26592.0	69%
Ιούλιος 2019	19153.51	33450.0	75%
Αύγουστος 2019	12693.9	46127.0	263%
Σεπτέμβριος 2019	18571.3	34449.0	85%
Οκτώβριος 2019	20851.5	39162.0	88%
Νοέμβριος 2019	22260.1	41635.0	87%
Δεκέμβριος 2019	18526.1	41719.0	125%
Μέσος όρος			85%
Μέγιστο			263%
Ελάχιστο			21%

Πίνακας 3-57 Σύγκριση Προϊόν Η



Γράφημα 32 Πρόβλεψη 2019 και Πραγματικές πωλήσεις 2019 για Προϊόν Η

Για το προϊόν Η, ο μέσος όρος των αποκλίσεων είναι 85% άρα η πρόβλεψη δεν ήταν καλή. Από ότι φαίνεται και στον πίνακα αλλά και στο διάγραμμα, στην πραγματικότητα πουλήθηκαν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες σχοινιού, από αυτές που είχαν προβλεφθεί. Εάν το πλάνο παραγωγής για το προϊόν Η είχε βασιστεί στην πρόβλεψη αυτή, για το 2019, η εταιρία θα είχε πρόβλημα με τους πελάτες και τις ανικανοποίητες ζητήσεις. Μία ερμηνεία των αποτελεσμάτων για το προϊόν Η, από τα στελέχη της εταιρίας είναι η εξής: Το προϊόν Η τις χρονιές 2014 έως 2018, ήταν ένα προϊόν το οποίο βρισκόταν στο στάδιο της εξέλιξης. Είχε πωλήσεις αλλά ως νέο προϊόν εκείνα τα χρόνια, προσπαθούσε να διεισδύσει στην αγορά. Από το 2018 αρχίζει η σταδιακή του εδραίωση, κερδίζοντας νέες αγορές αλλά και υποκαθιστώντας άλλα προϊόντα. Γι' αυτό λοιπόν οι αποκλίσεις είναι τόσο μεγάλες.

Συμπερασματικά λοιπόν, με βάση την αξιολόγηση ως προς τις πραγματικές πωλήσεις, στο σύνολό τους οι προβλέψεις ήταν καλές. Συγκεκριμένα τα προϊόν Ζ και το προϊόν Γ είχαν τους καλύτερους μέσους όρους αποκλίσεων (2% και 7% αντίστοιχα) που σημαίνει πως η εταιρία μπορεί να βασιστεί στις προβλέψεις και να προγραμματίσει την παραγωγή της βάσει αυτών.

Στα προϊόντα Α, Β και ΣΤ οι προβλέψεις κατά μέσο όρο είναι μεγαλύτερες από τις πραγματικές πωλήσεις (-41%, -22%, -13% αντίστοιχα). Οπότε σε περίπτωση που το πλάνο παραγωγής βασιζόταν στις προβλέψεις, θα υπήρχε πλήρης ικανοποίηση της ζήτησης και ταυτόχρονα δημιουργία αποθεμάτων για την ικανοποίηση της μελλοντικής ζήτησης των μηνών που θα τα χρειάζονταν. Όμως το κόστος αποθεματοποίησης θα ήταν μεγάλο και ίσως δημιουργούνταν χωροταξικά προβλήματα στις αποθήκες των ετοιμών προϊόντων που διαθέτει η εταιρία ανά τον κόσμο. Βέβαια, ο δείκτης απαξίωσης του αποθέματος για τα προϊόντα της εταιρίας αυτής, εκτιμάται συντηρητικά στην τιμή του 0.01 της συνολικής αξίας κάθε προϊόντος, οπότε το κόστος αποθέματος δεν δύναται να παίρνει τεράστιες τιμές. Σε ότι αφορά τους αποθηκευτικούς χώρους, σε περίπτωση πληρότητας, η εταιρία θα πρέπει να προβεί σε επέκταση αυτών ή να προβεί σε πώληση των αποθεμάτων πιο άμεσα σε πελάτες.

Τέλος, σε όλα τα υπόλοιπα προϊόντα (Γ,Δ,Ε,Ζ,Η) οι πραγματικές πωλήσεις κατά μέσο όρο είναι μεγαλύτερες από τις προβλέψεις (7%, 27%, 28%, 2%, 85% αντίστοιχα). Σε περίπτωση που το πλάνο παραγωγής βασιζόταν στις προβλέψεις, η ζήτηση δεν θα ικανοποιούνταν πλήρως. Σε περίπτωση ύπαρξης επαρκούς αποθέματος έτοιμων προϊόντων, ενδεχομένως αυτό να εξαντλούνταν πλήρως κάποιους μήνες. Σε περίπτωση έλλειψης αποθέματος, η παραγωγή μπορεί αρχικά να κάνει χρήση των χρόνων ασφαλείας κάθε σταδίου παραγωγής (πόσες εργατοώρες έμειναν διαθέσιμες μετά τις προγραμματισμένες παραγωγές κάθε μήνα) για να παράγει απόθεμα. Επίσης η παραγωγή μπορεί και να προβεί σε υπερωρίες, προκειμένου να μην δυσαρεστηθούν οι πελάτες.

ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

4.1 Γραμμικός προγραμματισμός

Ο γραμμικός προγραμματισμός (linear programming) αποτελεί κυρίαρχο μοντέλο της επιχειρησιακής έρευνας (operations research) καθώς και της διοικητικής επιστήμης (management science). Βρίσκει εφαρμογή με μεγάλη επιτυχία σε προβλήματα λήψης αποφάσεων και σε διοικητικά προβλήματα, τόσο στον ιδιωτικό όσο και στον δημόσιο επιχειρησιακό τομέα. Στην παραπάνω επιτυχία συνέβαλε η ανάπτυξη διαφόρων επιστημονικών κλάδων, όπως η πληροφορική, η τεχνολογία, τα μαθηματικά και η οικονομία [17],[6].

Προβλήματα κατανομής πόρων και μέσων (resource allocation problems), προβλήματα ελέγχου αποθεμάτων (inventory control problems), προβλήματα χρονικού προγραμματισμού έργων (project management problems) και προβλήματα ουρών αναμονής (queueing problems) είναι ορισμένες κατηγορίες προβλημάτων στις οποίες ο γραμμικός προγραμματισμός βρίσκει εφαρμογή. Παραδείγματα τέτοιων προβλημάτων μπορεί να είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους σε πωλήσεις, μεγιστοποίηση του χρόνου ασφαλείας σε γραμμές παραγωγής για κάλυψη έκτακτων παραγγελιών, ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής, κ.λπ.

Ο γραμμικός προγραμματισμός ως μαθηματικό μοντέλο, έχει σαν στόχο την εύρεση των τιμών κάποιων μεταβλητών που λέγονται μεταβλητές απόφασης (decision variables) οι οποίες βελτιστοποιούν (ελαχιστοποιούν ή μεγιστοποιούν) μία ή περισσότερες αντικειμενικές συναρτήσεις (objective functions) ή κριτήρια βελτιστοποίησης που είναι γραμμικοί συνδυασμοί των μεταβλητών απόφασης, ενώ συγχρόνως ικανοποιούν έναν ή περισσότερους περιορισμούς (constraints) που επίσης εκφράζονται ως γραμμικές εξισώσεις ή ανισότητες των μεταβλητών απόφασης, [17],[20].

Η κανονική μορφή ενός προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού με μία αντικειμενική συνάρτηση, n μεταβλητές απόφασης x_1, \dots, x_n και m περιορισμούς είναι [17],[18]:

$$\max / \min \quad c^T x$$

$$\text{υ.π.} \quad Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

x είναι το διάνυσμα στήλης με στοιχεία τις μεταβλητές απόφασης

c είναι η διάνυσμα (στήλης) των συντελεστών των μεταβλητών απόφασης στην αντικειμενική συνάρτηση

c^T είναι το ανάστροφο του c (διάνυσμα γραμμής)

A είναι ο πίνακας $m \times n$ με τους συντελεστές των n μεταβλητών απόφασης στους m περιορισμούς

b είναι το διάνυσμα με τα δεξιά μέλη των m περιορισμών

4.2 Μοντελοποίηση

Η μοντελοποίηση (modeling) είναι η διαδικασία κατά την οποία ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης διαμορφώνεται ως μαθηματικό μοντέλο. Η προσέγγιση του προβλήματος που πραγματοποιείται, οδηγεί στην επεξεργασία και επίλυσή του. Μοντελοποίηση μπορεί να γίνει σε προβλήματα που οι αποφάσεις μπορούν να αναλυθούν σε θέματα κατανομής προϊόντων, πόρων, ενεργειών, μέσων, υπηρεσιών, κ.λπ. Η διαδικασία αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μια τέχνη εμπειρίας, κατασκευής, επίλυσης και διαχείρισης μαθηματικών σχέσεων, με στόχο την ορθή και διαχειρίσιμη κατασκευή του μοντέλου.

Η μοντελοποίηση περιλαμβάνει τέσσερα διαδοχικά και αλληλοεξαρτώμενα στάδια που παρουσιάζονται παρακάτω [20],[17]:

1^ο Στάδιο: Αντικείμενο απόφασης (Μεταβλητές απόφασης και περιορισμοί)

Σε αυτό το στάδιο αρχικά αντλούνται όλες οι πληροφορίες του προβλήματος και ταξινομούνται όλες οι δραστηριότητες κατανομής (παράγοντες) όπως είναι οι πόροι, οι ενέργειες, τα προϊόντα, το περιβάλλον, οι προτιμήσεις, η τεχνολογία, κ.λπ. Έπειτα, καθορίζονται οι μεταβλητές απόφασης. Οι μεταβλητές αυτές πρέπει να αποδίδουν το ζητούμενο της απόφασης, λαμβάνοντας υπόψιν όλο το περιβάλλον που θα ληφθεί η απόφαση. Κάθε μεταβλητή εκφράζει την στάθμη της δραστηριότητας κατανομής στις αντίστοιχες μονάδες της. Ο σωστός καθορισμός των μεταβλητών απόφασης είναι πολύ σημαντικός γιατί επηρεάζουν άμεσα τη μορφή του γραμμικού προβλήματος και την τελική απάντηση που θα δοθεί κατά την επίλυση. Η μελέτη των δεδομένων του εξεταζόμενου προβλήματος και η εξακρίβωση του ερωτήματος της απόφασης, οδηγούν στον σωστό προσδιορισμό των μεταβλητών απόφασης. Τέλος καθορίζονται οι περιορισμοί, ως ανισοεξισώσεις γραμμικών συναρτήσεων των μεταβλητών απόφασης. Οι περιορισμοί ουσιαστικά περιορίζουν τη λήψη της απόφασης. Μπορούν να συνδυάζονται μεταξύ τους, διασφαλίζοντας την ικανοποίηση όλων ταυτόχρονα.

2^ο στάδιο: Κριτήρια απόφασης (Αντικειμενικές συναρτήσεις)

Σε αυτό το στάδιο διαμορφώνονται οι γραμμικές αντικειμενικές συναρτήσεις βελτιστοποίησης σύμφωνα με τους σκοπούς της επιχείρησης και τις επιλογές των απορροφώντων, όπως είναι η μείωση του κόστους παραγωγής, η μεγιστοποίηση του κέρδους των πωλήσεων, η μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας, η ελαχιστοποίηση των αποβλήτων, κ.λπ.

3^ο στάδιο: Μοντέλα απόφασης (Αλγόριθμος γραμμικού προγραμματισμού)

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται επιλογή κατάλληλων αλγορίθμων μεθόδων και τεχνικών για την εύρεση της βέλτιστης λύσης του προβλήματος. Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος Simplex του Dantzig που συνοψίζεται αργότερα.

4^ο στάδιο: Υποστήριξη της απόφασης (Αξιολόγηση)

Στο τελευταίο στάδιο αξιολογούνται τα αποτελέσματα της λύσης. Σε περίπτωση που η λύση δεν είναι ικανοποιητική, γίνεται αναθεώρηση των διάφορων παραγόντων, όπως οι πόροι, η τεχνολογία, το περιβάλλον και οι προτιμήσεις.

4.3 Τυπολογία μοντέλων γραμμικού προγραμματισμού και συνθήκες εφαρμογής

Για την σωστή προσέγγιση ενός προβλήματος απόφασης γραμμικού προγραμματισμού, θα πρέπει να τηρούνται τα παρακάτω [17]:

- **Βεβαιότητα:** Τα αριθμητικά στοιχεία του προβλήματος, δηλαδή οι συντελεστές των μεταβλητών απόφασης στην αντικειμενική συνάρτηση και στους περιορισμούς καθώς και τα δεξιά μέλη των περιορισμών πρέπει να είναι γνωστά με καμία αβεβαιότητα. Όταν κάποια από τα αριθμητικά στοιχεία δεν είναι γνωστά με βεβαιότητα, τότε ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού (μπορεί να είναι και ακέραιο, μικτό ακέραιο, ή και μη γραμμικό) γίνεται στοχαστικό (stochastic programming). Όταν τα αριθμητικά στοιχεία ανήκουν σε διαστήματα αριθμών προσεγγίστηκα, τότε το πρόβλημα γίνεται ασαφές (fuzzy programming).
- **Γραμμικότητα:** Τόσο η αντικειμενική συνάρτηση όσο και οι περιορισμοί θα πρέπει να είναι γραμμικές συναρτήσεις. Διαφορετικά πρόκειται για μη γραμμικό προγραμματισμό.
- **Μονοδιάστατη:** Η αντικειμενική συνάρτηση πρέπει να είναι μια και μοναδική σε ένα γραμμικό πρόβλημα. Σε αυτήν την περίπτωση ο γραμμικός προγραμματισμός χαρακτηρίζεται ως μονοδιάστατος ή μονοκριτήριος. Εάν υπάρχουν πάνω από μια αντικειμενικές συναρτήσεις, τότε το πρόβλημα είναι πρόβλημα πολυκριτηρίου γραμμικού προγραμματισμού.
- **Διαιρετότητα:** Αν όλες οι μεταβλητές απόφασης ανήκουν στο σύνολο των πραγματικών αριθμών τότε πρόκειται για τον κλασσικό (συνεχές) γραμμικό προγραμματισμό. Αν οι μεταβλητές απόφασης ανήκουν όλες στο σύνολο των ακεραίων τότε πρόκειται για ακέραιο γραμμικό προγραμματισμό. Αν οι μεταβλητές απόφασης ανήκουν κάποιες στους πραγματικούς και κάποιες στους ακεραίους αριθμούς, τότε πρόκειται για μικτό ακέραιο γραμμικό προγραμματισμό.

4.4 Μέθοδος Simplex

Η μέθοδος Simplex είναι η πιο δημοφιλής, επιστημονική και σημαντική μέθοδος για την επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού, η οποία ανακαλύφθηκε και αναπτύχθηκε το 1947 από τον Αμερικάνο George Dantzig. Έχει αποδειχθεί αξιόπιστη και αποτελεσματική στον κόσμο των επιχειρήσεων και όχι μόνο. Η φιλοσοφία και η λειτουργία της μεθόδου Simplex είναι η εξής: Το σύνολο των λύσεων του γραμμικού προβλήματος διαμορφώνουν μια πολύεδρη περιοχή. Σε κάποιο ακραίο σημείο της περιοχής αυτής βρίσκεται η βέλτιστη λύση. Η αναζήτηση γίνεται με κατάλληλο «περίπατο» στις κορυφές της περιοχής αυτής, ξεκινώντας από κάποιο ακραίο σημείο της περιοχής. Τα βήματα είναι επαναληπτικά, από κορυφή σε κορυφή (ακραίες, διαδοχικές και γειτονικές), με σκοπό σε κάθε επανάληψη να υπάρξει βελτίωση και να εντοπίζονται βελτιωμένες λύσεις μέχρι τον εντοπισμό της μίας βέλτιστης λύσης, οπότε γίνεται τερματισμός της διαδικασίας. Η όλη διαδικασία υπολογίζεται αλγεβρικά και καθοδηγείται από ορισμούς, συγκεκριμένα θεωρήματα και τα κριτήρια Dantzig [17],[20].

4.5 Μοντελοποίηση του γραμμικού προβλήματος της εταιρίας και αποτελέσματα

4.5.1 Το πρόβλημα

Έπειτα από συζήτηση με τα στελέχη της εταιρίας, και συγκεκριμένα με τον διευθυντή πωλήσεων και τον διευθυντή παραγωγής, εντοπίστηκε η ανάγκη του εργοστασίου, να βελτιστοποιηθεί ο χρόνος ασφαλείας των γραμμών παραγωγής που πρέπει να υπάρχει διαθέσιμος για τις έκτακτες παραγγελίες, χωρίς να σταματάει η παραγωγή των προγραμματισμένων. Σε συνεργασία με την εταιρία και έπειτα από πολλές συναντήσεις και

συνεντεύξεις, έγινε άντληση όλων των στοιχείων και δεδομένων παραγωγής προκειμένου να δοθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα. Κατά την εξέλιξη της εργασίας, διαπιστώθηκε πως το εργοστάσιο ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της ζήτησης που προέρχονται τόσο από τις προβλέψεις όσο και από τις πραγματικές πωλήσεις. Έτσι λοιπόν ο στόχος της μελέτης είναι η κατασκευή ενός εργαλείου που καθοδηγεί την διοίκηση της εταιρίας στο πώς θα οργανώνει την παραγωγή του εργοστασίου, υποθέτοντας διάφορα σενάρια ζήτησης (D_{it}). Κατ' επέκταση θα μπορεί να οργανώνει τις κατάλληλες ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα των προϊόντων, τον αριθμό των μηχανημάτων που συμμετέχουν στην παραγωγή, τις πρώτες ύλες, τα κόστη και διάφορα άλλα θέματα.

Το πρόβλημα λοιπόν ορίζεται ως ένα πρόβλημα παραγωγής προϊόντων σε κιλά (kg) με στόχο το μέγιστο κέρδος, τον ελάχιστο δυνατό χρόνο χρήσης των μηχανών των μονάδων παραγωγής και τον μέγιστο χρόνο ασφαλείας αυτών που είναι απαραίτητος για την κάλυψη των έκτακτων παραγγελιών. Το πλάνο παραγωγής υπολογίζεται ανά έτος. Λόγω του μεγάλου αριθμού μεταβλητών απόφασης και περιορισμών, το Excel αδυνατεί να χειριστεί το πρόβλημα με το εργαλείο της Επίλυσης (Solver) για όλους τους μήνες ενός έτους. Γι' αυτόν το λόγο, γίνεται η χρήση του εργαλείου Open Solver. Το Open Solver είναι επέκταση του Solver που ήδη εμπεριέχεται στο Excel και μπορεί να λύσει γρήγορα μεγάλα γραμμικά προβλήματα [22].

Δεδομένα εργοστασίου:

- Το εργοστάσιο εκτελεί παραγγελίες που έρχονται από διαφορετικές αποθήκες. Οι αποθήκες προσπαθούν να εξαντλούν τα αποθέματά τους εκτελώντας τις πραγματικές παραγγελίες των πελατών (πλοίων).
- Υπάρχουν $i=8$ προϊόντα
- Υπάρχει ένα εργοστάσιο με δύο μονάδες παραγωγής. Κάθε μονάδα παραγωγής έχει από $j=4$ στάδια παραγωγής που καλύπτουν τη ζήτηση. Σε κάθε στάδιο παραγωγής ακολουθεί μια σειρά από διαδικασίες παραγωγής που κάθε προϊόν πρέπει να περάσει, ώστε να παραχθεί. Δεν παίζει ρόλο για την παραγωγή του κάθε προϊόντος, σε ποια βιομηχανική μονάδα θα παραχθεί. Έτσι ρόλο παίζει τελικά, ο διαθέσιμος χρόνος λειτουργίας όλων των μηχανών σε κάθε στάδιο ανά μήνα (εργατοώρες).
- Το πλάνο παραγωγής γίνεται για έναν μέσο κάβο με 220m μήκος, 60cm διάμετρο.
- Στόχος είναι η βελτιστοποίηση της παραγωγής ως προς το χρόνο, το καθαρό κέρδος και το κόστος αποθέματος. Οι αποθήκες λοιπόν, στέλνουν παραγγελίες που προκύπτουν με βάση το πόσο μειώνεται το απόθεμα τους για κάθε προϊόν. Τελικά το εργοστάσιο θέλει να ελαχιστοποιήσει τον χρόνο λειτουργίας κάθε σταδίου παραγωγής, να έχει το μέγιστο κέρδος λαμβάνοντας υπόψιν το κόστος αποθέματος και εν τέλει να μπορεί να εντοπίζει το χρόνο ασφαλείας κάθε σταδίου παραγωγής για την κάλυψη των έκτακτων παραγγελιών. Κάθε φορά λοιπόν δίνονται οι παραγγελίες όπου θα πρέπει να παραχθούν, καθώς και τα αρχικά αποθέματα για κάθε προϊόν.
- Η εταιρία έχει στόχο να αξιοποιήσει το διαθέσιμο χρόνο λειτουργίας, T_{jt} , κάθε σταδίου j κάθε μήνα t κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

4.5.2 Μαθηματική μοντελοποίηση προβλήματος για ετήσιο πλάνο παραγωγής

- i τα προϊόντα, όπου $i = 1, \dots, 8$ αντιστοίχως για A, B, Γ, Δ, E, ΣΤ, Ζ και Η
- j τα στάδια παραγωγής, όπου $j = 1, \dots, 4$
- t οι χρονικές περιόδους, εδώ οι μήνες ενός ορισμένου έτους και $t = 1, 2, \dots, 12$
- X_{it} η παραγόμενη ποσότητα προϊόντος i τον μήνα t : μία μεταβλητή απόφασης.

- T_{ij} ο χρόνος επεξεργασίας που απαιτείται για την παραγωγή του προϊόντος i στο στάδιο j , σε ώρες ανά κιλό (kg).

Αρχικά, ο χρόνος επεξεργασίας που απαιτείται για την παραγωγή του προϊόντος i στο στάδιο j δίνεται σε ώρες/μονάδα προϊόντος (κάβος). Το πλάνο παραγωγής γίνεται για έναν μέσο κάβο με 220m μήκος, 60cm διάμετρο. Σε κάθε στάδιο υπάρχει συγκεκριμένος χρόνος επεξεργασίας παραγωγής ενός προϊόντος i . Οι χρόνοι είναι ίδιοι για όλα τα προϊόντα.

Στάδια Παραγωγής j	1ο Στάδιο	2ο Στάδιο	3ο Στάδιο	4ο Στάδιο
Χρόνος επεξεργασίας T_{ij} /κάβο	2.5 ώρες	5 ώρες	1.5 ώρες	1.5 ώρες

Πίνακας 4-1 Χρόνοι επεξεργασίας T_{ij} ώρες/κάβο

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα κιλά που ζυγίζει ο μέσος κάβος παραγωγής, μήκους 200m και διαμέτρου 60mm για κάθε προϊόν i .

Προϊόντα i	Μέσος κάβος
A	404 kg
B	394 kg
Γ	438 kg
Δ	402 kg
E	599 kg
ΣΤ	486 kg
Z	362 kg
H	502 kg

Πίνακας 4-2 Κιλά μέσου κάβου για κάθε προϊόν

Η μελέτη του προβλήματος γίνεται σε κιλά προϊόντων. Γι' αυτό και στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι χρόνοι επεξεργασίας κάθε προϊόντος T_{ij} σε κάθε στάδιο παραγωγής, σε ώρες ανά κιλό, σε λεπτά και σε δευτερόλεπτα ανά κιλό.

T_{ij} (ώρες)	Στάδια Παραγωγής j			
Προϊόντα i	1	2	3	4
A	2.5	5	1.5	1.5
B	2.5	5	1.5	1.5
Γ	2.5	5	1.5	1.5
Δ	2.5	5	1.5	1.5
E	2.5	5	1.5	1.5
ΣΤ	2.5	5	1.5	1.5
Z	2.5	5	1.5	1.5
H	2.5	5	1.5	1.5

Πίνακας 4-3 T_{ij} ώρες/κάβος

T_{ij} (ώρες)	Στάδια Παραγωγής j			
Προϊόντα i	1	2	3	4
A	0.0062	0.0124	0.0037	0.0037
B	0.0063	0.0127	0.0038	0.0038
Γ	0.0057	0.0114	0.0034	0.0034
Δ	0.0062	0.0124	0.0037	0.0037
E	0.0042	0.0083	0.0025	0.0025
ΣΤ	0.0051	0.0103	0.0031	0.0031
Z	0.0069	0.0138	0.0041	0.0041
H	0.0050	0.0100	0.0030	0.0030

Πίνακας 4-4 T_{ij} ώρες/kg

T_{ij} (min) Προϊόντα i	Στάδια Παραγωγής j			
	1	2	3	4
A	0.3713	0.7426	0.2228	0.2228
B	0.3807	0.7614	0.2284	0.2284
Γ	0.3425	0.6849	0.2055	0.2055
Δ	0.3731	0.7463	0.2239	0.2239
E	0.2504	0.5008	0.1503	0.1503
ΣΤ	0.3086	0.6173	0.1852	0.1852
Z	0.4144	0.8287	0.2486	0.2486
H	0.2988	0.5976	0.1793	0.1793

Πίνακας 4-5 T_{ij} λεπτά (min)/kg

T_{ij} (sec) Προϊόντα i	Στάδια Παραγωγής j			
	1	2	3	4
A	22.2772	44.5545	13.3663	13.3663
B	22.8426	45.6853	13.7056	13.7056
Γ	20.5479	41.0959	12.3288	12.3288
Δ	22.3881	44.7761	13.4328	13.4328
E	15.0250	30.0501	9.0150	9.0150
ΣΤ	18.5185	37.0370	11.1111	11.1111
Z	24.8619	49.7238	14.9171	14.9171
H	17.9283	35.8566	10.7570	10.7570

Πίνακας 4-6 T_{ij} δευτερόλεπτα (sec)/kg

- FT_{ijt} ο τελικός χρόνος επεξεργασίας κάθε προϊόντος i σε κάθε στάδιο j, σε ώρες/kg, για τον υπολογισμό του χρειάζεται η ποσότητα παραγωγής X_{it} του προϊόντος i τη χρονική περίοδο t:

$$FT_{ijt} = T_{ij}X_{it}$$
- T_{jt} οι εργατοώρες, δηλαδή ο διαθέσιμος χρόνος λειτουργίας όλων των μηχανών κάθε σταδίου, σε ώρες παραγωγής ανά μήνα.

Υπάρχουν δύο μονάδες παραγωγής, με τέσσερα στάδια παραγωγής η κάθε μια, και κάθε στάδιο διαθέτει πολλά ίδια μηχανήματα. Επίσης δίνονται οι ημερήσιοι χρόνοι απασχόλησης των μηχανών κάθε σταδίου.

Μονάδες Παραγωγής/Στάδια	1 ^ο Εξώθηση	2 ^ο Στρέψη	3 ^ο Έμβολα	4 ^ο Πλέξη
A μονάδα	3	20	5	9
B μονάδα	2	9	2	2
Συνολικά μηχανήματα	5	29	7	11
Μέγιστοι ημερήσιοι χρόνοι λειτουργίας /μηχάνημα/ στάδιο	24 ώρες	24 ώρες	21 ώρες	19 ώρες
Εργατοώρες/ ημέρα (ώρες)	=24*5 = 120	= 24*29 =696	= 21*7 =147	= 19*11 =209

Πίνακας 4-7 Μηχανήματα σταδίων παραγωγής και Εργατοώρες ανά ημέρα

Στον επόμενο πίνακα φαίνεται η διαδικασία υπολογισμών όλων των διαθέσιμων χρόνων λειτουργίας κάθε σταδίου ανά μήνα:

Μήνες/Στάδια (ώρες)	Στάδιο 1 ^ο	Στάδιο 2 ^ο	Στάδιο 3 ^ο	Στάδιο 4 ^ο
Ιανουάριος	3720	21576	4557	6479
Φεβρουάριος	3360	19488	4116	5852
Μάρτιος	3720	21576	4557	6479
Απρίλιος	3600	20880	4410	6270
Μάιος	3720	21576	4557	6479
Ιούνιος	3600	20880	4410	6270
Ιούλιος	3720	21576	4557	6479
Αύγουστος	3720	21576	4557	6479
Σεπτέμβριος	3600	20880	4410	6270
Οκτώβριος	3720	21576	4557	6479
Νοέμβριος	3600	20880	4410	6270
Δεκέμβριος	3720	21576	4557	6479

Πίνακας 4-8 Εργατοώρες T_{ji} ανά μήνα και ανά στάδιο παραγωγής

- FT_{jt} οι τελικές εργατοώρες, δηλαδή ο τελικός χρόνος λειτουργίας κάθε σταδίου, ανά μήνα, που θα χρειαστεί για την ολοκλήρωση της προσδοκώμενης παραγωγής όλων των προϊόντων σε κάθε στάδιο, σε ώρες παραγωγής ανά χρονική περίοδο t :

$$FT_{jt} = \sum_{i=1}^8 FT_{ijt} = \sum_{i=1}^8 T_{ij} X_{it}$$

- SP_i η τιμή πώλησης του προϊόντος i , σε €/kg
Όλες οι τιμές πώλησης για κάθε προϊόν δίνεται από την εταιρία.

Προϊόντα i	SP_i
A	3.58 €/kg
B	3.41 €/kg
Γ	3.72 €/kg
Δ	3.56 €/kg
E	5.74 €/kg
ΣΤ	3.85 €/kg
Z	4.99 €/kg
H	4.04 €/kg

Πίνακας 4-9 Τιμές πωλήσεων SP_i

- PPR_i το ποσοστό μικτού κέρδους για κάθε προϊόν i , σε % .
Δηλαδή το μικτό κέρδος ως ποσοστό % της τιμής πώλησης, χωρίς φόρους.
Μικτό κέρδος = Τιμή πώλησης – Κόστος παραγωγής (το κόστος των πρώτων και των βοηθητικών υλών που βιομηχανοποιήθηκαν για να κατασκευαστεί το τελικό προϊόν καθώς και το κόστος βιομηχανοποίησης που περιλαμβάνει τα εργατικά, το ρεύμα, τις αποσβέσεις, τα κόστη αποθεμάτων, την ενέργεια, τα κόστη συντήρησης και το ενοίκιο του εργοστασίου).
 $PPR_i = (PR_i/SP_i) \%$

Προϊόντα i	PPR_i
A	30.2%
B	27.30%
Γ	36.80%
Δ	30.00%
E	42.00%
ΣΤ	34.00%

Προϊόντα i	PPR _i
Z	36.00%
H	36.80%

Πίνακας 4-10 Ποσοστά μικτού κέρδους (%) PPR_i

- **PR_i** το μικό κέρδος για κάθε προϊόν i, σε €/kg
Υπολογίζεται ως το γινόμενο της τιμής πώλησης με το ποσοστό μικτού κέρδους:
 $PR_i = SP_i \cdot PPR_i$

Προϊόντα i	PR _i
A	1.08116 €/kg
B	0.93093 €/kg
Γ	1.36896 €/kg
Δ	1.068 €/kg
E	2.4108 €/kg
ΣΤ	1.309 €/kg
Z	1.7964 €/kg
H	1.48672 €/kg

Πίνακας 4-11 Μικό κέρδους PR_i

- **PC_i** το κόστος παραγωγής για κάθε προϊόν i, σε €/kg
Το κόστος παραγωγής είναι το άθροισμα του κόστους των πρώτων υλών συν το κόστος βιομηχανοποίησης. Το κόστος βιομηχανοποίησης περιλαμβάνει τα σταθερά κόστη και τα μεταβλητά κόστη. Τα σταθερά κόστη είναι οι αποσβέσεις, το ενοίκιο του εργοστασίου και τα κόστη αποθεμάτων (πρώτων υλών, ημιέτοιμων προϊόντων, έτοιμων προϊόντων, αποθέματος ασφαλείας) ενώ τα μεταβλητά κόστη είναι τα εργατικά, το ρεύμα, η ενέργεια, η συντήρηση, και κάποια αποθέματα.
Υπολογίζεται ως η διαφορά του μικτού κέρδους από την τιμή πώλησης:
 $PC_i = SP_i - PR_i$

Προϊόντα i	PC _i
A	2.49884 €/kg
B	2.47907 €/kg
Γ	2.35104 €/kg
Δ	2.492 €/kg
E	3.3292 €/kg
ΣΤ	2.541 €/kg
Z	3.1936 €/kg
H	2.55328 €/kg

Πίνακας 4-12 Κόστος Παραγωγής PC_i

- **D_{it}** η ζήτηση του προϊόντος i, δηλαδή η ελάχιστη παραγωγή που πρέπει να παραχθεί ανά χρονική περίοδο t (kg)
- **X_{it}** η ποσότητα παραγωγής του προϊόντος i / χρονική περίοδο t, kg
- **Y_{it}** το απόθεμα για κάθε προϊόν i κάθε χρονική περίοδο t (kg), εκφράζεται ως το άθροισμα του αποθέματος του προϊόντος i την αμέσως προηγούμενη χρονική περίοδο t-1, συν την ποσότητα παραγωγής την χρονική περίοδο t, πλην τη ζήτηση του προϊόντος i τη χρονική περίοδο t:
 $Y_{it} = Y_{i,t-1} + X_{it} - D_{it}$
- **Y_{i,0}** το αρχικό απόθεμα, για κάθε προϊόν i τη χρονική στιγμή 0, πριν ξεκινήσει η βελτιστοποίηση. Το δίνει ο χρήστης στο Excel.

- h_i το κόστος αποθέματος ως ποσοστό του κόστους παραγωγής (PC_i) για κάθε προϊόντος ανά μήνα. Είναι το γινόμενο του δείκτη απαξίωσης του αποθέματος επί το κόστος παραγωγής του προϊόντος:

$$h_i = k_i PC_i$$

όπου k_i είναι ο δείκτης απαξίωσης του αποθέματος ανά μονάδα χρόνου

Το κόστος αποθέματος επηρεάζει άμεσα το καθαρό κέρδος μιας επιχείρησης. Μετά από μελέτες για το κόστος αποθέματος, σε πολλές βιομηχανίες, διαπιστώθηκε ότι το κόστος αποθέματος είναι το 15 – 25 % της αξίας του αποθέματος σε ετήσια βάση [25],[26]. Έστω ότι κρατάμε το 25% ετησίως ή, ισοδύναμα, 2% ανά μήνα περίπου. Για τα προϊόντα του συγκεκριμένου εργοστασίου, γίνεται η συντηρητική εκτίμηση του δείκτη απαξίωσης του αποθέματος στην τιμή $k_i = 1\%$ ανά μήνα.

- $A_{j,t}$ ο χρόνος ασφαλείας σε ώρες ανά στάδιο και ανά τη χρονική περίοδο t , είναι η διαφορά των τελικών εργατοωρών (τελικοί διαθέσιμοι χρόνοι λειτουργίας κάθε σταδίου ανά μήνα) από τις διαθέσιμες εργατοώρες (διαθέσιμοι χρόνοι λειτουργίας κάθε σταδίου ανά μήνα):

$$A_{j,t} = T_{jt} - FT_{jt}$$

Αυτοί οι χρόνοι ασφαλείας που προκύπτουν μηνιαία για κάθε στάδιο παραγωγής, χρησιμεύουν στην κάλυψη των έκτακτων παραγγελιών που δέχεται η εταιρία σε μηνιαία βάση.

- Οι παράμετροι και οι μεταβλητές απόφασης του προβλήματος, διαμορφώνουν τη μαθηματική σχέση που περιγράφει το κριτήριο απόδοσης του συστήματος που είναι η αντικειμενική συνάρτηση και στόχος είναι η μεγιστοποίηση (maximize) του.

Μεταβλητές απόφασης:

X_{it} η ποσότητα παραγωγής του προϊόντος i ανά χρονική περίοδο t , kg / t

Η αντικειμενική συνάρτηση για ετήσιο πλάνο:

Καθαρό κέρδος (€) = Κέρδος – Κόστος αποθέματος

$$\text{Max}(K) = \max \left[\left(\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} PR_i \right) - \left(\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} PC_i k_i \right) \right]$$

όπου

i τα προϊόντα, 1,...,8

t οι μήνες, 1,...,12

D_{it} η ζήτηση του προϊόντος i , δηλαδή η ελάχιστη παραγωγή που πρέπει να παραχθεί ανά χρονική περίοδο t , σε kg

Y_{it} το απόθεμα για κάθε προϊόν i κάθε χρονική περίοδο t , σε kg/t

PR_i το μικτό κέρδος για κάθε προϊόν i , σε €/kg

PC_i το κόστος παραγωγής για κάθε προϊόν i , σε €/kg

k_i ο δείκτης απαξίωσης αποθέματος

Περιορισμοί:

1. $X_{it} \geq 0$

Οι μεταβλητές απόφασης X_{it} είναι παραγόμενες ποσότητες σε kg, και είναι αδύνατον να παίρνουν αρνητικές τιμές. 96 περιορισμοί.

2. $Y_{it} \geq 0$

Τα αποθέματα κάθε προϊόντος ανά μήνα, ως ποσότητες σε kg δεν θα πρέπει να παίρνουν αρνητικές τιμές. 96 περιορισμοί.

$$3. T_{jt} \geq FT_{jt} \quad \text{ή}$$

$$T_{jt} \geq \sum_{i=1}^8 T_{ij} X_{it}$$

Οι διαθέσιμοι χρόνοι λειτουργίας (διαθέσιμες εργατοώρες) κάθε σταδίου κάθε μήνα, θα πρέπει να είναι μεγαλύτεροι ή ίσοι από τους τελικούς διαθέσιμους χρόνους λειτουργίας (τελικές εργατοώρες) κάθε σταδίου κάθε μήνα. 384 περιορισμοί.

$$4. Y_{i,12} = Y_{i,0}$$

Η τιμή του αποθέματος του τελευταίου μήνα θα πρέπει να είναι ίση με την τιμή του αρχικού αποθέματος. 8 περιορισμοί.

4.5.3 Υλοποίηση

Όπως αναφέρθηκε, το πλάνο παραγωγής υπολογίζεται ανά έτος. Παρακάτω παρουσιάζεται η υλοποίηση του προβλήματος με γραμμικό προγραμματισμό στο Excel, για το έτος 2019 με βάση την πρόβλεψη της ζήτησης που έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στις επόμενες ενότητες του κεφαλαίου παρουσιάζονται το πλάνο παραγωγής του 2019 με βάση τις προβλέψεις καθώς και το πλάνο παραγωγής με βάση τις πραγματικές πωλήσεις του 2019 όπως δόθηκαν από την εταιρία.

Η επίλυση του προβλήματος πραγματοποιήθηκε στο Excel μέσω του πρόσθετου εργαλείου Solver (Επίλυση) με την επέκταση του Open Solver, με την μέθοδο Simplex Lp. Το εργαλείο αυτό είναι εργαλείο ανάλυσης what – if που εντοπίζει τη βέλτιστη τιμή ενός κελιού προορισμού αλλάζοντας τις τιμές στα κελιά που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του κελιού προορισμού.

Αρχικά γίνεται καταχώρηση όλων των χρόνων επεξεργασίας T_{ij} όλων των προϊόντων σε κάθε στάδιο παραγωγής, ανά προϊόν ανά στάδιο.

T _{ij} Χρόνος επεξεργασίας (ώρες / kg)								
Στάδια παραγωγής j / i προϊόντα	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Σταδιο 1	0.0062	0.0063	0.0057	0.0062	0.0042	0.0051	0.0069	0.0050
Σταδιο 2	0.0124	0.0127	0.0114	0.0124	0.0083	0.0103	0.0138	0.0100
Σταδιο 3	0.0037	0.0038	0.0034	0.0037	0.0025	0.0031	0.0041	0.0030
Σταδιο 4	0.0037	0.0038	0.0034	0.0037	0.0025	0.0031	0.0041	0.0030

Εικόνα 4-1 Χρόνοι επεξεργασίας T_{ij} στο Excel

Έπειτα υπολογίζονται και καταχωρούνται για κάθε προϊόν, τα εξής: Τιμή πώλησης SP_i , Ποσοστό μικτού κέρδους PPR_i , Μεικτό κέρδος PR_i , κόστος παραγωγής PC_i και το κόστος αποθέματος $h_i = k_i PC_i$. Ο δείκτης απαξίωσης αποθέματος k_i παίρνει την τιμή 0.01 για όλα τα προϊόντα.

Κόστη και Κέρδη ανά κιλό	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Τιμή πώλησης SP_i (€/kg)	3.58	3.41	3.72	3.56	5.74	3.85	4.99	4.04
Ποσοστό μικτού κέρδους PPR_i (%)	30.20%	27.30%	36.80%	30.00%	42.00%	34.00%	36%	36.80%
Μεικτό Κέρδος PR_i (€/kg)	1.08	0.93	1.37	1.07	2.41	1.31	1.80	1.49
Κόστος παραγωγής PC_i (€/kg)	2.50	2.48	2.35	2.49	3.33	2.54	3.19	2.55
k_i δείκτης απαξίωσης αποθέματος [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
h_i κόστος αποθέματος (€/kg)	0.025	0.025	0.024	0.025	0.033	0.025	0.032	0.026

Εικόνα 4-2 Κέρδη και κόστη στο Excel

Στον επόμενο χώρο στο Excel, ο χρήστης μπορεί να καταχωρεί τα νούμερα σε κιλά ανά μήνα της ζήτησης D_{it} , δηλαδή τις προβλέψεις των πωλήσεων.

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1061	24716	17795	66912	10745	13192	35676	17347
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	12077	328897	228796	981278	63075	92161	465835	224903

Εικόνα 4-3 Χώρος καταχώρησης της ζήτησης D_{it} στο Excel

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ο χώρος στον οποίο παρουσιάζονται οι τελικές τιμές των μεταβλητών απόφασης μετά την βελτιστοποίηση. Οι μεταβλητές απόφασης είναι οι τελικές ποσότητες παραγωγής X_{it} , που προκύπτουν από την επίλυση.

Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1061	24716	17795	66912	10745	13192	35676	17347
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	12077	328897	228796	981278	63075	92161	465835	224903

Εικόνα 4-4 Μεταβλητές απόφασης: Ποσότητες παραγωγής X_{it} στο Excel

Στον επόμενο χώρο στο Excel, ο χρήστης μπορεί να καταχωρεί τα αρχικά αποθέματα $Y_{i,0}$ για κάθε προϊόν και παρουσιάζονται τα βέλτιστα επίπεδα αποθεμάτων Y_{it} μετά την βελτιστοποίηση.

Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	100	100	100	100	100	100	100

Εικόνα 4-5 Χώρος αποθεμάτων Y_{it} και αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ο χώρος που χτίζεται η αντικειμενική συνάρτηση $\max(K)$.

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ $\max(K)$								
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
	13058	306180	313212	1048005	152061	120638	836826	334368
$\sum_{i=1}^{8-12} D_{it} * PR_i$	3124348							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	2	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^{8-12} Y_{it} * PC_i * k_i$	21							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ $\max(K)$	3124327							

Εικόνα 4-6 Χώρος αντικειμενικής συνάρτησης $\max(K)$ στο Excel

Η αντικειμενική συνάρτηση βρίσκει το βέλτιστο καθαρό κέρδος. Το καθαρό κέρδος της επιχείρησης ισούται κέρδος μείον το κόστος αποθέματος.

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζονται οι βέλτιστοι τελικοί χρόνοι επεξεργασίας FT_{ijt} κάθε σταδίου για κάθε προϊόν, ανά μήνα, μετά την επίλυση.

FT _{ijt} Τελικός Χρόνος επεξεργασίας (ώρες / kg) / μήνα/στάδιο								
Στάδιο 1	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0.90	146.78	109.75	434.73	12.72	26.64	233.20	74.53
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	9.88	160.05	105.66	597.39	33.56	59.18	318.49	93.45
ΜΑΡΤΙΟΣ	10.68	200.42	177.68	413.60	21.71	61.00	377.49	96.62
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6.57	156.83	101.57	416.12	44.84	67.86	246.38	86.39
ΜΑΙΟΣ	8.36	153.78	99.62	721.80	32.87	51.51	238.17	132.06
ΙΟΥΝΙΟΣ	1.19	185.40	74.83	448.96	19.37	26.48	241.62	78.45
ΙΟΥΛΙΟΣ	8.88	155.96	110.28	524.04	21.85	30.79	291.91	95.39
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7.62	174.18	132.85	398.77	17.22	30.88	251.03	63.22
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3.81	126.97	110.48	517.49	21.76	16.88	232.17	92.49
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	4.73	157.38	81.97	590.88	18.80	30.32	227.92	103.84
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3.46	229.54	108.76	551.36	7.32	40.23	299.14	110.86
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	8.66	239.62	92.46	487.34	11.23	32.30	259.56	92.76
Στάδιο 2	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1.79	293.57	219.50	869.46	25.43	53.28	466.41	149.06
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	19.77	320.10	211.32	1194.78	67.11	118.36	636.98	186.89
ΜΑΡΤΙΟΣ	21.36	400.84	355.37	827.21	43.43	122.00	754.98	193.23
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13.13	313.66	203.14	832.24	89.69	135.72	492.76	172.78
ΜΑΙΟΣ	16.72	307.55	199.23	1443.60	65.75	103.02	476.35	264.12
ΙΟΥΝΙΟΣ	2.38	370.81	149.66	897.93	38.74	52.96	483.24	156.90
ΙΟΥΛΙΟΣ	17.77	311.91	220.56	1048.07	43.70	61.59	583.82	190.77
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	15.24	348.35	265.70	797.54	34.43	61.76	502.06	126.43
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	7.62	253.93	220.95	1034.98	43.53	33.76	464.34	184.97
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	9.46	314.77	163.94	1181.75	37.60	60.64	455.85	207.68
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6.92	459.08	217.52	1102.72	14.63	80.46	598.27	221.71
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	17.32	479.25	184.93	974.68	22.46	64.61	519.12	185.52

Εικόνα 4-7 Τελικοί χρόνοι επεξεργασίας ανά μήνα ανά προϊόν ανά στάδιο FT_{ijt} , στο Excel

Στάδιο 3	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0.54	88.07	65.85	260.84	7.63	15.99	139.92	44.72
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5.93	96.03	63.40	358.43	20.13	35.51	191.09	56.07
ΜΑΡΤΙΟΣ	6.41	120.25	106.61	248.16	13.03	36.60	226.49	57.97
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3.94	94.10	60.94	249.67	26.91	40.71	147.83	51.83
ΜΑΙΟΣ	5.01	92.27	59.77	433.08	19.72	30.90	142.90	79.24
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.72	111.24	44.90	269.38	11.62	15.89	144.97	47.07
ΙΟΥΛΙΟΣ	5.33	93.57	66.17	314.42	13.11	18.48	175.15	57.23
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	4.57	104.51	79.71	239.26	10.33	18.53	150.62	37.93
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2.29	76.18	66.29	310.49	13.06	10.13	139.30	55.49
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2.84	94.43	49.18	354.53	11.28	18.19	136.75	62.31
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2.08	137.73	65.26	330.82	4.39	24.14	179.48	66.51
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5.19	143.77	55.48	292.40	6.74	19.38	155.74	55.66
Στάδιο 4	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0.54	88.07	65.85	260.84	7.63	15.99	139.92	44.72
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5.93	96.03	63.40	358.43	20.13	35.51	191.09	56.07
ΜΑΡΤΙΟΣ	6.41	120.25	106.61	248.16	13.03	36.60	226.49	57.97
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3.94	94.10	60.94	249.67	26.91	40.71	147.83	51.83
ΜΑΙΟΣ	5.01	92.27	59.77	433.08	19.72	30.90	142.90	79.24
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.72	111.24	44.90	269.38	11.62	15.89	144.97	47.07
ΙΟΥΛΙΟΣ	5.33	93.57	66.17	314.42	13.11	18.48	175.15	57.23
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	4.57	104.51	79.71	239.26	10.33	18.53	150.62	37.93
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2.29	76.18	66.29	310.49	13.06	10.13	139.30	55.49
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2.84	94.43	49.18	354.53	11.28	18.19	136.75	62.31
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2.08	137.73	65.26	330.82	4.39	24.14	179.48	66.51
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5.19	143.77	55.48	292.40	6.74	19.38	155.74	55.66

Εικόνα 4-8 Τελικοί χρόνοι επεξεργασίας ανά μήνα ανά προϊόν ανά στάδιο FT_{ijt} , στο Excel

Έπειτα παρουσιάζονται οι διαθέσιμοι χρόνοι λειτουργίας (εργατοώρες) ανά στάδιο παραγωγής ανά μήνα T_{jt} καθώς και τα κελιά στα οποία προκύπτουν οι τελικές εργατοώρες ανά μήνα ανά στάδιο παραγωγής και οι Χρόνοι ασφαλείας $A_{j,t}$ που προκύπτουν από την αφαίρεση των τελικών εργατοωρών (τελικοί χρόνοι λειτουργίας) ανά στάδιο παραγωγής ανά μήνα FT_{jt} , από τους διαθέσιμους χρόνους λειτουργίας ανά στάδιο ανά μήνα (εργατοώρες) T_{jt} .

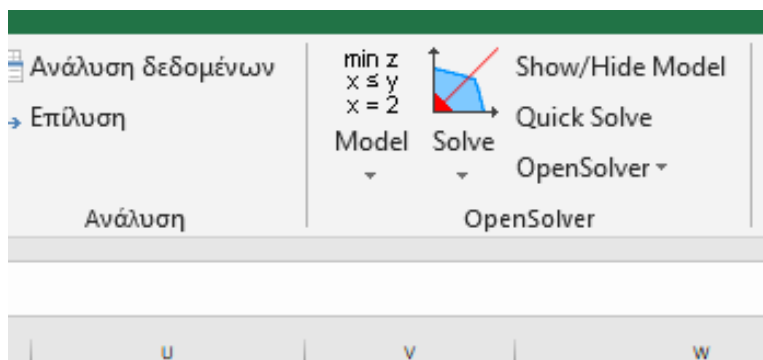
Στάδιο 1	FT_{jt} Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	T_{jt} Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	$A_{j,t}$ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1378	3360	1982
ΜΑΡΤΙΟΣ	1359	3720	2361
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1127	3600	2473
ΜΑΙΟΣ	1438	3720	2282
ΙΟΥΝΙΟΣ	1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1122	3600	2478
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1216	3720	2504
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1351	3600	2249
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1224	3720	2496
Στάδιο 2	FT_{jt} Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	T_{jt} Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	$A_{j,t}$ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2755	19488	16733
ΜΑΡΤΙΟΣ	2718	21576	18858
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2253	20880	18627
ΜΑΙΟΣ	2876	21576	18700
ΙΟΥΝΙΟΣ	2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2244	20880	18636
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2432	21576	19144
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2701	20880	18179
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2448	21576	19128

Εικόνα 4-9 Διαθέσιμοι χρόνοι λειτουργίας κάθε σταδίου ανά μήνα T_{jt} - Εργατοώρες, Τελικοί χρόνοι λειτουργίας ανά μήνα ανά στάδιο παραγωγής FT_{jt} - Τελικές εργατοώρες και οι Χρόνοι ασφαλείας $A_{j,t}$

Στάδιο 3	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	4116	3289
ΜΑΡΤΙΟΣ	816	4557	3741
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	676	4410	3734
ΜΑΙΟΣ	863	4557	3694
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	673	4410	3737
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	730	4557	3827
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	810	4410	3600
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	4557	3823
Στάδιο 4	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	5852	5025
ΜΑΡΤΙΟΣ	816	6479	5663
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	676	6270	5594
ΜΑΙΟΣ	863	6479	5616
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	673	6270	5597
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	730	6479	5749
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	810	6270	5460
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	6479	5745

Εικόνα 4-10 Διαθέσιμοι χρόνοι λειτουργίας κάθε σταδίου ανά μήνα T_{jt} - Εργατοώρες, Τελικοί χρόνοι λειτουργίας ανά μήνα ανά στάδιο παραγωγής FT_{jt} – Τελικές εργατοώρες και οι Χρόνοι ασφαλείας A_{jt}

Τελικά, όπως παρουσιάζεται και στις επόμενες δύο εικόνες, γίνεται χρήση του Open Solver. Ορίζεται ο στόχος της βελτιστοποίησης, επιλέγεται η μεγιστοποίηση, ορίζονται οι μεταβλητές απόφασης και οι περιορισμοί. Έπειτα επιλέγεται η Simplex LP ως μέθοδος επίλυσης για την εύρεση της βέλτιστης λύσης, με όλους τους περιορισμούς να ικανοποιούνται.



Εικόνα 4-11 Εργαλείο Open Solver στο Excel

Να σημειωθεί εδώ πως ο περιορισμός που αφορά τη μη αρνητικότητα των μεταβλητών απόφασης X_{it} , δεν προστίθεται στον ίδιο χώρο με τους άλλους περιορισμούς. Το εργαλείο του Open Solver παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να τον δεχτεί σαν επιλογή όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα: επιλέγεται το «Make unconstrained variable cells non - negative».

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα)	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	12077	328897	228796	981278	63075	92161	465835	224903

Πίνακας 4-13 Ζήτηση D_i σε κιλά ανά προϊόν για το 2019 από προβλέψεις

Ο χρήστης καταχωρεί το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα και τον δείκτη απαξίωσης αποθέματος $k_i = 0.01$ για όλα τα προϊόντα.

Στους επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι παραγόμενες ποσότητες X_{it} όπως προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση.

Ζήτηση X_{it} (kg/μήνα)	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1061	24716	17795	66912	10745	13192	35676	17347
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	12077	328897	228796	981278	63075	92161	465835	224903

Πίνακας 4-14 Ποσότητες παραγωγής X_{it} σε κιλά ανά προϊόν για το 2019 από προβλέψεις

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τελικές εργατοώρες FT_{jt} για κάθε στάδιο ανά μήνα, δηλαδή οι τελικοί χρόνοι λειτουργίας κάθε σταδίου παραγωγής ανά μήνα.

FT_{jt} Τελικές Εργατοώρες (ώρες/στάδιο/μήνα)	Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	2078	624	624
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1378	2755	827	827
ΜΑΡΤΙΟΣ	1359	2718	816	816
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1127	2253	676	676
ΜΑΙΟΣ	1438	2876	863	863
ΙΟΥΝΙΟΣ	1076	2153	646	646
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	2478	743	743
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	2152	645	645
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1122	2244	673	673
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1216	2432	730	730
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1351	2701	810	810
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1224	2448	734	734

Πίνακας 4-15 Τελικές εργατοώρες 2019 από προβλέψεις

Έπειτα παρουσιάζονται οι χρόνοι ασφαλείας $A_{j,i}$ που προκύπτουν για κάθε στάδιο ανά μήνα.

Χρόνος Ασφαλείας $A_{j,t}$ (ώρες/στάδιο/μήνα)	Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2681	19498	3933	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1982	16733	3289	5025
ΜΑΡΤΙΟΣ	2361	18858	3741	5663
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2473	18627	3734	5594
ΜΑΙΟΣ	2282	18700	3694	5616
ΙΟΥΝΙΟΣ	2524	18727	3764	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ	2481	19098	3814	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2644	19424	3912	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2478	18636	3737	5597
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2504	19144	3827	5749
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2249	18179	3600	5460
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2496	19128	3823	5745

Πίνακας 4-16 Χρόνοι Ασφαλείας 2019 από προβλέψεις

Οι τελικοί χρόνοι επεξεργασίας κάθε προϊόντος κάθε μήνα σε κάθε στάδιο παραγωγής FT_{ijt} παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα για το έτος 2019:

FT _{ijt} Τελικός Χρόνος επεξεργασίας (ώρες / kg /μήνα/στάδιο)	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
Στάδιο 1								
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0.90	146.78	109.75	434.73	12.72	26.64	233.20	74.53
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	9.88	160.05	105.66	597.39	33.56	59.18	318.49	93.45
ΜΑΡΤΙΟΣ	10.68	200.42	177.68	413.60	21.71	61.00	377.49	96.62
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6.57	156.83	101.57	416.12	44.84	67.86	246.38	86.39
ΜΑΙΟΣ	8.36	153.78	99.62	721.80	32.87	51.51	238.17	132.06
ΙΟΥΝΙΟΣ	1.19	185.40	74.83	448.96	19.37	26.48	241.62	78.45
ΙΟΥΛΙΟΣ	8.88	155.96	110.28	524.04	21.85	30.79	291.91	95.39
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7.62	174.18	132.85	398.77	17.22	30.88	251.03	63.22
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3.81	126.97	110.48	517.49	21.76	16.88	232.17	92.49
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	4.73	157.38	81.97	590.88	18.80	30.32	227.92	103.84
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3.46	229.54	108.76	551.36	7.32	40.23	299.14	110.86
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	8.66	239.62	92.46	487.34	11.23	32.30	259.56	92.76
Στάδιο 2								
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1.79	293.57	219.50	869.46	25.43	53.28	466.41	149.06
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	19.77	320.10	211.32	1194.78	67.11	118.36	636.98	186.89
ΜΑΡΤΙΟΣ	21.36	400.84	355.37	827.21	43.43	122.00	754.98	193.23
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13.13	313.66	203.14	832.24	89.69	135.72	492.76	172.78
ΜΑΙΟΣ	16.72	307.55	199.23	1443.60	65.75	103.02	476.35	264.12
ΙΟΥΝΙΟΣ	2.38	370.81	149.66	897.93	38.74	52.96	483.24	156.90
ΙΟΥΛΙΟΣ	17.77	311.91	220.56	1048.07	43.70	61.59	583.82	190.77
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	15.24	348.35	265.70	797.54	34.43	61.76	502.06	126.43
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	7.62	253.93	220.95	1034.98	43.53	33.76	464.34	184.97
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	9.46	314.77	163.94	1181.75	37.60	60.64	455.85	207.68
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6.92	459.08	217.52	1102.72	14.63	80.46	598.27	221.71
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	17.32	479.25	184.93	974.68	22.46	64.61	519.12	185.52
Στάδιο 3								

FT _{ijt} Τελικός Χρόνος επεξεργασίας (ώρες / kg /μήνα/στάδιο)	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0.54	88.07	65.85	260.84	7.63	15.99	139.92	44.72
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5.93	96.03	63.40	358.43	20.13	35.51	191.09	56.07
ΜΑΡΤΙΟΣ	6.41	120.25	106.61	248.16	13.03	36.60	226.49	57.97
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3.94	94.10	60.94	249.67	26.91	40.71	147.83	51.83
ΜΑΙΟΣ	5.01	92.27	59.77	433.08	19.72	30.90	142.90	79.24
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.72	111.24	44.90	269.38	11.62	15.89	144.97	47.07
ΙΟΥΛΙΟΣ	5.33	93.57	66.17	314.42	13.11	18.48	175.15	57.23
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	4.57	104.51	79.71	239.26	10.33	18.53	150.62	37.93
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2.29	76.18	66.29	310.49	13.06	10.13	139.30	55.49
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2.84	94.43	49.18	354.53	11.28	18.19	136.75	62.31
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2.08	137.73	65.26	330.82	4.39	24.14	179.48	66.51
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5.19	143.77	55.48	292.40	6.74	19.38	155.74	55.66
Στάδιο 4								
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0.54	88.07	65.85	260.84	7.63	15.99	139.92	44.72
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5.93	96.03	63.40	358.43	20.13	35.51	191.09	56.07
ΜΑΡΤΙΟΣ	6.41	120.25	106.61	248.16	13.03	36.60	226.49	57.97
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3.94	94.10	60.94	249.67	26.91	40.71	147.83	51.83
ΜΑΙΟΣ	5.01	92.27	59.77	433.08	19.72	30.90	142.90	79.24
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.72	111.24	44.90	269.38	11.62	15.89	144.97	47.07
ΙΟΥΛΙΟΣ	5.33	93.57	66.17	314.42	13.11	18.48	175.15	57.23
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	4.57	104.51	79.71	239.26	10.33	18.53	150.62	37.93
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2.29	76.18	66.29	310.49	13.06	10.13	139.30	55.49
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2.84	94.43	49.18	354.53	11.28	18.19	136.75	62.31
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2.08	137.73	65.26	330.82	4.39	24.14	179.48	66.51
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5.19	143.77	55.48	292.40	6.74	19.38	155.74	55.66

Πίνακας 4-17 Τελικοί χρόνοι επεξεργασίας κάθε προϊόντος κάθε μήνα σε κάθε στάδιο παραγωγής FT_{ijt} 2019 από προβλέψεις

Υπενθυμίζεται πως το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ το βάζει ο χρήστης. Στην συγκεκριμένη μελέτη θεωρείται πως παίρνει πάντα την τιμή 100 ας όλα τα προϊόντα. Τα επίπεδα αποθεμάτων Y_{it} προκύπτουν ως εξής:

Απόθεμα Y_{it} kg/μήνα	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
Kg / έτος	100	100	100	100	100	100	100	100

Πίνακας 4-18 Αποθέματα Y_{it} 2019 από προβλέψεις

Τελικά το καθαρό κέρδος του πλάνου παραγωγής που αναμένεται να βγει, με βάση τις προβλέψεις, είναι:

$$\max(K) = 3124327 \text{ €}$$

4.5.5 Πλάνο παραγωγής με βάση τις πραγματικές πωλήσεις 2019

Στους πρώτους δύο πίνακες παρουσιάζεται η ζήτηση D_t (kg/μήνα/προϊόν) που βασίστηκε στις πραγματικές πωλήσεις της εταιρίας το 2019. Τη ζήτηση την εισάγει ο χρήστης στο πρόγραμμα.

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα)	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1440	11712	22651	100253	8239	4779	64578	25134
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	224	9580	18533	121974	12801	9841	48940	22937
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	40808	19486	117469	10031	3402	45578	31592
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	12725	21635	83260	24775	6430	24610	20911
ΜΑΙΟΣ	0	32761	19903	95495	4062	3100	49616	39957
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	26622	15961	67295	6443	3882	41864	26592
ΙΟΥΛΙΟΣ	1124	20541	25037	113987	6468	3862	23502	33450
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	12325	16211	103387	564	8046	37024	46127
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	21889	25680	134453	3397	6124	30711	34449
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	31128	15323	101270	2762	4740	31471	39162
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	9497	28433	99002	3259	4107	30035	41635
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	357	17680	10274	79061	1289	9998	35940	41719
				121690				
kg/έτος	3145	247268	239127	6	84088	68311	463869	403665

Πίνακας 4-19 Ζήτηση D_t σε κιλά ανά προϊόν, από πραγματικές πωλήσεις, για το 2019 από πραγματικές πωλήσεις

Ο χρήστης καταχωρεί το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα και τον δείκτη απαξίωσης αποθέματος $k_i = 0.01$ για όλα τα προϊόντα.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι παραγόμενες ποσότητες X_{it} όπως προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση.

Ζήτηση X_{it} (kg/μήνα)	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1340	11612	22551	100153	8139	4679	64478	25034
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	224	9580	18533	121974	12801	9841	48940	22937
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	40808	19486	117469	10031	3402	45578	31592
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	12725	21635	83260	24775	6430	24610	20911
ΜΑΙΟΣ	0	32761	19903	95495	4062	3100	49616	39957
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	26622	15961	67295	6443	3882	41864	26592
ΙΟΥΛΙΟΣ	1124	20541	25037	113987	6468	3862	23502	33450
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	12325	16211	103387	564	8046	37024	46127
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	21889	25680	134453	3397	6124	30711	34449
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	31128	15323	101270	2762	4740	31471	39162
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	9497	28433	99002	3259	4107	30035	41635
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	457	17780	10374	79161	1389	10098	36040	41819
				121690				
kg/έτος	3145	247268	239127	6	84088	68311	463869	403665

Πίνακας 4-20 Ποσότητες παραγωγής X_{it} σε κιλά για το 2019 από πραγματικές πωλήσεις

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τελικές εργατοώρες FT_{jt} για κάθε στάδιο ανά μήνα, δηλαδή οι τελικοί χρόνοι λειτουργίας κάθε σταδίου παραγωγής ανά μήνα.

FT_{jt} Τελικές Εργατοώρες (ώρες/στάδιο/μήνα)	Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1462	2923	877	877
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1483	2966	890	890
ΜΑΡΤΙΟΣ	1632	3264	979	979
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1133	2265	680	680
ΜΑΙΟΣ	1490	2980	894	894
ΙΟΥΝΙΟΣ	1147	2294	688	688
ΙΟΥΛΙΟΣ	1365	2730	819	819
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1343	2686	806	806
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1551	3102	931	931
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1363	2726	818	818
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1288	2575	773	773
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1182	2364	709	709

Πίνακας 4-21 Τελικές εργατοώρες 2019 από πραγματικές πωλήσεις

Έπειτα παρουσιάζονται οι χρόνοι ασφαλείας A_{jt} που προκύπτουν για κάθε στάδιο ανά μήνα.

Χρόνος Ασφαλείας A_{jt} (ώρες/στάδιο/μήνα)	Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2258	18653	3680	5602
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1877	16522	3226	4962
ΜΑΡΤΙΟΣ	2088	18312	3578	5500
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2467	18615	3730	5590
ΜΑΙΟΣ	2230	18596	3663	5585
ΙΟΥΝΙΟΣ	2453	18586	3722	5582
ΙΟΥΛΙΟΣ	2355	18846	3738	5660
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2377	18890	3751	5673
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2049	17778	3479	5339
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2357	18850	3739	5661
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2312	18305	3637	5497
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2538	19212	3848	5770

Πίνακας 4-22 Χρόνοι Ασφαλείας 2019 από πραγματικές πωλήσεις

Οι τελικοί χρόνοι επεξεργασίας κάθε προϊόντος κάθε μήνα σε κάθε στάδιο παραγωγής FT_{ijt} παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

FT_{ijt} Τελικός Χρόνος επεξεργασίας (ώρες / kg /μήνα/στάδιο)	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
Στάδιο 1								
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	8.29	73.68	128.72	622.84	33.97	24.07	445.29	124.67
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1.39	60.79	105.78	758.54	53.42	50.62	337.98	114.23
ΜΑΡΤΙΟΣ	0.00	258.93	111.22	730.53	41.86	17.50	314.77	157.33
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0.00	80.74	123.49	517.79	103.40	33.08	169.96	104.14
ΜΑΙΟΣ	0.00	207.87	113.60	593.87	16.95	15.95	342.65	198.99
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.00	168.92	91.10	418.50	26.89	19.97	289.12	132.43
ΙΟΥΛΙΟΣ	6.96	130.34	142.91	708.87	26.99	19.87	162.31	166.58
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0.00	78.20	92.53	642.95	2.35	41.39	255.69	229.72
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0.00	138.89	146.58	836.15	14.18	31.50	212.09	171.56
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0.00	197.51	87.46	629.79	11.53	24.38	217.34	195.03
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0.00	60.26	162.29	615.68	13.60	21.13	207.42	207.35
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2.83	112.82	59.21	492.29	5.80	51.94	248.90	208.26

FT _{ijt} Τελικός Χρόνος επεξεργασίας (ώρες / kg /μήνα/στάδιο)	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
Στάδιο 2								
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	16.58	147.36	257.43	1245.68	67.94	48.14	890.58	249.34
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2.77	121.57	211.56	1517.09	106.85	101.24	675.97	228.46
ΜΑΡΤΙΟΣ	0.00	517.87	222.44	1461.06	83.73	35.00	629.53	314.66
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0.00	161.48	246.97	1035.57	206.80	66.15	339.92	208.28
ΜΑΙΟΣ	0.00	415.75	227.20	1187.75	33.90	31.89	685.30	397.98
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.00	337.84	182.20	837.00	53.78	39.94	578.23	264.86
ΙΟΥΛΙΟΣ	13.91	260.67	285.81	1417.75	53.99	39.73	324.61	333.17
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0.00	156.41	185.06	1285.91	4.71	82.78	511.38	459.43
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0.00	277.78	293.15	1672.30	28.36	63.00	424.19	343.12
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0.00	395.03	174.92	1259.58	23.06	48.77	434.68	390.06
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0.00	120.52	324.58	1231.37	27.20	42.25	414.85	414.69
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5.66	225.63	118.42	984.59	11.59	103.89	497.79	416.52
Στάδιο 3								
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4.98	44.21	77.23	373.71	20.38	14.44	267.17	74.80
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0.83	36.47	63.47	455.13	32.05	30.37	202.79	68.54
ΜΑΡΤΙΟΣ	0.00	155.36	66.73	438.32	25.12	10.50	188.86	94.40
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0.00	48.45	74.09	310.67	62.04	19.85	101.98	62.48
ΜΑΙΟΣ	0.00	124.72	68.16	356.32	10.17	9.57	205.59	119.39
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.00	101.35	54.66	251.10	16.14	11.98	173.47	79.46
ΙΟΥΛΙΟΣ	4.17	78.20	85.74	425.32	16.20	11.92	97.38	99.95
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0.00	46.92	55.52	385.77	1.41	24.83	153.41	137.83
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0.00	83.33	87.95	501.69	8.51	18.90	127.26	102.94
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0.00	118.51	52.48	377.87	6.92	14.63	130.40	117.02
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0.00	36.16	97.37	369.41	8.16	12.68	124.45	124.41
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1.70	67.69	35.53	295.38	3.48	31.17	149.34	124.96
Στάδιο 4								
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4.98	44.21	77.23	373.71	20.38	14.44	267.17	74.80
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0.83	36.47	63.47	455.13	32.05	30.37	202.79	68.54
ΜΑΡΤΙΟΣ	0.00	155.36	66.73	438.32	25.12	10.50	188.86	94.40
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0.00	48.45	74.09	310.67	62.04	19.85	101.98	62.48
ΜΑΙΟΣ	0.00	124.72	68.16	356.32	10.17	9.57	205.59	119.39
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.00	101.35	54.66	251.10	16.14	11.98	173.47	79.46
ΙΟΥΛΙΟΣ	4.17	78.20	85.74	425.32	16.20	11.92	97.38	99.95
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0.00	46.92	55.52	385.77	1.41	24.83	153.41	137.83
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0.00	83.33	87.95	501.69	8.51	18.90	127.26	102.94
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0.00	118.51	52.48	377.87	6.92	14.63	130.40	117.02
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0.00	36.16	97.37	369.41	8.16	12.68	124.45	124.41
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1.70	67.69	35.53	295.38	3.48	31.17	149.34	124.96

Πίνακας 4-23 Τελικοί χρόνοι επεξεργασίας κάθε προϊόντος κάθε μήνα σε κάθε στάδιο παραγωγής FT_{ijt} 2019 από πραγματικές πωλήσεις

Τα επίπεδα αποθεμάτων προκύπτουν ως εξής:

Απόθεμα Y _{it} kg/μήνα	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
Αρχικό απόθεμα Y _{i,0} [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0

Απόθεμα Y_{it} kg/μήνα	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
Kg / έτος	100	100	100	100	100	100	100	100

Πίνακας 4-24 Αποθέματα Y_{it} 2019 από πραγματικές πωλήσεις

Τελικά το κέρδος που προέκυψε με βάση τις πραγματικές πωλήσεις, είναι:

$$\max(K) = 3586149 \text{ €}$$

4.5.6 Σύγκριση των δύο πλάνων παραγωγής

Στις προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκε το πλάνο παραγωγής βάσει των προβλέψεων 2019 και το πλάνο παραγωγής βάσει των πραγματικών πωλήσεων 2019.

Σκοπός της σύγκρισης των δύο πλάνων παραγωγής, είναι να μελετηθεί πώς οι αποκλίσεις των προβλέψεων επηρεάζουν το πλάνο παραγωγής ενός εργοστασίου. Οι αποκλίσεις πάντα διαφοροποιούν τους αρχικούς υπολογισμούς της εταιρίας και τα πλάνα παραγωγής. Όταν η ζήτηση έχει πολύ μεγάλη απόκλιση (είτε θετική, είτε αρνητική) από την προβλεπόμενη τιμή της, παρουσιάζονται αντίστοιχες αποκλίσεις και στο πλάνο παραγωγής.

Αρχικά προκύπτουν αποκλίσεις στις ποσότητες παραγωγής (X_{it}) όπως παρουσιάζονται στην ενότητα 3.8. Έπειτα προκύπτουν αποκλίσεις στους τελικούς χρόνους επεξεργασίας των μηχανών κάθε σταδίου παραγωγής (FT_{ijt}), στις τελικές εργατοώρες (FT_{jt}) και στους χρόνους ασφαλείας (A_{jt}).

Παρακάτω αξιολογούνται οι τελικοί χρόνοι λειτουργίας κάθε σταδίου (τελικές εργατοώρες) FT_{jt} του πλάνου παραγωγής των προβλέψεων και των πραγματικών πωλήσεων. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι διαφορές των τελικών εργατοωρών ως ποσοστό επί της τιμής πρόβλεψης, πραγματικότητα μείον πρόβλεψη, ανά στάδιο παραγωγής και ανά μήνα.

Διαφορές FT_{jt} (ώρες)	Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	41%	41%	41%	41%
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	8%	8%	8%	8%
ΜΑΡΤΙΟΣ	20%	20%	20%	20%
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1%	1%	1%	1%
ΜΑΙΟΣ	4%	4%	4%	4%
ΙΟΥΝΙΟΣ	7%	7%	7%	7%
ΙΟΥΛΙΟΣ	10%	10%	10%	10%
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	25%	25%	25%	25%
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	38%	38%	38%	38%
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	12%	12%	12%	12%
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	-5%	-5%	-5%	-5%
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	-3%	-3%	-3%	-3%

Διαφορές FT_{jt} (ώρες)	Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4
Μέσος όρος	13%	13%	13%	13%

Πίνακας 4-25 Αποκλίσεις εργατοωρών ως ποσοστό επί της τιμής πρόβλεψης ($(FT_{jt} \text{ πραγματικότητα} - FT_{jt} \text{ πρόβλεψη}) / FT_{jt} \text{ πρόβλεψη})\%$

Το ερώτημα είναι το εξής: Πόσες παραπάνω ή λιγότερες εργατοώρες χρειάστηκαν τελικά για την παραγωγή των πραγματικών ποσοτήτων το 2019 για όλα τα προϊόντα μαζί, ανά στάδιο παραγωγής, ανά μήνα; Το ερώτημα το απαντά ο παραπάνω πίνακας. Όπως φαίνεται, από τον μήνα Ιανουάριο έως και τον μήνα Οκτώβριο 2019, χρειάστηκαν παραπάνω ώρες λειτουργίας των μηχανών κάθε σταδίου, λόγω του ότι στην πραγματικότητα η ζήτηση ήταν μεγαλύτερη από ότι στις προβλέψεις που έγιναν. Τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο 2019 φαίνεται πως οι μηχανές όλων των σταδίων παραγωγής δούλεψαν λιγότερες ώρες. Δηλαδή χρειάστηκαν λιγότερες ώρες, λόγω του ότι η ζήτηση ήταν τελικά λιγότερη από όσο είχε προβλεφθεί. Το πόσες είναι οι παραπάνω και οι λιγότερες ώρες, παρουσιάζονται ως θετικοί και ως αρνητικοί αριθμοί αντίστοιχα, στον πίνακα.

Φυσική συνέπεια των αποκλίσεων των προβλέψεων από τις πραγματικές ζητήσεις, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι και η διαφορετική εκτίμηση των χρόνων ασφαλείας A_{jt} που θα καλύψουν τις έκτακτες παραγγελίες. Εφόσον οι τελικές εργατοώρες (στην πλειοψηφία μηνών και προϊόντων) ήταν περισσότερες στη πραγματικότητα (μεγαλύτερες πραγματικές πωλήσεις από ότι είχε προβλεφθεί), οι χρόνοι ασφαλείας στην πραγματικότητα ήταν λιγότερες από αυτούς που είχε δώσει η πρόβλεψη. Η πρόβλεψη έδωσε μεγαλύτερα $A_{j,t}$ κατά πλειοψηφία προϊόντων και μηνών.

Διαφορές A_{jt} (ώρες)	Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	-16%	-4%	-6%	-4%
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	-5%	-1%	-2%	-1%
ΜΑΡΤΙΟΣ	-12%	-3%	-4%	-3%
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0%	0%	0%	0%
ΜΑΙΟΣ	-2%	-1%	-1%	-1%
ΙΟΥΝΙΟΣ	-3%	-1%	-1%	-1%
ΙΟΥΛΙΟΣ	-5%	-1%	-2%	-1%
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	-10%	-3%	-4%	-3%
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	-17%	-5%	-7%	-5%
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	-6%	-2%	-2%	-2%
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3%	1%	1%	1%
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2%	0%	1%	0%
Μέσος όρος	-6%	-2%	-2%	-2%

Πίνακας 4-26 Αποκλίσεις Χρόνων Ασφαλείας ως ποσοστό επί της τιμής πρόβλεψης ($(A_{j,t} \text{ πραγματικότητα} - A_{j,t} \text{ πρόβλεψη}) / A_{j,t} \text{ πρόβλεψη})\%$

Πιθανά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν από τις μεγάλες αποκλίσεις είναι τα παρακάτω: Μη κάλυψη των έκτακτων παραγγελιών ή μη κάλυψη των σταθερών παραγγελιών. Σε κάθε περίπτωση δημιουργείται αναξιοπιστία προς τους πελάτες. Επιπλέον, οι μεγάλες αποκλίσεις των προβλέψεων από τις πραγματικές ζητήσεις, μπορούν να προκαλέσουν αύξηση του κόστους παραγωγής κάθε προϊόντος, αύξηση κόστους αποθέματος πρώτων υλών, αύξηση κόστους μεταφορικών και διάφορων άλλων λειτουργιών του εργοστασίου, αύξηση κόστους αποθέματος ημιέτοιμων προϊόντων και τελικών προϊόντων, χωροταξικά προβλήματα στις αποθήκες πρώτων υλών, ημιέτοιμων και τελικών προϊόντων στους χώρους του εργοστασίου και στις αποθήκες ανά τον κόσμο που διαθέτει η συγκεκριμένη εταιρία.

Σε ότι αφορά το τελικό συνολικό κέρδος της εταιρίας $\max(K)$, λόγω μεγαλύτερης ζήτησης στην πλειοψηφία των μηνών και των προϊόντων, είναι αναμενόμενο να προκύπτει μεγαλύτερο στο πλάνο παραγωγής της πραγματικής ζήτησης, από το κέρδος συνολικά του πλάνου παραγωγής της προβλεπόμενης ζήτησης. Η διαφορά σε ευρώ και η απόκλιση του καθαρού κέρδους ως ποσοστό επί του καθαρού κέρδους βάσει πρόβλεψης φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

Διαφορά στο συνολικό καθαρό κέρδος $\max(K)$	
Καθαρό Κέρδος από πραγματικές πωλήσεις	3586149€
Καθαρό Κέρδος με βάση την προβλεπόμενη ζήτηση	3124327€
Διαφορά	461822 €
Απόκλιση %	15%

Πίνακας 4-27 Σύγκριση Συνολικού Καθαρού Κέρδους $\max(K)$

4.6 Μοντελοποίηση του γραμμικού προβλήματος της εταιρίας στην περίπτωση υπερωριών

Στην ενότητα αυτή μελετάται η ειδική περίπτωση που πρέπει να γίνει κάλυψη της ζήτησης σε χρονική στιγμή που το εργοστάσιο παράγει το μέγιστο που μπορεί. Τότε οι μηχανές θα δουλέψουν υπερωρίες. Η μαθηματική μοντελοποίηση του προβλήματος μετατρέπεται όπως παρουσιάζεται παρακάτω με τις προσθήκες υπερωριακών μεγεθών στην αντικειμενική συνάρτηση και στους περιορισμούς.

Αρχικά εισάγονται οι εξής μεταβλητές:

X_{it}^0 οι υπερωριακές παραγωγές (kg)

PC_i^0 το υπερωριακό κόστος παραγωγής (€/kg)

T_{jt}^0 ο διαθέσιμος χρόνος υπερωριακής λειτουργίας (υπερωριακές διαθέσιμες εργατοώρες)

Η αντικειμενική συνάρτηση για ετήσιο πλάνο μετατρέπεται:

Καθαρό κέρδος (€) = Κέρδος – Κόστος αποθέματος

$$\text{Max}(K) = \max \left[\left(\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} PR_i \right) - \left(\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} PC_i k_i \right) - \sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} X_{it}^0 PC_i^0 \right]$$

όπου

i τα προϊόντα, 1,...,8

t οι μήνες, 1,...,12

D_{it} η ζήτηση του προϊόντος i , δηλαδή η ελάχιστη ποσότητα που πρέπει να παραχθεί τον μήνα t , σε kg

Y_{it} το απόθεμα του προϊόντος i που μένει τον μήνα t , σε kg

PR_i το μικτό κέρδος από την πώληση προϊόντος i , σε €/kg

PC_i το κόστος παραγωγής του προϊόντος i , σε €/kg

k_i το μηνιαίο κόστος αποθήκευσης 1 kg προϊόντος i

X_{it}^0 οι υπερωριακές παραγωγές, kg

PC_i^0 το υπερωριακό κόστος παραγωγής, €/kg

Περιορισμοί εμπλουτίζονται:

$$1. X_{it} \geq 0$$

Οι μεταβλητές απόφασης X_{it} είναι παραγόμενες ποσότητες σε kg, και είναι αδύνατον να παίρνουν αρνητικές τιμές. 96 περιορισμοί.

$$2. Y_{it} \geq 0$$

Τα αποθέματα κάθε προϊόντος ανά μήνα, ως ποσότητες σε kg δεν θα πρέπει να παίρνουν αρνητικές τιμές. 96 περιορισμοί.

$$3. T_{jt} \geq FT_{jt} \text{ ή}$$

$$T_{jt} \geq \sum_{i=1}^8 T_{ij} X_{it}$$

Οι διαθέσιμοι χρόνοι λειτουργίας (διαθέσιμες εργατοώρες) κάθε σταδίου κάθε μήνα, θα πρέπει να είναι μεγαλύτεροι ή ίσοι από τους τελικούς χρόνους λειτουργίας (τελικές εργατοώρες) κάθε σταδίου κάθε μήνα. 384 περιορισμοί.

$$4. Y_{i,12} = Y_{i,0}$$

Η τιμή του αποθέματος του τελευταίου μήνα θα πρέπει να είναι ίση με την τιμή του αρχικού αποθέματος. 8 περιορισμοί.

$$5. X_{it}^0 \geq 0$$

Οι υπερωριακές παραγωγές σε kg, και είναι αδύνατον να παίρνουν αρνητικές τιμές.

6. Ο συνολικός υπερωριακός χρόνος χρήσης των μηχανών j (τελικές υπερωριακές εργατοώρες) δεν υπερβαίνει τον συνολικό διαθέσιμο για τον μήνα t .

$$T_{jt}^0 \geq \sum_{i=1}^8 T_{ij} X_{it}^0$$

Λόγω έλλειψης δεδομένων από την εταιρία, δεν κατέστη δυνατή η δοκιμή και επίλυση του προβλήματος.

4.7 Σενάρια αύξησης της ζήτησης

Όπως φάνηκε στις προηγούμενες ενότητες, η παραγωγή του εργοστασίου μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των προβλέψεων της ζήτησης και στις πραγματικές ζητήσεις. Με μια απλή φράση, μπορεί να ειπωθεί πως το εργοστάσιο, ότι του ζητείται, το παράγει. Μετά από παρατήρηση της πορείας του κέρδους της επιχείρησης τα τελευταία χρόνια, φαίνεται να είναι ανοδική. Επομένως καθίσταται χρήσιμο η κατασκευή πλάνων παραγωγής σε διάφορες συνθήκες αύξησης της ζήτησης. Σε αυτήν την ενότητα θα μελετηθούν περιπτώσεις όταν η ζήτηση μπορεί να πάρει από διπλάσιες έως και πολλαπλάσιες τιμές από αυτές των προβλέψεων.

Σκοπός είναι η διοίκηση της εταιρίας να μπορεί να οργανώνει κάθε φορά την παραγωγή του εργοστασίου σε κάθε περίπτωση ανάγκης κάλυψης ζήτησης σε οποιαδήποτε πιθανή προβλεπόμενη αύξηση αυτής. Συγκεκριμένα κρίνεται αναγκαίο να εντοπισθούν οι συνθήκες στις οποίες το εργοστάσιο θα υπερβεί τα όρια της παραγωγικής του ικανότητας και να παρατηρηθούν οι χρόνοι στα στάδια παραγωγής, τα επίπεδα των αποθεμάτων, τα κόστη και τα κέρδη, καθώς και οι παραγόμενες ποσότητες.

Παρακάτω παρουσιάζεται η μελέτη διάφορων σεναρίων αύξησης της ζήτησης βασισμένης πάνω στην πρόβλεψη που πραγματοποιήθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο για το έτος 2019.

Ορίζονται τρία νέα μεγέθη:

- C_r Ο αριθμός κρίσιμων, δηλαδή το πόσοι μήνες (σε όλα τα στάδια) έχουν μηδενικό ή αρνητικό διαθέσιμο ωρών του χρόνου ασφαλείας, μετά τον πολλαπλασιασμό της ζήτησης και την εκτέλεση της βελτιστοποίησης. Παίρνει τιμές 0,1,2,3,... $C_r \in \mathbb{Z}$
- $A_{j,all}$ Ο Χρόνος Ασφαλείας σε ώρες ανά στάδιο και ανά έτος
- SA Ο συνολικός χρόνος ασφαλείας για όλα τα στάδια και όλους τους μήνες (ώρες)

Αρχικά παρουσιάζονται τα σενάρια αύξησης της ζήτησης σε όλους τους μήνες ταυτόχρονα με τον ίδιο πολλαπλασιαστή κάθε φορά για όλα τα προϊόντα. Τα σενάρια αυτά συμβολίζονται με την εξής μορφή: «Σενάριο Υ».

- Όπου Υ: είναι ο πολλαπλασιαστής όλων των μηνών στους οποίους γίνονται οι διάφορες δοκιμές (είναι ίδιος για όλους τους επιλεγμένους μήνες).

Έπειτα παρουσιάζονται τα σενάρια αύξησης ζήτησης όλων των προϊόντων σε συγκεκριμένους προεπιλεγμένους έξι μήνες, ταυτόχρονα με τον ίδιο πολλαπλασιαστή κάθε φορά. Τέλος παρουσιάζονται τα σενάρια αύξησης ζήτησης όλων των προϊόντων ταυτόχρονα, σε συγκεκριμένους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες με τον ίδιο πολλαπλασιαστή κάθε φορά. Τα σενάρια συμβολίζονται με την εξής μορφή: «Σενάριο Χ-Υ».

- Όπου Χ: είναι ο πολλαπλασιαστής των μηνών, των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται. Πάντα είναι $X = 1$.
- Όπου Υ: είναι ο πολλαπλασιαστής των υπόλοιπων μηνών στους οποίους γίνονται οι διάφορες δοκιμές (είναι ίδιος για όλους τους επιλεγμένους μήνες).

Με τη βοήθεια του Excel πραγματοποιήθηκαν όλες οι δοκιμές (σενάρια) αύξησης ζήτησης, προκειμένου να δοκιμαστούν τα όρια της παραγωγικής διαδικασίας του εργοστασίου.

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται ο χώρος και ο τρόπος που ο μηχανικός μπορεί να δοκιμάζει τα διάφορα σενάρια ζήτησης, όπως είναι στο Excel. Ο χρήστης καλείται να βάλει τους αριθμούς / πολλαπλασιαστές που επιθυμεί για κάθε μήνα. Στις τρεις τελευταίες γραμμές δίνονται κατευθείαν μετά από εντολές στο Excel, ο πολλαπλασιαστής που έχει επιλεγθεί (υπενθυμίζεται πως στην συγκεκριμένη μελέτη είναι ο ίδιος για τους επιλεγμένους μήνες κάθε φορά), ο συνολικός χρόνος ασφαλείας SA (ώρες) και ο αριθμός κρίσιμων C_r (σύνολο μηνών με διαθέσιμο ≤ 0).

ΧΩΡΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗ	
Μήνες	Πολ/στής D
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1
ΜΑΡΤΙΟΣ	1
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1
ΜΑΙΟΣ	1
ΙΟΥΝΙΟΣ	1
ΙΟΥΛΙΟΣ	1
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1
ΣΕΝΑΡΙΟ [ΕΔΩ ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ] : 1	
SA Συνολικός χρόνος ασφαλείας (ώρες): 366273	
Cr Αριθμός κρίσιμων (σύνολο μηνών με διαθέσιμο ≤ 0): 0	

Εικόνα 4-13 Χώρος δημιουργίας σεναρίων στο Excel

Στον παρακάτω πίνακα υπενθυμίζονται οι τιμές πωλήσεων, τα ποσοστά μεικτού κέρδους και τα κόστη παραγωγής και αποθέματος κάθε προϊόντος.

Κόστη και Κέρδη ανά κιλό	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Τιμή πώλησης SPi (€/kg)	3.58	3.41	3.72	3.56	5.74	3.85	4.99	4.04
Ποσοστό μικτού κέρδους PPRi (%)	30.20%	27.30%	36.80%	30.00%	42.00%	34.00%	36%	36.80%
Μεικτό Κέρδος PRi (€/kg)	1.08	0.93	1.37	1.07	2.41	1.31	1.80	1.49
Κόστος παραγωγής PCi (€/kg)	2.50	2.48	2.35	2.49	3.33	2.54	3.19	2.55
ki δείκτης απαξίωσης αποθέματος [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
hi κόστος αποθέματος (€/kg)	0.025	0.025	0.024	0.025	0.033	0.025	0.032	0.026

Πίνακας 4-28 Κέρδη και κόστη στο Excel

Το προϊόν Ε και το προϊόν Ζ έχουν τα μεγαλύτερα κόστη παραγωγής ανά κιλό ($PC_5 = 3.33$ €/kg και $PC_7 = 3.19$ €/kg) και τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος ανά κιλό (0.033 €/kg και 0.032 €/kg αντίστοιχα). Έπειτα ακολουθεί το προϊόν Η με κόστος παραγωγής $PC_8 = 2.55$ €/kg και $h_8 = 0.026$ €/kg κόστος αποθέματος. Ακολουθούν τα προϊόντα ΣΤ, Α, Δ και Β και τελευταίο το προϊόν Γ που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής και το μικρότερο κόστος αποθέματος.

Όπου Α=1, Β=2, Γ=3, Δ=4, Ε=5, ΣΤ=6, Ζ=7, Η=8.

Παρακάτω ταξινομούνται τα προϊόντα με κριτήριο το κόστος παραγωγής και αποθέματος, κατά αύξουσα σειρά:

Προϊόν	Κόστος παραγωγής PCi	Κόστος αποθέματος hi
Γ	2.35 €/kg	0.0235€/kg
Β	2.48 €/kg	0.0248 €/kg
Δ	2.49 €/kg	0.0249 €/kg
Α	2.50 €/kg	0.0250 €/kg
ΣΤ	2.54 €/kg	0.0254 €/kg
Ζ	2.55 €/kg	0.0255 €/kg
Η	3.19 €/kg	0.0319 €/kg
Ε	3.33 €/kg	0.0333 €/kg

Πίνακας 4-29 Ταξινόμηση προϊόντων κατά αύξουσα σειρά κόστους παραγωγής και αποθέματος

4.7.1 Σενάριο 1

Αυτό είναι το πλάνο παραγωγής με βάση τις προβλέψεις 2019, όπως παρουσιάζεται και στην ενότητα 4.5.4 αναλυτικά. Το σενάριο με τον πολλαπλασιαστή τον αριθμό 1 σε όλους τους μήνες σε όλα τα προϊόντα, παρουσιάζεται παρακάτω, όπως επιλύεται και παρουσιάζεται στο Excel.

Παρατηρήσεις στο πλάνο παραγωγής:

- Η ζήτηση ικανοποιείται πλήρως όλους τους μήνες για όλα τα προϊόντα. Όπως φαίνεται και από τους πίνακες της ζήτησης και των παραγόμενων ποσοτήτων, ότι ζητείται παράγεται. Αυτό αποδεικνύεται και από τον πίνακα των αποθεμάτων. Κάθε μήνα το απόθεμα είναι μηδέν, που σημαίνει ότι το εργοστάσιο παράγει ακριβώς ότι ζητείται.
- Το αρχικό απόθεμα στην αρχή του έτους, σύμφωνα με τον υπεύθυνο παραγωγής, είναι $Y_{i,0} = 100$ κιλά για κάθε προϊόν. Για να επιτυγχάνεται αυτό, το εργοστάσιο φροντίζει να αφήνει απόθεμα 100 κιλών στο τέλος του τελευταίου μήνα του χρόνου, του Δεκεμβρίου, άρα η παραγωγή του Δεκεμβρίου αυξάνεται κατά 100 κιλά σε κάθε προϊόν όπως αποδεικνύεται και στους πίνακες, $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα.

- Οι τελικές εργατοώρες είναι γενικά αρκετά λιγότερες από τις διαθέσιμες, γι' αυτό και οι χρόνοι ασφαλείας είναι μεγάλοι, και σίγουρα αρκούν για να ικανοποιήσουν έκτακτες παραγγελίες προϊόντων. Ο συνολικός διαθέσιμος χρόνος ασφαλείας είναι $SA = 366273$ ώρες.
- Τα κόστη αποθεμάτων είναι τα ελάχιστα που μπορεί να έχει η εταιρία, αφού η ύπαρξη αρχικών αποθεμάτων (100 kg για κάθε προϊόν) είναι απαραίτητη και αναγκαία. Έτσι το ελάχιστο συνολικό κόστος αποθέματος που παρουσιάζεται στο σενάριο αυτό, είναι το βέλτιστο ελάχιστο που μπορεί να έχει η εταιρία, βάσει των προβλέψεων του 2019.

Ζήτηση D _{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1061	24716	17795	66912	10745	13192	35676	17347
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	12077	328897	228796	981278	63075	92161	465835	224903

Πίνακας 4-30 Ζήτηση σενάριο 1

Ποσότητα Παραγωγής X _{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1061	24716	17795	66912	10745	13192	35676	17347
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	12077	328897	228796	981278	63075	92161	465835	224903

Πίνακας 4-31 Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1

Απόθεμα Y _{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Y _{i,0} [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	100	100	100	100	100	100	100

Πίνακας 4-32 Αποθέματα σενάριο 1

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (Κ)								
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
	13058	306180	313212	1048005	152061	120638	836826	334368
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	3124348							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	2	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	21							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (Κ)	3124327							

Πίνακας 4-33 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1

Στάδιο 1	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1378	3360	1982
ΜΑΡΤΙΟΣ	1359	3720	2361
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1127	3600	2473
ΜΑΙΟΣ	1438	3720	2282
ΙΟΥΝΙΟΣ	1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1122	3600	2478
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1216	3720	2504
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1351	3600	2249
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1224	3720	2496
Στάδιο 2	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2755	19488	16733
ΜΑΡΤΙΟΣ	2718	21576	18858
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2253	20880	18627
ΜΑΙΟΣ	2876	21576	18700
ΙΟΥΝΙΟΣ	2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2244	20880	18636
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2432	21576	19144
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2701	20880	18179
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2448	21576	19128
Στάδιο 3	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	4116	3289
ΜΑΡΤΙΟΣ	816	4557	3741
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	676	4410	3734
ΜΑΙΟΣ	863	4557	3694
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	673	4410	3737
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	730	4557	3827
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	810	4410	3600
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	4557	3823
Στάδιο 4	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	5852	5025
ΜΑΡΤΙΟΣ	816	6479	5663
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	676	6270	5594
ΜΑΙΟΣ	863	6479	5616
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	673	6270	5597
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	730	6479	5749
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	810	6270	5460
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	6479	5745

Πίνακας 4-34 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1

4.7.2 Σενάρια αύξησης ζήτησης σε όλους τους μήνες

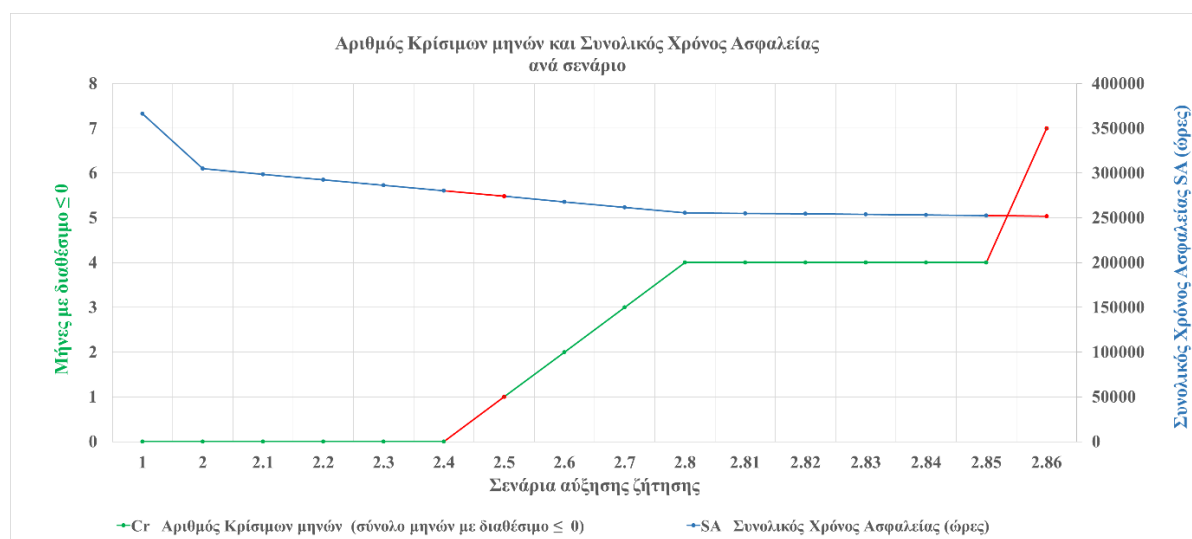
Στο σενάρια αυτά, δοκιμάζονται αυξήσεις της ζήτησης κάθε προϊόντος κάθε μήνα, πολλαπλασιάζοντας με τον ίδιο πολλαπλασιαστή όλες τις ζητήσεις όλων των μηνών όλων των προϊόντων, και με βήμα 1, έπειτα με βήμα 0.1 και τελικά με βήμα 0.01. Αρχικά, στόχος

είναι να εντοπιστεί το σημείο στο οποίο θα εμφανιστεί ο ελάχιστος μηδενικός χρόνος ασφαλείας σε κάποιο στάδιο παραγωγής κάποιου μήνα, δηλαδή το σημείο που ο αριθμός των κρίσιμων θα είναι $Cr > 0$ και ειδικά $Cr = 1$. Συνέχεια του στόχου είναι να συνεχίσουν ανοδικά οι δοκιμές μέχρι να μην μπορεί να βρεθεί εφικτή λύση από τον Open Solver. Το σημείο αυτό είναι και το σημείο που το εργοστάσιο έχει φτάσει στο μέγιστο τα όρια της παραγωγής, δηλαδή το σημείο που οριακά υπερβαίνει τη δυναμικότητα του συστήματος.

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των επιλύσεων που έγιναν στο Excel με το εργαλείο Open Solver. Στον πρώτο πίνακα και στο πρώτο γράφημα παρουσιάζονται συνοπτικά όλα τα σενάρια που δοκιμάστηκαν, οι συνολικοί χρόνοι ασφαλείας SA (ώρες) κάθε σεναρίου και ο αριθμός των κρίσιμων (Cr), ο αριθμός ο μήνας και το στάδιο παραγωγής που εμφανίστηκαν.

Α/Α	Πολλαπλασιαστής ζήτησης	SA Συνολικός χρόνος ασφαλείας (ώρες)	Cr Αριθμός κρίσιμων (σύνολο μηνών με διαθέσιμο ≤ 0)		
			Αριθμός	Μήνας	Στάδιο Παραγωγής
1	1	366273	0		
2	2	304766	0		
3	2.1	298616	0		
4	2.2	292465	0		
5	2.3	286314	0		
6	2.4	280164	0		
7	2.5	274013	1	2	1^ο
8	2.6	267862	2	2, 5	1 ^ο
9	2.7	261711	3	2, 5, 11	1 ^ο
10	2.8	255561	4	2, 3, 5, 11	1 ^ο
11	2.81	254946	4	2, 3, 5, 11	1 ^ο
12	2.82	254331	4	2, 3, 5, 11	1 ^ο
13	2.83	253716	4	2, 3, 5, 11	1 ^ο
14	2.84	253101	4	2, 3, 5, 11	1 ^ο
15	2.85	252485	4	2, 3, 5, 11	1 ^ο
16	2.86	251870	7	1,2,3,4,5,10,11	1^ο

Πίνακας 4-35 Σενάρια με τον ίδιο πολλαπλασιαστή ζήτησης σε όλους τους μήνες

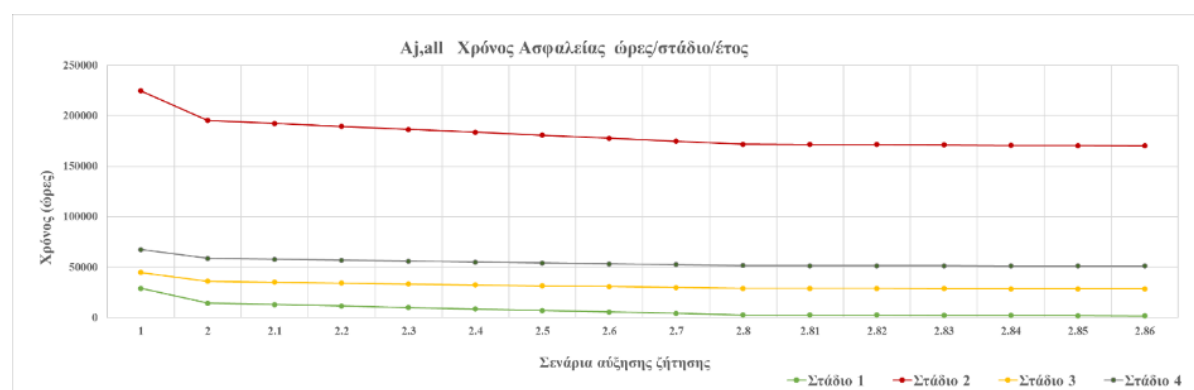


Γράφημα 33 Μία αύξηση της ζήτησης κατά 186% (συνολική ζήτηση 2.86 φορές την προβλεπόμενη ζήτηση του 2019) οριακά υπερβαίνει τη δυναμικότητα του συστήματος.

Παρακάτω, παρουσιάζονται οι χρόνοι ασφαλείας $A_{j,all}$ κάθε σταδίου παραγωγής ξεχωριστά, για όλους τους μήνες μαζί, σε κάθε σενάριο. Καθώς αυξάνεται η ζήτηση υπάρχει εμφανής σταδιακή μείωση στους χρόνους ασφαλείας κάθε σταδίου παραγωγής, όπως φαίνεται και στο γράφημα, οι χρόνοι ασφαλείας είναι γενικά φθίνουσες συναρτήσεις.

Α/Α	Πολλαπλασιαστής ζήτησης	$A_{j,all}$ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/έτος)			
		Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4
1	1	29156	224751	44868	67498
2	2	14511	195462	36082	58712
3	2.1	13047	192533	35203	57833
4	2.2	11582	189604	34324	56954
5	2.3	10118	186675	33446	56076
6	2.4	8653	183746	32567	55197
7	2.5	7189	180818	31688	54318
8	2.6	5724	177889	30810	53440
9	2.7	4260	174960	29931	52561
10	2.8	2795	172031	29052	51682
11	2.81	2649	171738	28964	51594
12	2.82	2649	171738	28964	51594
13	2.83	2356	171152	28789	51419
14	2.84	2210	170859	28701	51331
15	2.85	2063	170566	28613	51243
16	2.86	1917	170274	28525	51155

Πίνακας 4-36 Χρόνοι Ασφαλείας $A_{j,all}$ (ώρες/στάδιο/έτος) για κάθε σενάριο



Γράφημα 34 Χρόνοι Ασφαλείας $A_{j,all}$ (ώρες/στάδιο/έτος) για κάθε σενάριο

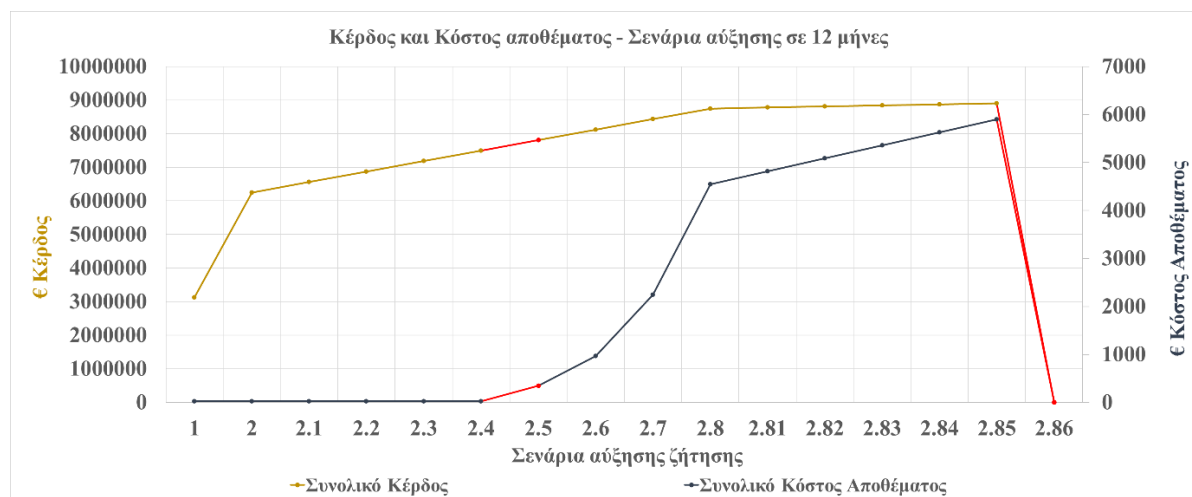
Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται, το καθαρό κέρδος $\max(K)$ ανά σενάριο, το απλό συνολικό κέρδος και το συνολικό κόστος αποθέματος ανά σενάριο.

Α/Α	Πολλαπλασιαστής ζήτησης	Καθαρό Κέρδος/σενάριο €	Συνολικό Κέρδος/σενάριο €	Συνολικό Κόστος Αποθέματος/σενάριο €
1	1	3124327	3124348	21
2	2	6248675	6248697	21
3	2.1	6561110	6561132	21
4	2.2	6873545	6873566	21
5	2.3	7227352	7186001	21
6	2.4	7498415	7498436	21
7	2.5	7810521	7810871	350
8	2.6	8122342	8123306	964

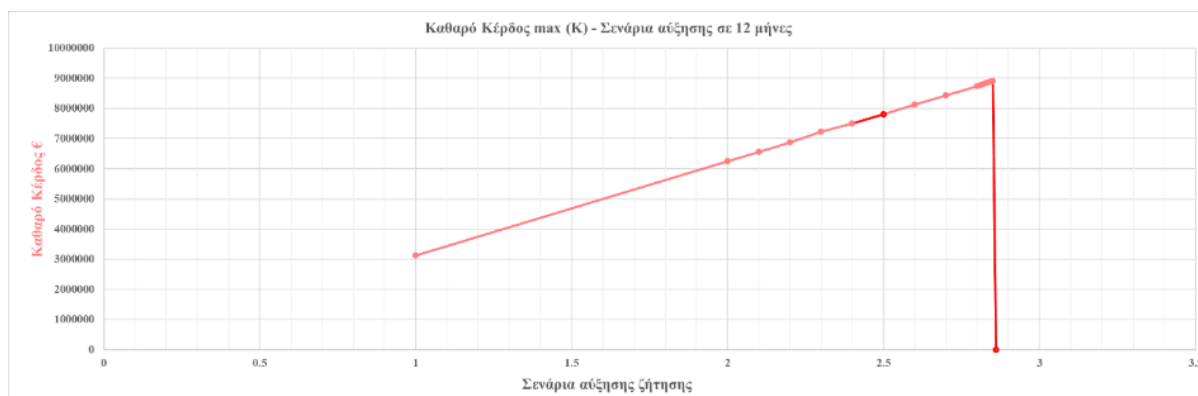
A/A	Πολλαπλασιαστής ζήτησης	Καθαρό Κέρδος/σενάριο €	Συνολικό Κέρδος/σενάριο €	Συνολικό Κόστος Αποθέματος/σενάριο €
9	2.7	8433494	8435741	2247
10	2.8	8743626	8748175	4550
11	2.81	8774599	8779419	4820
12	2.82	8805572	8810662	5090
13	2.83	8836545	8841906	5360
14	2.84	8867519	8873149	5631
15	2.85	8898492	8904393	5901
16	2.86	Δεν υπάρχει εφικτή λύση	Δεν υπάρχει εφικτή λύση	Δεν υπάρχει εφικτή λύση

Πίνακας 4-37 Καθαρό κέρδος, Κέρδος και Κόστος Αποθέματος, ανά σενάριο αύξησης της αρχικής ζήτησης, με τον ίδιο πολλαπλασιαστή, σε όλους τους μήνες, σε όλα τα προϊόντα

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η γραφική παράσταση του καθαρού κέρδους, του κέρδους και του κόστους αποθέματος, συνολικά, ανά τα σενάρια. Οι συναρτήσεις του κέρδους και του καθαρού κέρδους είναι γνησίως αύξουσες. Η συνάρτηση του κόστους αποθέματος παραμένει σταθερή στα τρία πρώτα σενάρια, και από το τέταρτο σενάριο και μετά δείχνει να ακολουθεί μια εκθετική αύξουσα πορεία. Και στα δύο γραφήματα, με κόκκινο χρώμα επισημαίνεται το σενάριο που η συνολική ζήτηση είναι 2.5 φορές την αρχική ζήτηση, που αφορά την ελάχιστη μηδενική ένδειξη χρόνου ασφαλείας ($Cr = 1$) και το σενάριο που η συνολική ζήτηση είναι 2.86 φορές την αρχική ζήτηση, που το πρόγραμμα δεν μπορεί να βρει εφικτή λύση αφού παραβιάζεται ο τρίτος περιορισμός της μοντελοποίησης του προβλήματος.



Γράφημα 35 Κέρδος και Κόστος αποθέματος ανά σενάριο - Σενάρια αύξησης της αρχικής ζήτησης, με τον ίδιο πολλαπλασιαστή, σε όλους τους μήνες, σε όλα τα προϊόντα



Γράφημα 36 Καθαρό Κέρδος ανά σενάριο - Σενάρια αύξησης της αρχικής ζήτησης, με τον ίδιο πολλαπλασιαστή, σε όλους τους μήνες, σε όλα τα προϊόντα

Το σενάριο 1 υπενθυμίζεται πως έχει παρουσιαστεί πιο πάνω.

4.7.2.1 Σενάρια 2 έως και σενάριο 2.4

Αρχικά στο σενάριο 1 – 2, διπλασιάζονται όλες οι ζητήσεις όλων των προϊόντων, σε όλους τους μήνες. Ο συνολικός διαθέσιμος χρόνος ασφαλείας είναι $SA = 304766$ ώρες. Ο αριθμός κρίσιμων είναι $Cr = 0$, δηλαδή κανένας μήνας, σε κανένα στάδιο, δεν εμφάνισε μηδενικές ώρες χρόνου ασφαλείας $A_{j,t}$. Το εργοστάσιο μπορεί να ικανοποιήσει πλήρως τη ζήτηση.

Αμέσως μετά δοκιμάστηκε ο τριπλασιασμός των ζητήσεων και τους 12 μήνες. Το πρόγραμμα δεν μπόρεσε να βρει εφικτή λύση. Έτσι λοιπόν, αποφασίστηκε να εξεταστεί η αύξηση των ζητήσεων, από την τιμή 2 έως την τιμή 3 με βήμα 0.1, για να ερευνηθεί και να εντοπιστεί μέχρι ποια τιμή, εντός του εύρους αυτού, υπάρχει εφικτή λύση.

Στα επόμενα σενάρια λοιπόν, στο σενάριο 2.1, σενάριο 2.2, σενάριο 2.3 και στο σενάριο 2.4, οι ζητούμενες ποσότητες παράγονται όλες και όλες οι μηνιαίες ποσότητες αποθεμάτων είναι μηδενικές, εκτός από το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ και το απόθεμα του τελευταίου μήνα του έτους $Y_{i,12}$. Ότι ζητείται παράγεται. Αυτό αποδεικνύεται και από τον πίνακα των αποθεμάτων. Κάθε μήνα το απόθεμα είναι μηδέν, που σημαίνει ότι το εργοστάσιο παράγει ακριβώς ό,τι ζητείται. Το αρχικό απόθεμα στην αρχή του έτους, σύμφωνα με τον υπεύθυνο παραγωγής, είναι $Y_{i,0} = 100$ κιλά για κάθε προϊόν. Για να επιτυγχάνεται αυτό, το εργοστάσιο φροντίζει να αφήνει απόθεμα 100 κιλών στο τέλος του τελευταίου μήνα του χρόνου, του Δεκεμβρίου, άρα η ζήτηση του Δεκεμβρίου αυξάνεται κατά 100 κιλά σε κάθε προϊόν και η ποσότητα παραγωγής του Ιανουαρίου μειώνεται κατά 100 κιλά σε κάθε προϊόν, όπως αποδεικνύεται και στους πίνακες. Παράλληλα, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα «Χρόνοι Ασφαλείας ανά σενάριο, ανά στάδιο $A_{j,all}$ » όλοι οι χρόνοι ασφαλείας μειώνονται σταδιακά σύμφωνα με την δέσμευση των διαθέσιμων εργατοωρών. Επίσης, το καθαρό κέρδος αυξάνεται, λαμβάνοντας πάντα υπόψιν το κόστος αποθεμάτων.

Σε όλα αυτά τα πέντε σενάρια το καθαρό κέρδος αυξάνεται, χωρίς να μεταβάλλεται το συνολικό κόστος αποθέματος. Αυτό είναι συνέπεια του ότι δεν υπάρχουν αποθέματα, πλην των αρχικών. Έτσι, τόσο στον διπλασιασμό όσο και στον τριπλασιασμό της ζήτησης η εταιρία έχει σταθερά κόστη αρχικών αποθεμάτων και αυξανόμενα κέρδη, άρα αυξανόμενο καθαρό κέρδος.

Παρουσιάζονται τα σενάρια 2 και 2.4, από το σύνολο αυτών των σεναρίων.

Σενάριο 2:

Ζήτηση D _{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	490	46466	38656	140008	6294	10558	67736	30132
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3194	50447	37024	192120	16080	23010	92235	37528
ΜΑΡΤΙΟΣ	3452	63173	62260	133015	10405	23717	109321	38801
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2123	49433	35591	133823	21489	26383	71351	34693
ΜΑΙΟΣ	2701	48471	34905	232132	15753	20026	68975	53035
ΙΟΥΝΙΟΣ	385	58439	26220	144386	9282	10296	69973	31505
ΙΟΥΛΙΟΣ	2871	49157	38643	168530	10472	11972	84538	38307
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2462	54900	46550	128244	8250	12007	72699	25388
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1232	40020	38711	166425	10429	6563	67236	37143
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1529	49608	28723	190026	9008	11788	66007	41703
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1118	72352	38110	177317	3506	15641	86630	44520
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2598	75329	32199	156528	5182	12359	74969	37052
kg/έτος	24155	657794	457591	1962556	126150	184321	931670	449807
Ποσότητα Παραγωγής X _{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	390	46366	38556	139908	6194	10458	67636	30032
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3194	50447	37024	192120	16080	23010	92235	37528
ΜΑΡΤΙΟΣ	3452	63173	62260	133015	10405	23717	109321	38801
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2123	49433	35591	133823	21489	26383	71351	34693
ΜΑΙΟΣ	2701	48471	34905	232132	15753	20026	68975	53035
ΙΟΥΝΙΟΣ	385	58439	26220	144386	9282	10296	69973	31505
ΙΟΥΛΙΟΣ	2871	49157	38643	168530	10472	11972	84538	38307
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2462	54900	46550	128244	8250	12007	72699	25388
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1232	40020	38711	166425	10429	6563	67236	37143
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1529	49608	28723	190026	9008	11788	66007	41703
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1118	72352	38110	177317	3506	15641	86630	44520
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2698	75429	32299	156628	5282	12459	75069	37152
kg/έτος	24155	657794	457591	1962556	126150	184321	931670	449807

Πίνακας 4-38 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 2

Απόθεμα Y _{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Y _{i,0} [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	100	100	100	100	100	100	100

Πίνακας 4-39 Αποθέματα σενάριο 2

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν
		26115	612360	626424	2096010	304122	241276	1673652
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	6248697						
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	2	2	2	3	3	3
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	21						
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)		6248675						

Πίνακας 4-40 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2083	3720	1637
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2755	3360	605
ΜΑΡΤΙΟΣ	2718	3720	1002
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2253	3600	1347
ΜΑΙΟΣ	2876	3720	844
ΙΟΥΝΙΟΣ	2153	3600	1447
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	3720	1242
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	3720	1568
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2244	3600	1356
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2432	3720	1288
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2701	3600	899
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2443	3720	1277
Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα,στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4166	21576	17410
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5511	19488	13977
ΜΑΡΤΙΟΣ	5437	21576	16139
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	4506	20880	16374
ΜΑΙΟΣ	5753	21576	15823
ΙΟΥΝΙΟΣ	4305	20880	16575
ΙΟΥΛΙΟΣ	4956	21576	16620
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	4303	21576	17273
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	4488	20880	16392
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	4863	21576	16713
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	5403	20880	15477
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4887	21576	16689

Πίνακας 4-41 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2

Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1250	4557	3307
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1653	4116	2463
ΜΑΡΤΙΟΣ	1631	4557	2926
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1352	4410	3058
ΜΑΙΟΣ	1726	4557	2831
ΙΟΥΝΙΟΣ	1292	4410	3118
ΙΟΥΛΙΟΣ	1487	4557	3070
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1291	4557	3266
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1346	4410	3064
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1459	4557	3098
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1621	4410	2789
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1466	4557	3091
Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα,στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1250	6479	5229
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1653	5852	4199
ΜΑΡΤΙΟΣ	1631	6479	4848
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1352	6270	4918
ΜΑΙΟΣ	1726	6479	4753
ΙΟΥΝΙΟΣ	1292	6270	4978
ΙΟΥΛΙΟΣ	1487	6479	4992
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1291	6479	5188
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1346	6270	4924
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1459	6479	5020
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1621	6270	4649
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1466	6479	5013

Πίνακας 4-42 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αμ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2501	3720	1219
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3306	3360	54
ΜΑΡΤΙΟΣ	3262	3720	458
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2704	3600	896
ΜΑΙΟΣ	3452	3720	268
ΙΟΥΝΙΟΣ	2583	3600	1017
ΙΟΥΛΙΟΣ	2974	3720	746
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2582	3720	1138
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2693	3600	907
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2918	3720	802
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3242	3600	358
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2931	3720	789
Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αμ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	5001	21576	16575
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6613	19488	12875
ΜΑΡΤΙΟΣ	6524	21576	15052
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5407	20880	15473
ΜΑΙΟΣ	6903	21576	14673
ΙΟΥΝΙΟΣ	5166	20880	15714
ΙΟΥΛΙΟΣ	5948	21576	15628
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	5164	21576	16412
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	5386	20880	15494
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	5836	21576	15740
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6483	20880	14397
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5862	21576	15714

Πίνακας 4-45 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.4

Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αμ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1500	4557	3057
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1984	4116	2132
ΜΑΡΤΙΟΣ	1957	4557	2600
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1622	4410	2788
ΜΑΙΟΣ	2071	4557	2486
ΙΟΥΝΙΟΣ	1550	4410	2860
ΙΟΥΛΙΟΣ	1784	4557	2773
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1549	4557	3008
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1616	4410	2794
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1751	4557	2806
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1945	4410	2465
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1759	4557	2798
Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αμ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1500	6479	4979
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1984	5852	3868
ΜΑΡΤΙΟΣ	1957	6479	4522
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1622	6270	4648
ΜΑΙΟΣ	2071	6479	4408
ΙΟΥΝΙΟΣ	1550	6270	4720
ΙΟΥΛΙΟΣ	1784	6479	4695
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1549	6479	4930
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1616	6270	4654
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1751	6479	4728
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1945	6270	4325
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1759	6479	4720

Πίνακας 4-46 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.4

4.7.2.2 Σενάριο 2.5

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 2.5, το πρόγραμμα εμφάνισε τον ελάχιστο κρίσιμο αριθμό $Cr=1$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στον μήνα Φεβρουάριο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δεύτερο μήνα του έτους $A_{1,2} = 0$ ώρες.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε κατά 2.5 φορές:

13161 kg επιπλέον, άρα το απόθεμα του Ιανουαρίου είναι 13261 kg. Όπως φαίνεται και στον πίνακα με τις εργατοώρες, οι τελικές εργατοώρες συνολικά (για όλα τα προϊόντα) του μήνα Φεβρουάριο, έφτασαν τις διαθέσιμες (3360 ώρες). Έτσι τα επιπλέον 13261 kg που πρέπει να πουληθούν τον Φεβρουάριο από το προϊόν B, δεν μπορούν να παραχθούν τον ίδιο μήνα, γι' αυτό το πλάνο παραγωγής τα παράγει τον αμέσως προηγούμενο μήνα και τα αφήνει σαν απόθεμα στις αποθήκες, έτσι ώστε να πουληθούν τον Φεβρουάριο όπως είναι προγραμματισμένο. Το πλάνο παραγωγής λοιπόν, προγραμματίζει τις αντίστοιχες ποσότητες παραγωγής με βάση τα αρχικά αποθέματα, την διαθεσιμότητα των εργατωρών και των διαθέσιμων χρόνων ασφαλείας, κάθε μήνα κάθε σταδίου, κάθε προϊόντος.

Υπενθυμίζεται ότι το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής, πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα.

Επίσης, το προϊόν B - Float8 είναι το δεύτερο κατά σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg. Επομένως, το πλάνο παραγωγής επιλέγει να παραγάγει επιπλέον κιλά και να δημιουργεί απόθεμα από το προϊόν που έχει το μικρότερο κόστος αποθέματος, ώστε να έχει το μέγιστο καθαρό κέρδος.

Επιπλέον, το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 350 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή αποθέματος προϊόντος B τον Φεβρουάριο, μαζί με το πάγιο κόστος αποθέματος του αρχικού αποθέματος. Το καθαρό κέρδος αυξάνεται.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας το μήνα Φεβρουάριο, δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής τον δεύτερο μήνα του έτους, δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

Στάδιο 1	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2689	3720	1031
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3398	3720	322
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2816	3600	784
ΜΑΙΟΣ	3595	3720	125
ΙΟΥΝΙΟΣ	2691	3600	909
ΙΟΥΛΙΟΣ	3098	3720	622
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2689	3720	1031
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2805	3600	795
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3040	3720	680
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3377	3600	223
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3053	3720	667
Στάδιο 2	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	5378	21576	16198
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ	6796	21576	14780
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5633	20880	15247
ΜΑΙΟΣ	7191	21576	14385
ΙΟΥΝΙΟΣ	5382	20880	15498
ΙΟΥΛΙΟΣ	6196	21576	15380
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	5379	21576	16197
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	5610	20880	15270
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	6079	21576	15497
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6753	20880	14127
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6106	21576	15470

Πίνακας 4-49 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.5

Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αξ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1613	4557	2944
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ	2039	4557	2518
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1690	4410	2720
ΜΑΙΟΣ	2157	4557	2400
ΙΟΥΝΙΟΣ	1614	4410	2796
ΙΟΥΛΙΟΣ	1859	4557	2698
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1614	4557	2943
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1683	4410	2727
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1824	4557	2733
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2026	4410	2384
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1832	4557	2725
Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αξ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1613	6479	4866
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ	2039	6479	4440
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1690	6270	4580
ΜΑΙΟΣ	2157	6479	4322
ΙΟΥΝΙΟΣ	1614	6270	4656
ΙΟΥΛΙΟΣ	1859	6479	4620
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1614	6479	4865
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1683	6270	4587
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1824	6479	4655
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2026	6270	4244
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1832	6479	4647

Πίνακας 4-50 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.5

4.7.2.3 Σενάριο 2.6, 2.7, 2.8

Συνεχίζονται οι αυξήσεις της ζήτησης με βήμα 0.1. Η ζήτηση αυξάνεται κατά 2.6 φορές, έπειτα κατά 2.7 και τέλος κατά 2.8 φορές την προβλεπόμενη ζήτηση 2019. Και στα τρία αυτά σενάρια παρατηρείται αύξηση του κρίσιμου αριθμού Cr, δηλαδή επιπλέον μήνες εμφανίζουν μηδενικούς χρόνους ασφαλείας στο πρώτο στάδιο της παραγωγής όπως ο Μάιος, ο Νοέμβριος και ο Μάρτιος, όπως φαίνεται και στον πίνακα. Το εργοστάσιο δίνει κανονικά εφικτές λύσεις και μπορεί να διαχειριστεί τις αυξημένες ζητήσεις.

Σενάριο 2.6:

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 2.6, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό Cr = 2, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Φεβρουάριο και Μάιο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δεύτερο και τον πέμπτο μήνα του έτους $A_{1,2} = A_{1,5} = 0$ ώρες. Δεν υπάρχουν διαθέσιμες επιπλέον εργατοώρες αυτούς τους μήνες από τις μηχανές του πρώτου σταδίου. Να σημειωθεί πως και οι δύο μήνες ανήκουν στους προεπιλεγμένους που αυξάνεται η ζήτηση.

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 964 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος B τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο $Y_{2,1} = 34973$ kg και $Y_{2,4} = 3032$ kg. Το καθαρό κέρδος αυξάνεται.

Το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής, πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα και να υπάρχει στις αποθήκες στην αρχή του Ιανουαρίου.

Το προϊόν B - Float8 είναι το δεύτερο σε σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg.

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξάνεται, αλλά δεν είναι μεγαλύτερο από το συνολικό κέρδος, οπότε το καθαρό κέρδος αυξάνεται. Το πλάνο παραγωγής παράγει ποσότητες και αποθέματα προϊόντων με κριτήριο το μικρότερο κόστος παραγωγής και αποθέματος, σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα των εργατοωρών για κάθε στάδιο παραγωγής και κάθε μήνα.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 2.6 φορές:

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	637	60406	50252	182011	8182	13726	88056	39171
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4153	65581	48131	249757	20904	29913	119906	48786
ΜΑΡΤΙΟΣ	4488	82125	80938	172919	13527	30833	142118	50441
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2759	64263	46268	173970	27936	34298	92757	45101
ΜΑΙΟΣ	3512	63012	45377	301771	20479	26034	89667	68946
ΙΟΥΝΙΟΣ	501	75971	34086	187702	12067	13385	90965	40956
ΙΟΥΛΙΟΣ	3732	63905	50236	219089	13613	15564	109899	49799
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3201	71371	60515	166717	10725	15609	94509	33004
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1601	52026	50324	216352	13558	8532	87407	48285
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1987	64490	37340	247034	11711	15324	85809	54214
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1453	94057	49543	230513	4558	20333	112619	57876
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3378	97928	41859	203486	6736	16067	97460	48168
kg/έτος	31401	855132	594869	2551323	163995	239617	1211171	584749
Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	537	95279	50152	181911	8082	13626	87956	39071
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4153	30608	48131	249757	20904	29913	119906	48786
ΜΑΡΤΙΟΣ	4488	82125	80938	172919	13527	30833	142118	50441
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2759	67294	46268	173971	27936	34298	92757	45101
ΜΑΙΟΣ	3512	59980	45377	301771	20479	26034	89667	68946
ΙΟΥΝΙΟΣ	501	75971	34086	187702	12067	13385	90965	40956
ΙΟΥΛΙΟΣ	3732	63905	50236	219089	13613	15564	109899	49799
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3201	71371	60515	166717	10725	15609	94509	33004
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1601	52026	50324	216352	13558	8532	87407	48285
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1987	64490	37340	247034	11711	15324	85809	54214
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1453	94057	49543	230513	4558	20333	112619	57876
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3478	98028	41959	203586	6836	16167	97560	48268
kg/έτος	31401	855132	594869	2551323	163995	239617	1211171	584749

Πίνακας 4-51 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 2.6

Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	34973	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	3032	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	38105	100	100	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ $\max(K)$								
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
	33950	796068	814351	2724813	395359	313659	2175748	869357
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	8123306							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	945	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	964							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ $\max(K)$	8122342							

Πίνακας 4-52 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.6

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας το μήνα Φεβρουάριο και Μάιο, δεν θα μπορέσει να

ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής τον δεύτερο μήνα του έτους, δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αξ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2931	3720	789
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3534	3720	186
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2948	3600	652
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	2798	3600	802
ΙΟΥΛΙΟΣ	3222	3720	498
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2797	3720	923
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2917	3600	683
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3161	3720	559
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3512	3600	88
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3175	3720	545
Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα,στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αξ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	5863	21576	15713
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ	7068	21576	14508
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5897	20880	14983
ΜΑΙΟΣ	7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ	5597	20880	15283
ΙΟΥΛΙΟΣ	6443	21576	15133
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	5594	21576	15982
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	5835	20880	15045
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	6322	21576	15254
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7023	20880	13857
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6350	21576	15226

Πίνακας 4-53 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.6

Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αξ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1759	4557	2798
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ	2120	4557	2437
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1769	4410	2641
ΜΑΙΟΣ	2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ	1679	4410	2731
ΙΟΥΛΙΟΣ	1933	4557	2624
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1678	4557	2879
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1750	4410	2660
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1897	4557	2660
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2107	4410	2303
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1905	4557	2652
Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα,στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αξ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1759	6479	4720
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ	2120	6479	4359
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1769	6270	4501
ΜΑΙΟΣ	2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ	1679	6270	4591
ΙΟΥΛΙΟΣ	1933	6479	4546
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1678	6479	4801
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1750	6270	4520
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1897	6479	4582
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2107	6270	4163
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1905	6479	4574

Πίνακας 4-54 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.6

Σενάριο 2.7:

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 2.7, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό Cr = 3, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Φεβρουάριο, Μάιο και Νοέμβριο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δεύτερο, τον πέμπτο και τον εντέκατο μήνα του έτους $A_{1,2} = A_{1,5} = A_{1,11} = 0$ ώρες. Πολύ μεγάλη μείωση ωρών παρατηρείται και στους υπόλοιπους μήνες, ιδιαίτερα για το πρώτο στάδιο παραγωγής.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 2.7 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	661	62729	52185	189011	8496	14254	91443	40678
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4313	68103	49983	259363	21708	31063	124517	50663
ΜΑΡΤΙΟΣ	4660	85283	84051	179570	14047	32019	147584	52381
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2865	66734	48048	180662	29011	35617	96324	46836
ΜΑΙΟΣ	3647	65435	47122	313378	21267	27036	93116	71597
ΙΟΥΝΙΟΣ	520	78893	35397	194922	12531	13900	94464	42531
ΙΟΥΛΙΟΣ	3876	66363	52168	227516	14137	16163	114126	51714
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3324	74116	62843	173130	11138	16209	98143	34274
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1663	54027	52260	224674	14079	8860	90769	50143
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2064	66970	38776	256535	12161	15914	89109	56299
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1509	97675	51448	239378	4733	21115	116950	60102
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3508	101694	43469	211313	6995	16685	101208	50020
kg/έτος	32609	888022	617748	2649451	170302	248834	1257755	607239
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	561	119314	52085	188911	8396	14154	91343	40578
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4313	11418	49983	259363	21708	31063	124517	50663
ΜΑΡΤΙΟΣ	4660	85283	84051	179570	14047	32019	147584	52381
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2865	92431	48048	180662	29011	35617	96324	46836
ΜΑΙΟΣ	3647	39738	47122	313378	21267	27036	93116	71597
ΙΟΥΝΙΟΣ	520	78893	35397	194922	12531	13900	94464	42531
ΙΟΥΛΙΟΣ	3876	66363	52168	227516	14137	16163	114126	51714
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3324	74116	62843	173130	11138	16209	98143	34274
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1663	54027	52260	224674	14079	8860	90769	50143
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2064	74342	38776	256535	12161	15914	89109	56299
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1509	90302	51448	239378	4733	21115	116950	60102
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3608	101794	43569	211413	7095	16785	101308	50120
kg/έτος	32609	888022	617748	2649451	170302	248834	1257755	607239

Πίνακας 4-55 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 – 2.7

Απόθεμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Y _{i,0} [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	56685	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	25697	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	7372	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	89854	100	100	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (Κ)								
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
	35255	826687	845672	2829613	410565	325723	2259431	902794
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	8435741							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
	2	2228	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2247							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (Κ)	8433494							

Πίνακας 4-56 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.7

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 2247 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Ιανουάριο $Y_{2,1} = 56685$ kg, τον Απρίλιο $Y_{2,4} = 25697$ kg και τον Οκτώβριο $Y_{2,10} = 7372$ kg. Το καθαρό κέρδος αυξάνεται.

Το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής, πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα και να υπάρχει στις αποθήκες στην αρχή του Ιανουαρίου.

Το προϊόν B - Float8 είναι το δεύτερο σε σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg.

Το πλάνο παραγωγής και πάλι προγραμματίζει τις αντίστοιχες ποσότητες παραγωγής και αποθεμάτων, με βάση τα αρχικά αποθέματα, την διαθεσιμότητα των εργατοωρών και των διαθέσιμων χρόνων ασφαλείας, κάθε μήνα κάθε σταδίου, κάθε προϊόντος καθώς επίσης και το ποιο προϊόν έχει το μικρότερο κόστος αποθέματος και παραγωγής, ώστε στο τέλος να έχει το μέγιστο καθαρό κέρδος.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Φεβρουάριο, Μάιο και Νοέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	3173	3720	547
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3670	3720	50
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3205	3600	395
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	2906	3600	694
ΙΟΥΛΙΟΣ	3346	3720	374
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2905	3720	815
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3030	3600	570
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3330	3720	390
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3297	3720	423
Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα,στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	6347	21576	15229
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ	7340	21576	14236
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6410	20880	14470
ΜΑΙΟΣ	7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ	5812	20880	15068
ΙΟΥΛΙΟΣ	6691	21576	14885
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	5809	21576	15767
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	6059	20880	14821
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	6659	21576	14917
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6594	21576	14982
Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1904	4557	2653
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ	2202	4557	2355
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1923	4410	2487
ΜΑΙΟΣ	2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ	1744	4410	2666
ΙΟΥΛΙΟΣ	2007	4557	2550
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1743	4557	2814
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1818	4410	2592
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1998	4557	2559
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1978	4557	2579
Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα,στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1904	6479	4575
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ	2202	6479	4277
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1923	6270	4347
ΜΑΙΟΣ	2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ	1744	6270	4526
ΙΟΥΛΙΟΣ	2007	6479	4472
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1743	6479	4736
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1818	6270	4452
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1998	6479	4481
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1978	6479	4501

Πίνακας 4-57 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.7

Σενάριο 2.8:

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 2.8, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό Cr = 4, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Μάιο και Νοέμβριο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δεύτερο, τον τρίτο, τον πέμπτο και τον εντέκατο μήνα του έτους $A_{1,2} = A_{1,3} = A_{1,5} = A_{1,11} = 0$ ώρες. Πολύ μεγάλη μείωση ωρών παρατηρείται και στους υπόλοιπους μήνες, ιδιαίτερα για το πρώτο στάδιο παραγωγής. Να σημειωθεί πως αυτοί οι τέσσερις μήνες είναι και οι τέσσερις από τους έξι προεπιλεγμένους μήνες στους οποίους αυξάνονται οι αρχικές τους ζητήσεις.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 2.8 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	686	65052	54118	196012	8811	14782	94830	42185
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4472	70626	51834	268969	22512	32214	129129	52539
ΜΑΡΤΙΟΣ	4833	88442	87164	186221	14567	33204	153050	54321
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2972	69206	49827	187353	30085	36936	99892	48571
ΜΑΙΟΣ	3782	67859	48867	324984	22054	28037	96565	74249
ΙΟΥΝΙΟΣ	539	81815	36708	202141	12995	14414	97963	44106
ΙΟΥΛΙΟΣ	4019	68820	54100	235942	14660	16761	118353	53630
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3447	76861	65170	179542	11550	16810	101778	35543
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1724	56028	54195	232995	14601	9188	94130	52000
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2140	69451	40212	266037	12611	16503	92410	58384
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1565	101292	53353	248244	4908	21897	121282	62328
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3637	105461	45078	219139	7255	17303	104957	51873
kg/έτος	33817	920912	640628	2747578	176610	258050	1304338	629729
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	586	149099	54018	203841	8711	14682	94730	42085
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4472	0	51834	261040	22512	32214	129129	52539
ΜΑΡΤΙΟΣ	4833	74921	87164	186221	14567	33204	153050	54321
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2972	117568	49827	187353	30085	36936	99892	48571
ΜΑΙΟΣ	3782	19496	48867	324984	22054	28037	96565	74249
ΙΟΥΝΙΟΣ	539	81815	36708	202141	12995	14414	97963	44106
ΙΟΥΛΙΟΣ	4019	68820	54100	235942	14660	16761	118353	53630
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3447	76861	65170	179542	11550	16810	101778	35543
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1724	56028	54195	232995	14601	9188	94130	52000
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2140	98109	40212	266037	12611	16503	92410	58384
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1565	72634	53353	248244	4908	21897	121282	62328
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3737	105561	45178	219239	7355	17403	105057	51973
kg/έτος	33817	920912	640628	2747578	176610	258050	1304338	629729
Απόθεμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Yi,0 [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	84147	0	7929	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	13521	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	48363	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	28659	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	174789	100	8029	100	100	100	100

Πίνακας 4-58 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής και Αποθέματα σενάριο 2.8

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΚΕΡΔΟΣ								
$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	36561	857305	876994	2934414	425771	337787	2343113	936231
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	8748175							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ								
$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	4333	2	200	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	4550							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	8743626							

Πίνακας 4-59 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.8

Για την παραγωγή του προϊόντος Β, το πλάνο παραγωγής ορίζει για τον μήνα Ιανουάριο, την παραγωγή της ζήτησης του Ιανουαρίου, του Φεβρουαρίου και ένα μέρος του Μαρτίου ($X_{2,1} = 149099$ kg). Γι' αυτό και παρατηρείται απόθεμα Ιανουαρίου $Y_{2,1} = Y_{2,0} + X_{2,1} - D_{2,1} = 84147$ kg, δηλαδή είναι ίσο με το αρχικό απόθεμα + την ποσότητα παραγωγής του προϊόντος Β - τη ζήτηση του. Τον Φεβρουάριο οι διαθέσιμες εργατοώρες δεσμεύονται για την παραγωγή όλων των υπόλοιπων προϊόντων, εκτός από το προϊόν Β διότι η ζήτηση του έχει ήδη παραχθεί τον προηγούμενο μήνα. Τον Μάρτιο εν τέλει παράγεται η υπόλοιπη ποσότητα που χρειάζεται επιπλέον $X_{2,3} = 74921$ kg, για να καλυφθεί η ζήτηση του μήνα. Παρόμοιος αλγόριθμος ακολουθείται και για τις ποσότητες παραγωγής και τα αποθέματα των μηνών Μαΐου και Νοεμβρίου, που συνεχίζουν και σε αυτό το σενάριο να εμφανίζουν μηδενικούς χρόνους ασφαλείας.

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 4550 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Ιανουάριο $Y_{2,1} = 84147$ kg, τον Φεβρουάριο $Y_{2,2} = 13521$ kg, τον Απρίλιο $Y_{2,4} = 48363$ kg και τον Οκτώβριο $Y_{2,10} = 28659$ kg, καθώς και από την παραγωγή αποθέματος προϊόντος Δ τον Ιανουάριο $Y_{4,2} = 7929$ kg. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

Το προϊόν Δ - Kara Float24 είναι το τρίτο στη σειρά προϊόν με το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_4 = 2.49$ €/kg και μικρό κόστος αποθέματος $h_4 = 0.0249$ €/kg. Το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο σε σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg. Είναι εμφανές πως δεν υπάρχουν καθόλου αποθέματα στα προϊόντα που έχουν τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος, που είναι τα προϊόντα Ε - Kara Nylon24, Ζ - Nylon, Η - Strong, όλους τους μήνες του χρόνου. Εξαιρείται το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής και πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους και στην αρχή του πρώτου μήνα του έτους, $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι προφανές πως την εταιρία την συμφέρει να φτιάχνει αποθέματα των προϊόντων που έχουν το μικρότερο κόστος αποθέματος.

Επίσης σε αυτό το σενάριο παρατηρείται μηδενική ποσότητα παραγωγής σε συγκεκριμένο μήνα, του οποίου η ζήτηση παράγεται έναν μήνα πριν. Έτσι δίνεται μεγαλύτερο βάρος στην παραγωγή άλλων προϊόντων εκείνο το μήνα, που έχουν μεγαλύτερο κόστος αποθέματος και δεν συμφέρει την εταιρία να δημιουργήσει απόθεμα αυτών.

Και σε αυτό το σενάριο, παρατηρούμε πως το πλάνο παραγωγής επιμένει στην δημιουργία αποθεμάτων των προϊόντων με μικρότερο κόστος παραγωγής και αποθέματος, σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα των εργατοωρών για κάθε μήνα.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Μάιο και Νοέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

Στάδιο 1	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	3501	3720	219
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3461	3600	139
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	3014	3600	586
ΙΟΥΛΙΟΣ	3469	3720	251
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3012	3720	708
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3142	3600	458
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3586	3720	134
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3419	3720	301
			2795
Στάδιο 2	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7003	21576	14573
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ	7440	21576	14136
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6922	20880	13958
ΜΑΙΟΣ	7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ	6027	20880	14853
ΙΟΥΛΙΟΣ	6939	21576	14637
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	6024	21576	15552
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	6283	20880	14597
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	7172	21576	14404
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6838	21576	14738
			172031
Στάδιο 3	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2101	4557	2456
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ	2232	4557	2325
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2077	4410	2333
ΜΑΙΟΣ	2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ	1808	4410	2602
ΙΟΥΛΙΟΣ	2082	4557	2475
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1807	4557	2750
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1885	4410	2525
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2152	4557	2405
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2051	4557	2506
			29052
Στάδιο 4	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2101	6479	4378
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ	2232	6479	4247
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2077	6270	4193
ΜΑΙΟΣ	2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ	1808	6270	4462
ΙΟΥΛΙΟΣ	2082	6479	4397
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1807	6479	4672
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1885	6270	4385
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2152	6479	4327
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2051	6479	4428
			51682

Πίνακας 4-60 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.8

Στη συνέχεια, μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 2.9, το πρόγραμμα δεν βρήκε εφικτή λύση καθώς εμφανίστηκε μεγάλος αρνητικός χρόνος ασφαλείας $A_{1,1} = -277$ ώρες, γεγονός που δείχνει παραβίαση περιορισμού. Συγκεκριμένα ο τρίτος περιορισμός που αφορά στις εργατοώρες παραβιάζεται καθώς οι τελικές εργατοώρες είναι περισσότερες από τις διαθέσιμες εργατοώρες που μπορεί να δώσει το εργοστάσιο, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής τον πρώτο μήνα. Στο σημείο αυτό, κρίθηκε αναγκαίο να μειωθεί ακόμα περισσότερο το βήμα πολλαπλασιασμού της ζήτησης, προκειμένου να εντοπιστεί το σημείο που το πρόγραμμα οριακά ξεπερνάει την δυναμικότητα του, δηλαδή το σημείο στο οποίο ο χρόνος $A_{1,1}$ βγαίνει αρνητικός αλλά πιο κοντά στο 0.

Επομένως η συνέχεια των αυξήσεων προχώρησε με βήμα 0.01, από την τιμή 2.8 και προς τα πάνω, για να ερευνηθεί μέχρι ποια τιμή, εντός του εύρους αυτού, υπάρχει εφικτή λύση, και έπειτα σε ποια τιμή δεν υπάρχει εφικτή λύση.

4.7.2.4 Σενάρια 2.81 έως και 2.85

Το πρόγραμμα δίνει εφικτές λύσεις για τους πολλαπλασιαστές 2.81, 2.82, 2.83, 2.84 και 2.85. Σταθερά το πρώτο στάδιο στους μήνες Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος και Νοέμβριος έχει μηδενικό διαθέσιμο ορών στο χρόνο ασφαλείας, που σημαίνει πως όλες οι διαθέσιμες εργατοώρες των μηχανών του πρώτου σταδίου χρησιμοποιούνται.

Τα προϊόντα Β και Δ είναι τα μόνα που παρουσιάζουν αποθέματα. Σε κανένα άλλο προϊόν δεν προκύπτουν αποθέματα έως και το σενάριο που η αρχική ζήτηση όλων των προϊόντων αυξάνεται επί 2.85 φορές.

Το προϊόν Δ - Kara Float24 είναι το τρίτο στη σειρά προϊόν με το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_4 = 2.49 \text{ €/kg}$ και μικρό κόστος αποθέματος $h_4 = 0.0249 \text{ €/kg}$. Το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο σε σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48 \text{ €/kg}$ και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248 \text{ €/kg}$. Είναι εμφανές πως δεν υπάρχουν καθόλου αποθέματα στα προϊόντα που έχουν τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος, που είναι τα προϊόντα Ε - Kara Nylon24, Ζ - Nylon, Η - Strong, όλους τους μήνες του χρόνου. Εξαιρείται το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100 \text{ kg}$ το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής και πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους και στην αρχή του πρώτου μήνα του έτους, $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100 \text{ kg}$ για όλα τα προϊόντα.

Οι χρόνοι ασφαλείας σε όλα τα στάδια εμφανίζουν φθίνουσα πορεία, αλλά παρακάτω εμφανίζονται μόνο οι χρόνοι ασφαλείας του πρώτου σταδίου κάθε φορά, διότι είναι αυτοί που εμφανίζουν τις μεγαλύτερες μεταβολές.

Συνολικά λοιπόν, το πλάνο παραγωγής και πάλι προγραμματίζει τις ποσότητες παραγωγής και την δημιουργία αποθεμάτων με βάση:

- την διαθεσιμότητα των εργατοωρών και των διαθέσιμων χρόνων ασφαλείας, κάθε μήνα κάθε σταδίου, κάθε προϊόντος.
- το μικρότερο κόστος παραγωγής και το μικρότερο κόστος αποθέματος κάθε προϊόντος

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των πέντε αυτών σεναρίων με τη σειρά. Οι αλγόριθμοι διαχείρισης των ποσοτήτων παραγωγής και αποθεμάτων είναι παρόμοιας λογικής με αυτούς των παραπάνω σεναρίων. Ανάλογα με τα αποθέματα που προκύπτουν, εμφανίζονται και μεγαλύτερα κόστη αποθεμάτων. Το καθαρό κέρδος έχει γνησίως αύξουσα πορεία λόγω της ανοδικής πορείας των κερδών και της όχι πολύ μεγάλης ανοδικής πορείας του συνολικού κόστους του αποθέματος.

Σενάριο 2.81:

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	688	65285	54311	196712	8842	14834	95168	42335
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4488	70878	52019	269929	22593	32329	129590	52727
ΜΑΡΤΙΟΣ	4850	88758	87475	186886	14619	33323	153597	54515
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2982	69453	50005	188022	30192	37068	100248	48744
ΜΑΙΟΣ	3795	68101	49042	326145	22133	28137	96910	74514
ΙΟΥΝΙΟΣ	541	82107	36839	202863	13041	14466	98313	44264
ΙΟΥΛΙΟΣ	4034	69066	54293	236785	14713	16821	118775	53821
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3459	77135	65403	180183	11592	16870	102142	35670
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1731	56228	54389	233827	14653	9221	94467	52185
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2148	69699	40355	266987	12656	16562	92740	58593
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1570	101654	53544	249131	4926	21975	121715	62551
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3650	105838	45239	219922	7280	17365	105332	52058
kg/έτος	33937	924201	642916	2757391	177241	258971	1308997	631978
Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	588	151726	54211	206499	8742	14734	95068	42235
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4488	0	52019	260042	22593	32329	129590	52727
ΜΑΡΤΙΟΣ	4850	73095	87475	186886	14619	33323	153597	54515
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2982	120082	50005	188022	30192	37068	100248	48744
ΜΑΙΟΣ	3795	17472	49042	326145	22133	28137	96910	74514
ΙΟΥΝΙΟΣ	541	82107	36839	202863	13041	14466	98313	44264
ΙΟΥΛΙΟΣ	4034	69066	54293	236785	14713	16821	118775	53821
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3459	77135	65403	180183	11592	16870	102142	35670
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1731	56228	54389	233827	14653	9221	94467	52185
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2148	100486	40355	266987	12656	16562	92740	58593
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1570	70867	53544	249131	4926	21975	121715	62551
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3750	105938	45339	220022	7380	17465	105432	52158
kg/έτος	33937	924201	642916	2757391	177241	258971	1308997	631978
Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	86541	0	9887	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	15663	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	50629	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	30787	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	183720	100	9987	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ $\max(K)$								
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
	36692	860366	880126	2944894	427292	338993	2351482	939575
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	8779419							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	4555	2	249	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	4820							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ $\max(K)$	8774599							

Πίνακας 4-61 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.81

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αίτ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	3539	3720	181
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3487	3600	113
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	3024	3600	576
ΙΟΥΛΙΟΣ	3482	3720	238
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3023	3720	697
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3153	3600	447
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3612	3720	108
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3431	3720	289

Πίνακας 4-62 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.81

Σενάριο 2.82:

Ζήτηση D _{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	690	65517	54505	197412	8874	14887	95507	42486
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4504	71130	52204	270890	22673	32444	130051	52914
ΜΑΡΤΙΟΣ	4867	89074	87787	187551	14671	33442	154143	54709
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2993	69700	50183	188691	30300	37200	100605	48918
ΜΑΙΟΣ	3809	68344	49217	327306	22212	28237	97255	74779
ΙΟΥΝΙΟΣ	543	82399	36970	203585	13088	14517	98662	44422
ΙΟΥΛΙΟΣ	4048	69312	54486	237628	14765	16881	119198	54013
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3472	77410	65636	180824	11633	16930	102505	35797
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1737	56428	54582	234659	14705	9254	94803	52371
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2155	69947	40499	267937	12701	16621	93070	58801
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1576	102016	53735	250018	4943	22053	122148	62773
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3663	106214	45400	220704	7306	17427	105707	52244
kg/έτος	34058	927490	645204	2767204	177871	259893	1313655	634227
Ποσότητα Παραγωγής X _{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	590	154352	54405	209157	8774	14787	95407	42386
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4504	0	52204	259045	22673	32444	130051	52914
ΜΑΡΤΙΟΣ	4867	71269	87787	187551	14671	33442	154143	54709
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2993	122596	50183	188691	30300	37200	100605	48918
ΜΑΙΟΣ	3809	15448	49217	327306	22212	28237	97255	74779
ΙΟΥΝΙΟΣ	543	82399	36970	203585	13088	14517	98662	44422
ΙΟΥΛΙΟΣ	4048	69312	54486	237628	14765	16881	119198	54013
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3472	77410	65636	180824	11633	16930	102505	35797
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1737	56428	54582	234659	14705	9254	94803	52371
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2155	102863	40499	267937	12701	16621	93070	58801
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1576	69100	53735	250018	4943	22054	122148	62773
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3763	106314	45500	220804	7406	17527	105807	52344
kg/έτος	34058	927490	645204	2767204	177871	259893	1313655	634227
Απόθεμα Y _{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Y _{i,0} [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	88935	0	11845	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	17805	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	52896	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	32916	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	192652	100	11945	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	36822	863428	883258	2955374	428812	340200	2359850	942918
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	8810662							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	4776	2	298	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	5090							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	8805572							

Πίνακας 4-63 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.82

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αμ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	3577	3720	143
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3513	3600	87
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	3035	3600	565
ΙΟΥΛΙΟΣ	3494	3720	226
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3034	3720	686
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3164	3600	436
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3638	3720	82
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3443	3720	277

Πίνακας 4-64 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.82

Σενάριο 2.83:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	693	65749	54698	198112	8905	14940	95846	42637
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4520	71382	52389	271850	22753	32559	130513	53102
ΜΑΡΤΙΟΣ	4885	89390	88098	188216	14723	33560	154690	54903
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3003	69947	50361	189360	30407	37332	100962	49091
ΜΑΙΟΣ	3822	68586	49391	328466	22291	28337	97600	75045
ΙΟΥΝΙΟΣ	545	82691	37101	204307	13134	14569	99012	44579
ΙΟΥΛΙΟΣ	4062	69558	54679	238470	14817	16941	119621	54204
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3484	77684	65869	181465	11674	16990	102869	35924
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1743	56628	54776	235491	14757	9287	95139	52557
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2163	70195	40643	268887	12746	16680	93400	59010
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1582	102377	53925	250904	4961	22132	122581	62996
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3676	106591	45561	221487	7332	17489	106081	52429
kg/έτος	34179	930779	647492	2777017	178502	260814	1318313	636476
Ποσότητα Παραγωγής Χit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	593	156979	54598	211815	8805	14840	95746	42537
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4520	0	52389	258048	22753	32559	130513	53102
ΜΑΡΤΙΟΣ	4885	69442	88098	188216	14723	33560	154690	54903
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3003	125110	50361	189360	30407	37332	100962	49091
ΜΑΙΟΣ	3822	13424	49391	328466	22291	28337	97600	75045
ΙΟΥΝΙΟΣ	545	82691	37101	204307	13134	14569	99012	44579
ΙΟΥΛΙΟΣ	4062	69558	54679	238470	14817	16941	119621	54204
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3484	77684	65869	181465	11674	16990	102869	35924
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1743	56628	54776	235491	14757	9287	95139	52557
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2163	105239	40643	268887	12746	16680	93400	59010
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1582	67333	53925	250904	4961	22132	122581	62996
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3776	106691	45661	221587	7432	17589	106181	52529
kg/έτος	34179	930779	647492	2777017	178502	260814	1318313	636476
Απόθεμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Yit,0 [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	91330	0	13803	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	19947	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	55162	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	35045	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	201584	100	13903	100	100	100	100

Πίνακας 4-65 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα σενάριο 2.83

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ										max (Κ)
ΚΕΡΔΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
		36953	866490	886390	2965854	430333	341406	2368218	946262	
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	8841906								
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	4997	2	346	3	3	3	3	
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	5360								
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (Κ)		8836545								

Πίνακας 4-66 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.83

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	3615	3720	105
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3538	3600	62
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	3046	3600	554
ΙΟΥΛΙΟΣ	3507	3720	213
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3044	3720	676
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3175	3600	425
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3663	3720	57
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3455	3720	265

Πίνακας 4-67 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.83

Σενάριο 2.84:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	695	65982	54891	198812	8937	14993	96184	42787
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4536	71635	52574	272811	22834	32674	130974	53290
ΜΑΡΤΙΟΣ	4902	89705	88409	188881	14775	33679	155236	55097
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3014	70194	50539	190029	30515	37464	101319	49265
ΜΑΙΟΣ	3836	68828	49566	329627	22369	28437	97944	75310
ΙΟΥΝΙΟΣ	547	82984	37232	205029	13180	14620	99362	44737
ΙΟΥΛΙΟΣ	4077	69804	54873	239313	14870	17001	120044	54396
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3496	77959	66101	182107	11715	17050	103232	36051
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1749	56828	54970	236323	14809	9319	95475	52742
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2171	70443	40786	269837	12792	16739	93730	59218
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1587	102739	54116	251791	4978	22210	123015	63219
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3689	106968	45722	222270	7358	17550	106456	52614
kg/έτος	34300	934068	649780	2786830	179133	261736	1322972	638725
Ποσότητα Παραγωγής Χit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	595	159606	54791	214473	8837	14893	96084	42687
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4536	0	52574	257050	22834	32674	130974	53290
ΜΑΡΤΙΟΣ	4902	67616	88409	188881	14775	33679	155236	55097
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3014	127623	50539	190029	30515	37464	101319	49265
ΜΑΙΟΣ	3836	11399	49566	329627	22369	28437	97944	75310
ΙΟΥΝΙΟΣ	547	82984	37232	205029	13180	14620	99362	44737
ΙΟΥΛΙΟΣ	4077	69804	54873	239313	14870	17001	120044	54396
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3496	77959	66101	182107	11715	17050	103232	36051
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1749	56828	54970	236323	14809	9319	95475	52742
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2171	107616	40786	269837	12792	16739	93730	59218
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1587	65566	54116	251791	4978	22210	123015	63219
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3789	107068	45822	222370	7458	17650	106556	52714
kg/έτος	34300	934068	649780	2786830	179133	261736	1322972	638725

Πίνακας 4-68 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 2.84

Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	93724	0	15761	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	22089	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	57429	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	37173	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	210515	100	15861	100	100	100	100

Πίνακας 4-69 Αποθέματα σενάριο 2.84

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	37083	869552	889522	2976334	431854	342612	2376586	949606
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	8873149							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	5219	2	395	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	5631							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	8867519							

Πίνακας 4-70 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.84

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθεσίμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α _{j,t} Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	3653	3720	67
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3564	3600	36
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	3057	3600	543
ΙΟΥΛΙΟΣ	3519	3720	201
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3055	3720	665
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3187	3600	413
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3689	3720	31
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3468	3720	252

Πίνακας 4-71 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 2.84

Σενάριο 2.85:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	698	66214	55084	199512	8968	15046	96523	42938
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4552	71887	52759	273772	22914	32789	131435	53477
ΜΑΡΤΙΟΣ	4919	90021	88721	189546	14827	33797	155783	55291
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3025	70442	50717	190698	30622	37596	101676	49438
ΜΑΙΟΣ	3849	69071	49740	330788	22448	28538	98289	75575
ΙΟΥΝΙΟΣ	549	83276	37363	205751	13227	14672	99712	44894
ΙΟΥΛΙΟΣ	4091	70049	55066	240156	14922	17061	120466	54588
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3509	78233	66334	182748	11757	17110	103596	36178
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1755	57028	55163	237156	14862	9352	95811	52928
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2178	70691	40930	270787	12837	16798	94060	59427
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1593	103101	54306	252677	4996	22288	123448	63441
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3702	107344	45883	223052	7384	17612	106831	52799
kg/έτος	34420	937357	652067	2796642	179764	262658	1327630	640974
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	598	162232	54984	217131	8868	14946	96423	42838
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4552	0	52759	256053	22914	32789	131435	53477
ΜΑΡΤΙΟΣ	4919	65790	88721	189546	14827	33797	155783	55291
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3025	130137	50717	190698	30622	37596	101676	49438
ΜΑΙΟΣ	3849	9375	49740	330788	22448	28538	98289	75575
ΙΟΥΝΙΟΣ	549	83276	37363	205751	13227	14672	99712	44894
ΙΟΥΛΙΟΣ	4091	70049	55066	240156	14922	17061	120466	54588
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3509	78233	66334	182748	11757	17110	103596	36178
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1755	57028	55163	237156	14862	9352	95811	52928
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2178	109993	40930	270787	12837	16798	94060	59427
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1593	63799	54306	252677	4996	22288	123448	63441
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3802	107444	45983	223152	7484	17712	106931	52899
kg/έτος	34420	937357	652067	2796642	179764	262658	1327630	640974
Απόθεμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Yit,0 [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	96118	0	17719	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	24231	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	59695	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	39302	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	219447	100	17819	100	100	100	100

Πίνακας 4-72 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 2.85

Στάδιο 1	Έτη Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Έτη Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	3690	3720	30
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3589	3600	11
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	3067	3600	533
ΙΟΥΛΙΟΣ	3531	3720	189
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3066	3720	654
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3198	3600	402
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3715	3720	5
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3480	3720	240

Πίνακας 4-73 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας σενάριο 1 – 2.85

4.7.2.5 Σενάριο 2.86

Στο σενάριο που ο πολλαπλασιαστής της ζήτησης σε όλους τους μήνες πήγε στο 2.86 (συνολική ζήτηση 2.86 φορές την ζήτηση του 2019), το γραμμικό πρόβλημα δεν μπόρεσε να δώσει εφικτή λύση. Ο Open Solver δεν μπόρεσε να βρει τη βέλτιστη λύση γιατί δεν υπήρξε εφικτή λύση. Επομένως η παραγωγή του εργοστασίου δεν μπορεί να ανταποκριθεί στη ζήτηση.

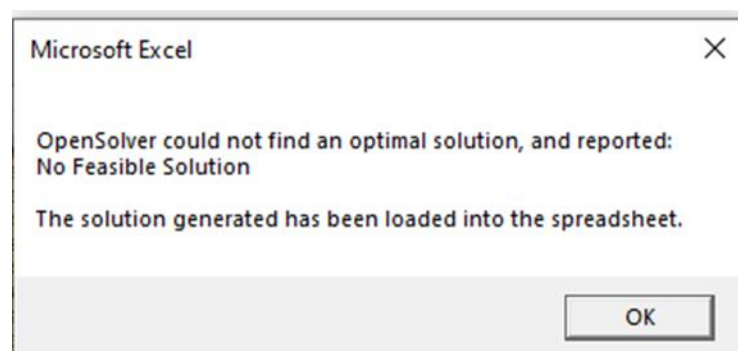
Όπως φαίνεται και στον πίνακα, ο τρίτος περιορισμός του γραμμικού προβλήματος παραβιάζεται:

$$T_{jt} \geq \sum_{i=1}^8 T_{ij} X_{it}$$

Κανονικά οι διαθέσιμοι χρόνοι λειτουργίας (διαθέσιμες εργατοώρες) κάθε σταδίου κάθε μήνα, θα πρέπει να είναι μεγαλύτεροι ή ίσοι από τους τελικούς χρόνους λειτουργίας (τελικές εργατοώρες) κάθε σταδίου κάθε μήνα. Όμως τον μήνα Ιανουάριο του πρώτου σταδίου παραγωγής, η απαιτούμενη ζήτηση χρειάζεται παραπάνω εργατοώρες για να παραχθεί ($FT_{1,1} = 3743$ ώρες), από αυτές που διαθέτει το εργοστάσιο ($T_{1,1} = 3720$ ώρες). Γι' αυτό και ο χρόνος ασφαλείας του Ιανουαρίου του πρώτου σταδίου βγαίνει αρνητικός, $A_{1,1} = -23$, αποτέλεσμα αδύνατο.

Στάδιο 1	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	3743	3720	-23
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	3078	3600	522
ΙΟΥΛΙΟΣ	3544	3720	176
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3077	3720	643
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3229	3600	371
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3720	3720	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3492	3720	228

Πίνακας 4-74 Εργατοώρες και Χρόνοι ασφαλείας 1ου σταδίου παραγωγής, στην περίπτωση συνολικής αύξησης ζήτησης κατά 2.86 φορές την προβλεπόμενη ζήτηση του 2019



Εικόνα 4-14 Ενημέρωση από τον Open Solver στο Excel στην περίπτωση συνολικής αύξησης ζήτησης κατά 2.86 φορές την προβλεπόμενη ζήτηση του 2019

Τελικά το εργοστάσιο μπορεί να ανταποκριθεί σε ζήτηση αυξημένη μέχρι και 2.85 φορές της προβλεπόμενης ζήτησης του 2019. Το μέγιστο καθαρό κέρδος που δύναται να έχει η εταιρία στην περίπτωση που αυξηθεί η ζήτηση όλων των προϊόντων σε όλους τους μήνες με τον ίδιο πολλαπλασιαστή, είναι $\max(K) = 8898492$ €.

4.7.3 Σενάρια αύξησης ζήτησης σε έξι προεπιλεγμένους μήνες

Στην ενότητα αυτή μελετάται η αύξηση των ζητήσεων όλων των προϊόντων σε συγκεκριμένους μήνες. Μετά από παρατήρηση στις πραγματικές πωλήσεις των ετών 2014 έως 2018, σημειώθηκαν οι έξι μήνες που πλειοψηφικά είχαν τις περισσότερες πωλήσεις. Έτσι αποφασίστηκε να μελετηθούν τα σενάρια αύξησης ζήτησης με ίδιο πολλαπλασιαστή τους συγκεκριμένους έξι μήνες από τους δώδεκα του έτους. Οι έξι μήνες αυτοί, είναι οι Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος.

		Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν				Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν				
2014	Jan	1036.0	23766.0	24384.0	92055.0	7383.0	13664.0	22983.0	14924.0				2017	Jan	0.0	14291.0	13991.0	71672.0	3904.0	0.0	32697.0	9851.0		
	Feb	6953.0	23251.0	29095.0	81806.0	18680.1	16127.0	30229.0	11459.0	2			Feb	265.0	19130.0	16873.0	98190.0	5095.0	5924.0	34613.0	23205.0			
	Mar	6272.0	42428.0	36678.0	49973.0	1798.5	16422.0	24861.0	17593.0				Mar	209.0	38429.0	26009.0	115289.0	3261.5	4139.0	68196.0	17166.0	2		
	Apr	3150.0	33256.0	33524.0	82004.5	6419.1	21095.0	34136.0	11753.0				Apr	218.0	23885.0	14979.0	93197.0	6800.0	5708.0	18917.0	16065.0			
	May	0.0	16886.0	34129.0	57878.0	2631.5	14652.0	26444.0	60292.0				May	3020.0	30896.0	18652.0	172102.0	13052.7	8532.0	15246.0	18879.0	3		
	Jun	98.0	23882.0	24731.0	72504.0	4789.2	12509.0	12189.0	9060.0				Jun	2604.0	34842.0	14387.0	83751.0	5102.1	5058.0	22080.0	15321.0			
	Jul	2857.0	19623.0	27084.0	89991.0	6056.0	3979.0	35135.0	13528.0				Jul	1188.0	39388.0	19259.0	90272.0	4185.5	12153.0	49290.0	26377.0			
	Aug	4936.0	26474.0	23687.5	57857.0	2661.8	5141.0	29064.0	6348.0				Aug	351.0	25732.0	18900.0	60187.0	3363.0	4474.0	19617.0	10398.0			
	Sep	5236.0	28032.0	31945.5	101529.0	5866.7	4049.0	24680.0	17296.0				Sep	0.0	8985.0	20846.0	73012.0	1263.8	3490.0	19073.0	11151.0			
	Oct	4715.0	37178.0	34400.6	87152.0	4603.2	9122.0	23829.0	14280.0				Oct	454.0	28972.0	20989.0	144826.0	4276.0	7610.0	16540.0	16549.0			
	Nov	3291.0	30441.0	27370.8	58721.0	1768.0	6760.0	14794.0	11083.0				Nov	70.0	50210.0	14144.0	99789.0	2736.0	19298.0	33314.0	21720.0	2		
	Dec	3406.0	36097.0	26999.0	73779.0	2077.1	3686.0	23627.0	15257.0				Dec	70.0	35652.0	24195.0	75074.0	4825.0	10914.0	33417.0	21940.0			
		41950.0	341314.0	354028.4	905249.5	64734.2	127206.0	301971.0	202873.0	2339326.1				8449.0	350412.0	223224.0	1177361.0	57864.6	87300.0	363000.0	208622.0	2476232.6		
2015	Jan	1313.0	22972.0	37007.0	71697.0	2286.8	8661.0	23574.0	13428.0				2018	Jan	1542.0	34863.0	25634.0	113353.0	2581.0	3994.0	29831.0	19554.0		
	Feb	2292.0	40405.0	35857.0	114927.0	7233.0	3931.0	24259.0	16832.0				Feb	0.0	29698.0	26196.0	130071.0	9472.5	18679.0	74047.0	13566.0			
	Mar	1141.0	18986.0	66676.0	86624.0	5924.0	9323.0	30346.0	12004.0				Mar	3180.0	33081.0	27321.0	73027.0	12355.5	24197.0	89952.0	26421.0	2		
	Apr	666.0	20122.0	21067.0	92140.0	6392.9	4576.0	35939.6	11675.0				Apr	3174.0	20572.0	23113.0	54472.0	7634.5	32443.0	31368.0	20440.0			
	May	1766.0	32745.0	21680.0	149217.0	9780.8	4842.0	33954.0	15449.0				May	5274.0	18241.0	27478.0	105965.0	5438.6	16610.0	34936.0	10904.0			
	Jun	696.0	33494.0	21253.0	124183.0	6351.6	3439.0	38736.0	20171.0				Jun	0.0	23400.0	22681.0	68830.0	3931.0	6188.0	29473.0	15353.0			
	Jul	5839.0	28318.0	26311.0	118022.5	10082.5	5042.0	20849.0	12215.0				Jul	600.0	14475.0	24519.0	83478.0	1293.3	2433.0	40510.0	21030.0			
	Aug	498.0	45314.0	6747.0	116151.0	12576.0	6373.0	27772.0	10515.0				Aug	3677.0	25306.0	21486.0	62690.0	4094.0	13785.0	33783.0	13921.0			
	Sep	340.0	36889.0	21648.0	129674.0	12906.0	7805.0	35148.0	22645.0				Sep	810.0	10134.0	24799.0	81274.0	8166.0	3190.0	34571.0	19318.0			
	Oct	1506.0	23430.0	15363.0	148804.0	4491.0	2427.0	27872.0	12001.0				Oct	453.0	20006.0	14349.0	91033.0	3205.7	10115.0	41816.0	19104.0			
	Nov	2614.0	31460.0	34522.0	136460.0	965.0	11223.0	42009.0	13479.0	2			Nov	0.0	34945.0	28303.0	102100.0	3522.0	4602.0	53885.0	27351.0	2		
	Dec	3490.0	30593.0	31291.0	133401.0	6310.4	5282.0	30119.0	12582.0				Dec	0.0	52570.0	20088.0	71313.0	856.0	5132.0	32183.0	21182.0			
		22161.0	364728.0	339422.0	1421300.5	85300.0	72924.0	370577.6	172996.0	2849409.1				18710.0	317291.0	285967.0	1037606.0	62550.1	141368.0	526355.0	228144.0	2617991.1		
2016	Jan	640.0	27429.0	24854.0	68238.0	3547.5	7443.0	23211.0	8037.0				2019	Jan	1440.0	11712.0	22651.0	100253.0	8239.0	4779.0	64578.0	25134.0	2	
	Feb	1783.0	20790.0	13770.0	122301.0	3688.2	20229.0	30397.0	19222.0				Feb	224.0	9580.0	18533.0	121974.0	12800.5	9841.0	48940.0	22937.0			
	Mar	1135.0	32165.0	28197.0	74618.0	6642.0	12578.0	22906.0	14283.0				Mar	0.0	40808.0	19486.0	117469.0	10030.5	3402.0	45578.0	31592.0			
	Apr	1405.0	32904.0	25525.0	79739.0	30445.1	9501.0	20975.0	17265.0				Apr	0.0	12725.0	21635.0	83260.0	24774.8	6430.0	24610.0	20911.0			
	May	0.0	29566.0	14555.0	162161.0	12447.3	12795.0	24815.0	17528.0				May	0.0	32761.0	19903.0	95495.0	4061.5	3100.0	49616.0	39957.0			
	Jun	872.0	37638.0	11728.0	78692.0	6999.5	5911.0	35413.0	9321.0				Jun	0.0	26622.0	15961.0	67295.0	6443.4	3882.0	41864.0	26592.0			
	Jul	0.0	28248.0	28664.5	106556.0	8529.8	13689.0	28518.0	13082.0				Jul	1124.0	20541.0	25037.0	113987.0	6467.5	3862.0	23502.0	33450.0			
	Aug	0.0	21584.0	74786.0	90719.0	1899.2	7609.0	34469.0	12752.0				Aug	0.0	12325.0	16211.0	103387.0	564.0	8046.0	37024.0	46127.0			
	Sep	0.0	23169.0	26769.5	97567.0	1838.5	5238.0	17576.0	12911.0				Sep	0.0	21889.0	25680.0	134453.0	3397.0	6124.0	30711.0	34449.0			
	Oct	0.0	21593.0	15936.0	70244.0	9912.5	7560.0	17918.0	32788.0				Oct	0.0	31128.0	15323.0	101270.0	2762.0	4740.0	31471.0	39162.0			
	Nov	126.0	40984.0	20165.0	113217.0	3741.5	4583.0	35531.0	28132.0	2			Nov	0.0	9497.0	28433.0	99002.0	3259.0	4107.0	30035.0	41635.0			
	Dec	2836.0	40573.0	7155.0	104746.0	2854.0	13248.0	31035.0	12134.0				Dec	357.0	17680.0	10274.0	79061.0	1289.0	9998.0	35940.0	41719.0			
		8797.0	356643.0	292105.0	1168798.0	92545.1	120384.0	322764.0	197455.0	2559491.1				3145.0	247268.0	239127.0	1216906.0	84088.2	68311.0	463869.0	403665.0	2726379.2		

Πίνακας 4-75 Διαδικασία εντοπισμού των μηνών με τις περισσότερες πωλήσεις τα έτη 2014 – 2018

Μήνες με τα περισσότερα μέγιστα	
Jan	2
Feb	4
Mar	8
Apr	4
May	7
Jun	0
Jul	3
Aug	3
Sep	4
Oct	1
Nov	9
Dec	3

Πίνακας 4-76 Διαδικασία εντοπισμού των μηνών με τις περισσότερες πωλήσεις τα έτη 2014 – 2018

Με τη βοήθεια του Excel πραγματοποιήθηκαν και πάλι όλες οι δοκιμές (σενάρια) αύξησης ζήτησης, προκειμένου να δοκιμαστούν τα όρια της παραγωγικής διαδικασίας του εργοστασίου.

Στο σενάρια αυτά, δοκιμάζονται αυξήσεις τις ζήτησης κάθε προϊόντος κάθε μήνα, πολλαπλασιάζοντας με τον ίδιο πολλαπλασιαστή όλες τις ζητήσεις όλων των μηνών όλων των προϊόντων, και με βήμα 1 και έπειτα με βήμα 0.1.

Υπενθυμίζεται ότι τα σενάρια συμβολίζονται με την εξής μορφή: «Σενάριο X-Y».

Όπου X: είναι ο πολλαπλασιαστής των μηνών, των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι οι Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος. Σε όλα τα σενάρια είναι X= 1.

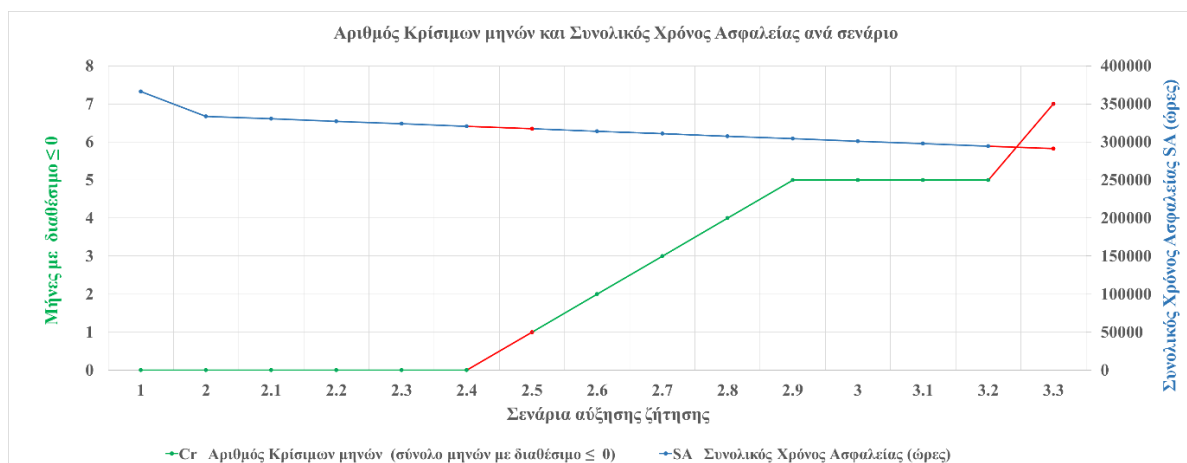
Όπου Y: είναι ο πολλαπλασιαστής των υπόλοιπων έξι μηνών στους οποίους γίνονται οι διάφορες δοκιμές, που είναι οι Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος. Είναι ο ίδιος για όλους τους επιλεγμένους μήνες.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των επιλύσεων που έγιναν στο Excel με το εργαλείο Open Solver. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα σενάρια αύξησης ζήτησης για τους συγκεκριμένους έξι μήνες, καθώς και τα αποτελέσματα στον συνολικό διαθέσιμο χρόνο ασφαλείας (SA) αλλά και στον αριθμό των κρίσιμων (C_r το πόσοι μήνες έχουν μηδενικό ή αρνητικό διαθέσιμο ωρών του χρόνου ασφαλείας), ο αριθμός ο μήνας και το στάδιο παραγωγής που εμφανίστηκαν.

Α/Α	Πολλαπλασιαστής ζήτησης	SA Συνολικός διαθέσιμος χρόνος ασφαλείας (ώρες)	Cr Αριθμός κρίσιμων (σύνολο μηνών με διαθέσιμο ≤ 0)		
			Αριθμός	Μήνας	Στάδιο Παραγωγής
1	1	366273	0		
2	2	333621	0		
3	2.1	330356	0		
4	2.2	327091	0		
5	2.3	323825	0		
6	2.4	320560	0		
7	2.5	317295	1	2	1°
8	2.6	314030	2	2, 5	1°
9	2.7	310765	3	2, 5, 11	1°
10	2.8	307499	4	2,3,5,11	1°
11	2.9	304234	5	2,3,4,5,11	1°
12	3	300969	5	2,3,4,5,11	1°
13	3.1	297704	5	2,3,4,5,11	1°
14	3.2	294439	5	2,3,4,5,11	1°
15	3.3	291173	7	1,2,3,4,5,9,11	1°

Πίνακας 4-77 Σενάριο με πολλαπλασιαστή μόνο σε 6 προεπιλεγμένους μήνες

Στο παρακάτω γράφημα, αποτυπώνεται ο παραπάνω πίνακας των σεναρίων που δοκιμάστηκαν, ως γραφική παράσταση.

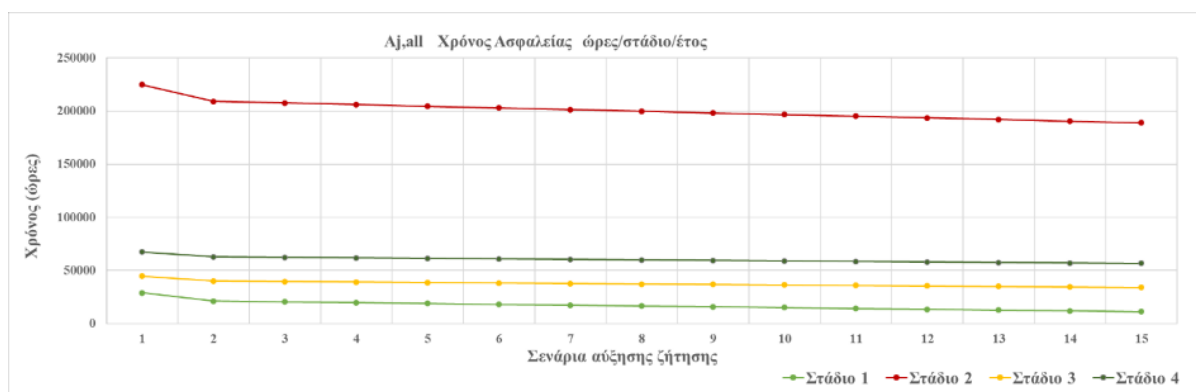


Γράφημα 37 Μία αύξηση της ζήτησης κατά 230% (συνολική ζήτηση 3.3 φορές την ζήτηση για τους 6 επιλεγέντες μήνες του 2019) οριακά υπερβαίνει τη δυναμικότητα του συστήματος.

Παρακάτω, παρουσιάζονται οι χρόνοι ασφαλείας $A_{j,all}$ κάθε σταδίου παραγωγής ξεχωριστά, για όλους τους μήνες μαζί, σε κάθε σενάριο. Καθώς αυξάνεται η ζήτηση υπάρχει εμφανής σταδιακή μείωση στους χρόνους ασφαλείας κάθε σταδίου παραγωγής. όπως φαίνεται κα στο γράφημα, οι χρόνοι ασφαλείας είναι γενικά φθίνουσες συναρτήσεις.

A/A	Πολλαπλασιαστής ζήτησης	$A_{j,all}$ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/έτος)			
		Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4
1	1	29156	224751	44868	67498
2	2	21381	209202	40204	62834
3	2.1	20604	207648	39737	62367
4	2.2	19826	206093	39271	61901
5	2.3	19049	204538	38804	61434
6	2.4	18271	202983	38338	60968
7	2.5	17494	201428	37871	60501
8	2.6	16717	199873	37405	60035
9	2.7	15939	198318	36939	59569
10	2.8	15162	196764	36472	59102
11	2.9	14384	195209	36006	58636
12	3	13607	193654	35539	58169
13	3.1	12829	192099	35073	57703
14	3.2	12052	190544	34606	57236
15	3.3	11275	188989	34140	56770

Πίνακας 4-78 Χρόνοι Ασφαλείας $A_{j,all}$ (ώρες/στάδιο/έτος) για κάθε σενάριο



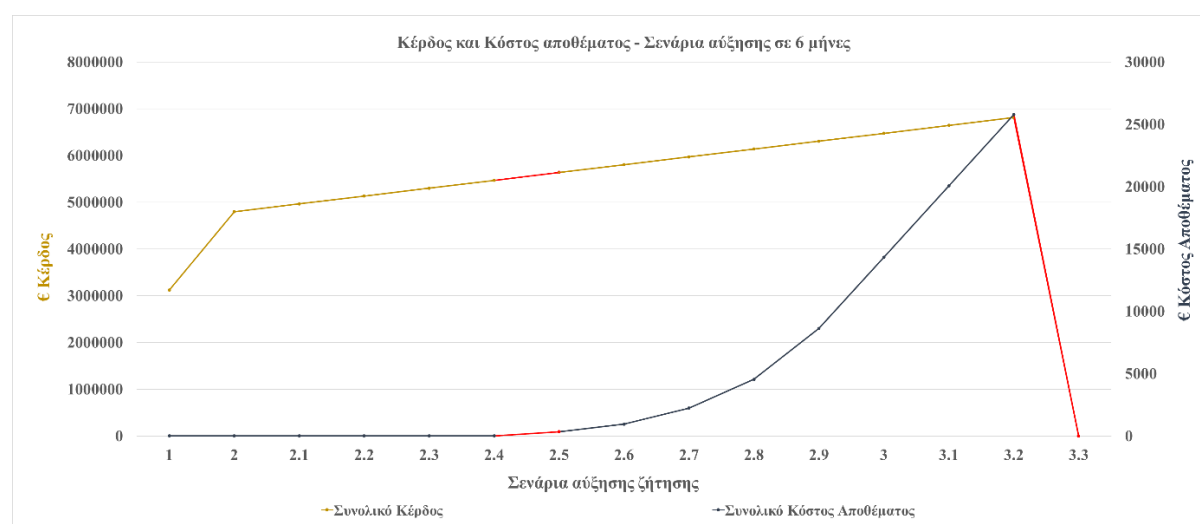
Γράφημα 38 Χρόνοι Ασφαλείας $A_{j,all}$ (ώρες/στάδιο/έτος) για κάθε σενάριο

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται, το καθαρό κέρδος $\max(K)$ ανά σενάριο, το απλό συνολικό κέρδος και το συνολικό κόστος αποθέματος ανά σενάριο.

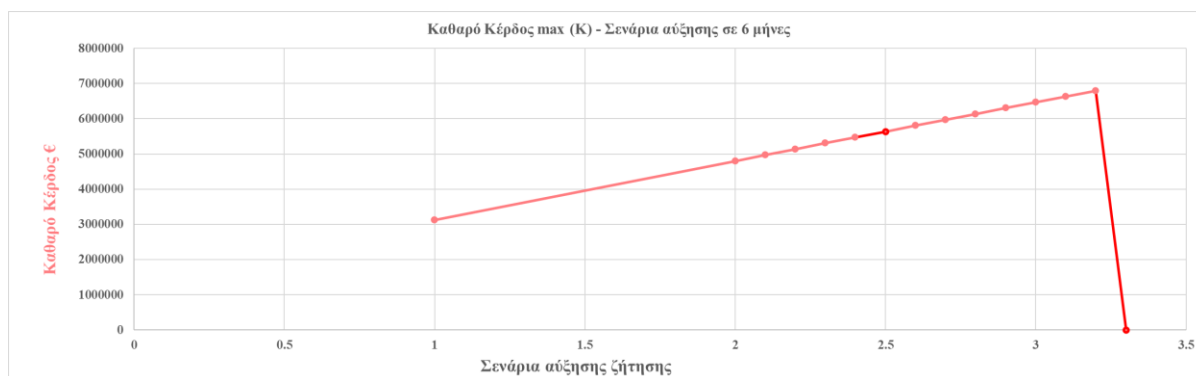
A/A	Πολλαπλασιαστής ζήτησης	Καθαρό Κέρδος/σενάριο €	Συνολικό Κέρδος/σενάριο €	Συνολικό Κόστος Αποθέματος/σενάριο €
1	1	3124327	3124348	21
2	2	4800998	4801020	21
3	2.1	4968665	4968687	21
4	2.2	5136332	5136354	21
5	2.3	5303999	5304021	21
6	2.4	5471667	5471688	21
7	2.5	5639005	5639355	350
8	2.6	5806059	5807022	964
9	2.7	5972443	5974689	2247
10	2.8	6137807	6142356	4550
11	2.9	6301392	6310024	8632
12	3	6463338	6477691	14353
13	3.1	6625284	6645358	20074
14	3.2	6787230	6813025	25795
15	3.3	Δεν υπάρχει εφικτή λύση	Δεν υπάρχει εφικτή λύση	Δεν υπάρχει εφικτή λύση

Πίνακας 4-79 Καθαρό κέρδος, Κέρδος και Κόστος Αποθέματος, ανά σενάριο

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η γραφική παράσταση του καθαρού κέρδους, του κέρδους και του κόστους αποθέματος, συνολικά, ανά τα σενάρια. Οι συναρτήσεις του κέρδους και του καθαρού κέρδους είναι γνησίως αύξουσες. Η συνάρτηση του κόστους αποθέματος παραμένει σταθερή στα τρία πρώτα σενάρια, και από το τέταρτο σενάριο και μετά δείχνει να ακολουθεί μια εκθετική αύξουσα πορεία. Και στα δύο γραφήματα, με κόκκινο χρώμα επισημαίνεται το σενάριο που η συνολική ζήτηση είναι 2.5 φορές την αρχική ζήτηση, που αφορά την ελάχιστη μηδενική ένδειξη χρόνου ασφαλείας ($Cr = 1$) και το σενάριο που η συνολική ζήτηση είναι 3.3 φορές την αρχική ζήτηση, που το πρόγραμμα δεν μπορεί να βρει εφικτή λύση αφού παραβιάζεται ο τρίτος περιορισμός της μοντελοποίησης του προβλήματος.



Γράφημα 39 Κέρδος και Κόστος αποθέματος ανά σενάριο - Σενάρια αύξησης σε 6 προεπιλεγμένους μήνες



Γράφημα 40 Καθαρό Κέρδος ανά σενάριο - Σενάρια σε 6 προεπιλεγμένους μήνες

Το σενάριο 1 -1 υπενθυμίζεται πως έχει παρουσιαστεί πιο πάνω.

4.7.3.1 Σενάριο 1 – 2, 1 – 2.1, 1 – 2.2, 1 – 2.3, 1 – 2.4

Στα πέντε πρώτα σενάρια που παρουσιάζονται σε αυτήν την υπό ενότητα, το εργοστάσιο μπορεί να ανταποκριθεί πλήρως σε όλες τις αυξημένες ζήτησεις.

Αρχικά η αρχική προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 διπλασιάζεται στους μήνες Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος. Στη συνέχεια, δοκιμάστηκε ο τριπλασιασμός των ζήτησεων, με αποτέλεσμα το πρόγραμμα να παρουσιάσει $Cr = 5$, δηλαδή το πρώτο στάδιο παραγωγής σε 5 μήνες, παρουσίασε μηδενικούς χρόνους ασφαλείας, αφού γίνεται χρήση όλων των διαθέσιμων εργατοωρών. Οπότε τα σενάρια συνεχίστηκαν με βήμα 0.1 με σκοπό να εντοπιστεί να βρεθεί η μέγιστη ζήτηση με την οποία οριακά θα υπερβαίνεται η δυναμικότητα του συστήματος. Επομένως, η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξάνεται κατά 2.1 φορές, έπειτα κατά 2.2 φορές, κατά 2.3 και κατά 2.4 φορές τελικά. Σε όλα αυτά τα σενάρια οι διαθέσιμες εργατοώρες ($T_{j,t}$) όλων των μηχανών όλων των σταδίων παραγωγής είναι επαρκείς. Οι χρόνοι ασφαλείας ($A_{j,t}$) κάθε σταδίου παραγωγής, είναι μεγάλοι. Επομένως, σε περίπτωση έκτακτων παραγγελιών το εργοστάσιο διαθέτει εργατοώρες για την κάλυψη τους.

Όπως φαίνεται στους πίνακες της ζήτησης και των παραγόμενων ποσοτήτων, στους μήνες στους οποίους έγινε αύξηση της ζήτησης, οι ποσότητες παραγωγής είναι το ίδιο αυξημένες, ότι ζητείται παράγεται. Αυτό αποδεικνύεται και από τους πίνακες των αποθεμάτων, που όλα τα αποθέματα είναι μηδενικά όλων των μηνών. Κάθε μήνα το απόθεμα είναι μηδέν, που σημαίνει ότι το εργοστάσιο παράγει ακριβώς ό,τι ζητείται. Το αρχικό απόθεμα στην αρχή του έτους, σύμφωνα με τον υπεύθυνο παραγωγής, είναι $Y_{i,0} = 100$ κιλά για κάθε προϊόν. Για να επιτυγχάνεται αυτό, το εργοστάσιο φροντίζει να αφήνει απόθεμα 100 κιλών στο τέλος του τελευταίου μήνα του χρόνου, του Δεκεμβρίου, άρα η παραγωγή του Δεκεμβρίου αυξάνεται κατά 100 κιλά σε κάθε προϊόν όπως αποδεικνύεται και στους πίνακες. Τα αποθέματα του Δεκεμβρίου $Y_{i,12} = 0$ κιλά, είναι πάγια, και τα κόστη αποθεμάτων είναι τα ελάχιστα πάγια που έχει το εργοστάσιο.

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί πως από τα τέσσερα στάδια παραγωγής, οι χρόνοι ασφαλείας $A_{j,t}$ του πρώτου σταδίου εμφανίζουν τις μεγαλύτερες μειώσεις, που σημαίνει πως οι τελικές εργατοώρες των μηχανών του πρώτου σταδίου προσεγγίζουν τις διαθέσιμες. Συγκεκριμένα, οι χρόνοι ασφαλείας των έξι μηνών που πραγματοποιείται η αύξηση ζήτησης, είναι αυτοί που επηρεάζονται πιο άμεσα. Σε κάθε περίπτωση, οι χρόνοι αυτοί, όπως φαίνεται και σε όλους τους πίνακες των πέντε σεναρίων, παραμένουν μεγάλοι, για την κάλυψη των έκτακτων παραγγελιών. Το εργοστάσιο, αυξάνει το καθαρό κέρδος του και δεν αντιμετωπίζει ακόμα κανένα πρόβλημα.

Σε όλα αυτά τα πέντε σενάρια το καθαρό κέρδος αυξάνεται, χωρίς να μεταβάλλεται το συνολικό κόστος αποθέματος. Αυτό είναι συνέπεια του ότι δεν υπάρχουν αποθέματα, πλην των αρχικών. Έτσι, τόσο στον διπλασιασμό όσο και στον τριπλασιασμό της ζήτησης η εταιρία έχει σταθερά κόστη αρχικών αποθεμάτων και αυξανόμενα κέρδη, άρα αυξανόμενο καθαρό κέρδος.

Παρακάτω παρουσιάζονται με τη σειρά αρίθμησης των σεναρίων, τα βέλτιστα πλάνα παραγωγής όπως προκύπτουν από την επίλυση του προβλήματος στο Excel.

Σενάριο 1 -2:

X = 1 ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

Y = 2 ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος)

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3194	50447	37024	192120	16080	23010	92235	37528
ΜΑΡΤΙΟΣ	3452	63173	62260	133015	10405	23717	109321	38801
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2123	49433	35591	133823	21489	26383	71351	34693
ΜΑΙΟΣ	2701	48471	34905	232132	15753	20026	68975	53035
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1232	40020	38711	166425	10429	6563	67236	37143
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1118	72352	38110	177317	3506	15641	86630	44520
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	18987	490844	352096	1498694	101906	149831	713709	347763

Πίνακας 4-80 Ζήτηση σενάριο 1-2

Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3194	50447	37024	192120	16080	23010	92235	37528
ΜΑΡΤΙΟΣ	3452	63173	62260	133015	10405	23717	109321	38801
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2123	49433	35591	133823	21489	26383	71351	34693
ΜΑΙΟΣ	2701	48471	34905	232132	15753	20026	68975	53035
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1232	40020	38711	166425	10429	6563	67236	37143
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1118	72352	38110	177317	3506	15641	86630	44520
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	18987	490844	352096	1498694	101906	149831	713709	347763

Πίνακας 4-81 Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 - 2

Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	100	100	100	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
	20528	456942	482006	1600606	245676	196128	1282108	517027
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	4801020							
$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	2	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	21							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	4800998							

Πίνακας 4-82 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 - 2

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α _{j,t} Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2755	3360	605
ΜΑΡΤΙΟΣ	2718	3720	1002
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2253	3600	1347
ΜΑΙΟΣ	2876	3720	844
ΙΟΥΝΙΟΣ	1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2244	3600	1356
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1216	3720	2504
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2701	3600	899
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1224	3720	2496

Πίνακας 4-83 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2

Στάδιο 2	Ετή Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ετή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5511	19488	13977
ΜΑΡΤΙΟΣ	5437	21576	16139
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	4506	20880	16374
ΜΑΙΟΣ	5753	21576	15823
ΙΟΥΝΙΟΣ	2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	4488	20880	16392
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2432	21576	19144
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	5403	20880	15477
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2448	21576	19128
Στάδιο 3	Ετή Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ετή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1653	4116	2463
ΜΑΡΤΙΟΣ	1631	4557	2926
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1352	4410	3058
ΜΑΙΟΣ	1726	4557	2831
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1346	4410	3064
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	730	4557	3827
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1621	4410	2789
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	4557	3823
Στάδιο 4	Ετή Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ετή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1653	5852	4199
ΜΑΡΤΙΟΣ	1631	6479	4848
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1352	6270	4918
ΜΑΙΟΣ	1726	6479	4753
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1346	6270	4924
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	730	6479	5749
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1621	6270	4649
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	6479	5745

Πίνακας 4-84 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2

Σενάριο 1 -2.1:

X = 1 ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

Y = 2.1 ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος)

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3354	52969	38875	201726	16884	24160	96847	39404
ΜΑΡΤΙΟΣ	3625	66332	65373	139666	10925	24903	114788	40741
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2229	51904	37370	140515	22564	27702	74919	36428
ΜΑΙΟΣ	2836	50894	36651	243738	16541	21028	72424	55687
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1293	42021	40646	174746	10951	6891	70598	39000
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1174	75969	40015	186183	3681	16423	90961	46746
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	19678	507039	364426	1550436	105789	155598	738497	360049

Πίνακας 4-85 Ζήτηση σενάριο 1 – 2.1

Ποσότητα Παραγωγής Χit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3354	52969	38875	201726	16884	24160	96847	39404
ΜΑΡΤΙΟΣ	3625	66332	65373	139666	10925	24903	114788	40741
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2229	51904	37370	140515	22564	27702	74919	36428
ΜΑΙΟΣ	2836	50894	36651	243738	16541	21028	72424	55687
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1293	42021	40646	174746	10951	6891	70598	39000
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1174	75969	40015	186183	3681	16423	90961	46746
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	19678	507039	364426	1550436	105789	155598	738497	360049
Απόθεμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Yi,0 [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	100	100	100	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	21275	472018	498885	1655866	255037	203677	1326636	535293
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	4968687							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	2	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	21							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	4968665							

Πίνακας 4-86 Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.1

	Στάδιο 1	Τjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039		3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2893		3360	467
ΜΑΡΤΙΟΣ	2854		3720	866
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2366		3600	1234
ΜΑΙΟΣ	3020		3720	700
ΙΟΥΝΙΟΣ	1076		3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239		3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076		3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2356		3600	1244
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1216		3720	2504
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2836		3600	764
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1224		3720	2496

Πίνακας 4-87 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.1

Στάδιο 2	Σύνολο Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Σύνολο Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α.τ. Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5786	19488	13702
ΜΑΡΤΙΟΣ	5709	21576	15867
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	4732	20880	16148
ΜΑΙΟΣ	6040	21576	15536
ΙΟΥΝΙΟΣ	2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	4713	20880	16167
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2432	21576	19144
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	5673	20880	15207
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2448	21576	19128
Στάδιο 3	Σύνολο Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Σύνολο Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α.τ. Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1736	4116	2380
ΜΑΡΤΙΟΣ	1713	4557	2844
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1419	4410	2991
ΜΑΙΟΣ	1812	4557	2745
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1414	4410	2996
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	730	4557	3827
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1702	4410	2708
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	4557	3823
Στάδιο 4	Σύνολο Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Σύνολο Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α.τ. Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1736	5852	4116
ΜΑΡΤΙΟΣ	1713	6479	4766
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1419	6270	4851
ΜΑΙΟΣ	1812	6479	4667
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1414	6270	4856
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	730	6479	5749
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1702	6270	4568
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	6479	5745

Πίνακας 4-88 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.1

Σενάριο 1 -2.2:

X = 1 ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

Y = 2.2 ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος)

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3514	55492	40727	211333	17688	25311	101459	41281
ΜΑΡΤΙΟΣ	3797	69490	68486	146316	11446	26089	120254	42681
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2335	54376	39150	147206	23638	29021	78486	38163
ΜΑΙΟΣ	2971	53318	38396	255345	17328	22029	75872	58339
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1355	44022	42582	183067	11472	7219	73960	40857
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1230	79587	41921	195049	3856	17205	95293	48972
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	20369	523234	376756	1602178	109673	161365	763284	372335

Πίνακας 4-89 Ζήτηση σενάριο 1 – 2.2

Ποσότητα Παραγωγής Χit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3514	55492	40727	211333	17688	25311	101459	41281
ΜΑΡΤΙΟΣ	3797	69490	68486	146316	11446	26089	120254	42681
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2335	54376	39150	147206	23638	29021	78486	38163
ΜΑΙΟΣ	2971	53318	38396	255345	17328	22029	75872	58339
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1355	44022	42582	183067	11472	7219	73960	40857
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1230	79587	41921	195049	3856	17205	95293	48972
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	20369	523234	376756	1602178	109673	161365	763284	372335
Απόθεμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Y _{i,0} [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	100	100	100	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	22022	487094	515764	1711126	264398	211226	1371164	553558
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	5136354							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	2	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	21							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	5136332							

Πίνακας 4-90 Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.2

Στάδιο 1	Γήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Γήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3031	3360	329
ΜΑΡΤΙΟΣ	2990	3720	730
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2478	3600	1122
ΜΑΙΟΣ	3164	3720	556
ΙΟΥΝΙΟΣ	1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2468	3600	1132
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1216	3720	2504
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2971	3600	629
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1224	3720	2496

Πίνακας 4-91 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.2

	Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		6062	19488	13426
ΜΑΡΤΙΟΣ		5981	21576	15595
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		4957	20880	15923
ΜΑΙΟΣ		6328	21576	15248
ΙΟΥΝΙΟΣ		2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ		2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		4937	20880	15943
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		2432	21576	19144
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		5943	20880	14937
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2448	21576	19128
	Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		1819	4116	2297
ΜΑΡΤΙΟΣ		1794	4557	2763
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		1487	4410	2923
ΜΑΙΟΣ		1898	4557	2659
ΙΟΥΝΙΟΣ		646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		1481	4410	2929
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		730	4557	3827
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		1783	4410	2627
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		734	4557	3823
	Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		1819	5852	4033
ΜΑΡΤΙΟΣ		1794	6479	4685
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		1487	6270	4783
ΜΑΙΟΣ		1898	6479	4581
ΙΟΥΝΙΟΣ		646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		1481	6270	4789
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		730	6479	5749
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		1783	6270	4487
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		734	6479	5745

Πίνακας 4-92 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.2

Σενάριο 1 -2.3:

X = 1 ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

Y = 2.3 ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος)

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3674	58014	42578	220939	18492	26461	106070	43157
ΜΑΡΤΙΟΣ	3970	72649	71599	152967	11966	27275	125720	44621
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2441	56848	40930	153897	24713	30341	82054	39897
ΜΑΙΟΣ	3106	55741	40141	266951	18116	23030	79321	60990
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1417	46023	44518	191389	11994	7547	77321	42714
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1285	83204	43826	203915	4032	17987	99624	51198
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	21060	539429	389086	1653919	113556	167132	788072	384621

Πίνακας 4-93 Ζήτηση σενάριο 1 – 2.3

Ποσότητα Παραγωγής Χit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3674	58014	42578	220939	18492	26461	106070	43157
ΜΑΡΤΙΟΣ	3970	72649	71599	152967	11966	27275	125720	44621
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2441	56848	40930	153897	24713	30341	82054	39897
ΜΑΙΟΣ	3106	55741	40141	266951	18116	23030	79321	60990
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1417	46023	44518	191389	11994	7547	77321	42714
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1285	83204	43826	203915	4032	17987	99624	51198
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	21060	539429	389086	1653919	113556	167132	788072	384621
Απόθεμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Yi,0 [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	100	100	100	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	22770	502170	532644	1766386	273760	218775	1415692	571824
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	5304021							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	2	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	21							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	5303999							

Πίνακας 4-94 Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.3

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3169	3360	191
ΜΑΡΤΙΟΣ	3126	3720	594
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2591	3600	1009
ΜΑΙΟΣ	3308	3720	412
ΙΟΥΝΙΟΣ	1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2581	3600	1019
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1216	3720	2504
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3107	3600	493
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1224	3720	2496
Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6337	19488	13151
ΜΑΡΤΙΟΣ	6252	21576	15324
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5182	20880	15698
ΜΑΙΟΣ	6616	21576	14960
ΙΟΥΝΙΟΣ	2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	5161	20880	15719
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2432	21576	19144
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6213	20880	14667
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2448	21576	19128
Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1901	4116	2215
ΜΑΡΤΙΟΣ	1876	4557	2681
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1555	4410	2855
ΜΑΙΟΣ	1985	4557	2572
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1548	4410	2862
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	730	4557	3827
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1864	4410	2546
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	4557	3823
Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1901	5852	3951
ΜΑΡΤΙΟΣ	1876	6479	4603
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1555	6270	4715
ΜΑΙΟΣ	1985	6479	4494
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1548	6270	4722
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	730	6479	5749
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1864	6270	4406
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	6479	5745

Πίνακας 4-95 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.3

Σενάριο 1 -2.4:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

$Y = 2.4$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος)

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3833	60536	44429	230545	19296	27612	110682	45033
ΜΑΡΤΙΟΣ	4142	75807	74712	159618	12486	28461	131186	46561
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2547	59319	42709	160588	25787	31660	85621	41632
ΜΑΙΟΣ	3242	58165	41886	278558	18904	24032	82770	63642
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1478	48024	46453	199710	12515	7876	80683	44571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1341	86822	45732	212781	4207	18769	103956	53424
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	21751	555623	401416	1705661	117439	172899	812859	396907
Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3833	60536	44429	230545	19296	27612	110682	45033
ΜΑΡΤΙΟΣ	4142	75807	74712	159618	12486	28461	131186	46561
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2547	59319	42709	160588	25787	31660	85621	41632
ΜΑΙΟΣ	3242	58165	41886	278558	18904	24032	82770	63642
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1478	48024	46453	199710	12515	7876	80683	44571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1341	86822	45732	212781	4207	18769	103956	53424
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	21751	555623	401416	1705661	117439	172899	812859	396907
Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	100	100	100	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
	23517	517246	549523	1821646	283121	226324	1460220	590090
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	5471688							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	2	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	21							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	5471667							

Πίνακας 4-96 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.4

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αμ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3306	3360	54
ΜΑΡΤΙΟΣ	3262	3720	458
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2704	3600	896
ΜΑΙΟΣ	3452	3720	268
ΙΟΥΝΙΟΣ	1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2693	3600	907
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1216	3720	2504
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3242	3600	358
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1224	3720	2496
Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αμ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6613	19488	12875
ΜΑΡΤΙΟΣ	6524	21576	15052
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5407	20880	15473
ΜΑΙΟΣ	6903	21576	14673
ΙΟΥΝΙΟΣ	2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	5386	20880	15494
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2432	21576	19144
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6483	20880	14397
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2448	21576	19128
Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αμ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1984	4116	2132
ΜΑΡΤΙΟΣ	1957	4557	2600
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1622	4410	2788
ΜΑΙΟΣ	2071	4557	2486
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1616	4410	2794
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	730	4557	3827
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1945	4410	2465
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	4557	3823
Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αμ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1984	5852	3868
ΜΑΡΤΙΟΣ	1957	6479	4522
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1622	6270	4648
ΜΑΙΟΣ	2071	6479	4408
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1616	6270	4654
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	730	6479	5749
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1945	6270	4325
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	6479	5745

Πίνακας 4-97 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.4

4.7.3.2 Σενάριο 1 – 2.5

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

$Y = 2.5$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος)

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 2.5, το πρόγραμμα εμφάνισε τον ελάχιστο κρίσιμο αριθμό $Cr=1$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στον μήνα Φεβρουάριο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δεύτερο μήνα του έτους $A_{1,2} = 0$ ώρες.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε κατά 2.5 φορές:

13261 kg. Επειδή υπάρχει το αρχικό απόθεμα $Y_{2,0} = 100$ kg, τον Ιανουάριο παρήχθησαν 13161 kg επιπλέον, άρα το απόθεμα του Ιανουαρίου είναι 13261 kg. Όπως φαίνεται και στον πίνακα με τις εργατοώρες, οι τελικές εργατοώρες συνολικά (για όλα τα προϊόντα) του μήνα Φεβρουάριο, έφτασαν τις διαθέσιμες (3360 ώρες). Έτσι τα επιπλέον 13261 kg που πρέπει να πουληθούν τον Φεβρουάριο από το προϊόν B, δεν μπορούν να παραχθούν τον ίδιο μήνα, γι' αυτό το πλάνο παραγωγής τα παράγει τον αμέσως προηγούμενο μήνα και τα αφήνει σαν απόθεμα στις αποθήκες, έτσι ώστε να πουληθούν τον Φεβρουάριο όπως είναι προγραμματισμένο. Το πλάνο παραγωγής λοιπόν, προγραμματίζει τις αντίστοιχες ποσότητες παραγωγής με βάση τα αρχικά αποθέματα, την διαθεσιμότητα των εργατοωρών και των διαθέσιμων χρόνων ασφαλείας, κάθε μήνα κάθε σταδίου, κάθε προϊόντος.

Υπενθυμίζεται ότι το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής, πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα.

Επίσης, το προϊόν B - Float8 είναι το δεύτερο κατά σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg. Επομένως, το πλάνο παραγωγής επιλέγει να παραγάγει επιπλέον κιλά και να δημιουργεί απόθεμα από το προϊόν που έχει το μικρότερο κόστος αποθέματος, ώστε να έχει το μέγιστο καθαρό κέρδος.

Επιπλέον, το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 350 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή αποθέματος προϊόντος B τον Φεβρουάριο, μαζί με το πάγιο κόστος αποθέματος του αρχικού αποθέματος. Το καθαρό κέρδος αυξάνεται.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας το μήνα Φεβρουάριο, δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής τον δεύτερο μήνα του έτους, δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

	Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1123	3720	2597
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ		3398	3720	322
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2816	3600	784
ΜΑΙΟΣ		3595	3720	125
ΙΟΥΝΙΟΣ		1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ		1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		2805	3600	795
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		1216	3720	2504
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		3377	3600	223
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		1224	3720	2496
	Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		2247	21576	19329
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ		6796	21576	14780
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		5633	20880	15247
ΜΑΙΟΣ		7191	21576	14385
ΙΟΥΝΙΟΣ		2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ		2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		5610	20880	15270
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		2432	21576	19144
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		6753	20880	14127
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2448	21576	19128

Πίνακας 4-99 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.5

	Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		674	4557	3883
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ		2039	4557	2518
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		1690	4410	2720
ΜΑΙΟΣ		2157	4557	2400
ΙΟΥΝΙΟΣ		646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		1683	4410	2727
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		730	4557	3827
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2026	4410	2384
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		734	4557	3823
	Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Α.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		674	6479	5805
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ		2039	6479	4440
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		1690	6270	4580
ΜΑΙΟΣ		2157	6479	4322
ΙΟΥΝΙΟΣ		646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		1683	6270	4587
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		730	6479	5749
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2026	6270	4244
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		734	6479	5745

Πίνακας 4-100 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.5

4.7.3.3 Σενάριο 1 –2.6, 1 – 2.7, 1 – 2.8, 1 – 2.9

Σενάριο 1 -2.6:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

$Y = 2.6$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος)

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 2.6, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό $Cr = 2$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Φεβρουάριο και Μάιο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δεύτερο και τον πέμπτο μήνα του έτους $A_{1,2} = A_{1,5} = 0$ ώρες. Δεν υπάρχουν διαθέσιμες επιπλέον εργατοώρες αυτούς τους μήνες από τις μηχανές του πρώτου σταδίου. Να σημειωθεί πως και οι δύο μήνες ανήκουν στους προεπιλεγμένους που αυξάνεται η ζήτηση.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 2.6 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4153	65581	48131	249757	20904	29913	119906	48786
ΜΑΡΤΙΟΣ	4488	82125	80938	172919	13527	30833	142118	50441
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2759	64263	46268	173970	27936	34298	92757	45101
ΜΑΙΟΣ	3512	63012	45377	301771	20479	26034	89667	68946
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1601	52026	50324	216352	13558	8532	87407	48285
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1453	94057	49543	230513	4558	20333	112619	57876
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	23133	588013	426076	1809144	125205	184433	862434	421479

Πίνακας 4-101 Ζήτηση σενάριο 1 – 2.6

Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	58106	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4153	30608	48131	249757	20904	29913	119906	48786
ΜΑΡΤΙΟΣ	4488	82125	80938	172919	13527	30833	142118	50441
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2759	67294	46268	173971	27936	34298	92757	45101
ΜΑΙΟΣ	3512	59980	45377	301771	20479	26034	89667	68946
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1601	52026	50324	216352	13558	8532	87407	48285
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1453	94057	49543	230513	4558	20333	112619	57876
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	23133	588013	426076	1809144	125205	184433	862434	421479
Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	34973	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	3032	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	38105	100	100	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
	25011	547399	583282	1932166	301844	241422	1549277	626622
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	5807022							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
	2	945	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	964							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	5806059							

Πίνακας 4-102 Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.6

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 964 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο $Y_{2,1} = 34973$ kg και $Y_{2,4} = 3032$ kg. Το καθαρό κέρδος αυξάνεται.

Το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής, πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα και να υπάρχει στις αποθήκες στην αρχή του Ιανουαρίου.

Το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο σε σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg.

Το πλάνο παραγωγής και πάλι προγραμματίζει τις αντίστοιχες ποσότητες παραγωγής και αποθεμάτων, με βάση τα αρχικά αποθέματα, την διαθεσιμότητα των εργατοωρών και των διαθέσιμων χρόνων ασφαλείας, κάθε μήνα κάθε σταδίου κάθε προϊόντος, καθώς επίσης και το ποιο προϊόν έχει το μικρότερο κόστος αποθέματος και παραγωγής, ώστε στο τέλος να έχει το μέγιστο καθαρό κέρδος.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Φεβρουάριο και Μάιο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

	Στάδιο 1	Τμή Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1261	3720	2459
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ		3534	3720	186
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2948	3600	652
ΜΑΙΟΣ		3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ		1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ		1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		2917	3600	683
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		1216	3720	2504
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		3512	3600	88
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		1224	3720	2496
	Στάδιο 2	Τμή Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		2522	21576	19054
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ		7068	21576	14508
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		5897	20880	14983
ΜΑΙΟΣ		7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ		2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ		2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		5835	20880	15045
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		2432	21576	19144
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		7023	20880	13857
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2448	21576	19128
	Στάδιο 3	Τμή Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		757	4557	3800
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ		2120	4557	2437
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		1769	4410	2641
ΜΑΙΟΣ		2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ		646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		1750	4410	2660
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		730	4557	3827
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2107	4410	2303
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		734	4557	3823
	Στάδιο 4	Τμή Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		757	6479	5722
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ		2120	6479	4359
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		1769	6270	4501
ΜΑΙΟΣ		2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ		646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		1750	6270	4520
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		730	6479	5749
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2107	6270	4163
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		734	6479	5745

Πίνακας 4-103 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.6

Σενάριο 1 -2.7:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

$Y = 2.7$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος).

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 2.7, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό $Cr = 3$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Φεβρουάριο, Μάιο και Νοέμβριο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δεύτερο, τον πέμπτο και τον εντέκατο μήνα του έτους $A_{1,2} = A_{1,5} = A_{1,11} = 0$ ώρες. Πολύ μεγάλη μείωση ωρών παρατηρείται και στους υπόλοιπους μήνες, ιδιαίτερα για το πρώτο στάδιο παραγωγής.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 2.7 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4313	68103	49983	259363	21708	31063	124517	50663
ΜΑΡΤΙΟΣ	4660	85283	84051	179570	14047	32019	147584	52381
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2865	66734	48048	180662	29011	35617	96324	46836
ΜΑΙΟΣ	3647	65435	47122	313378	21267	27036	93116	71597
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1663	54027	52260	224674	14079	8860	90769	50143
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1509	97675	51448	239378	4733	21115	116950	60102
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	23824	604207	438406	1860886	129088	190200	887222	433765
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	79818	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4313	11418	49983	259363	21708	31063	124517	50663
ΜΑΡΤΙΟΣ	4660	85283	84051	179570	14047	32019	147584	52381
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2865	92431	48048	180662	29011	35617	96324	46836
ΜΑΙΟΣ	3647	39738	47122	313378	21267	27036	93116	71597
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1663	54027	52260	224674	14079	8860	90769	50143
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	32176	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1509	90302	51448	239378	4733	21115	116950	60102
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	23824	604207	438406	1860886	129088	190200	887222	433765
Απόθεμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Yi,0 [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	56685	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	25697	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	7372	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	89854	100	100	100	100	100	100

Πίνακας 4-104 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής και Αποθέματα σενάριο 1 – 2.7

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	25758	562475	600161	1987426	311206	248972	1593805	644888
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	5974689							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	2228	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2247							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	5972443							

Πίνακας 4-105 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.7

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 2247 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Ιανουάριο $Y_{2,1} = 56685$ kg, τον Απρίλιο $Y_{2,4} = 25697$ kg και τον Οκτώβριο $Y_{2,10} = 7372$ kg. Το καθαρό κέρδος αυξάνεται.

Το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής, πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα και να υπάρχει στις αποθήκες στην αρχή του Ιανουαρίου.

Το προϊόν B - Float8 είναι το δεύτερο σε σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg.

Το πλάνο παραγωγής και πάλι προγραμματίζει τις αντίστοιχες ποσότητες παραγωγής και αποθεμάτων, με βάση τα αρχικά αποθέματα, την διαθεσιμότητα των εργατοωρών και των διαθέσιμων χρόνων ασφαλείας, κάθε μήνα κάθε σταδίου, κάθε προϊόντος καθώς επίσης και το ποιο προϊόν έχει το μικρότερο κόστος αποθέματος και παραγωγής, ώστε στο τέλος να έχει το μέγιστο καθαρό κέρδος.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Φεβρουάριο, Μάιο και Νοέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1399	3720	2321
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3670	3720	50
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3205	3600	395
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3030	3600	570
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1263	3720	2457
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1224	3720	2496
Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2798	21576	18778
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ	7340	21576	14236
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6410	20880	14470
ΜΑΙΟΣ	7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ	2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	6059	20880	14821
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2525	21576	19051
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2448	21576	19128
Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	839	4557	3718
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ	2202	4557	2355
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1923	4410	2487
ΜΑΙΟΣ	2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1818	4410	2592
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	758	4557	3799
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	4557	3823
Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	839	6479	5640
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ	2202	6479	4277
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1923	6270	4347
ΜΑΙΟΣ	2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1818	6270	4452
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	758	6479	5721
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	6479	5745

Πίνακας 4-106 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.7

Σενάριο 1 -2.8:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

$Y = 2.8$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος).

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 2.8, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό $Cr = 4$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Μάιο και Νοέμβριο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δεύτερο, τον τρίτο, τον πέμπτο και τον εντέκατο μήνα του έτους $A_{1,2} = A_{1,3} = A_{1,5} = A_{1,11} = 0$ ώρες. Πολύ μεγάλη μείωση ωρών παρατηρείται και στους υπόλοιπους μήνες, ιδιαίτερα για το πρώτο στάδιο παραγωγής. Να σημειωθεί πως αυτοί οι τέσσερις μήνες είναι και οι τέσσερις από τους έξι προεπιλεγμένους μήνες στους οποίους αυξάνονται οι αρχικές τους ζητήσεις.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 2.8 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4472	70626	51834	268969	22512	32214	129129	52539
ΜΑΡΤΙΟΣ	4833	88442	87164	186221	14567	33204	153050	54321
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2972	69206	49827	187353	30085	36936	99892	48571
ΜΑΙΟΣ	3782	67859	48867	324984	22054	28037	96565	74249
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1724	56028	54195	232995	14601	9188	94130	52000
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1565	101292	53353	248244	4908	21897	121282	62328
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	24515	620402	450737	1912628	132971	195967	912009	446051
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	107280	19228	77833	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4472	0	51834	261040	22512	32214	129129	52539
ΜΑΡΤΙΟΣ	4833	74921	87164	186221	14567	33204	153050	54321
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2972	117568	49827	187353	30085	36936	99892	48571
ΜΑΙΟΣ	3782	19496	48867	324984	22054	28037	96565	74249
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1724	56028	54195	232995	14601	9188	94130	52000
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	53462	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1565	72634	53353	248244	4908	21897	121282	62328
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	24515	620402	450737	1912628	132971	195967	912009	446051
Αποθέμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Y_{i,0} [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	84147	0	7929	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	13521	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	48363	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	28659	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	174789	100	8029	100	100	100	100

Πίνακας 4-107 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα σενάριο 1 – 2.8

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΚΕΡΔΟΣ								
$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	26505	577551	617040	2042686	320567	256521	1638333	663153
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	6142356							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ								
$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	4333	2	200	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	4550							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	6137807							

Πίνακας 4-108 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.8

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 4550 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Ιανουάριο $Y_{2,1} = 84147$ kg, τον Φεβρουάριο $Y_{2,2} = 13521$ kg, τον Απρίλιο $Y_{2,4} = 48363$ kg και τον Οκτώβριο $Y_{2,10} = 28659$ kg, καθώς και από την παραγωγή αποθέματος προϊόντος Δ τον Ιανουάριο $Y_{4,2} = 7929$ kg. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

Το προϊόν Δ - Kara Float24 είναι το τρίτο στη σειρά προϊόν με το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_4 = 2.49$ €/kg και μικρό κόστος αποθέματος $h_4 = 0.0249$ €/kg. Το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο σε σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg. Είναι εμφανές πως δεν υπάρχουν καθόλου αποθέματα στα προϊόντα που έχουν τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος, που είναι τα προϊόντα Ε - Kara Nylon24, Ζ - Nylon, Η - Strong, όλους τους μήνες του χρόνου. Εξαιρείται το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής και πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους και στην αρχή του πρώτου μήνα του έτους, $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι προφανές πως την εταιρία την συμφέρει να φτιάχνει αποθέματα των προϊόντων που έχουν το μικρότερο κόστος αποθέματος.

Επίσης σε αυτό το σενάριο παρατηρείται μηδενική ποσότητα παραγωγής σε συγκεκριμένο μήνα, του οποίου η ζήτηση παράγεται έναν μήνα πριν. Έτσι δίνεται μεγαλύτερο βάρος στην παραγωγή άλλων προϊόντων εκείνο το μήνα, που έχουν μεγαλύτερο κόστος αποθέματος και δεν συμφέρει την εταιρία να δημιουργήσει απόθεμα αυτών.

Και σε αυτό το σενάριο, παρατηρούμε πως το πλάνο παραγωγής επιμένει στην δημιουργία αποθεμάτων των προϊόντων με μικρότερο κόστος παραγωγής και αποθέματος, σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα των εργατοωρών για κάθε μήνα.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Μάιο και Νοέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

	Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1622	3720	2098
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ		3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		3461	3600	139
ΜΑΙΟΣ		3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ		1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ		1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		3142	3600	458
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		1398	3720	2322
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		1224	3720	2496
	Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		3245	21576	18331
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ		7440	21576	14136
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		6922	20880	13958
ΜΑΙΟΣ		7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ		2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ		2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		6283	20880	14597
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		2795	21576	18781
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2448	21576	19128

Πίνακας 4-109 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.8

	Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		973	4557	3584
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ		2232	4557	2325
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2077	4410	2333
ΜΑΙΟΣ		2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ		646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		1885	4410	2525
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		839	4557	3718
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		734	4557	3823
	Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		973	6479	5506
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ		2232	6479	4247
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2077	6270	4193
ΜΑΙΟΣ		2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ		646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		1885	6270	4385
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		839	6479	5640
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		734	6479	5745

Πίνακας 4-110 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.8

Σενάριο 1 -2.9:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

$Y = 2.9$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος).

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 2.9, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό $Cr = 5$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Νοέμβριο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δεύτερο, τον τρίτο, τον τέταρτο, τον πέμπτο και τον εντέκατο μήνα του έτους $A_{1,2} = A_{1,3} = A_{1,4} = A_{1,5} = A_{1,11} = 0$ ώρες. Πολύ μεγάλη μείωση ωρών παρατηρείται και στους υπόλοιπους μήνες, ιδιαίτερα για το πρώτο στάδιο παραγωγής. Να σημειωθεί πως αυτοί οι πέντε μήνες είναι μέσα στους έξι προεπιλεγμένους μήνες στους οποίους αυξάνονται οι αρχικές τους ζητήσεις.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 2.9 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4632	73148	53685	278575	23316	33364	133741	54415
ΜΑΡΤΙΟΣ	5006	91601	90277	192872	15088	34390	158516	56261
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3078	71677	51607	194044	31159	38255	103459	50305
ΜΑΙΟΣ	3917	70282	50613	336591	22842	29038	100014	76901
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1786	58029	56131	241316	15122	9516	97492	53857
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1621	104910	55259	257110	5083	22679	125613	64554
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	25206	636597	463067	1964369	136854	201734	936796	458337
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	149772	19228	97412	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4632	0	53685	251067	23316	33364	133741	54415
ΜΑΡΤΙΟΣ	5006	56659	90277	192872	15088	34390	158516	56261
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3078	123411	51607	194805	31159	38255	103459	50305
ΜΑΙΟΣ	3917	0	50613	335830	22842	29038	100014	76901
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1786	58029	56131	241316	15122	9516	97492	53857
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	74749	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1621	54965	55259	257110	5083	22679	125613	64554
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	25206	636597	463067	1964369	136854	201734	936796	458337
Απόθεμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Yi,0 [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	126639	0	27508	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	53491	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	18549	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	70282	0	761	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	49945	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	319006	100	28369	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	27252	592627	633920	2097946	329929	264070	1682861	681419
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	6310024							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	7908	2	707	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	8632							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	6301392							

Πίνακας 4-111 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2.9

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 8632 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Ιανουάριο $Y_{2,1} = 126639$ kg, τον Φεβρουάριο $Y_{2,2} = 53491$ kg, τον Μάρτιο $Y_{2,3} = 18549$ kg, τον Απρίλιο $Y_{2,4} = 70282$ kg και τον Οκτώβριο $Y_{2,10} = 49945$ kg, καθώς και από την παραγωγή αποθέματος προϊόντος Δ τον

Ιανουάριο $Y_{4,1} = 27508$ kg και τον Απρίλιο $Y_{4,4} = 461$ kg.. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

Το προϊόν Δ - Kara Float24 είναι το τρίτο στη σειρά προϊόν με το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_4 = 2.49$ €/kg και μικρό κόστος αποθέματος $h_4 = 0.0249$ €/kg. Το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο σε σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg. Είναι εμφανές πως δεν υπάρχουν καθόλου αποθέματα στα προϊόντα που έχουν τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος, που είναι τα προϊόντα Ε - Kara Nylon24, Ζ - Nylon, Η - Strong, όλους τους μήνες του χρόνου. Εξαιρείται το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής και πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους και στην αρχή του πρώτου μήνα του έτους, $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι προφανές πως την εταιρία την συμφέρει να φτιάχνει αποθέματα των προϊόντων που έχουν το μικρότερο κόστος αποθέματος.

Επίσης σε αυτό το σενάριο παρατηρείται μηδενική ποσότητα παραγωγής για το προϊόν Β, στους μήνες Φεβρουάριο και Μάιο, των οποίων μηνών η ζήτηση παράγεται έναν μήνα πριν αντίστοιχα. Έτσι δίνεται μεγαλύτερο βάρος στην παραγωγή άλλων προϊόντων εκείνο το μήνα, που έχουν μεγαλύτερο κόστος αποθέματος και δεν συμφέρει την εταιρία να δημιουργήσει απόθεμα αυτών. Επιλέγεται η δημιουργία αποθεμάτων, των προϊόντων με το χαμηλότερο κόστος αποθέματος.

Και σε αυτό το σενάριο, παρατηρούμε πως το πλάνο παραγωγής επιμένει στην δημιουργία αποθεμάτων των προϊόντων με μικρότερο κόστος παραγωγής και αποθέματος, σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα των εργατοωρών για κάθε μήνα.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Νοέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

	Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		2014	3720	1706
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ		3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ		3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ		1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ		1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		3254	3600	346
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		1533	3720	2187
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		1224	3720	2496
	Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		4028	21576	17548
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ		7440	21576	14136
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		7200	20880	13680
ΜΑΙΟΣ		7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ		2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ		2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		6508	20880	14372
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		3066	21576	18510
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2448	21576	19128

Πίνακας 4-112 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.9

Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αμ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1208	4557	3349
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ	2232	4557	2325
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	4410	2250
ΜΑΙΟΣ	2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1952	4410	2458
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	920	4557	3637
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	4557	3823
Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αμ.τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1208	6479	5271
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ	2232	6479	4247
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	6270	4110
ΜΑΙΟΣ	2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1952	6270	4318
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	920	6479	5559
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	6479	5745

Πίνακας 4-113 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2.9

4.7.3.4 Σενάριο 1 – 3, 1 – 3.1, 1 – 3.2

Σενάριο 1 -3:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

$Y = 3$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος).

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 3, το πρόγραμμα εμφάνισε και πάλι κρίσιμο αριθμό $Cr = 5$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Νοέμβριο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δεύτερο, τον τρίτο, τέταρτο, τον πέμπτο και τον εντέκατο μήνα του έτους $A_{1,2} = A_{1,3} = A_{1,4} = A_{1,5} = A_{1,11} = 0$ ώρες. Πολύ μεγάλη μείωση ωρών παρατηρείται και στους υπόλοιπους μήνες, ιδιαίτερα για το πρώτο στάδιο παραγωγής. Να σημειωθεί πως αυτοί οι πέντε μήνες είναι μέσα στους έξι προεπιλεγμένους μήνες στους οποίους αυξάνονται οι αρχικές τους ζητήσεις.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 3 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4792	75670	55536	288181	24120	34515	138353	56292
ΜΑΡΤΙΟΣ	5178	94759	93390	199522	15608	35576	163982	58202
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3184	74149	53386	200735	32234	39575	107027	52040
ΜΑΙΟΣ	4052	72706	52358	348197	23630	30040	103462	79553
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1848	60030	58066	249637	15644	9844	100854	55714
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1677	108527	57164	265976	5259	23461	129945	66780
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	25897	652792	475397	2016111	140738	207501	961584	470623

Πίνακας 4-114 Ζήτηση σενάριο 1 – 3

Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	214136	19228	116992	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4792	0	55536	241093	24120	34515	138353	56292
ΜΑΡΤΙΟΣ	5178	38396	93390	199522	15608	35576	163982	58202
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3184	87886	53386	222149	32234	39575	107027	52040
ΜΑΙΟΣ	4052	0	52358	326784	23630	30040	103462	79553
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1848	60030	58066	249637	15644	9844	100854	55714
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	96035	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1677	37296	57164	265976	5259	23461	129945	66780
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	25897	652792	475397	2016111	140738	207501	961584	470623
Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	191003	0	47087	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	115332	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	58969	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	72706	0	21414	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	71231	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	509341	100	68601	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ $\max(K)$								
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
	27999	607703	650799	2153206	339290	271619	1727389	699685
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	6477691							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	12627	2	1710	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	14353							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ $\max(K)$	6463338							

Πίνακας 4-115 Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 14353 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Ιανουάριο $Y_{2,1} = 191003$ kg, τον Φεβρουάριο $Y_{2,2} = 115332$ kg, τον Μάρτιο $Y_{2,3} = 58969$ kg, τον Απρίλιο $Y_{2,4} = 72706$ kg και τον Οκτώβριο $Y_{2,10} = 71231$ kg, καθώς και από την παραγωγή αποθέματος προϊόντος Δ τον Ιανουάριο $Y_{4,1} = 47087$ kg και τον Απρίλιο $Y_{4,4} = 21414$ kg.. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

Το προϊόν Δ - Kara Float24 είναι το τρίτο στη σειρά προϊόν με το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_4 = 2.49$ €/kg και μικρό κόστος αποθέματος $h_4 = 0.0249$ €/kg. Το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο σε σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg. Είναι εμφανές πως δεν υπάρχουν καθόλου αποθέματα στα προϊόντα που έχουν τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος, που είναι τα προϊόντα Ε - Kara Nylon24, Ζ - Nylon, Η - Strong, όλους τους μήνες του χρόνου. Εξαιρείται το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής και πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους και στην αρχή του πρώτου μήνα του έτους, $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα

προϊόντα. Η ζήτηση του Δεκεμβρίου αυξάνεται κατά 100 κιλά σε κάθε προϊόν και οι ποσότητες παραγωγής του πρώτου μήνα του έτους, είναι κατά 100 κιλά μικρότερες, όπως αποδεικνύεται και στους πίνακες. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι προφανές πως την εταιρία την συμφέρει να φτιάχνει αποθέματα των προϊόντων που έχουν το μικρότερο κόστος αποθέματος.

Επίσης σε αυτό το σενάριο παρατηρείται μηδενική ποσότητα παραγωγής για το προϊόν Β, στους ίδιους μήνες Φεβρουάριο και Μάιο, των οποίων μηνών η ζήτηση παράγεται έναν μήνα πριν αντίστοιχα. Έτσι δίνεται μεγαλύτερο βάρος στην παραγωγή άλλων προϊόντων εκείνο το μήνα, που έχουν μεγαλύτερο κόστος αποθέματος και δεν συμφέρει την εταιρία να δημιουργήσει απόθεμα αυτών. Επιλέγεται η δημιουργία αποθεμάτων, των προϊόντων με το χαμηλότερο κόστος αποθέματος.

Και σε αυτό το σενάριο, παρατηρούμε πως το πλάνο παραγωγής επιμένει στην δημιουργία αποθεμάτων των προϊόντων με μικρότερο κόστος παραγωγής και αποθέματος, σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα των εργατοωρών για κάθε μήνα.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Νοέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

	Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		2544	3720	1176
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ		3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ		3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ		1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ		1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		3366	3600	234
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		1668	3720	2052
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		1224	3720	2496
	Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		5088	21576	16488
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ		7440	21576	14136
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		7200	20880	13680
ΜΑΙΟΣ		7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ		2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ		2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		6732	20880	14148
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		3336	21576	18240
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2448	21576	19128
	Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1526	4557	3031
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ		2232	4557	2325
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2160	4410	2250
ΜΑΙΟΣ		2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ		646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		2020	4410	2390
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		1001	4557	3556
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		734	4557	3823
	Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1526	6479	4953
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ		2232	6479	4247
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2160	6270	4110
ΜΑΙΟΣ		2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ		646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		2020	6270	4250
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		1001	6479	5478
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		734	6479	5745

Πίνακας 4-116 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3

Έπειτα από την τιμή 3 στον πολλαπλασιαστή της ζήτησης, και εφόσον το εργοστάσιο ανταποκρίθηκε, δοκιμάστηκε ο τετραπλασιασμός της. Αποτέλεσμα αυτού ήταν το γραμμικό πρόβλημα να μην μπορέσει να αποδώσει εφικτή λύση, και γι' αυτό το λόγο ξεκίνησαν σενάρια πολλαπλασιασμού ζήτησης με βήμα 0.1.

Σενάριο 1 -3.1:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

$Y = 3.1$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος).

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 3.1, το πρόγραμμα εμφάνισε και πάλι κρίσιμο αριθμό $Cr = 5$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Νοέμβριο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δεύτερο, τον τρίτο, τέταρτο, τον πέμπτο και τον εντέκατο μήνα του έτους $A_{1,2} = A_{1,3} = A_{1,4} = A_{1,5} = A_{1,11} = 0$ ώρες. Πολύ μεγάλη μείωση ωρών παρατηρείται και στους υπόλοιπους μήνες, ιδιαίτερα για το πρώτο στάδιο παραγωγής. Να σημειωθεί πως αυτοί οι πέντε μήνες είναι μέσα στους έξι προεπιλεγμένους μήνες στους οποίους αυξάνονται οι αρχικές τους ζητήσεις.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 3.1 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4951	78193	57387	297787	24924	35665	142964	58168
ΜΑΡΤΙΟΣ	5351	97918	96503	206173	16128	36762	169448	60142
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3290	76621	55166	207426	33308	40894	110594	53775
ΜΑΙΟΣ	4187	75129	54103	359804	24417	31041	106911	82204
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1909	62031	60002	257959	16165	10173	104216	57571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1733	112145	59070	274842	5434	24243	134276	69006
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	26588	668986	487727	2067852	144621	213268	986371	482909
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	278499	19228	136571	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4951	0	57387	231120	24924	35665	142964	58168
ΜΑΡΤΙΟΣ	5351	20134	96503	206173	16128	36762	169448	60142
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3290	52361	55166	249493	33308	40894	110594	53775
ΜΑΙΟΣ	4187	0	54103	317737	24417	31041	106911	82204
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1909	62031	60002	257959	16165	10173	104216	57571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	117322	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1733	19627	59070	274842	5434	24243	134276	69006
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	26588	668986	487727	2067852	144621	213268	986371	482909

Πίνακας 4-117 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 – 3.1

Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	255366	0	66666	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	177173	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	99389	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	75129	0	42067	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	92518	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	699676	100	108833	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	28746	622779	667678	2208466	348652	279168	1771917	717951
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	6645358							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	17345	2	2712	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	20074							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	6625284							

Πίνακας 4-118 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.1

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 20074 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Ιανουάριο $Y_{2,1} = 255366$ kg, τον Φεβρουάριο $Y_{2,2} = 177173$ kg, τον Μάρτιο $Y_{2,3} = 99389$ kg, τον Απρίλιο $Y_{2,4} = 75129$ kg και τον Οκτώβριο $Y_{2,10} = 92518$ kg, καθώς και από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Δ τον Ιανουάριο $Y_{4,1} = 66666$ kg και τον Απρίλιο $Y_{4,4} = 42067$ kg. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

Το προϊόν Δ - Kara Float24 είναι το τρίτο στη σειρά προϊόν με το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_4 = 2.49$ €/kg και μικρό κόστος αποθέματος $h_4 = 0.0249$ €/kg. Το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο σε σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg. Είναι εμφανές πως ακόμα δεν υπάρχουν καθόλου αποθέματα στα προϊόντα που έχουν τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος, που είναι τα προϊόντα Ε - Kara Nylon24, Ζ - Nylon, Η - Strong, όλους τους μήνες του χρόνου. Εξαιρείται το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής και πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους και στην αρχή του πρώτου μήνα του έτους, $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα. Η ζήτηση του Δεκεμβρίου αυξάνεται κατά 100 κιλά σε κάθε προϊόν και οι ποσότητες παραγωγής του πρώτου μήνα του έτους, είναι κατά 100 κιλά μικρότερες, όπως αποδεικνύεται και στους πίνακες. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι προφανές πως την εταιρία την συμφέρει να φτιάχνει αποθέματα των προϊόντων που έχουν το μικρότερο κόστος αποθέματος.

Επίσης και πάλι υπάρχει μηδενική ποσότητα παραγωγής για το προϊόν Β, στους ίδιους μήνες Φεβρουάριο και Μάιο, των οποίων μηνών η ζήτηση παράγεται έναν μήνα πριν αντίστοιχα. Έτσι δίνεται μεγαλύτερο βάρος στην παραγωγή άλλων προϊόντων εκείνο το μήνα, που έχουν μεγαλύτερο κόστος αποθέματος και δεν συμφέρει την εταιρία να δημιουργήσει απόθεμα

αυτών. Επιλέγεται η δημιουργία αποθεμάτων, των προϊόντων με το χαμηλότερο κόστος αποθέματος.

Και σε αυτό το σενάριο, παρατηρούμε πως το πλάνο παραγωγής επιμένει στην δημιουργία αποθεμάτων των προϊόντων με μικρότερο κόστος παραγωγής και αποθέματος, σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα των εργατοωρών για κάθε μήνα.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Νοέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

	Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		3074	3720	646
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ		3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ		3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ		1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ		1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		3478	3600	122
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		1803	3720	1917
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		1224	3720	2496
	Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		6148	21576	15428
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ		7440	21576	14136
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		7200	20880	13680
ΜΑΙΟΣ		7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ		2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ		2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		6957	20880	13923
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		3606	21576	17970
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2448	21576	19128
	Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1845	4557	2712
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ		2232	4557	2325
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2160	4410	2250
ΜΑΙΟΣ		2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ		646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		2087	4410	2323
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		1082	4557	3475
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		734	4557	3823
	Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1845	6479	4634
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ		2232	6479	4247
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2160	6270	4110
ΜΑΙΟΣ		2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ		646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		2087	6270	4183
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		1082	6479	5397
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		734	6479	5745

Πίνακας 4-119 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.1

Σενάριο 1 -3.2:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

$Y = 3.2$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος)

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 3.2, το πρόγραμμα εμφάνισε και πάλι κρίσιμο αριθμό $Cr = 5$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο,

Απρίλιο, Μάιο και Νοέμβριο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δεύτερο, τον τρίτο, τέταρτο, τον πέμπτο και τον εντέκατο μήνα του έτους $A_{1,2} = A_{1,3} = A_{1,4} = A_{1,5} = A_{1,11} = 0$ ώρες. Πολύ μεγάλη μείωση ωρών παρατηρείται και στους υπόλοιπους μήνες, ιδιαίτερα για το πρώτο στάδιο παραγωγής. Να σημειωθεί πως αυτοί οι πέντε μήνες είναι μέσα στους έξι προεπιλεγμένους μήνες στους οποίους αυξάνονται οι αρχικές τους ζήτησεις.

Παρουσιάζονται οι ζήτησεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 3.2 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5111	80715	59239	307393	25728	36816	147576	60045
ΜΑΡΤΙΟΣ	5523	101077	99616	212824	16648	37948	174914	62082
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3396	79092	56945	214118	34383	42213	114162	55509
ΜΑΙΟΣ	4322	77553	55849	371411	25205	32042	110360	84856
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1971	64032	61937	266280	16687	10501	107578	59428
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	24804	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1788	115763	60975	283708	5609	25025	138608	71232
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1299	37665	16099	78264	2591	6180	37485	18526
kg/έτος	27279	685181	500057	2119594	148504	219035	1011159	495195
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	342863	19228	156150	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5111	0	59239	221147	25728	36816	147576	60045
ΜΑΡΤΙΟΣ	5523	1871	99616	212824	16648	37948	174914	62082
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3396	16836	56945	276837	34383	42213	114162	55509
ΜΑΙΟΣ	4322	0	55849	308691	25205	32042	110360	84856
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	29220	13110	72193	4641	5148	34987	15752
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1971	64032	61937	266280	16687	10501	107578	59428
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	764	138608	14361	95013	4504	5894	33003	20852
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1788	1958	60975	283708	5609	25025	138608	71232
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1399	37765	16199	78364	2691	6280	37585	18626
kg/έτος	27279	685181	500057	2119594	148504	219035	1011159	495195
Απόθεμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Yi,0 [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	319730	0	86246	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	239015	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	139809	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	77553	0	62720	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	113804	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	890011	100	149066	100	100	100	100

Πίνακας 4-120 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής και Αποθέματα σενάριο 1 – 3.2

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν
		29493	637856	684558	2263726	358013	286717	1816446
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	6813025						
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	22064	2	3715	3	3	3
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	25795						
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)		6787230						

Πίνακας 4-121 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.2

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 25795 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τους ίδιους μήνες με το προηγούμενα τρία σενάρια, καθώς και από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Δ τους ίδιους μήνες με το προηγούμενα τρία σενάρια. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

Το προϊόν Δ και το προϊόν Β έχοντας από τα μικρότερα κόστη αποθεμάτων και παραγωγής, παρατηρούμε την διατήρηση αποθεμάτων. Είναι εμφανές πως ακόμα δεν υπάρχουν καθόλου αποθέματα στα προϊόντα που έχουν τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος, που είναι τα προϊόντα Ε - Kara Nylon24, Ζ - Nylon, Η – Strong, όλους τους μήνες του χρόνου. Εξαιρείται το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής και πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους και στην αρχή του πρώτου μήνα του έτους, $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα. Η ζήτηση του Δεκεμβρίου αυξάνεται κατά 100 κιλά σε κάθε προϊόν και οι ποσότητες παραγωγής του πρώτου μήνα του έτους, είναι κατά 100 κιλά μικρότερες, όπως αποδεικνύεται και στους πίνακες. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι προφανές πως την εταιρία την συμφέρει να φτιάχνει αποθέματα των προϊόντων που έχουν το μικρότερο κόστος αποθέματος.

Επίσης και πάλι υπάρχει μηδενική ποσότητα παραγωγής για το προϊόν Β, στους ίδιους μήνες Φεβρουάριο και Μάιο, των οποίων μηνών η ζήτηση παράγεται έναν μήνα πριν αντίστοιχα. Έτσι δίνεται μεγαλύτερο βάρος στην παραγωγή άλλων προϊόντων εκείνο το μήνα, που έχουν μεγαλύτερο κόστος αποθέματος και δεν συμφέρει την εταιρία να δημιουργήσει απόθεμα αυτών. Επιλέγεται η δημιουργία αποθεμάτων, των προϊόντων με το χαμηλότερο κόστος αποθέματος.

Και σε αυτό το σενάριο, παρατηρούμε πως το πλάνο παραγωγής επιμένει στην δημιουργία αποθεμάτων των προϊόντων με μικρότερο κόστος παραγωγής και αποθέματος, σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα των εργατοωρών για κάθε μήνα.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Νοέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	3604	3720	116
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3591	3600	9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1938	3720	1782
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1224	3720	2496
Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7209	21576	14367
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ	7440	21576	14136
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	7200	20880	13680
ΜΑΙΟΣ	7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ	2153	20880	18727
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	7181	20880	13699
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3876	21576	17700
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2448	21576	19128
Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2163	4557	2394
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ	2232	4557	2325
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	4410	2250
ΜΑΙΟΣ	2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	4410	3764
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2154	4410	2256
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1163	4557	3394
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	4557	3823
Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αί,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2163	6479	4316
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ	2232	6479	4247
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	6270	4110
ΜΑΙΟΣ	2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ	646	6270	5624
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2154	6270	4116
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1163	6479	5316
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	734	6479	5745

Πίνακας 4-122 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.2

4.7.3.5 Σενάριο 1 – 3.3

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών Ιανουάριος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Οκτώβριος, Δεκέμβριος

$Y = 3.3$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους έξι μήνες (Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος)

Στο σενάριο που ο πολλαπλασιαστής της ζήτησης στους συγκεκριμένους έξι μήνες πήγε στο 3.3, το γραμμικό πρόβλημα δεν μπόρεσε να δώσει εφικτή λύση. Ο Open Solver δεν μπόρεσε να βρει τη βέλτιστη λύση γιατί δεν υπήρξε εφικτή λύση. Επομένως η παραγωγή του εργοστασίου δεν μπορεί να ανταποκριθεί στη ζήτηση.

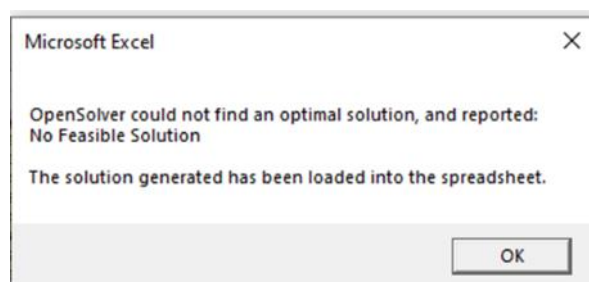
Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, ο τρίτος περιορισμός του προβλήματος παραβιάζεται:

$$T_{jt} \geq \sum_{i=1}^8 T_{ij} X_{it}$$

Κανονικά οι διαθέσιμοι χρόνοι λειτουργίας (διαθέσιμες εργατοώρες) κάθε σταδίου κάθε μήνα, θα πρέπει να είναι μεγαλύτεροι ή ίσοι από τους τελικούς διαθέσιμους χρόνους λειτουργίας (τελικές εργατοώρες) κάθε σταδίου κάθε μήνα. Όμως τον μήνα Ιανουάριο του πρώτου σταδίου παραγωγής, η απαιτούμενη ζήτηση χρειάζεται παραπάνω εργατοώρες για να παραχθεί ($FT_{1,1} = 4135$ ώρες), από αυτές που διαθέτει το εργοστάσιο ($T_{1,1} = 3720$ ώρες). Γι' αυτό και ο χρόνος ασφαλείας του Ιανουαρίου του πρώτου σταδίου βγαίνει αρνητικός, $A_{1,1} = -415$, αποτέλεσμα αδύνατο.

Στάδιο 1	Τμή Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Αι.τ. Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4135	3720	-415
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	1076	3600	2524
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1179	3720	2541
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2073	3720	1647
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1224	3720	2496

Πίνακας 4-123 Εργατοώρες και χρόνοι ασφαλείας σενάριο 1-3.3



Εικόνα 4-15 Ενημέρωση από τον Open Solver στο Excel στην περίπτωση συνολικής αύξησης ζήτησης κατά 3.3 φορές την προβλεπόμενη ζήτηση του 2019

4.7.4 Σενάρια αύξησης ζήτησης σε τέσσερις προεπιλεγμένους μήνες

Στην ενότητα αυτή εκτελούνται σενάρια αύξησης ζήτησης όλων των προϊόντων σε συγκεκριμένους τέσσερις μήνες. Οι μήνες αυτοί είναι ο Απρίλιος, ο Ιούνιος, ο Οκτώβριος και ο Δεκέμβριος.

Υπενθυμίζεται ότι τα σενάρια συμβολίζονται και πάλι με την εξής μορφή: «Σενάριο X-Y».

Όπου X: είναι ο πολλαπλασιαστής των μηνών, των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι οι Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος. Σε όλα τα σενάρια είναι $X = 1$.

Όπου Y: είναι ο πολλαπλασιαστής των τεσσάρων μηνών, των οποίων η ζήτηση μεταβάλλεται, και είναι ο Απρίλιος, ο Ιούνιος, ο Οκτώβριος και ο Δεκέμβριος.

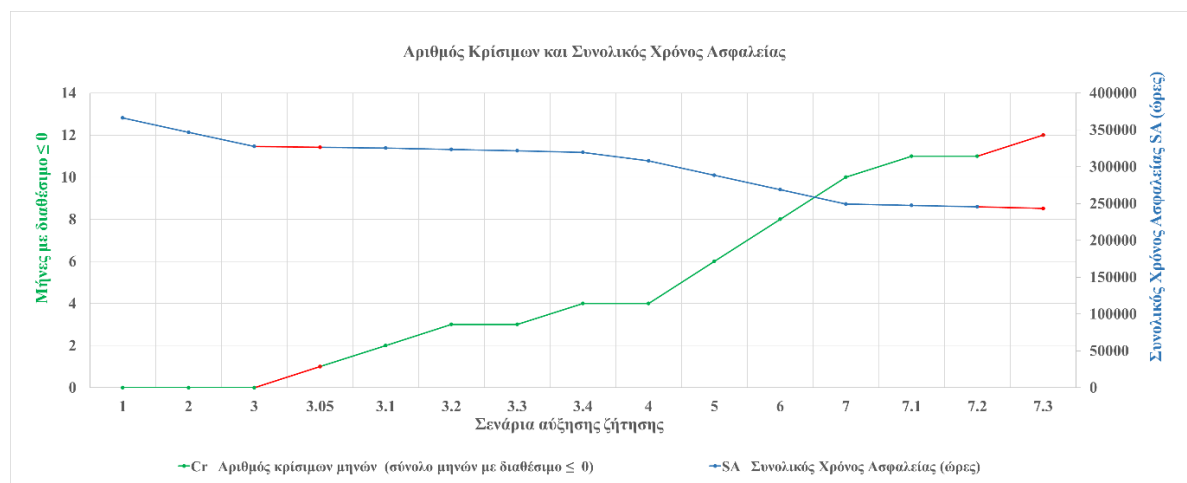
Με τη βοήθεια του Excel πραγματοποιήθηκαν όλες οι δοκιμές (σενάρια) αύξησης ζήτησης, προκειμένου να δοκιμαστούν τα όρια της παραγωγικής διαδικασίας του εργοστασίου.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των επιλύσεων που έγιναν στο Excel με το εργαλείο Open Solver. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα σενάρια αύξησης ζήτησης για τους συγκεκριμένους τέσσερις μήνες, καθώς και τα αποτελέσματα στον συνολικό διαθέσιμο χρόνο ασφαλείας (SA) αλλά και στον αριθμό των κρίσιμων (C_r το πόσοι μήνες έχουν μηδενικό ή αρνητικό διαθέσιμο ωρών του χρόνου ασφαλείας), ο αριθμός ο μήνας και το στάδιο παραγωγής που εμφανίστηκαν.

A/A	Πολλαπλασιαστής ζήτησης	SA Συνολικός διαθέσιμος χρόνος ασφαλείας (ώρες)	Cr Αριθμός κρίσιμων (σύνολο μηνών με διαθέσιμο ≤ 0)		
			Αριθμός	Μήνας	Στάδιο Παραγωγής
1	1	366273	0		
2	2	346793	0		
3	3	327313	0		
4	3.05	326339	1	12	1^ο
5	3.1	325365	2	10,12	1 ^ο
6	3.2	323417	3	4,10,12	1 ^ο
7	3.3	321469	3	4,10,12	1 ^ο
8	3.4	319521	4	4,6,10,12	1 ^ο
9	4	307833	4	4,6,10,12	1 ^ο
10	5	288353	6	4,6,9,10,11,12	1 ^ο
11	6	268874	8	3,4,5,6,9,10,11,12	1 ^ο
12	7	249394	10	2,3,4,5,6,8,9,10,11,12	1 ^ο
13	7.1	247446	11	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	1 ^ο
14	7.2	245498	11	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	1 ^ο
15	7.3	243550	12	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	1^ο

Πίνακας 4-124 Σενάριο με πολλαπλασιαστή μόνο σε 4 προεπιλεγμένους μήνες

Στο παρακάτω γράφημα, αποτυπώνεται ο παραπάνω πίνακας των σεναρίων που δοκιμάστηκαν.



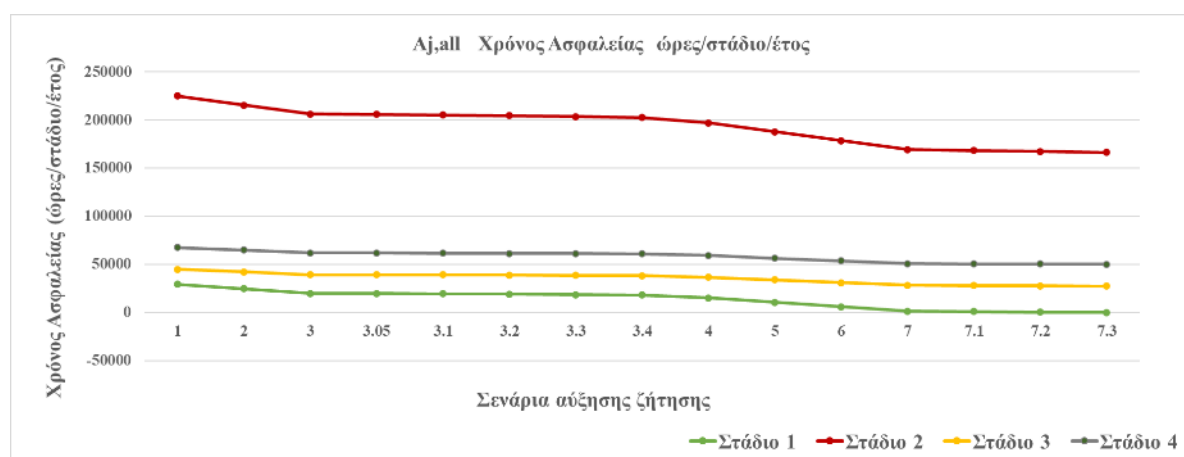
Γράφημα 41 Μία αύξηση της ζήτησης κατά 630% (συνολική ζήτηση 7.3 φορές την ζήτηση για τους 4 επιλεγέντες μήνες του 2019) οριακά υπερβαίνει τη δυναμικότητα του συστήματος.

Παρακάτω, παρουσιάζονται οι χρόνοι ασφαλείας $A_{j,all}$ κάθε σταδίου παραγωγής ξεχωριστά, για όλους τους μήνες μαζί, σε κάθε σενάριο. Καθώς αυξάνεται η ζήτηση υπάρχει εμφανής σταδιακή μείωση στους χρόνους ασφαλείας κάθε σταδίου παραγωγής. όπως φαίνεται κα στο γράφημα, οι χρόνοι ασφαλείας είναι γνησίως φθίνουσες συναρτήσεις.

A/A	Πολλαπλασιαστής ζήτησης	$A_{j,all}$ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/έτος)			
		Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4
1	1	29156	224751	44868	67498
2	2	24517	215475	42085	64715

Α/Α	Πολλαπλασιαστής ζήτησης	Α _{j,all} Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/έτος)			
		Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4
3	3	19879	206199	39303	61933
4	3.05	19647	205735	39163	61793
5	3.1	19416	205271	39024	61654
6	3.2	18952	204343	38746	61376
7	3.3	18488	203416	38468	61098
8	3.4	18024	202488	38189	60819
9	4	15241	196923	36520	59150
10	5	10603	187646	33737	56367
11	6	5965	178370	30954	53584
12	7	1327	169094	28171	50801
13	7.1	863	168166	27893	50523
14	7.2	399	167239	27615	50245
15	7.3	-64	166311	27336	49966

Πίνακας 4-125 Χρόνοι Ασφαλείας Α_{j,all} (ώρες/στάδιο/έτος) για κάθε σενάριο



Γράφημα 42 Χρόνοι Ασφαλείας Α_{j,all} (ώρες/στάδιο/έτος) για κάθε σενάριο

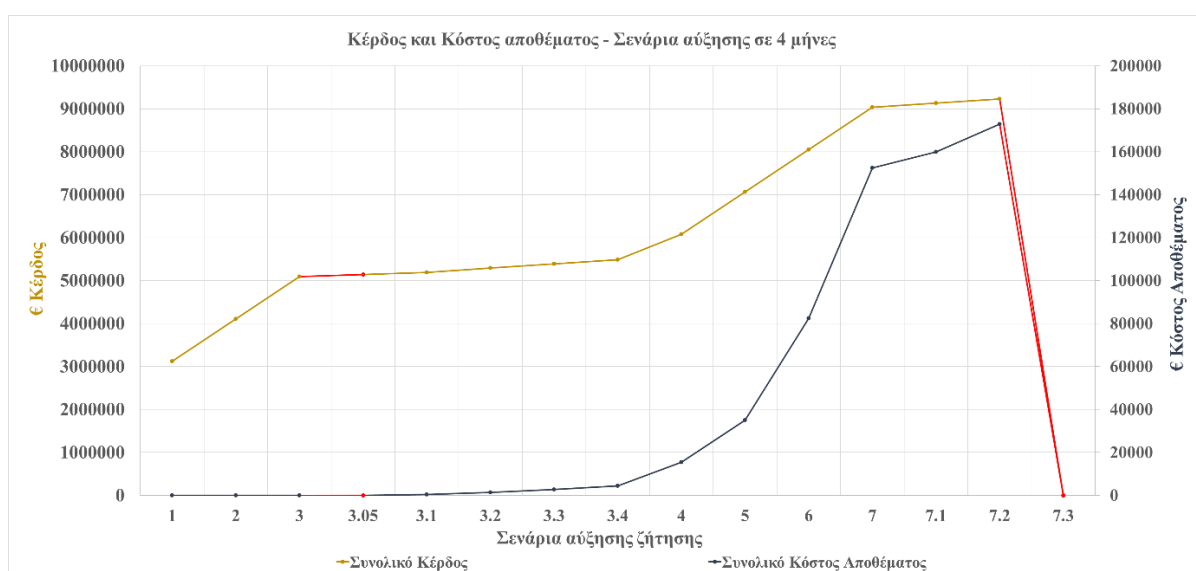
Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται, το καθαρό κέρδος max(K) ανά σενάριο, το απλό συνολικό κέρδος και το συνολικό κόστος αποθέματος ανά σενάριο.

Α/Α	Πολλαπλασιαστής ζήτησης	Καθαρό Κέρδος/σενάριο €	Συνολικό Κέρδος/σενάριο €	Συνολικό Κόστος Αποθέματος/σενάριο €
1	1	3124327	3124348	21
2	2	4109231	4109253	21
3	3	5094136	5094157	21
4	3.05	5143367	5143403	36
5	3.1	5192182	5192648	466
6	3.2	5289702	5291138	1437
7	3.3	5386800	5389629	2828
8	3.4	5483667	5488119	4452
9	4	6063637	6079062	15425
10	5	7028950	7063966	35017
11	6	7966426	8048871	82445
12	7	8881321	9033775	152454
13	7.1	8989649	9132266	159857
14	7.2	9057839	9230756	172917

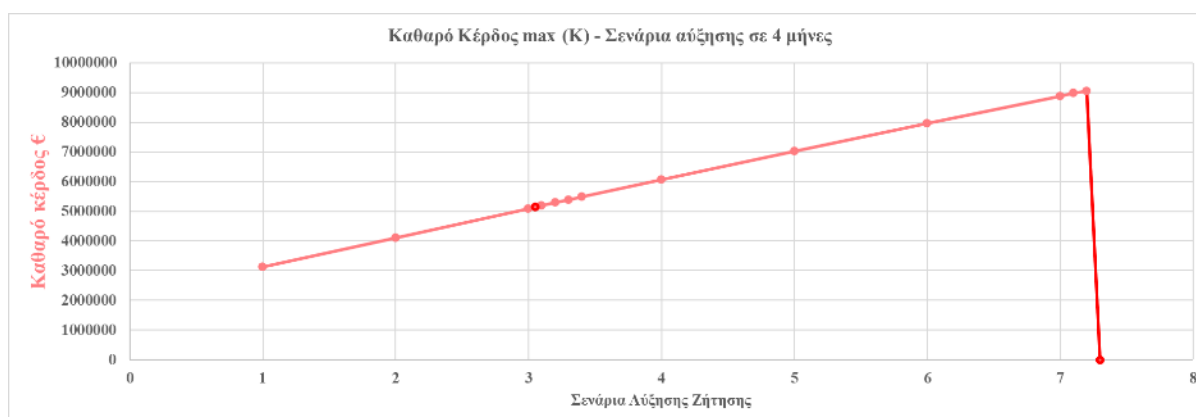
A/A	Πολλαπλασιαστής ζήτησης	Καθαρό Κέρδος/σενάριο €	Συνολικό Κέρδος/σενάριο €	Συνολικό Κόστος Αποθέματος/σενάριο €
15	7.3	Δεν υπάρχει εφικτή λύση	Δεν υπάρχει εφικτή λύση	Δεν υπάρχει εφικτή λύση

Πίνακας 4-126 Καθαρό κέρδος, Κέρδος και Κόστος Αποθέματος, ανά σενάριο

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η γραφική παράσταση του καθαρού κέρδους, του κέρδους και του κόστους αποθέματος, συνολικά, ανά τα σενάρια. Οι συναρτήσεις του κέρδους και του καθαρού κέρδους είναι γνησίως αύξουσες. Η συνάρτηση του κόστους αποθέματος παραμένει σταθερή στα τρία πρώτα σενάρια, και από το τέταρτο σενάριο και μετά δείχνει να ακολουθεί μια εκθετική αύξουσα πορεία. Και στα δύο γραφήματα, με κόκκινο χρώμα επισημαίνεται το σενάριο που η συνολική ζήτηση είναι 3.05 φορές την αρχική ζήτηση, που αφορά την ελάχιστη μηδενική ένδειξη χρόνου ασφαλείας ($Cr = 1$) και το σενάριο που η συνολική ζήτηση είναι 7.3 φορές την αρχική ζήτηση, που το πρόγραμμα δεν μπορεί να βρει εφικτή λύση αφού παραβιάζεται ο τρίτος περιορισμός της μοντελοποίησης του προβλήματος.



Γράφημα 43 Κέρδος και Κόστος αποθέματος ανά σενάριο - Σενάρια αύξησης σε 4 προεπιλεγμένους μήνες



Γράφημα 44 Καθαρό Κέρδος ανά σενάριο - Σενάρια σε 4 προεπιλεγμένους μήνες

Το σενάριο 1 -1 υπενθυμίζεται πως έχει παρουσιαστεί πιο πάνω.

4.7.4.1 Σενάριο 1 -2 και 1 – 3

Παρατηρήσεις στα πλάνα παραγωγής:

- Όπως φαίνεται στον πίνακα της ζήτησης και των παραγόμενων ποσοτήτων, ότι ζητείται παράγεται. Αυτό αποδεικνύεται και από τον πίνακα των αποθεμάτων. Κάθε μήνα το απόθεμα είναι μηδέν, που σημαίνει ότι το εργοστάσιο παράγει ακριβώς ότι ζητείται.
- Το αρχικό απόθεμα στην αρχή του έτους, σύμφωνα με τον υπεύθυνο παραγωγής, είναι $Y_{i,0} = 100$ κιλά για κάθε προϊόν. Για να επιτυγχάνεται αυτό, το εργοστάσιο φροντίζει να αφήνει απόθεμα 100 κιλών στο τέλος του τελευταίου μήνα του χρόνου, του Δεκεμβρίου, άρα η παραγωγή του Δεκεμβρίου αυξάνεται κατά 100 κιλά σε κάθε προϊόν όπως αποδεικνύεται και στους πίνακες, $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα.
- Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί πως από τα τέσσερα στάδια παραγωγής, οι χρόνοι ασφαλείας $A_{j,t}$ του πρώτου σταδίου αρχίζουν να εμφανίζουν τις μεγαλύτερες μειώσεις. Σε κάθε περίπτωση, οι χρόνοι αυτοί, όπως φαίνεται και στους επόμενους πίνακες, παραμένουν μεγάλοι, για την κάλυψη των έκτακτων παραγγελιών. Το εργοστάσιο δεν έχει ακόμα πρόβλημα.
- Το καθαρό κέρδος αυξάνεται, χωρίς να μεταβάλλεται το συνολικό κόστος αποθέματος. Αυτό είναι συνέπεια του ότι δεν υπάρχουν αποθέματα, πλην των αρχικών. Έτσι, τόσο στον διπλασιασμό όσο και στον τριπλασιασμό της ζήτησης η εταιρία έχει σταθερά κόστη αρχικών αποθεμάτων και αυξανόμενα κέρδη, άρα αυξανόμενο καθαρό κέρδος.

Σενάριο 1 - 2:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 2$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος)

Στο σενάριο αυτό διπλασιάζεται η ζήτηση στους μήνες Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος. Παρακάτω παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου:

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2123	49433	35591	133823	21489	26383	71351	34693
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	385	58439	26220	144386	9282	10296	69973	31505
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1529	49608	28723	190026	9008	11788	66007	41703
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2598	75329	32199	156528	5182	12359	74969	37052
kg/έτος	15395	445301	290162	1293660	85556	122574	606985	297380
Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2123	49433	35591	133823	21489	26383	71351	34693
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	385	58439	26220	144386	9282	10296	69973	31505
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1529	49608	28723	190026	9008	11788	66007	41703
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2698	75429	32299	156628	5282	12459	75069	37152
kg/έτος	15395	445301	290162	1293660	85556	122574	606985	297380

Πίνακας 4-127 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 – 2

Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	100	100	100	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ $\max(K)$								
ΚΕΡΔΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν
		16644	414544	397220	1381629	206257	160449	1090389
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	4109253						
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	2	2	2	3	3	3
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	21						
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ $\max(K)$		4109231						

Πίνακας 4-128 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 2

	Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4
	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	2078	624	624
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1378	2755	827	827
ΜΑΡΤΙΟΣ	1359	2718	816	816
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2253	4506	1352	1352
ΜΑΙΟΣ	1438	2876	863	863
ΙΟΥΝΙΟΣ	2153	4305	1292	1292
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	2478	743	743
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	2152	645	645
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1122	2244	673	673
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2432	4863	1459	1459
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1351	2701	810	810
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2443	4887	1466	1466
Τjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	3720	21576	4557	6479
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	2681	19498	3933	5855
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	1982	16733	3289	5025
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	2361	18858	3741	5663
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	1347	16374	3058	4918
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	2282	18700	3694	5616
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	1447	16575	3118	4978
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	2481	19098	3814	5736
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	2644	19424	3912	5834
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	2478	18636	3737	5597
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	1288	16713	3098	5020
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	2249	18179	3600	5460
Α,τ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)	1277	16689	3091	5013

Πίνακας 4-129 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-2

Σενάριο 1 - 3:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 3$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος)

Στο σενάριο αυτό τριπλασιάζεται η ζήτηση στους μήνες Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος. Παρακάτω παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου:

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3184	74149	53386	200735	32234	39575	107027	52040
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	578	87659	39330	216580	13923	15444	104960	47257
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2293	74411	43084	285039	13512	17682	99010	62555
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3897	112994	48298	234792	7773	18539	112454	55578
kg/έτος	18712	561706	351528	1606042	108036	152987	748136	369857
Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3184	74149	53386	200735	32234	39575	107027	52040
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	578	87659	39330	216580	13923	15444	104960	47257
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2293	74411	43084	285039	13512	17682	99010	62555
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3997	113094	48398	234892	7873	18639	112554	55678
kg/έτος	18712	561706	351528	1606042	108036	152987	748136	369857
Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	100	100	100	100	100	100	100

Πίνακας 4-130 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής και Αποθέματα σενάριο 1 – 3

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΚΕΡΔΟΣ	20231	522909	481228	1715253	260454	200260	1343951	549873
$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$								
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	5094157							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	2	2	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 Y_{it} * PC_i * k_i$								
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	21							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	5094136							

Πίνακας 4-131 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3

Στάδιο 1			
	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1378	3360	1982
ΜΑΡΤΙΟΣ	1359	3720	2361
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3380	3600	220
ΜΑΙΟΣ	1438	3720	2282
ΙΟΥΝΙΟΣ	3229	3600	371
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1122	3600	2478
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3648	3720	72
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1351	3600	2249
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3663	3720	57
Στάδιο 2			
	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2755	19488	16733
ΜΑΡΤΙΟΣ	2718	21576	18858
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6759	20880	14121
ΜΑΙΟΣ	2876	21576	18700
ΙΟΥΝΙΟΣ	6458	20880	14422
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2244	20880	18636
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	7295	21576	14281
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2701	20880	18179
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7325	21576	14251
Στάδιο 3			
	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	4116	3289
ΜΑΡΤΙΟΣ	816	4557	3741
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2028	4410	2382
ΜΑΙΟΣ	863	4557	3694
ΙΟΥΝΙΟΣ	1937	4410	2473
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	673	4410	3737
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2189	4557	2368
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	810	4410	3600
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2198	4557	2359
Στάδιο 4			
	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	5852	5025
ΜΑΡΤΙΟΣ	816	6479	5663
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2028	6270	4242
ΜΑΙΟΣ	863	6479	5616
ΙΟΥΝΙΟΣ	1937	6270	4333
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	673	6270	5597
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2189	6479	4290
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	810	6270	5460
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2198	6479	4281

Πίνακας 4-132 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3

Έπειτα από τον τριπλασιασμό της ζήτησης των προϊόντων στους τέσσερις αυτούς προεπιλεγμένους μήνες, δοκιμάστηκε ο τετραπλασιασμός της. Όπως παρουσιάζεται και παρακάτω, ο αριθμών των κρίσιμων $C_r = 4$. Έτσι άρχισαν οι δοκιμές σεναρίων με βήμα 0.01 και 0.1 με σκοπό να εντοπιστεί ο πολλαπλασιαστής που όταν εφαρμόζεται, ο αριθμός των κρίσιμων $C_r = 1$. Στη συνέχεια λοιπόν, παρουσιάζονται τα σενάρια μέχρι ο Open Solver να μην μπορέσει να βρει εφικτή λύση.

4.7.4.2 Σενάριο 1 – 3.05

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 3.05$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος)

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 3.05, το πρόγραμμα εμφάνισε τον ελάχιστο κρίσιμο αριθμό $C_r = 1$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στον μήνα Δεκέμβριο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δωδέκατο μήνα του έτους $A_{1,12} = 0$ ώρες.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 3.05 φορές:

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3237	75385	54276	204081	32771	40234	108811	52907
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	588	89120	39985	220189	14155	15701	106709	48045
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2331	75651	43802	289790	13737	17976	100660	63597
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3962	114877	49103	238705	7902	18848	114328	56505
kg/έτος	18878	567526	354596	1621661	109160	154508	755193	373480
Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3237	75385	54276	204081	32771	40234	108811	52907
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	588	89120	39985	220189	14155	15701	106709	48045
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2331	75651	43802	289790	13737	17976	100660	63597
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36751	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4062	114402	49203	238805	8002	18948	114428	56605
kg/έτος	18878	567526	354596	1621661	109160	154508	755193	373480

Πίνακας 4-133 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1-3.05

Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	575	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	675	100	100	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{i=1}^{12} D_{it} * PR_i$	20410	528327	485428	1731934	263163	202250	1356629	555261
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	5143403							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{i=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	17	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	36							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	5143367							

Πίνακας 4-134 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.05

Το μήνα Νοέμβρη παρατηρείται απόθεμα προϊόντος Β, $Y_{2,11} = 575$ kg. Η ζήτηση του Νοεμβρίου είναι $D_{2,11} = 36176$ kg και η ποσότητα παραγωγής $X_{2,11} = 36751$ kg, δηλαδή

παρήχθησαν 575 kg επιπλέον της ζήτησης. Η ζήτηση του Δεκεμβρίου είναι $D_{2,12} = 114877$ kg και η ποσότητα παραγωγής $X_{2,12} = 114402$ kg, δηλαδή δεν παρήχθησαν 475 kg και τα 100 kg που είναι το αρχικό απόθεμα, άρα δεν παρήχθησαν 575 kg. Αυτά τα 575 kg είναι τα κιλά που όπως αναφέρθηκε, παρήχθησαν παραπάνω το Νοέμβριο. Αυτό έγινε, γιατί όπως φαίνεται και στον πίνακα με τις εργατοώρες, οι τελικές εργατοώρες συνολικά (για όλα τα προϊόντα) του μήνα Δεκέμβρη, έφτασαν τις διαθέσιμες. Έτσι τα επιπλέον 575 kg του Δεκεμβρίου του προϊόντος B, δεν μπορούν να παραχθούν τον ίδιο μήνα, γι' αυτό το πλάνο παραγωγής τα παράγει τον αμέσως προηγούμενο μήνα και τα αφήνει σαν απόθεμα στις αποθήκες, έτσι ώστε τα 475 kg να πουληθούν τον Δεκέμβριο όπως είναι προγραμματισμένο, και τα 100 kg να μείνουν ως αρχικό απόθεμα της επόμενης χρονιάς. Το πλάνο παραγωγής λοιπόν, προγραμματίζει τις αντίστοιχες ποσότητες παραγωγής με βάση τα αρχικά αποθέματα, την διαθεσιμότητα των εργατωρών και των διαθεσίμων χρόνων ασφαλείας, κάθε μήνα κάθε σταδίου, κάθε προϊόντος.

Το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής, πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα.

Επίσης, το προϊόν B - Float8 είναι το δεύτερο προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg. Επομένως, το πλάνο παραγωγής επιλέγει να παραγάγει επιπλέον κιλά και να δημιουργεί απόθεμα από το προϊόν που έχει το μικρότερο κόστος αποθέματος, ώστε να έχει το μέγιστο καθαρό κέρδος.

Επιπλέον, το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε, όπως προκύπτει από την παραγωγή αποθέματος προϊόντος B τον Νοέμβριο. Το καθαρό κέρδος αυξάνεται.

Στάδιο 1	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1378	3360	1982
ΜΑΡΤΙΟΣ	1359	3720	2361
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3436	3600	164
ΜΑΙΟΣ	1438	3720	2282
ΙΟΥΝΙΟΣ	3283	3600	317
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1122	3600	2478
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3708	3720	12
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1354	3600	2246
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3720	3720	0
Στάδιο 2	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2755	19488	16733
ΜΑΡΤΙΟΣ	2718	21576	18858
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6872	20880	14008
ΜΑΙΟΣ	2876	21576	18700
ΙΟΥΝΙΟΣ	6565	20880	14315
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2244	20880	18636
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	7417	21576	14159
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2709	20880	18171
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7440	21576	14136
Στάδιο 3	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	4116	3289
ΜΑΡΤΙΟΣ	816	4557	3741
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2062	4410	2348
ΜΑΙΟΣ	863	4557	3694
ΙΟΥΝΙΟΣ	1970	4410	2440
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	673	4410	3737
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2225	4557	2332
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	813	4410	3597
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2232	4557	2325
Στάδιο 4	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	5852	5025
ΜΑΡΤΙΟΣ	816	6479	5663
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2062	6270	4208
ΜΑΙΟΣ	863	6479	5616
ΙΟΥΝΙΟΣ	1970	6270	4300
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	673	6270	5597
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2225	6479	4254
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	813	6270	5457
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2232	6479	4247

Πίνακας 4-135 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.05

4.7.4.3 Σενάριο 1 – 3.1, 1 – 3.2, 1 – 3.3

Σενάριο 1 – 3.1:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 3.1$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος)

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 3.1, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό $Cr = 2$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Δεκέμβριο και Οκτώβριο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον δέκατο και τον δωδέκατο μήνα του έτους $A_{1,10} = A_{1,12} = 0$ ώρες.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 3.1 φορές:

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764	
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3290	76621	55166	207426	33308	40894	110594	53775	
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518	
ΙΟΥΝΙΟΣ	597	90581	40641	223799	14387	15959	108459	48832	
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2369	76892	44520	294541	13963	18271	102311	64640	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4027	116760	49908	242618	8032	19157	116202	57431	
kg/έτος	19044	573346	357665	1637280	110284	156028	762251	377104	
Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764	
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3290	76621	55166	207426	33308	40894	110594	53775	
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518	
ΙΟΥΝΙΟΣ	597	90581	40641	223799	14387	15959	108459	48832	
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	27751	19355	83212	5215	3281	33618	18571	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2369	69150	44520	294541	13963	18271	102311	64640	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	46359	19055	88659	1753	7820	43315	22260	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4127	106677	50008	242718	8132	19257	116302	57531	
kg/έτος	19044	573346	357665	1637280	110284	156028	762251	377104	
Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	7741	0	0	0	0	0	0	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	10183	0	0	0	0	0	0	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100	
kg/έτος	100	18025	100	100	100	100	100	100	
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ $\max(K)$									
ΚΕΡΔΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
		20589	533745	489628	1748615	265873	204241	1369307	560648
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	5192648							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	447	2	2	3	3	3	3
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	466							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΑΟΣ $\max(K)$		5192182							

Πίνακας 4-136 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.1

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 466 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Σεπτέμβριο και τον Νοέμβριο $Y_{2,9} = 7741$ kg και $Y_{2,11} = 10183$ kg. Το καθαρό κέρδος αυξάνεται. Το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής, πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα. Το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο προϊόν

(από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48 \text{ €/kg}$ και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248 \text{ €/kg}$.

Το πλάνο παραγωγής και πάλι προγραμματίζει τις αντίστοιχες ποσότητες παραγωγής και αποθεμάτων, με βάση τα αρχικά αποθέματα, την διαθεσιμότητα των εργατοωρών και των διαθέσιμων χρόνων ασφαλείας, κάθε μήνα κάθε σταδίου, κάθε προϊόντος καθώς επίσης και το ποιο προϊόν έχει το μικρότερο κόστος αποθέματος και παραγωγής, ώστε στο τέλος να έχει το μέγιστο καθαρό κέρδος.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Οκτώβριο και Δεκέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

	Στάδιο 1	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		1378	3360	1982
ΜΑΡΤΙΟΣ		1359	3720	2361
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		3492	3600	108
ΜΑΙΟΣ		1438	3720	2282
ΙΟΥΝΙΟΣ		3337	3600	263
ΙΟΥΛΙΟΣ		1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		1171	3600	2429
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		3720	3720	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		1415	3600	2185
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		3720	3720	0
	Στάδιο 2	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2755	19488	16733
ΜΑΡΤΙΟΣ		2718	21576	18858
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		6985	20880	13895
ΜΑΙΟΣ		2876	21576	18700
ΙΟΥΝΙΟΣ		6673	20880	14207
ΙΟΥΛΙΟΣ		2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		2342	20880	18538
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		7440	21576	14136
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2831	20880	18049
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		7440	21576	14136
	Στάδιο 3	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		827	4116	3289
ΜΑΡΤΙΟΣ		816	4557	3741
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2095	4410	2315
ΜΑΙΟΣ		863	4557	3694
ΙΟΥΝΙΟΣ		2002	4410	2408
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		703	4410	3707
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		2232	4557	2325
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		849	4410	3561
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2232	4557	2325
	Στάδιο 4	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		827	5852	5025
ΜΑΡΤΙΟΣ		816	6479	5663
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2095	6270	4175
ΜΑΙΟΣ		863	6479	5616
ΙΟΥΝΙΟΣ		2002	6270	4268
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		703	6270	5567
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		2232	6479	4247
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		849	6270	5421
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2232	6479	4247

Πίνακας 4-137 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.1

Σενάριο 1 – 3.2:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 3.2$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος).

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 3.2, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό Cr = 3, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Οκτώβριο, Δεκέμβριο και Απρίλιο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον τέταρτο, τον δέκατο και τον δωδέκατο μήνα του έτους $A_{1,4} = A_{1,10} = A_{1,12} = 0$ ώρες.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 3.2 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3396	79092	56945	214118	34383	42213	114162	55509
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	617	93503	41952	231018	14851	16474	111957	50407
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2446	79372	45956	304042	14413	18861	105611	66725
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4157	120527	51518	250445	8291	19775	119951	59284
kg/έτος	19375	584987	363801	1668518	112532	159070	776366	384352
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	32371	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3396	78308	56945	214118	34383	42213	114162	55509
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	617	93503	41952	231018	14851	16474	111957	50407
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	46913	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2446	52469	45956	304042	14413	18861	105611	66725
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	65576	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4257	91226	51618	250545	8391	19875	120051	59384
kg/έτος	19375	584987	363801	1668518	112532	159070	776366	384352
Απόθεμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα Yi,0 [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	784	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	26903	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	29401	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	57188	100	100	100	100	100	100

Πίνακας 4-138 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα σενάριο 1 – 3.2

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν
		20948	544582	498029	1781978	271293	208222	1394663
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	5291138						
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$							
		2	1418	2	2	3	3	3
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	1437						
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)		5289702						

Πίνακας 4-139 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.2

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 1437 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Μάρτιο $Y_{2,3} = 784$ kg, τον Σεπτέμβριο και τον Νοέμβριο $Y_{2,9} = 7741$ kg και $Y_{2,11} = 10183$ kg. Το καθαρό κέρδος αυξάνεται. Το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής, πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα. Το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg.

Το πλάνο παραγωγής και πάλι προγραμματίζει τις αντίστοιχες ποσότητες παραγωγής και αποθεμάτων, με βάση τα αρχικά αποθέματα, την διαθεσιμότητα των εργατοωρών και των διαθέσιμων χρόνων ασφαλείας, κάθε μήνα κάθε σταδίου, κάθε προϊόντος καθώς επίσης και το ποιο προϊόν έχει το μικρότερο κόστος αποθέματος και παραγωγής, ώστε στο τέλος να έχει το μέγιστο καθαρό κέρδος.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Απρίλιο, Οκτώβριο και Δεκέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

Στάδιο 1	Σύνολο Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Από Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1378	3360	1982
ΜΑΡΤΙΟΣ	1364	3720	2356
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ	1438	3720	2282
ΙΟΥΝΙΟΣ	3444	3600	156
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1293	3600	2307
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3720	3720	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1537	3600	2063
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3720	3720	0
Στάδιο 2	Σύνολο Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Από Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2755	19488	16733
ΜΑΡΤΙΟΣ	2728	21576	18848
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	7200	20880	13680
ΜΑΙΟΣ	2876	21576	18700
ΙΟΥΝΙΟΣ	6888	20880	13992
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2585	20880	18295
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	7440	21576	14136
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3074	20880	17806
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7440	21576	14136
Στάδιο 3	Σύνολο Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Από Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	4116	3289
ΜΑΡΤΙΟΣ	819	4557	3738
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	4410	2250
ΜΑΙΟΣ	863	4557	3694
ΙΟΥΝΙΟΣ	2067	4410	2343
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	776	4410	3634
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2232	4557	2325
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	922	4410	3488
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2232	4557	2325
Στάδιο 4	Σύνολο Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Από Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	5852	5025
ΜΑΡΤΙΟΣ	819	6479	5660
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	6270	4110
ΜΑΙΟΣ	863	6479	5616
ΙΟΥΝΙΟΣ	2067	6270	4203
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	776	6270	5494
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2232	6479	4247
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	922	6270	5348
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2232	6479	4247

Πίνακας 4-140 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.2

Σενάριο 1 – 3.3:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 3.3$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος).

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 3.3, το πρόγραμμα εμφάνισε και πάλι κρίσιμο αριθμό $Cr = 3$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Οκτώβριο, Δεκέμβριο και Απρίλιο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον τέταρτο, τον δέκατο και τον δωδέκατο μήνα του έτους $A_{1,4} = A_{1,10} = A_{1,12} = 0$ ώρες. Μεγαλύτερες μειώσεις ωρών εμφανίζουν οι υπόλοιποι χρόνοι ασφαλείας, με αυτούς του πρώτου σταδίου να εμφανίζουν τις μεγαλύτερες.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 3.3 φορές:

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764	
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3502	81564	58725	220809	35457	43532	117730	57244	
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518	
ΙΟΥΝΙΟΣ	636	96425	43263	238238	15315	16988	115456	51983	
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2522	81852	47393	313543	14863	19450	108911	68810	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4287	124293	53128	258271	8550	20393	123699	61136	
kg/έτος	19707	596627	369938	1699757	114780	162111	790481	391599	
Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764	
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	50125	31130	66507	5203	11859	54661	19401	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3502	63025	58725	220809	35457	43532	117730	57244	
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518	
ΙΟΥΝΙΟΣ	636	96425	43263	238238	15315	16988	115456	51983	
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	66075	19355	83212	5215	3281	33618	18571	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2522	35788	47393	313543	14863	19450	108911	68810	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	84794	19055	88659	1753	7820	43315	22260	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4387	75775	53228	258371	8650	20493	123799	61236	
kg/έτος	19707	596627	369938	1699757	114780	162111	790481	391599	
Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	18539	0	0	0	0	0	0	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΜΑΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	46065	0	0	0	0	0	0	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	48618	0	0	0	0	0	0	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100	
kg/έτος	100	113322	100	100	100	100	100	100	
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)									
ΚΕΡΔΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
		21307	555418	506430	1815340	276713	212203	1420020	582199
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	5389629							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	2809	2	2	3	3	3	3
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2828							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΑΟΣ max (K)		5386800							

Πίνακας 4-141 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.3

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 2828 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Μάρτιο $Y_{2,3} = 18539$ kg, τον Σεπτέμβριο και τον Νοέμβριο $Y_{2,9} = 46065$ kg και $Y_{2,11} = 48618$ kg. Το καθαρό κέρδος αυξάνεται.

Το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής, πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα.

Το προϊόν B - Float8 είναι το δεύτερο σε σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg.

Το πλάνο παραγωγής και πάλι προγραμματίζει τις αντίστοιχες ποσότητες παραγωγής και αποθεμάτων, με βάση τα αρχικά αποθέματα, την διαθεσιμότητα των εργατοωρών και των διαθέσιμων χρόνων ασφαλείας, κάθε μήνα κάθε σταδίου κάθε προϊόντος, καθώς επίσης και το ποιο προϊόν έχει το μικρότερο κόστος αποθέματος και παραγωγής, ώστε στο τέλος να έχει το μέγιστο καθαρό κέρδος.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Απρίλιο, Οκτώβριο και Δεκέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

	Στάδιο 1	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		1378	3360	1982
ΜΑΡΤΙΟΣ		1477	3720	2243
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ		1438	3720	2282
ΙΟΥΝΙΟΣ		3552	3600	48
ΙΟΥΛΙΟΣ		1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		1414	3600	2186
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		3720	3720	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		1659	3600	1941
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		3720	3720	0
	Στάδιο 2	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2755	19488	16733
ΜΑΡΤΙΟΣ		2954	21576	18622
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		7200	20880	13680
ΜΑΙΟΣ		2876	21576	18700
ΙΟΥΝΙΟΣ		7104	20880	13776
ΙΟΥΛΙΟΣ		2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		2829	20880	18051
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		7440	21576	14136
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		3318	20880	17562
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		7440	21576	14136
	Στάδιο 3	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		827	4116	3289
ΜΑΡΤΙΟΣ		886	4557	3671
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2160	4410	2250
ΜΑΙΟΣ		863	4557	3694
ΙΟΥΝΙΟΣ		2131	4410	2279
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		849	4410	3561
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		2232	4557	2325
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		995	4410	3415
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2232	4557	2325
	Στάδιο 4	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		827	5852	5025
ΜΑΡΤΙΟΣ		886	6479	5593
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2160	6270	4110
ΜΑΙΟΣ		863	6479	5616
ΙΟΥΝΙΟΣ		2131	6270	4139
ΙΟΥΛΙΟΣ		743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		849	6270	5421
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		2232	6479	4247
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		995	6270	5275
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2232	6479	4247

Πίνακας 4-142 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.3

4.7.4.4 Σενάριο 1 – 3.4 και 1 – 4

Σενάριο 1 – 3.4:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 3.4$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος).

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 3.4, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό $Cr = 4$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Οκτώβριο, Δεκέμβριο, Απρίλιο και τον Ιούνιο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον τέταρτο, τον έκτο, τον δέκατο και τον δωδέκατο μήνα του έτους $A_{1,6} = A_{1,4} = A_{1,10} = A_{1,12} = 0$ ώρες. Ακόμα μεγαλύτερες μειώσεις ωρών εμφανίζουν και οι υπόλοιποι χρόνοι ασφαλείας, με αυτούς του πρώτου σταδίου να εμφανίζουν τις μεγαλύτερες. Να σημειωθεί πως αυτοί οι τέσσερις μήνες είναι και οι προεπιλεγμένοι μήνες στους οποίους αυξάνονται οι αρχικές τους ζητήσεις.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 3.4 φορές:

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3608	84036	60505	227500	36532	44851	121297	58979
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	655	99347	44574	245457	15779	17503	118955	53558
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2599	84333	48829	323044	15314	20039	112212	70895
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4417	128060	54738	266097	8809	21011	127448	62989
kg/έτος	20039	608268	376074	1730995	117028	165152	804596	398847
Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	67880	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3608	47742	60505	227500	36532	44851	121297	58979
ΜΑΙΟΣ	1351	33603	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	655	89979	44574	245457	15779	17503	118955	53558
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	85236	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2599	19106	48829	323044	15314	20039	112212	70895
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	104011	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4517	60324	54838	266197	8909	21111	127548	63089
kg/έτος	20039	608268	376074	1730995	117028	165152	804596	398847

Πίνακας 4-143 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 - 3.4

Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	36293	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	9368	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	65227	0	0	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	67835	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	178823	100	100	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	21665	566255	514831	1848702	282132	216184	1445376	592974
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$		5488119						
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	4433	2	2	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$		4452						
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)		5483667						

Πίνακας 4-144, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 3.4

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 4452 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Μάρτιο $Y_{2,3} = 36293$ kg, τον Μάιο $Y_{2,5} = 9368$ kg, τον Σεπτέμβριο και τον Νοέμβριο $Y_{2,9} = 65227$ kg και $Y_{2,11} = 67835$ kg.

Το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής, πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

Το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο σε σειρά πιο οικονομικό προϊόν (από τα οχτώ), που έχει το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και το μικρότερο κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg.

Και σε αυτό το σενάριο, παρατηρούμε πως το πλάνο παραγωγής επιμένει στην δημιουργία αποθεμάτων των πιο «οικονομικών» προϊόντων, σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα των εργατωρών για κάθε μήνα.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Απρίλιο, Ιούνιο, Οκτώβριο και Δεκέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

Στάδιο 1	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1378	3360	1982
ΜΑΡΤΙΟΣ	1589	3720	2131
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ	1498	3720	2222
ΙΟΥΝΙΟΣ	3600	3600	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1076	3720	2644
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1536	3600	2064
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3720	3720	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1781	3600	1819
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3720	3720	0
Στάδιο 2	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2755	19488	16733
ΜΑΡΤΙΟΣ	3179	21576	18397
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	7200	20880	13680
ΜΑΙΟΣ	2995	21576	18581
ΙΟΥΝΙΟΣ	7200	20880	13680
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2152	21576	19424
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3072	20880	17808
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	7440	21576	14136
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3562	20880	17318
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7440	21576	14136
Στάδιο 3	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	4116	3289
ΜΑΡΤΙΟΣ	954	4557	3603
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	4410	2250
ΜΑΙΟΣ	899	4557	3658
ΙΟΥΝΙΟΣ	2160	4410	2250
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	4557	3912
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	922	4410	3488
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2232	4557	2325
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1069	4410	3341
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2232	4557	2325
Στάδιο 4	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	5852	5025
ΜΑΡΤΙΟΣ	954	6479	5525
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	6270	4110
ΜΑΙΟΣ	899	6479	5580
ΙΟΥΝΙΟΣ	2160	6270	4110
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	645	6479	5834
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	922	6270	5348
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2232	6479	4247
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1069	6270	5201
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2232	6479	4247

Πίνακας 4-145 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-3.4

Σενάριο 1 - 4:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 4$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος)

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 4, το πρόγραμμα εμφάνισε ξανά κρίσιμο αριθμό $Cr = 4$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Οκτώβριο, Δεκέμβριο, Απρίλιο και τον Ιούνιο. Δηλαδή ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον τέταρτο, τον έκτο, τον δέκατο και τον δωδέκατο μήνα του έτους $A_{1,6} = A_{1,4} = A_{1,10} = A_{1,12} = 0$ ώρες. Ακόμα μεγαλύτερες μειώσεις ωρών εμφανίζουν και οι υπόλοιποι χρόνοι ασφαλείας, με αυτούς του πρώτου σταδίου να εμφανίζουν τις μεγαλύτερες. Οι ίδιοι τέσσερις μήνες, στους οποίους έγινε και η αύξηση της ζήτησης, εμφανίζουν μηδενικούς χρόνους ασφαλείας στο πρώτο στάδιο παραγωγής.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 4 φορές:

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764	
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	4245	98865	71182	267647	42979	52766	142702	69387	
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518	
ΙΟΥΝΙΟΣ	771	116878	52439	288773	18564	20592	139947	63009	
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3057	99215	57446	380052	18016	23576	132014	83406	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5196	150658	64398	313056	10364	24719	149938	74104	
kg/έτος	22029	678110	412894	1918424	130517	183400	889286	442333	
Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764	
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	130452	31130	111355	5203	11859	54661	19401	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	4245	0	71182	222799	42979	52766	142702	69387	
ΜΑΙΟΣ	1351	135379	17453	116066	7877	10013	34487	26518	
ΙΟΥΝΙΟΣ	771	5735	52439	288773	18564	20592	139947	63009	
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	119225	19355	165839	5215	3281	33618	18571	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3057	0	57446	297426	18016	23576	132014	83406	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	186934	19055	121697	1753	7820	43315	22260	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5296	0	64498	280118	10464	24819	150038	74204	
kg/έτος	22029	678110	412894	1918424	130517	183400	889286	442333	
Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	98865	0	44847	0	0	0	0	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΜΑΙΟΣ	0	111144	0	0	0	0	0	0	
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	99215	0	82626	0	0	0	0	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	150758	0	33038	0	0	0	0	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100	
kg/έτος	100	460082	100	160612	100	100	100	100	
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ $\max(K)$									
ΚΕΡΔΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
		23817	631273	565235	2048877	314650	240071	1597513	657626
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	6079062							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
		2	11406	2	4002	3	3	3	3
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	15425							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ $\max(K)$		6063637							

Πίνακας 4-146 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 4

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 15425 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Μάρτιο $Y_{2,3} = 98865$ kg, τον Μάιο $Y_{2,5} = 11114$ kg, τον Σεπτέμβριο $Y_{2,9} = 99215$ kg και τον Νοέμβριο $Y_{2,11} = 150758$ kg, καθώς και από την παραγωγή αποθέματος προϊόντος Δ τον Μάρτιο $Y_{4,3} = 44847$ kg, τον Σεπτέμβριο $Y_{4,9} = 82626$ kg και τον Νοέμβριο $Y_{4,11} = 33088$ kg. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

4.7.4.5 Σενάριο 1 – 5, 1 – 6, 1 – 7

Σενάριο 1 - 5:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 5$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος)

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 5, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό $Cr = 6$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Οκτώβριο, Δεκέμβριο, Απρίλιο, Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Νοέμβριο, δηλαδή 6 μήνες είχαν μηδενικό διαθέσιμο στο τέλος της βελτιστοποίησης συνολικά, στο πρώτο στάδιο παραγωγής. Ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου τον τέταρτο, τον έκτο, τον ένατο, τον δέκατο, τον ενδέκατο και τον δωδέκατο μήνα του έτους $A_{1,9} = A_{1,11} = A_{1,6} = A_{1,4} = A_{1,10} = A_{1,12} = 0$ ώρες. Ακόμα μεγαλύτερες μειώσεις ωρών εμφανίζουν και οι υπόλοιποι χρόνοι ασφαλείας, με αυτούς του πρώτου σταδίου να εμφανίζουν ακόμα τις μεγαλύτερες. Οι ίδιοι τέσσερις μήνες, στους οποίους έγινε και η αύξηση της ζήτησης, εμφανίζουν μηδενικούς χρόνους ασφαλείας στο πρώτο στάδιο παραγωγής, συν τους μήνες Σεπτέμβριος και Νοέμβριος. Επομένως σε περίπτωση που η ζήτηση αυξηθεί επί 5 φορές σε όλα τα προϊόντα, τους μήνες αυτούς, οι μηχανές του πρώτου σταδίου δεν θα μπορούν να παράγουν παραπάνω ποσότητες, όπως την κάλυψη πιθανών έκτακτων παραγγελιών.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 5 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5306	123582	88977	334559	53723	65958	178378	86734
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	963	146098	65549	360966	23205	25740	174933	78762
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3821	124019	71807	475065	22520	29470	165017	104258
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6496	188323	80497	391320	12955	30899	187423	92631
kg/έτος	25347	794515	474260	2230806	152997	213813	1030436	514810
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	155168	31130	267287	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5306	0	88977	133779	53723	65958	178378	86734
ΜΑΙΟΣ	1351	170333	17453	253472	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	963	0	65549	223560	23205	25740	174933	78762
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	29554	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	162741	19355	336039	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3821	0	71807	222239	22520	29470	165017	104258
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	203783	19055	279342	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6596	0	80597	200736	13055	30999	187523	92731
kg/έτος	25347	794515	474260	2230806	152997	213813	1030436	514810

Πίνακας 4-148 Ζήτηση και Ποσότητες παραγωγής σενάριο 1 – 5

Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	123582	0	200779	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	146098	0	137406	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	2104	0	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	144834	0	252827	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	20816	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	188423	0	190683	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	625956	100	781795	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	27404	739637	649243	2382501	368846	279882	1851076	765378
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	7063966							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	15518	2	19482	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	35017							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	7028950							

Πίνακας 4-149 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 5

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 35017 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή περισσότερου αποθέματος προϊόντος Β τον Μάρτιο $Y_{2,3} = 123582$ kg, τον Μάιο $Y_{2,5} = 146098$ kg, τον Σεπτέμβριο $Y_{2,9} = 144834$ kg και τον Νοέμβριο $Y_{2,11} = 148423$ kg, καθώς και από την παραγωγή αποθέματος σε επιπλέον δύο μήνες τον Αύγουστο $Y_{2,8} = 2104$ kg και τον Οκτώβριο $Y_{2,10} = 20816$ kg. Επίσης στην μείωση του συνολικού κόστους αποθέματος συμβάλει και η παραγωγή αποθεμάτων του προϊόντος Δ τον Μάρτιο $Y_{4,3} = 200779$ kg, τον Σεπτέμβριο $Y_{4,9} = 252827$ kg, τον Μάιο $Y_{4,5} = 137406$ kg και τον Νοέμβριο $Y_{4,10} = 190683$ kg. Το απόθεμα των 100 κιλών τον Δεκέμβριο δεν υπολογίζεται επιπλέον, γιατί είναι πάγια ποσότητα παραγωγής με πάγιο κόστος αποθεματοποίησης του. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

Υπενθυμίζεται ότι το προϊόν Δ - Kara Float24 είναι το τρίτο στη σειρά προϊόν με το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_4 = 2.49$ €/kg και μικρό κόστος αποθέματος $h_4 = 0.0249$ €/kg. Είναι εμφανές πως δεν υπάρχουν καθόλου αποθέματα στα προϊόντα που έχουν τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος, που είναι τα προϊόντα Ε - Kara Nylon24, Ζ - Nylon, Η - Strong, όλους τους μήνες του χρόνου. Εξαιρείται το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής και πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα.. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι προφανές πως την εταιρία την συμφέρει να φτιάχνει αποθέματα των προϊόντων που έχουν το μικρότερο κόστος αποθέματος.

Επίσης παρατηρούνται και πάλι μηδενικές ποσότητες παραγωγής σε συγκεκριμένους μήνες, των οποίων η ζήτηση παράγεται έναν, δύο ή και τρεις μήνες πριν. Έτσι δίνεται μεγαλύτερο βάρος στην παραγωγή άλλων προϊόντων που έχουν μεγαλύτερο κόστος αποθέματος.

Συνολικά λοιπόν, το πλάνο παραγωγής και πάλι προγραμματίζει τις ποσότητες παραγωγής και την δημιουργία αποθεμάτων με βάση:

- ο την διαθεσιμότητα των εργατοωρών και των διαθέσιμων χρόνων ασφαλείας, κάθε μήνα κάθε σταδίου, κάθε προϊόντος.
- ο το μικρότερο κόστος παραγωγής και το μικρότερο κόστος αποθέματος κάθε προϊόντος

Υπενθυμίζεται ότι για όλα τα προϊόντα υπάρχει αρχικό απόθεμα 100 κιλών στην αρχή του έτους αλλά και στο τέλος, γι' αυτό και οι ποσότητες παραγωγής του πρώτου μήνα του έτους, είναι κατά 100 κιλά μικρότερες.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Απρίλιο, Ιούνιο, Οκτώβριο, Δεκέμβριο, Σεπτέμβριο και Νοέμβριο δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

Στάδιο 1			
	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1378	3360	1982
ΜΑΡΤΙΟΣ	3392	3720	328
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ	3220	3720	500
ΙΟΥΝΙΟΣ	3600	3600	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1089	3720	2631
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3720	3720	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3720	3720	0
Στάδιο 2			
	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2755	19488	16733
ΜΑΡΤΙΟΣ	6784	21576	14792
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	7200	20880	13680
ΜΑΙΟΣ	6439	21576	15137
ΙΟΥΝΙΟΣ	7200	20880	13680
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2178	21576	19398
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	7200	20880	13680
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	7440	21576	14136
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7440	21576	14136
Στάδιο 3			
	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	4116	3289
ΜΑΡΤΙΟΣ	2035	4557	2522
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	4410	2250
ΜΑΙΟΣ	1932	4557	2625
ΙΟΥΝΙΟΣ	2160	4410	2250
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	653	4557	3904
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2160	4410	2250
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2232	4557	2325
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2232	4557	2325
Στάδιο 4			
	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	827	5852	5025
ΜΑΡΤΙΟΣ	2035	6479	4444
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	6270	4110
ΜΑΙΟΣ	1932	6479	4547
ΙΟΥΝΙΟΣ	2160	6270	4110
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	653	6479	5826
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2160	6270	4110
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2232	6479	4247
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2232	6479	4247

Πίνακας 4-150 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-5

Σενάριο 1 - 6:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 6$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος).

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 6, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό $Cr = 8$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, στους μήνες Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος, Ιούνιος, Σεπτέμβριος, Οκτώβριος, Νοέμβριος και Δεκέμβριος, δηλαδή 8 μήνες είχαν μηδενικό διαθέσιμο στο τέλος της βελτιστοποίησης συνολικά, στο πρώτο στάδιο παραγωγής. Ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου σε αυτούς τους οχτώ μήνες του έτους $A_{1,3} = A_{1,5} = A_{1,9} = A_{1,11} = A_{1,6} = A_{1,4} = A_{1,10} = A_{1,12} = 0$ ώρες. Ακόμα μεγαλύτερες μειώσεις ωρών εμφανίζουν και οι υπόλοιποι χρόνοι ασφαλείας, με αυτούς του πρώτου σταδίου να εμφανίζουν ακόμα τις μεγαλύτερες. Επομένως σε περίπτωση που η ζήτηση αυξηθεί επί 6 φορές σε όλα τα προϊόντα, τους μήνες αυτούς, οι μηχανές του πρώτου σταδίου δεν θα μπορούν να παράγουν παραπάνω ποσότητες, όπως την κάλυψη πιθανών έκτακτων παραγγελιών.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 6 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6368	148298	106773	401470	64468	79149	214054	104080
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	1156	175318	78659	433159	27846	30888	209920	94514
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	4586	148823	86168	570078	27024	35363	198020	125109
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7795	225988	96597	469584	15545	37078	224907	111157
kg/έτος	28664	910919	535626	2543188	175478	244226	1171587	587286
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	23133	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	241852	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	54034	31130	423219	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6368	0	106773	44759	64468	79149	214054	104080
ΜΑΙΟΣ	1351	108774	17453	396729	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	1156	0	78659	152496	27846	30888	209920	94514
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	409271	23275	68278	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	0	19355	502084	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	4586	0	86168	147051	27024	35363	198020	125109
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	49275	19055	436987	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7895	0	96697	121355	15645	37178	225007	111257
kg/έτος	28664	910919	535626	2543188	175478	244226	1171587	587286
Απόθεμα Yit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	216629	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	239077	0	356711	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	90779	0	0	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	175318	0	280663	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	381821	0	4156	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	361811	0	423027	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	212988	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	226088	0	348329	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	100	1904610	100	1412986	100	100	100	100

Πίνακας 4-151 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής και Αποθέματα σενάριο 1 – 6

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)									
	$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΚΕΡΔΟΣ		30990	848002	733251	2716125	423043	319692	2104638	873130
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	8048871							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	2	47217	2	35212	3	3	3	3
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	82445							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)		7966426							

Πίνακας 4-152 Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 6

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 82445 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή αποθέματος προϊόντος Β τους οχτώ μήνες που μηδένισαν οι χρόνοι ασφαλείας στο πρώτο στάδιο παραγωγής. Επίσης στην μείωση του συνολικού κόστους αποθέματος συμβάλει και η παραγωγή αποθεμάτων του προϊόντος Δ σε πέντε μήνες όπως φαίνεται και στον πίνακα. Το απόθεμα των 100 κιλών τον Δεκέμβριο δεν υπολογίζεται επιπλέον, γιατί είναι πάγια ποσότητα παραγωγής με πάγιο κόστος αποθεματοποίησης του. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

Υπενθυμίζεται ότι το προϊόν Δ - Kara Float24 είναι το τρίτο στη σειρά προϊόν με το μικρότερο κόστος παραγωγής $PC_4 = 2.49$ €/kg και μικρό κόστος αποθέματος $h_4 = 0.0249$ €/kg. Είναι εμφανές πως ακόμα δεν υπάρχουν καθόλου αποθέματα στα προϊόντα που έχουν τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος, που είναι τα προϊόντα Ε - Kara Nylon24, Ζ - Nylon, Η - Strong, όλους τους μήνες του χρόνου. Εξαιρείται το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής και πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι προφανές πως την εταιρία την συμφέρει να φτιάχνει αποθέματα των προϊόντων που έχουν το μικρότερο κόστος αποθέματος.

Επίσης παρατηρούνται και πάλι μηδενικές ποσότητες παραγωγής για το προϊόν Β σε πέντε μήνες, των οποίων η ζήτηση παράγεται έναν, δύο ή και τρεις μήνες πριν. Έτσι δίνεται μεγαλύτερο βάρος στην παραγωγή άλλων προϊόντων που έχουν μεγαλύτερο κόστος αποθέματος.

Και σε αυτό το σενάριο, παρατηρούμε πως το πλάνο παραγωγής επιμένει στην δημιουργία αποθεμάτων των προϊόντων με μικρότερο κόστος παραγωγής και αποθέματος, σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα των εργατοωρών για κάθε μήνα.

Υπενθυμίζεται ότι για όλα τα προϊόντα υπάρχει αρχικό απόθεμα 100 κιλών στην αρχή του έτους αλλά και στο τέλος, γι' αυτό και οι ποσότητες παραγωγής του πρώτου μήνα του έτους, είναι κατά 100 κιλά μικρότερες.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο, δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

Στάδιο 1	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1039	3720	2681
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2752	3360	608
ΜΑΡΤΙΟΣ	3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	3600	3600	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	1239	3720	2481
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3524	3720	196
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3720	3720	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3720	3720	0
Στάδιο 2	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2078	21576	19498
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5504	19488	13984
ΜΑΡΤΙΟΣ	7440	21576	14136
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	7200	20880	13680
ΜΑΙΟΣ	7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ	7200	20880	13680
ΙΟΥΛΙΟΣ	2478	21576	19098
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7049	21576	14527
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	7200	20880	13680
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	7440	21576	14136
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7440	21576	14136
Στάδιο 3	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	4557	3933
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1651	4116	2465
ΜΑΡΤΙΟΣ	2232	4557	2325
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	4410	2250
ΜΑΙΟΣ	2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ	2160	4410	2250
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	4557	3814
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2115	4557	2442
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2160	4410	2250
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2232	4557	2325
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2232	4557	2325
Στάδιο 4	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Aj,t Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	624	6479	5855
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1651	5852	4201
ΜΑΡΤΙΟΣ	2232	6479	4247
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	6270	4110
ΜΑΙΟΣ	2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ	2160	6270	4110
ΙΟΥΛΙΟΣ	743	6479	5736
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2115	6479	4364
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2160	6270	4110
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2232	6479	4247
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2232	6479	4247

Πίνακας 4-153 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-6

Σενάριο 1 - 7:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 7$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος).

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 7, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό $Cr = 10$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, σε όλους τους μήνες του έτους εκτός από δύο (τον Ιανουάριο και τον Ιούλιο), δηλαδή 10 μήνες είχαν μηδενικό διαθέσιμο στο τέλος της βελτιστοποίησης συνολικά, στο πρώτο στάδιο παραγωγής. Ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου σε αυτούς τους 10 μήνες του έτους, είναι $A_{1,2} = A_{1,3} = A_{1,4} = A_{1,5} = A_{1,6} = A_{1,8} = A_{1,9} = A_{1,10} = A_{1,11} = A_{1,12} = 0$ ώρες. Ακόμα μεγαλύτερες μειώσεις ωρών εμφανίζουν και οι υπόλοιποι χρόνοι ασφαλείας, με αυτούς του πρώτου σταδίου να εμφανίζουν ακόμα τις μεγαλύτερες. Επομένως σε περίπτωση που η ζήτηση αυξηθεί επί 7 φορές σε όλα τα προϊόντα, τους μήνες αυτούς, οι μηχανές του πρώτου σταδίου δεν θα μπορούν να παράγουν παραπάνω ποσότητες, όπως την κάλυψη πιθανών έκτακτων παραγγελιών.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 7 φορές:

Ζήτηση D_{it} (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764	
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	7429	173015	124568	468382	75212	92341	249729	121427	
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518	
ΙΟΥΝΙΟΣ	1349	204537	91769	505353	32487	36036	244907	110266	
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	5350	173626	100530	665091	31528	41257	231024	145961	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9094	263652	112696	547848	18136	43258	262392	129683	
kg/έτος	31981	1027323	596993	2855570	197959	274640	1312737	659763	
Ποσότητα Παραγωγής X_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	274516	19228	69904	3047	5179	33768	14966	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	207214	18512	229135	8040	11505	46118	18764	
ΜΑΡΤΙΟΣ	9155	0	71301	434089	5203	11859	54661	19401	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	84398	0	75212	92341	249729	121427	
ΜΑΙΟΣ	1351	0	17453	507712	7877	10013	34487	26518	
ΙΟΥΝΙΟΣ	1349	0	91769	81432	32487	36036	244907	110266	
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	377530	19321	84265	5236	5986	42269	19154	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	168063	23275	345848	4125	6003	36349	12694	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	0	19355	502084	5215	3281	33618	18571	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	5350	0	100530	71864	31528	41257	231024	145961	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	0	19055	487263	1753	7820	43315	22260	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9194	0	112796	41973	18236	43358	262492	129783	
kg/έτος	31981	1027323	596993	2855570	197959	274640	1312737	659763	
Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν	
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	251383	0	0	0	0	0	0	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	433374	0	133075	0	0	0	0	
ΜΑΡΤΙΟΣ	7429	401787	40171	500656	0	0	0	0	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	228773	0	32274	0	0	0	0	
ΜΑΙΟΣ	0	204537	0	423920	0	0	0	0	
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	352951	0	0	0	0	0	0	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	493564	0	281726	0	0	0	0	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	473554	0	700598	0	0	0	0	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	299928	0	107370	0	0	0	0	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	263752	0	505974	0	0	0	0	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100	
kg/έτος	7529	3403704	40271	2685692	100	100	100	100	
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (Κ)									
ΚΕΡΔΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
		34577	956366	817259	3049749	477239	359503	2358200	980883
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	9033775							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	188	84380	947	66927	3	3	3	3
	$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	152454							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (Κ)		8881321							

Πίνακας 4-154 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 7

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 152454 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή αποθεμάτων του προϊόντος Β σε έντεκα μήνες, του προϊόντος Δ σε οχτώ μήνες, όπως φαίνεται και στον πίνακα. Καινούρια αποθέματα παρουσιάζονται και για το προϊόν Γ τον μήνα Μάρτιο $Y_{3,3} = 40171$ kg και για το προϊόν Α τον μήνα Μάρτιο $Y_{1,3} = 7429$ kg. Το

απόθεμα των 100 κιλών τον Δεκέμβριο δεν υπολογίζεται επιπλέον, γιατί είναι πάγια ποσότητα παραγωγής με πάγιο κόστος αποθεματοποίησης του. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

Υπενθυμίζεται ότι το προϊόν Γ – Kara Flex24 είναι το πιο οικονομικό προϊόν ως προς το κόστος παραγωγής του $PC_3 = 2.35 \text{ €/kg}$ και το κόστος αποθέματος του $h_3 = 0.0235 \text{ €/kg}$, το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο πιο οικονομικό με κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48 \text{ €/kg}$ και κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248 \text{ €/kg}$. Έπειτα ακολουθεί το προϊόν Δ - Kara Float24 που είναι το τρίτο στη σειρά με κόστος παραγωγής $PC_4 = 2.49 \text{ €/kg}$ και με κόστος αποθέματος $h_4 = 0.0249 \text{ €/kg}$. Τέταρτο στη σειρά είναι το προϊόν Α – Flex8 με κόστος παραγωγής $PC_1 = 2.50 \text{ €/kg}$ και κόστος αποθέματος $h_1 = 0.0250 \text{ €/kg}$. Είναι εμφανές πως ακόμα δεν υπάρχουν καθόλου αποθέματα στα προϊόντα που έχουν τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος, που είναι τα προϊόντα Ε - Kara Nylon24, Ζ - Nylon, Η – Strong, όλους τους μήνες του χρόνου. Εξαιρείται το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100 \text{ kg}$ το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής και πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100 \text{ kg}$ για όλα τα προϊόντα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι προφανές πως την εταιρία την συμφέρει να φτιάχνει αποθέματα των προϊόντων που έχουν το μικρότερο κόστος αποθέματος.

Επίσης παρατηρούνται και πάλι μηδενικές ποσότητες παραγωγής για το προϊόν Β σε οχτώ μήνες και για τα προϊόν Α και Δ τον μήνα Απρίλιο, των οποίων η ζήτηση παράγεται έναν, δύο ή και τρεις μήνες πριν. Έτσι δίνεται μεγαλύτερο βάρος στην παραγωγή άλλων προϊόντων που έχουν μεγαλύτερο κόστος αποθέματος.

Και σε αυτό το σενάριο, παρατηρούμε πως το πλάνο παραγωγής επιμένει στην δημιουργία αποθεμάτων των προϊόντων με μικρότερο κόστος παραγωγής και αποθέματος, σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα των εργατοωρών για κάθε μήνα.

Υπενθυμίζεται ότι για όλα τα προϊόντα υπάρχει αρχικό απόθεμα 100 κιλών στην αρχή του έτους αλλά και στο τέλος, γι' αυτό και οι ποσότητες παραγωγής του πρώτου μήνα του έτους, είναι κατά 100 κιλά μικρότερες.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο, δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο.

Στάδιο 1			
	Σύνολο Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Από Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2634	3720	1086
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ	3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	3600	3600	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	3479	3720	241
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3720	3720	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3720	3720	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	3720	3720	0
Στάδιο 2			
	Σύνολο Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Από Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	5269	21576	16307
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ	7440	21576	14136
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	7200	20880	13680
ΜΑΙΟΣ	7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ	7200	20880	13680
ΙΟΥΛΙΟΣ	6957	21576	14619
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7440	21576	14136
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	7200	20880	13680
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	7440	21576	14136
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7440	21576	14136
Στάδιο 3			
	Σύνολο Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Από Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1581	4557	2976
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ	2232	4557	2325
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	4410	2250
ΜΑΙΟΣ	2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ	2160	4410	2250
ΙΟΥΛΙΟΣ	2087	4557	2470
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2232	4557	2325
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2160	4410	2250
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2232	4557	2325
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2232	4557	2325
Στάδιο 4			
	Σύνολο Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμή Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Από Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1581	6479	4898
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ	2232	6479	4247
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2160	6270	4110
ΜΑΙΟΣ	2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ	2160	6270	4110
ΙΟΥΛΙΟΣ	2087	6479	4392
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2232	6479	4247
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2160	6270	4110
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2232	6479	4247
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2232	6479	4247

Πίνακας 4-155 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-7

Στη συνέχεια των σεναρίων δοκιμάστηκε ο πολλαπλασιασμός των ζητήσεων με τον αριθμό 8. Το πρόγραμμα δεν βρήκε εφικτή λύση. Το αποτέλεσμα του Open Solver έδωσε $Cr = 12$. Πιο αναλυτικά οι 11 μήνες του πρώτου σταδίου είχαν μηδενικούς χρόνους ασφαλείας και ο Ιανουάριος παρουσίασε χρόνο ασφαλείας $A_{1,1} = -3311$ ώρες. Τα σενάρια λοιπόν, συνέχισαν με βήμα 0.1, με σκοπό να βρεθεί η μέγιστη ζήτηση με την οποία οριακά θα υπερβαίνεται η δυναμικότητα του συστήματος.

4.7.4.6 Σενάριο 1 – 7.1 και 1 – 7.2

Σενάριο 1 – 7.1:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 7.1$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος).

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 7.1, το πρόγραμμα εμφάνισε κρίσιμο αριθμό $Cr = 11$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, σε όλους τους μήνες του έτους, εκτός από έναν μήνα (τον Ιανουάριο), δηλαδή 11 μήνες έχουν μηδενικό διαθέσιμο στο τέλος της βελτιστοποίησης

συνολικά, στο πρώτο στάδιο παραγωγής. Ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου σε αυτούς τους 11 μήνες του έτους, είναι $A_{1,2} = A_{1,3} = A_{1,4} = A_{1,5} = A_{1,6} = A_{1,8} = A_{1,9} = A_{1,10} = A_{1,11} = A_{1,12} = 0$ ώρες. Ακόμα μεγαλύτερες μειώσεις ωρών εμφανίζουν και οι υπόλοιποι χρόνοι ασφαλείας, με αυτόν του Ιανουαρίου του πρώτου σταδίου να έχει μειωθεί πάρα πολύ $A_{1,1} = 863$ ώρες. Επομένως σε περίπτωση που η ζήτηση αυξηθεί επί 7.1 φορές σε όλα τα προϊόντα, τους μήνες αυτούς, οι μηχανές του πρώτου σταδίου δεν θα μπορούν να παράγουν παραπάνω ποσότητες, όπως την κάλυψη πιθανών έκτακτων παραγγελιών.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 7.1 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	7535	175486	126348	475073	76287	93660	253297	123162
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	1368	207459	93080	512572	32951	36551	248405	111841
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	5426	176107	101966	674593	31979	41847	234324	148046
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9224	267419	114306	555674	18395	43876	266141	131535
kg/έτος	32313	1038964	603129	2886808	200207	277681	1326852	667011
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	309574	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	177891	18512	259054	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	9261	0	80885	425187	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	76593	0	76287	93660	253297	123162
ΜΑΙΟΣ	1351	0	17453	507712	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	1368	0	93080	74326	32951	36551	248405	111841
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	415568	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	135931	23275	378633	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	0	19355	502084	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	5426	0	101966	64345	31979	41847	234324	148046
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	0	19055	487263	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9324	0	114406	34035	18495	43976	266241	131635
kg/έτος	32313	1038964	603129	2886808	200207	277681	1326852	667011

Πίνακας 4-156 Ζήτηση, Ποσότητες παραγωγής σεναριο1 - 7.1

Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	286441	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	439108	0	162994	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	7535	407521	49755	521673	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	232035	0	46600	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	207800	0	438246	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	341	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	391330	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	499811	0	314510	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	479801	0	733382	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	303695	0	123134	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	267519	0	521739	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	7635	3515502	49855	2862378	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (Κ)								
ΚΕΡΔΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	34935	967202	825660	3083111	482658	363484	2383557	991658
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	9132266							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
$\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	191	87152	1172	71330	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	159857							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (Κ)	8972409							

Πίνακας 4-157 Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σενάριο 1 – 7.1

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 159857 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή αποθεμάτων του προϊόντος Β σε έντεκα μήνες, του προϊόντος Δ σε οχτώ μήνες, του προϊόντος Γ τον μήνα Μάρτιο $Y_{3,3} = 49755$ kg και επιπλέον του προϊόντος Α το μήνα Μάρτιο $Y_{1,3} = 7535$ kg. Το απόθεμα των 100 κιλών τον Δεκέμβριο δεν υπολογίζεται επιπλέον, γιατί είναι πάγια ποσότητα παραγωγής με πάγιο κόστος αποθεματοποίησης του. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

Υπενθυμίζεται ότι το προϊόν Γ – Kara Flex24 είναι το πιο οικονομικό προϊόν ως προς το κόστος παραγωγής του $PC_3 = 2.35$ €/kg και το κόστος αποθέματος του $h_3 = 0.0235$ €/kg, το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο πιο οικονομικό με κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg. Έπειτα ακολουθεί το προϊόν Δ - Kara Float24 που είναι το τρίτο στη σειρά με κόστος παραγωγής $PC_4 = 2.49$ €/kg και με κόστος αποθέματος $h_4 = 0.0249$ €/kg. Τέταρτο στη σειρά είναι το προϊόν Α – Flex8 με κόστος παραγωγής $PC_1 = 2.50$ €/kg και κόστος αποθέματος $h_1 = 0.0250$ €/kg. Είναι εμφανές πως ακόμα δεν υπάρχουν καθόλου αποθέματα στα προϊόντα που έχουν τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος, που είναι τα προϊόντα Ε - Kara Nylon24, Ζ - Nylon, Η – Strong, όλους τους μήνες του χρόνου. Εξαιρείται το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής και πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι προφανές πως την εταιρία την συμφέρει να φτιάχνει αποθέματα των προϊόντων που έχουν το μικρότερο κόστος αποθέματος.

Επίσης παρατηρούνται και πάλι μηδενικές ποσότητες παραγωγής για το προϊόν Β σε οχτώ μήνες και για τα προϊόν Α και Δ τον μήνα Απρίλιο, των οποίων η ζήτηση παράγεται έναν, δύο ή και τρεις μήνες πριν. Έτσι δίνεται μεγαλύτερο βάρος στην παραγωγή άλλων προϊόντων που έχουν μεγαλύτερο κόστος αποθέματος.

Και σε αυτό το σενάριο, παρατηρούμε πως το πλάνο παραγωγής επιμένει στην δημιουργία αποθεμάτων των προϊόντων με μικρότερο κόστος παραγωγής και αποθέματος, σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα των εργατοωρών για κάθε μήνα.

Υπενθυμίζεται ότι για όλα τα προϊόντα υπάρχει αρχικό απόθεμα 100 κιλών στην αρχή του έτους αλλά και στο τέλος, γι' αυτό και οι ποσότητες παραγωγής του πρώτου μήνα του έτους, είναι κατά 100 κιλά μικρότερες.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας μόνο τον Ιανουάριο θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο τους έντεκα από τους 12 μήνες.

	Στάδιο 1	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		2857	3720	863
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ		3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ		3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ		3600	3600	0
ΙΟΥΛΙΟΣ		3720	3720	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		3720	3720	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		3600	3600	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		3720	3720	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		3720	3720	0
	Στάδιο 2	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		5714	21576	15862
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ		7440	21576	14136
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		7200	20880	13680
ΜΑΙΟΣ		7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ		7200	20880	13680
ΙΟΥΛΙΟΣ		7440	21576	14136
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		7440	21576	14136
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		7200	20880	13680
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		7440	21576	14136
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		7440	21576	14136
	Στάδιο 3	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1714	4557	2843
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ		2232	4557	2325
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2160	4410	2250
ΜΑΙΟΣ		2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ		2160	4410	2250
ΙΟΥΛΙΟΣ		2232	4557	2325
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2232	4557	2325
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		2160	4410	2250
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		2232	4557	2325
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2232	4557	2325
	Στάδιο 4	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1714	6479	4765
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ		2232	6479	4247
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2160	6270	4110
ΜΑΙΟΣ		2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ		2160	6270	4110
ΙΟΥΛΙΟΣ		2232	6479	4247
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2232	6479	4247
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		2160	6270	4110
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		2232	6479	4247
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2232	6479	4247

Πίνακας 4-158 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-7.1

Σενάριο 1 – 7.2:

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 7.2$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος).

Μόλις ο πολλαπλασιαστής έφτασε την τιμή 7.2, το πρόγραμμα εμφάνισε και πάλι κρίσιμο αριθμό $Ct = 11$, στο πρώτο στάδιο της παραγωγής, σε όλους τους μήνες του έτους, εκτός από έναν μήνα (τον Ιανουάριο), δηλαδή 11 μήνες έχουν μηδενικό διαθέσιμο στο τέλος της βελτιστοποίησης συνολικά, στο πρώτο στάδιο παραγωγής. Ο χρόνος ασφαλείας του πρώτου σταδίου σε αυτούς τους 11 μήνες του έτους, είναι $A_{1,2} = A_{1,3} = A_{1,4} = A_{1,5} = A_{1,6} = A_{1,8} = A_{1,9} = A_{1,10} = A_{1,11} = A_{1,12} = 0$ ώρες. Ακόμα μεγαλύτερες μειώσεις ωρών εμφανίζουν και οι υπόλοιποι χρόνοι ασφαλείας, με αυτόν του Ιανουαρίου του πρώτου σταδίου να έχει μειωθεί ακόμα περισσότερο $A_{1,1} = 399$ ώρες. Επομένως σε περίπτωση που η ζήτηση αυξηθεί επί 7.2 φορές σε όλα τα προϊόντα, τους μήνες αυτούς, οι μηχανές του πρώτου σταδίου δεν θα μπορούν να παράγουν παραπάνω ποσότητες, όπως την κάλυψη πιθανών έκτακτων παραγγελιών.

Παρουσιάζονται οι ζητήσεις, οι ποσότητες παραγωγής, τα αποθέματα και το κέρδος του σεναρίου που η προβλεπόμενη ζήτηση του 2019 αυξήθηκε επί 7.2 φορές:

Ζήτηση Dit (kg/μήνα) [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	245	23233	19328	70004	3147	5279	33868	15066
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	25223	18512	96060	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	1726	31586	31130	66507	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	7641	177958	128127	481764	77361	94979	256864	124896
ΜΑΙΟΣ	1351	24235	17453	116066	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	1387	210381	94391	519791	33415	37066	251904	113417
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	24579	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	27450	23275	64122	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	20010	19355	83212	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	5503	178587	103402	684094	32429	42436	237625	150131
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	36176	19055	88659	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9354	271185	115916	563500	18654	44494	269889	133388
kg/έτος	32645	1050604	609266	2918046	202455	280722	1340967	674258
Ποσότητα Παραγωγής Xit (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	145	382670	19228	69904	3047	5179	33768	14966
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1597	148567	18512	288973	8040	11505	46118	18764
ΜΑΡΤΙΟΣ	9367	0	90469	416285	5203	11859	54661	19401
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	0	68788	0	77361	94979	256864	124896
ΜΑΙΟΣ	1351	0	17453	507712	7877	10013	34487	26518
ΙΟΥΝΙΟΣ	1387	0	94391	67220	33415	37066	251904	113417
ΙΟΥΛΙΟΣ	1435	415568	19321	84265	5236	5986	42269	19154
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1231	103799	23275	411417	4125	6003	36349	12694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	616	0	19355	502084	5215	3281	33618	18571
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	5503	0	103402	56826	32429	42436	237625	150131
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	559	0	19055	487263	1753	7820	43315	22260
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9454	0	116016	26097	18754	44594	269989	133488
kg/έτος	32645	1050604	609266	2918046	202455	280722	1340967	674258

Πίνακας 4-159 Ζήτησης και Ποσότητες παραγωγής συνάρτηση σενάριο 1 – 7.2

Απόθεμα Y_{it} (kg/μήνα)	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
Αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ [ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ]	100	100	100	100	100	100	100	100
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	359537	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	482881	0	192912	0	0	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	7641	451294	59339	542690	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	273336	0	60926	0	0	0	0
ΜΑΙΟΣ	0	249101	0	452572	0	0	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	38720	0	0	0	0	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	429709	0	0	0	0	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	506058	0	347295	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	486048	0	766167	0	0	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	307461	0	138899	0	0	0	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	271285	0	537503	0	0	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100	100	100	100	100	100	100	100
kg/έτος	7741	3855530	59439	3039063	100	100	100	100
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ max (K)								
ΚΕΡΔΟΣ $\sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	Α Προϊόν	Β Προϊόν	Γ Προϊόν	Δ Προϊόν	Ε Προϊόν	ΣΤ Προϊόν	Ζ Προϊόν	Η Προϊόν
	35294	978039	834060	3116473	488078	367465	2408913	1002433
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} D_{it} * PR_i$	9230756							
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ $\sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	193	95581	1397	75733	3	3	3	3
$\sum_{i=1}^8 \sum_{t=1}^{12} Y_{it} * PC_i * k_i$	172917							
ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ max (K)	9057839							

Πίνακας 4-160, Αποθέματα και Αντικειμενική συνάρτηση σεσάριο 1 – 7.2

Το συνολικό κόστος αποθέματος αυξήθηκε στα 172917 €, όπως προκύπτει από την παραγωγή αποθεμάτων του προϊόντος Β σε έντεκα μήνες, του προϊόντος Δ σε οχτώ μήνες, του προϊόντος Γ τον μήνα Μάρτιο $Y_{3,3} = 5939$ kg και επιπλέον του προϊόντος Α το μήνα Μάρτιο $Y_{1,3} = 7641$ kg. Το απόθεμα των 100 κιλών τον Δεκέμβριο δεν υπολογίζεται επιπλέον, γιατί είναι πάγια ποσότητα παραγωγής με πάγιο κόστος αποθεματοποίησης του. Το καθαρό κέρδος συνεχίζει να αυξάνεται.

Υπενθυμίζεται ότι το προϊόν Γ – Kapa Flex24 είναι το πιο οικονομικό προϊόν ως προς το κόστος παραγωγής του $PC_3 = 2.35$ €/kg και το κόστος αποθέματος του $h_3 = 0.0235$ €/kg, το προϊόν Β - Float8 είναι το δεύτερο πιο οικονομικό με κόστος παραγωγής $PC_2 = 2.48$ €/kg και κόστος αποθέματος $h_2 = 0.0248$ €/kg. Έπειτα ακολουθεί το προϊόν Δ - Kapa Float24 που είναι το τρίτο στη σειρά με κόστος παραγωγής $PC_4 = 2.49$ €/kg και με κόστος αποθέματος $h_4 = 0.0249$ €/kg. Τέταρτο στη σειρά είναι το προϊόν Α – Flex8 με κόστος παραγωγής $PC_1 = 2.50$ €/kg και κόστος αποθέματος $h_1 = 0.0250$ €/kg. Είναι εμφανές πως ακόμα δεν υπάρχουν καθόλου αποθέματα στα προϊόντα που έχουν τα μεγαλύτερα κόστη αποθέματος, που είναι τα προϊόντα Ε - Kapa Nylon24, Ζ - Nylon, Η – Strong, όλους τους μήνες του χρόνου. Εξαιρείται το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0} = 100$ kg το οποίο ορίζει ο μηχανικός παραγωγής και πρέπει να παράγεται και να υπάρχει τον τελευταίο μήνα του έτους $Y_{i,12} = Y_{i,0} = 100$ kg για όλα τα προϊόντα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι προφανές πως την εταιρία την συμφέρει να φτιάχνει αποθέματα των προϊόντων που έχουν το μικρότερο κόστος αποθέματος.

Επίσης παρατηρούνται και πάλι μηδενικές ποσότητες παραγωγής για το προϊόν Β σε οχτώ μήνες και για τα προϊόν Α και Δ τον μήνα Απρίλιο, των οποίων η ζήτηση παράγεται έναν, δύο ή και τρεις μήνες πριν. Έτσι δίνεται μεγαλύτερο βάρος στην παραγωγή άλλων προϊόντων που έχουν μεγαλύτερο κόστος αποθέματος.

Και σε αυτό το σενάριο, παρατηρούμε πως το πλάνο παραγωγής επιμένει στην δημιουργία αποθεμάτων των προϊόντων με μικρότερο κόστος παραγωγής και αποθέματος, σε συνδυασμό με την διαθεσιμότητα των εργατοωρών για κάθε μήνα.

Υπενθυμίζεται ότι για όλα τα προϊόντα υπάρχει αρχικό απόθεμα 100 κιλών στην αρχή του έτους αλλά και στο τέλος, γι' αυτό και οι ποσότητες παραγωγής του πρώτου μήνα του έτους, είναι κατά 100 κιλά μικρότερες.

Το εργοστάσιο φαίνεται να μπορεί να ανταποκριθεί στην κάλυψη της ζήτησης, αλλά σε περίπτωση έκτακτης παραγγελίας μόνο τον Ιανουάριο θα μπορέσει να ανταποκριθεί. Συγκεκριμένα οι μηχανές του πρώτους σταδίου παραγωγής δεν έχουν καθόλου ελεύθερο χρόνο τους έντεκα από τους 12 μήνες.

	Στάδιο 1	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Απότ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		3321	3720	399
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ		3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ		3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ		3600	3600	0
ΙΟΥΛΙΟΣ		3720	3720	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		3720	3720	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		3600	3600	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		3720	3720	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		3720	3720	0
	Στάδιο 2	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Απότ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		6641	21576	14935
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		6720	19488	12768
ΜΑΡΤΙΟΣ		7440	21576	14136
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		7200	20880	13680
ΜΑΙΟΣ		7440	21576	14136
ΙΟΥΝΙΟΣ		7200	20880	13680
ΙΟΥΛΙΟΣ		7440	21576	14136
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		7440	21576	14136
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		7200	20880	13680
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		7440	21576	14136
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		7200	20880	13680
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		7440	21576	14136
	Στάδιο 3	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Απότ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1992	4557	2565
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	4116	2100
ΜΑΡΤΙΟΣ		2232	4557	2325
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2160	4410	2250
ΜΑΙΟΣ		2232	4557	2325
ΙΟΥΝΙΟΣ		2160	4410	2250
ΙΟΥΛΙΟΣ		2232	4557	2325
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2232	4557	2325
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		2160	4410	2250
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		2232	4557	2325
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2160	4410	2250
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2232	4557	2325
	Στάδιο 4	Τμήτ Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Τμήτ Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Απότ Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		1992	6479	4487
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		2016	5852	3836
ΜΑΡΤΙΟΣ		2232	6479	4247
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		2160	6270	4110
ΜΑΙΟΣ		2232	6479	4247
ΙΟΥΝΙΟΣ		2160	6270	4110
ΙΟΥΛΙΟΣ		2232	6479	4247
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		2232	6479	4247
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		2160	6270	4110
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		2232	6479	4247
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		2160	6270	4110
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		2232	6479	4247

Πίνακας 4-161 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-7.2

4.7.4.7 Σενάριο 1 – 7.3

$X = 1$ ο πολλαπλασιαστής των μηνών των οποίων η ζήτηση δεν μεταβάλλεται, και είναι ο Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, Νοέμβριος.

$Y = 7.3$ ο πολλαπλασιαστής όλων των προβλεπόμενων ζητήσεων του 2019, όλων των προϊόντων, τους προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες (Απρίλιος, Ιούνιος, Οκτώβριος και Δεκέμβριος)

Στο σενάριο που ο πολλαπλασιαστής της ζήτησης στους συγκεκριμένους έξι μήνες πήγε στο 7.3, το γραμμικό πρόβλημα δεν μπόρεσε να δώσει εφικτή λύση. Ο Open Solver δεν μπόρεσε να βρει τη βέλτιστη λύση γιατί δεν υπήρξε εφικτή λύση. Επομένως η παραγωγή του εργοστασίου δεν μπορεί να ανταποκριθεί στη ζήτηση.

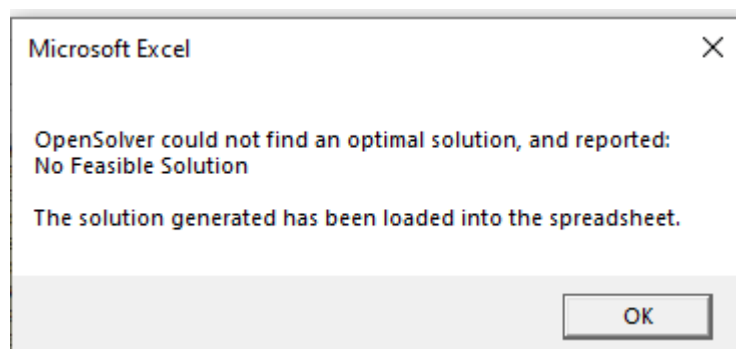
Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, ο τρίτος περιορισμός του προβλήματος παραβιάζεται:

$$T_{jt} \geq \sum_{i=1}^8 T_{ij} X_{it}$$

Κανονικά οι διαθέσιμοι χρόνοι λειτουργίας (διαθέσιμες εργατοώρες) κάθε σταδίου κάθε μήνα, θα πρέπει να είναι μεγαλύτεροι ή ίσοι από τους τελικούς διαθέσιμους χρόνους λειτουργίας (τελικές εργατοώρες) κάθε σταδίου κάθε μήνα. Όμως τον μήνα Ιανουάριο του πρώτου σταδίου παραγωγής, η απαιτούμενη ζήτηση χρειάζεται παραπάνω εργατοώρες για να παραχθεί ($FT_{1,1} = 3784$ ώρες), από αυτές που διαθέτει το εργοστάσιο ($T_{1,1} = 3720$ ώρες). Γι' αυτό και ο χρόνος ασφαλείας του Ιανουαρίου του πρώτου σταδίου βγαίνει αρνητικός, $A_{1,1} = -64$, αποτέλεσμα αδύνατο.

	Στάδιο 1	FTjt Τελικές Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Tjt Διαθέσιμες Εργατοώρες / μήνα/στάδιο	Ajt Χρόνος Ασφαλείας (ώρες/στάδιο/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		3784	3720	-64
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		3360	3360	0
ΜΑΡΤΙΟΣ		3720	3720	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		3600	3600	0
ΜΑΙΟΣ		3720	3720	0
ΙΟΥΝΙΟΣ		3600	3600	0
ΙΟΥΛΙΟΣ		3720	3720	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		3720	3720	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		3600	3600	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		3720	3720	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		3600	3600	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		3720	3720	0

Πίνακας 4-162 Εργατοώρες και Χρόνοι Ασφαλείας σενάριο 1-7.3



Εικόνα 4-16 Ενημέρωση από τον Open Solver στο Excel στην περίπτωση συνολικής αύξησης ζήτησης κατά 7.3 φορές την προβλεπόμενη ζήτηση του 2019

4.8 Συμπεράσματα και προτεινόμενες λύσεις

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου, με βάση τις προβλέψεις της ζήτησης αλλά και τις πραγματικές πωλήσεις, το εργοστάσιο και η εταιρία μπορούν να ανταποκριθούν και να ικανοποιήσουν τους πελάτες. Η εξέλιξη των καθαρών κερδών της επιχείρησης τα τελευταία χρόνια φαίνεται να είναι ανοδική. Επομένως καθίσταται χρήσιμη η κατασκευή πλάνων παραγωγής σε διάφορες συνθήκες αύξησης της ζήτησης. Έτσι λοιπόν, με βάση τις διάφορες περιπτώσεις αύξησης της ζήτησης, προκύπτουν τα εξής:

- Κάθε πλάνο παραγωγής προγραμματίζει τις ποσότητες παραγωγής και την δημιουργία αποθεμάτων με βάση:
 - τη διαθεσιμότητα των εργατοωρών και των διαθέσιμων χρόνων ασφαλείας, κάθε μήνα, κάθε σταδίου, κάθε προϊόντος.
 - το μικρότερο κόστος παραγωγής και το μικρότερο κόστος αποθέματος κάθε προϊόντος
- Στα σενάρια αύξησης της ζήτησης σε προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες, το κόστος αποθέματος έπαιξε πρωταρχικό ρόλο. Τα τέσσερα προϊόντα που έχουν το χαμηλότερο κόστος αποθέματος και κόστος παραγωγής, είναι και αυτά που εμφάνισαν αποθέματα. Συγκεκριμένα το προϊόν Β άρχισε να φτιάχνει αποθέματα από το σενάριο 1-3.05, το προϊόν Δ από το σενάριο 1-4 και τα προϊόντα Α και Γ από το σενάριο 1-7. Μέχρι και το τελευταίο δέκατο πέμπτο σενάριο (1-7.3) που το πρόγραμμα έδινε εφικτές λύσεις, τα υπόλοιπα τέσσερα προϊόντα (Ε,ΣΤ,Ζ,Η) δεν παρουσίασαν αποθέματα.
- Στα σενάρια αύξησης της ζήτησης σε προεπιλεγμένους έξι μήνες, το προϊόν Β άρχισε να φτιάχνει αποθέματα από το σενάριο 1-2.5 και το προϊόν Δ από το σενάριο 1-2.8. Μέχρι και το τελευταίο δέκατο πέμπτο σενάριο (1-3.3) που το πρόγραμμα έδινε εφικτές λύσεις, τα υπόλοιπα τέσσερα προϊόντα (Α,Γ,Ε,ΣΤ,Ζ,Η) δεν παρουσίασαν αποθέματα.
- Στα σενάρια αύξησης της ζήτησης σε όλους τους μήνες ταυτόχρονα, με τον ίδιο πολλαπλασιαστή κάθε φορά, το προϊόν Β άρχισε να φτιάχνει αποθέματα από το σενάριο 1-2.5 και το προϊόν Δ από το σενάριο 1-2.8. Μέχρι και το τελευταίο δέκατο έκτο σενάριο (1-2.86) που το πρόγραμμα έδινε εφικτές λύσεις, τα υπόλοιπα τέσσερα προϊόντα (Α,Γ,Ε,ΣΤ,Ζ,Η) δεν παρουσίασαν αποθέματα.
- Το αρχικό απόθεμα $Y_{i,0}$ το οποίο ορίζεται από τον μηχανικό παραγωγής του εργοστασίου, επηρεάζει πολύ το πλάνο παραγωγής, και θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα μελετημένο, με βάση τις ανάγκες της παραγωγής για κάθε προϊόν.
- Το πρώτο στάδιο παραγωγής είναι αυτό που παρουσίασε τις μεγαλύτερες μειώσεις στους χρόνους ασφαλείας και μηδενισμό αυτών καθώς η ζήτηση αυξανόταν όλο και περισσότερο σε διάφορους μήνες. Αυτό σημαίνει πως οι τελικές εργατοώρες ανά μήνα, έφταναν να είναι πολύ κοντά ή και ίσες με τους διαθέσιμους χρόνους λειτουργίας ανά μήνα (διαθέσιμες εργατοώρες). Συνεπώς όλα τα μηχανήματα του πρώτου σταδίου χρησιμοποιούνταν στο 100% της διαθεσιμότητας και της λειτουργίας τους.
 - Το πρόβλημα που πιθανόν θα προκύψει, είναι η μη κάλυψη των έκτακτων παραγγελιών που μπορεί να ζητηθεί.
 - Ένα δεύτερο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει, είναι να σταματήσει η παράγωγή, σε περίπτωση βλάβης κάποιας μηχανής του πρώτου σταδίου, επειδή δεν υπάρχει εφεδρική μηχανή να συνεχίσει έως ότου επιδιορθωθεί η αρχική.
- Μια πρόταση αντιμετώπισης των δύο προηγούμενων προβλημάτων είναι η εταιρία να προβεί στην αγορά επιπλέον μηχανών του πρώτου σταδίου (extruders), προκειμένου να μπορεί να καλύψει τις πιθανές έκτακτες παραγγελίες, των οποίων τα προϊόντα θα χρειάζεται να κάνουν χρήση και των μηχανών του πρώτου σταδίου. Επίσης σε περίπτωση που προκληθεί βλάβη σε μια από τις μηχανές, η παραγωγή θα μπορεί να συνεχίσει κανονικά κάνοντας χρήση των εφεδρικών μηχανών.
- Μια δεύτερη προτεινόμενη λύση, είναι η κατασκευή ημιτέτοιμων προϊόντων του πρώτου σταδίου σε χρόνους ασφαλείας προηγούμενων μηνών, που δεν είχαν

προκύψει έκτακτες παραγγελίες ή που η ζήτηση ήταν χαμηλή, προκειμένου να καλυφθεί η μελλοντική έκτακτη ζήτηση. Αυτό μπορεί να γίνει:

- αλλάζοντας τις μεταβλητές απόφασης από X_{it} σε X_{ijt} ,
- ορίζοντας μεταβλητές αποθέματος ανά στάδιο j Y_{ijt} με Y_{i4t} να συμβολίζει τελικό προϊόν διαθέσιμο προς πώληση
- και θέτοντας τελικές τιμές

$$Y_{ij12} = \text{αρχικό απόθεμα } Y_{ij0}$$

ώστε, την τελευταία περίοδο 12, τα αποθέματα που μένουν σε κάθε στάδιο να ισούνται ακριβώς με τα αρχικά αποθέματα.

- Στο μέλλον, λόγω ανοδικής εξέλιξης του καθαρού κέρδους της επιχείρησης, θα κριθεί αναγκαία η επέκταση των εγκαταστάσεων του εργοστασίου καθώς και η πρόσληψη επιπλέον ανθρώπινου δυναμικού. Επομένως η διοίκηση της εταιρίας και ο οικονομικός διευθυντής θα διευκολυνθούν από μελέτες μελλοντικών σεναρίων, όπως η παρούσα.
- Η εταιρία με το εργαλείο αυτό, θα μπορεί να εκτιμήσει την παραγωγική της ικανότητα σε οποιαδήποτε αύξηση της ζήτησης, οποιονδήποτε μήνα. Επίσης με διάφορες προσθήκες είτε τροποποιήσεις σε οποιαδήποτε άλλα μεγέθη του προβλήματος, πέρα από τη ζήτηση, όπως τον αριθμό των προϊόντων, το αρχικό απόθεμα, το κόστος αποθέματος, το μεικτό κέρδος, την τιμή πώλησης και τους χρόνους επεξεργασίας, ο μηχανικός παραγωγής μπορεί εξάγει τα επιθυμητά πλάνα παραγωγής.
- Ο μηνιαίος δείκτης απαξίωσης του αποθέματος για κάθε προϊόν i της εταιρίας, εκτιμάται στο 1% της αξίας του προϊόντος. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι το κόστος αποθέματος δεν αποτελεί άμεσα σημαντικό κίνδυνο για το κέρδος. Δεν σημαίνει όμως ότι είναι αμελητέο, και φυσικά πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν στα πλάνα παραγωγής. Έτσι σε περίπτωση υπερεκτίμησης της ζήτησης, οι αποθηκευτικοί χώροι πρέπει να μπορούν να διατηρήσουν ένα απόθεμα έτοιμων προϊόντων, για ένα χρονικό διάστημα μέχρι την πώληση σε επόμενους πελάτες. Το χρονικό διάστημα αυτό καθορίζεται από το χρόνο απαξίωσης και φθοράς των προϊόντων, από το κόστος αποθέματος και από την διαθεσιμότητα των αποθηκευτικών χώρων (χωροταξικά και οικονομικά). Στην περίπτωση που οι πραγματικές ζητήσεις είναι μεγαλύτερες από τις προβλεπόμενες, τότε το εργοστάσιο θα πρέπει να έχει κάθε μήνα διαθέσιμες εργατοώρες και χρόνους ασφαλείας των μηχανών κάθε σταδίου παραγωγής, προκειμένου να καλύψει τις ανικανοποίητες ζητήσεις, όσο πιο έγκαιρα μπορεί.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

5.1 Ανακεφαλαίωση

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η σχεδίαση παραγωγής συνθετικών σχοινιών (κάβων) μεγάλης ελληνικής βιομηχανίας.

Αρχικά γίνεται η περιγραφή της εταιρίας, ιστορικές και γενικές πληροφορίες και παρουσίαση της παραγωγής. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα προϊόντα και οι πρώτες ύλες, τα στάδια παραγωγής και η διαδικασία της παραγωγής στο σύνολό της.

Ακολουθεί η πρόβλεψη της ζήτησης για τα έτη 2019 και 2020, βασισμένη στις ιστορικές πωλήσεις από το 2014 έως το 2018 για οχτώ διαφορετικά προϊόντα. Αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο των προβλέψεων, οι μέθοδοι πρόβλεψης, η διαδικασία και τα κριτήρια αξιολόγησης της πρόβλεψης καθώς και η στατιστική ανάλυση ακρίβειας των προβλέψεων. Αναλύθηκαν εκτενέστερα οι μέθοδοι πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκαν για όλα τα προϊόντα. Έπειτα, για κάθε προϊόν ξεχωριστά παρουσιάζονται οι μέθοδοι πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκαν και αξιολογείται η ακρίβεια των αποτελεσμάτων κάθε μεθόδου. Επιλέγεται το βέλτιστο μοντέλο πρόβλεψης και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προβλέψεων. Τέλος, γίνεται αξιολόγηση των προβλέψεων του 2019 βάσει των πραγματικών πωλήσεων του 2019, για κάθε ένα προϊόν ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης χρησιμοποιούνται για να γίνει ο ετήσιος προγραμματισμός παραγωγής με χρήση γραμμικού προγραμματισμού και της μεθόδου Simplex. Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε είναι ο Open Solver στο υπολογιστικό φύλλο Excel. Αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο του γραμμικού προγραμματισμού, της μοντελοποίησης και της τυπολογίας των μοντέλων γραμμικού προγραμματισμού, οι συνθήκες εφαρμογής των μοντέλων αυτών και τέλος παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της μεθόδου Simplex. Ακολουθεί η μοντελοποίηση του γραμμικού προβλήματος της συγκεκριμένης εταιρίας. Πιο αναλυτικά παρουσιάζεται το πρόβλημα της εταιρίας και μοντελοποιείται μαθηματικά για την κατασκευή ετήσιου πλάνου παραγωγής. Έπειτα πραγματοποιείται και παρουσιάζεται αναλυτικά η υλοποίησή του. Στη συνέχεια, φτιάχνεται ένα πλάνο παραγωγής βασισμένο στις προβλέψεις του 2019 και ένα πλάνο παραγωγής βασισμένο στις πραγματικές πωλήσεις του 2019. Έπειτα παρουσιάζεται η σύγκριση των δύο πλάνων παραγωγής με σκοπό να μελετηθεί το πώς και το κατά πόσο επηρεάζουν οι αποκλίσεις των προβλέψεων των πωλήσεων των προϊόντων, το πλάνο παραγωγής ενός εργοστασίου. Παρακάτω παρουσιάζεται η μοντελοποίηση του γραμμικού προβλήματος της εταιρίας στην περίπτωση υπερωριών.

Η παραγωγή του εργοστασίου μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των προβλέψεων της ζήτησης και στις πραγματικές ζητήσεις. Με μια απλή φράση, μπορεί να ειπωθεί πως το εργοστάσιο, ότι του ζητείται, το παράγει. Μετά από παρατήρηση της πορείας του κέρδους της επιχείρησης τα τελευταία χρόνια, φαίνεται να είναι ανοδική. Επομένως καθίσταται χρήσιμο η κατασκευή πλάνων παραγωγής σε διάφορες συνθήκες αύξησης της ζήτησης. Στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας παρουσιάζονται σενάρια αύξησης ζήτησης, με σκοπό η διοίκηση της εταιρίας να μπορεί να οργανώνει κάθε φορά την παραγωγή του εργοστασίου σε κάθε περίπτωση ανάγκης κάλυψης ζήτησης σε οποιαδήποτε πιθανή προβλεπόμενη αύξηση αυτής. Συγκεκριμένα κρίνεται αναγκαίο να εντοπισθούν οι συνθήκες στις οποίες το εργοστάσιο θα υπερβεί τα όρια της παραγωγικής του ικανότητας και να παρατηρηθούν οι

χρόνοι στα στάδια παραγωγής, τα επίπεδα των αποθεμάτων, τα κόστη και τα κέρδη, καθώς και οι παραγόμενες ποσότητες. Γι' αυτό αρχικά μελετώνται σενάρια αύξησης ζήτησης σε όλα τα προϊόντα της εταιρίας σε όλους τους μήνες του έτους με τον ίδιο πολλαπλασιαστή κάθε φορά. Έπειτα μελετώνται σενάρια αύξησης ζήτησης σε όλα τα προϊόντα της εταιρίας σε προεπιλεγμένους έξι μήνες του έτους με τον ίδιο πολλαπλασιαστή κάθε φορά. Τέλος μελετώνται σενάρια αύξησης ζήτησης σε όλα τα προϊόντα της εταιρίας σε προεπιλεγμένους τέσσερις μήνες του έτους με τον ίδιο πολλαπλασιαστή κάθε φορά.

5.2 Προτεινόμενες επεκτάσεις

Η παρούσα εκπονούμενη έρευνα, αποτελεί μια βάση για πολλές επεκτάσεις. Με παραχώρηση περισσότερων πληροφοριών και στοιχείων από την εταιρία, μπορούν να μελετηθούν εκ νέου επί πρόσθετα σενάρια πρόβλεψης και παραγωγής:

- Η πρόβλεψη μπορεί να πραγματοποιηθεί με περισσότερα και πιο ακριβή δεδομένα, κάνοντας χρήση πιο πολύπλοκων μεθόδων πρόβλεψης οι οποίες ενδεχομένως θα έδιναν ακριβέστερα αποτελέσματα.
- Νέα πρόβλεψη ζήτησης ανά προϊόν και ανά αποθήκη έτοιμων προϊόντων που διαθέτει η εταιρία ανά τον κόσμο, βασισμένη σε ιστορικές πωλήσεις που καταγράφηκαν από την κάθε αποθήκη. Δηλαδή τι ζητήθηκε και τι πωλήθηκε από την κάθε αποθήκη σε όλα τα σημεία της γης. Κατ' επέκταση, νέο γραμμικό πρόβλημα που να βρίσκει ποσότητες παραγωγής ανά προϊόν, ανά στάδιο παραγωγής ανά αποθήκη ανά μήνα.
- Νέα και αναλυτικότερη ταξινόμηση σε κάθε προϊόν, όχι μόνο ως προς την κατηγορία σχοινιού, αλλά λαμβάνοντας υπόψιν επιπλέον χαρακτηριστικά των προϊόντων, όπως είναι το πάχος / η διάμετρος του σχοινιού (ταξινόμηση προϊόντων ανά ίντσες), ο αριθμός των κλώνων που αποτελούν ένα σχοινί (υπάρχουν οχτάκλωνα, εικοσιτετράκλωνα, δωδεκάκλωνα κλπ.), το όριο θραύσης κάθε προϊόντος.
- Νέες προβλέψεις και νέα πλάνα παραγωγής μπορούν να γίνουν, βασιζόμενοι σε μια διαφορετική ταξινόμηση των προϊόντων, λαμβάνοντας υπόψιν νέα δεδομένα και χαρακτηριστικά της παραγωγής.
- Η μοντελοποίηση και η επίλυση του γραμμικού προβλήματος θα μπορούσε να λαμβάνει υπόψιν της και τις πρώτες ύλες.
- Νέα μοντελοποίηση γραμμικού προβλήματος, με παραπάνω προϊόντα.
- Νέα μοντελοποίηση του γραμμικού προβλήματος βασισμένη στις παραγωγές και τα αποθέματα ημιέτοιμων προϊόντων πρώτου και δεύτερου σταδίου παραγωγής.
- Νέα πλάνα παραγωγής μπορούν να κατασκευαστούν καταχωρώντας διαφορετικούς δείκτες απαξίωσης αποθέματος για κάθε προϊόν k_i , αλλάζοντας τα αρχικά αποθέματα $Y_{i,0}$, τους χρόνους επεξεργασίας $T_{i,j}$, τα κόστη παραγωγής PC_i ή τις τιμές των πωλήσεων σε κάθε προϊόν SP_i .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Πετρόπουλος, Φ. (2012) *Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια πρόβλεψης χρονοσειρών: Προσομοίωση και ανάλυση*. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- [2] Παρασκευάς, Δ. (2017) *Μέθοδοι πρόβλεψης ζήτησης*. Διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- [3] Δογάνη, Φ. (2006) *Ανάπτυξη ολοκληρωμένου συστήματος προγραμματισμού παραγωγής και διαχείρισης αποθεμάτων με χρήση μεθοδολογιών υπολογιστικής νοημοσύνης, θεωρίας ελέγχου και μαθηματικού προγραμματισμού*. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- [4] Mentzer, J. T., and Bienstock, C. C. (1998). *Sales Forecasting Management: Understanding the Techniques, Systems and Management of the Sales Forecasting Process*. Sage Publications.
- [5] Mentzer, J. T., and Moon, M. A. (2005). *Sales Forecasting Management: A Demand Management Approach*. Second Edition. Sage Publications.
- [6] Κυριακάκης, Μ. (2018) *Αξιολόγηση αποδοτικότητας και μελέτη λειτουργίας μονάδας παραγωγής και συσκευασίας προϊόντων κρέατος «Creta Farms»*. Διπλωματική Εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- [7] Makridakis, S., Wheelwright, S.C., and Hyndman, R.J. (1997) *Forecasting: Methods and Applications*. Third Edition. John Wiley and Sons.
- [8] Gardner, E.S. (1985) Exponential smoothing: The state of the art, *Journal of Forecasting*, vol 4, 1 – 28
- [9] Nahmias, S. and Olsen, T.L. (2015) *Production and Operations Analysis*. Seventh Edition. Waveland Press.
- [10] Hyndman, R.J. and Athanasopoulos, G. *Forecasting: Principles and Practice*. Second Edition. Monash University, Australia. Available at: <https://otexts.com/fpp2/>.
- [11] Hammond, J.S., Keeney, R.L. and Raiffa, H. (1998) The hidden traps in decision making. *Harvard Business Review*, 76(5), 47 - 58
- [12] Φίλης, Γ. (2016) *Συστήματα Παραγωγής*. Σημειώσεις μαθήματος. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- [13] Χριστόδουλος Χ.Ε (2015) *Μοντέλα και μεθοδολογίες για πρόβλεψη και εξέλιξη ζήτησης και ανταγωνισμού τηλεπικοινωνιακών αγορών*. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα. 101
- [14] Fomby, T. B. (2008) *Exponential smoothing models. Lecture notes*. Southern Methodist University, Dallas, TX.
- [15] IBM (2017) *Custom Exponential Smoothing Models*. Available at: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSLVMB_23.0.0/spss/trends/idh_idd_exp_smooth_crit.html
- [16] D. Koronakis S.A. [Company webpage] Available at: <http://www.koronakis.gr/>

- [17] Σίσκος, Γ. (2000) *Γραμμικός Προγραμματισμός*. Έκδοση 2^η . Εκδόσεις νέων τεχνολογιών. Αθήνα. 21-24,61-62,29-33,125,295-296
- [18] Δούμπος, Μ. (2017) *Γραμμικός Προγραμματισμός*, Σημειώσεις μαθήματος, eclass Πολυτεχνείο Κρήτης
- [19] Δούμπος, Μ. (2017) *Γραμμικός Προγραμματισμός*, Επίλυση γραμμικών προγραμμάτων σε Η/Υ, eclass, Πολυτεχνείο Κρήτης
- [20] Δούμπος, Μ. (2010) *Μεθοδολογία επιχειρησιακής έρευνας*, Σημειώσεις μαθήματος, eclass Πολυτεχνείο Κρήτης. 8-9,67-71
- [21] Sierksma, G., Zwols, Y. *Linear and Integer Optimization Theory and Practice*, Third Edition, 2015
- [22] Open Solver. Available at: <https://opensolver.org/>
- [23] Box, G.E.P., Jenkins, G.M., Reinsel, G.C., Ljung, G.M. *Time Series Analysis Forecasting and Control*, Fifth edition, 2016
- [24] IBM SPSS Forecasting 20. IBM Corporation 1989, 2011.
- [25] COST OF CARRYING INVENTORY – YES IT COSTS MONEY. Available at: https://apics-prsj.org/blog/SCC_3
- [26] Inventory Carrying Cost Formula and Calculation | 2021 Guide. Available at: <https://www.bluecart.com/blog/inventory-carrying-cost>