



ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΕΥΕΛΠΙΔΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Εφαρμοσμένη Επιχειρησιακή Έρευνα και Ανάλυση  
(ΠΔ 96 & ΠΔ 97/2015/ΦΕΚ 163Α'/20.08.2014)



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ – ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Επιμέλεια Θέματος: Γεώργιος Χρυσίνης  
Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Απόστολος Μπουρνέτας

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ –  
ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ**

Η Μεταπτυχιακή Διατριβή του Γεωργίου Χρυσίνη εγκρίνεται:

#### ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

---

Καθηγητής Νικόλαος Δάρας

Καθηγητής Απόστολος Μπουρνέτας (Επιβλέπων)

Αναπληρωτής Καθηγητής Στυλιανός Τσαφάρκης

---

## Ευχαριστίες

Αισθάνομαι την ανάγκη να αναφερθώ και να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με τον τρόπο τους να ολοκληρωθεί η διπλωματική μου εργασία και στήριξαν αυτή μου την προσπάθεια.

Πρώτα από όλα τους διδάσκοντες του Μεταπτυχιακού Προγράμματος και κυρίως τον κύριο Απόστολο Μπουρνέτα επιβλέποντα της Διπλωματικής Εργασίας, για τις ουσιαστικές παρατηρήσεις και υποδείξεις του και την επιστημονική καθοδήγηση που μου προσέφερε.

Με αυτή την ευκαιρία θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου για την υποστήριξη και την παρακίνησή τους όλα αυτά τα χρόνια στις σπουδές μου και γενικά στην καριέρα μου.

Τέλος να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στη σύζυγό μου Μαρία για την υπομονή της και την αμέριστη συμπαράστασή της σε όλη αυτή την πορεία.

## Περιεχόμενα

### Εισαγωγή

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : ΒΑΣΙΚΕΣ ΈΝΝΟΙΕΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ

- 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ
- 1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ
- 1.3 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ
- 1.4 ΛΟΓΟΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ
- 1.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ
- 1.6 ΤΥΠΟΙ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ
- 1.7 ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ
- 1.8 ΒΑΣΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

- 2.1 ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ
- 2.2 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ
- 2.3 ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ
- 2.4 ΟΦΕΛΗ ΣΩΣΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ
- 2.5 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ
- 2.6 ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ, ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ & ΤΥΧΑΙΑ ΖΗΤΗΣΗ
- 2.7 ΚΟΣΤΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΝΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

- 3.1 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΟQ (ECONOMIC ORDER QUANTITY)
- 3.2 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΟQ ΜΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

- 4.1 ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ (Q,R)
- 4.2 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΕΦΗΜΕΡΙΔΟΠΩΛΗ (NEWSVENDOR MODEL)

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

- 5.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ X
- 5.2 ΟΜΟΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ
- 5.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ
- 5.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ
- 5.5 ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Εισαγωγή

«Λυπούμαστε, αλλά το προϊόν που θέλετε έχει εξαντληθεί». Πόσο συχνά το έχετε ακούσει αυτό κατά τη διάρκεια των αγορών σας; Σε πολλές από αυτές τις περιπτώσεις, πρόκειται για καταστήματα που δεν κάνουν πολύ καλή δουλειά στη διαχείριση των αποθεμάτων τους (αποθέματα αγαθών που διατηρούνται για μελλοντική χρήση ή πώληση). Δεν κάνουν παραγγελίες για την αναπλήρωση των αποθεμάτων αρκετά σύντομα για να αποφύγουν την έλλειψη των προϊόντων τους. Αυτά τα καταστήματα θα μπορούσαν να επωφεληθούν από τις τεχνικές διαχείρισης αποθεμάτων που περιγράφονται στην παρούσα εργασία. Όμως, δεν είναι μόνο τα καταστήματα λιανικής που πρέπει να διαχειρίζονται τα αποθέματα.

Η διατήρηση αποθεμάτων είναι απαραίτητη για κάθε εταιρεία που ασχολείται με φυσικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των κατασκευαστών, των χονδρεμπόρων και των λιανοπωλητών. Η έννοια του αποθέματος είναι γενική και δεν περιορίζεται στην περίπτωση των πρώτων υλών, των προϊόντων και εμπορευμάτων αλλά καλύπτει ένα ευρύ φάσμα οικονομικών φαινομένων. Ανεξάρτητα από τη γενικότητα του όρου, το πρόβλημα της διαχείρισης των αποθεμάτων είναι πολύ σημαντικό για όλες τις επιχειρήσεις καθώς τα αποθέματα τους δεσμεύουν συνήθως ένα μεγάλο ποσοστό του κεφαλαίου τους κι έχουν σημαντικό κόστος διατήρησης.

Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί μια σημαντική ευθύνη για τη διοίκηση ενός παραγωγικού συστήματος. Ως απόθεμα θεωρείται η ποσότητα οποιουδήποτε οικονομικού αγαθού, υλικού ή όχι, εισάγεται στο σύστημα και υπερβαίνει την ποσότητα του αγαθού αυτό που εξάγεται από το σύστημα. Η δημιουργία αποθεμάτων μπορεί είτε να είναι σχεδιασμένη με σκοπό να εξομαλύνει τις παρουσιαζόμενες διαφορές μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης του αγαθού είτε αποτέλεσμα διαφόρων παραγόντων όπως κακός προγραμματισμός ή έκτακτα φαινόμενα. Η αναγκαιότητα ύπαρξης του αποθέματος οφείλεται κυρίως στην αβεβαιότητα αναφορικά με την προσφορά και τη ζήτηση του αγαθού για την κάλυψη των εκάστοτε αναγκών.

Ο έλεγχος των αποθεμάτων (inventory control) είναι μια τεχνική με επιστημονικές βάσεις που σκοπό έχει να παρακολουθεί την αποθηκευμένη ποσότητα του αγαθού και να λαμβάνει τις σχετικές αποφάσεις όπως για παράδειγμα πότε και σε τι ποσότητα θα πρέπει να παραγγελθεί το υλικό. Σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων θεωρείται το σύνολο των κανονισμών και ελέγχων που καθορίζουν το ύψος των αποθεμάτων, πότε θα πρέπει τα αποθέματα να ανανεώνονται και πόσο μεγάλες θα πρέπει να είναι οι παραγγελίες. Σε ένα παραγωγικό σύστημα, τα αποθέματα διακρίνονται σε πρώτες ύλες, τελικά προϊόντα, ενδιάμεσα προϊόντα και εφόδια. Αποθέματα δημιουργούνται και στις υπηρεσίες με την έννοια των υλικών αγαθών και προμηθειών που υποστηρίζουν την υπηρεσία αυτή.

Ο βασικός σκοπός ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων είναι να καθορίζει πρώτον πότε θα πρέπει να παραγγελθούν τα αγαθά και δεύτερον πόσο μεγάλη θα πρέπει να είναι η παραγγελιά. Ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων, εξοικονομεί πόρους για την επιχείρηση ελαχιστοποιώντας το κόστος.

Στην παρούσα εργασία, θα παρουσιαστεί το πρόβλημα διαχείρισης των αποθεμάτων, τα μοντέλα και τα διάφορα συστήματα διαχείρισης αποθέματος καθώς και η προσέγγιση του προβλήματος κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται μια πιο ειδική μελέτη που αποτέλεσε και τον βασικό πυλώνα έρευνας πάνω στο εν λόγω αντικείμενο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : ΒΑΣΙΚΕΣ ΈΝΝΟΙΕΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ

### 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

#### Η Βιομηχανική Εποχή

---

Η εμφάνιση του όρου «απόθεμα» έλαβε χώρα για πρώτη φορά την περίοδο πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση, όταν οι έμποροι έπρεπε να καταγράφουν την ροή της αγοράς, δηλαδή να παρακολουθούν και να καταγράφουν πόσα προϊόντα πουλήθηκαν καθημερινά και πόσα όχι. Προφανώς την εποχή εκείνη δεν υπήρχαν προβλέψεις πωλήσεων με αποτέλεσμα οι αποφάσεις που έπαιρναν να μην είναι πάντα οι ορθές και πολλές φορές να είναι αρνητικές και να επιφέρουν προβλήματα στην επιχείρηση.

Η βιομηχανική επανάσταση αποτέλεσε μια ιστορική περίοδο η οποία επέφερε ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα της τεχνολογίας και είχε μεγάλη επίδραση τόσο στις οικονομικές όσο και στις κοινωνικές συνθήκες της εποχής. Υπήρξε μεγάλη αύξηση στις εμπορικές δραστηριότητες και στη μαζική παραγωγή. Οι επιχειρήσεις συνεχώς μεγάλωναν, όπως αντίστοιχα και οι ανάγκες τους για καλύτερη διαχείριση των αποθεμάτων τους.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1930, μια ομάδα του Πανεπιστημίου του Χάρβαρντ σχεδίασε το πρώτο σύγχρονο σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιούσε κάρτες διάτρησης, που συμπλήρωναν οι πελάτες και με την εισαγωγή τους σε ένα ειδικό μηχάνημα, αυτό μπορούσε και τις διάβαζε. Τα αποτελέσματα εφαρμόζονταν στις αποθήκες κάθε επιχείρησης. Παρόλο που μπορεί να φαίνεται απλή αυτή η εφαρμογή, για την εποχή εκείνη ήταν πολύ σπουδαία και αρκετά δαπανηρή.

#### Προχωρώντας προς την Σύγχρονη Εποχή

---

Στα τέλη της δεκαετίας του 1940 ξεκινά η εφαρμογή του γραμμωτού κώδικα (barcode). Ο γραμμωτός κώδικας συμβολίζεται από την εναλλαγή λευκών και μαύρων γραμμών, για την παράσταση αλφαριθμητικών συμβόλων (γραμμάτων και αριθμών), ώστε να είναι εύκολα αναγνώσιμοι από ειδικές μηχανές. Τα σύμβολα αυτά αποτελούν ένα είδους αλφάβητου, με κάθε σύμβολο να απεικονίζει μια συγκεκριμένη πληροφορία και να διαβάζεται από ειδικά μηχανήματα (scanners).

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960 δημιουργήθηκε το πρώτο ολοκληρωμένο σύστημα γραμμωτού κώδικα UPC (Universal Product Code), το οποίο βελτίωσε τα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων ακόμα περισσότερο. Καθώς η τεχνολογία εξελισσόταν



ραγδαία, στα τέλη της δεκαετίας του 1990 άρχισαν να χρησιμοποιούνται ακόμη πιο σύγχρονα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων.

## Σήμερα

---

Στην σημερινή εποχή, είναι ευρέως διαδεδομένη η χρήση του RFID (Radio Frequency Identification) δηλαδή η αναγνώριση ταυτότητας με την βοήθεια ραδιοσημάτων. Η ετικέτα RFID είναι ένα λεπτό μικροτσιπ που περιλαμβάνει μέσα του έναν ηλεκτρονικό κώδικα, που είναι μοναδικός για κάθε προϊόν, καθώς και όλες τις πληροφορίες τις οποίες έχουν καταχωρίσει αυτοί που την χρησιμοποιούν. Ειδική συσκευή «αναγνώστης» (reader) εντοπίζει και διαβάζει την ετικέτα αυτή. Στην συνέχεια τα στοιχεία της ταυτότητας του προϊόντος διαβάζονται και στέλνονται στην κεντρική μονάδα ενός υπολογιστή και γενικά σε όποιον άλλον είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο αυτό.

## 1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Σύμφωνα με το Φ.Ε.Κ. της Ελληνικής Κυβέρνησης (παρ. 2.2.2/2.2.200/2 του ΠΔ 1123/1980, ΦΕΚ 283Α'), με τον όρο αποθέματα εννοούνται όλα εκείνα τα υλικά αγαθά που ανήκουν σε μία οικονομική μονάδα και τα οποία (Κατερίνα Ραπτοδήμου, 2016):

- Προορίζονται να πωληθούν κατά τη συνήθη πορεία των εργασιών της
- Βρίσκονται στην παραγωγική διαδικασία και προορίζονται να πωληθούν όταν πάρουν τη μορφή των έτοιμων προϊόντων
- Προορίζονται να αναλωθούν για την παραγωγή έτοιμων αγαθών ή την παροχή υπηρεσιών
- Προορίζονται να αναλωθούν για την καλή λειτουργία, τη συντήρηση ή επισκευή, καθώς και την ιδιοπαραγωγή πάγιων στοιχείων
- Προορίζονται να χρησιμοποιηθούν για τη συσκευασία των παραγόμενων έτοιμων προϊόντων ή των εμπορευμάτων που προορίζονται για πώληση προσφοράς και ζήτησης ενός αγαθού το οποίο χρησιμοποιείται για την κάλυψη διάφορων αναγκών.

## 1.3 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ

Ο ρόλος και ο έλεγχος των αποθεμάτων στην παραγωγική διαδικασία είναι εξαιρετικά σημαντικός. Συνήθως η ζήτηση για ένα προϊόν είναι τυχαία με αποτέλεσμα οι

επιχειρήσεις να κρατούν αποθέματα με σκοπό να απαλλάξουν το σύστημα παραγωγής από οποιαδήποτε μεταβολή της ζήτησης και να αντιμετωπίσουν την κατάσταση αυτή άμεσα και χωρίς προβλήματα.

Αρχικά, η έλλειψη των αποθεμάτων μειώνει την ικανότητα των επιχειρήσεων να παράγουν. Αλλά και σε μια εμπορική επιχείρηση, η έλλειψη αποθεμάτων μειώνει τις πωλήσεις και στέλνει τους πελάτες σε άλλες επιχειρήσεις που διαθέτουν μεγαλύτερη ποικιλία και μεγαλύτερες ποσότητες. Από την άλλη πλευρά όμως η υπερβολικά υψηλή ποσότητα αποθεμάτων δεσμεύει μεγάλη ποσότητα χρηματικού κεφαλαίου, άρα μειώνει την ικανότητα της επιχείρησης να ανταποκρίνεται στις υποχρεώσεις της. Ταυτόχρονα όμως αυξάνει και το κόστος αποθήκευσης, αφού ο χώρος που χρησιμοποιείται για να φυλάσσονται τα αποθέματα εξαρτάται από την ποσότητα αυτών που θα χρειαστεί να αποθηκευτούν.

Προκύπτει επομένως η ανάγκη για την εύρεση μιας άριστης – βέλτιστης ποσότητας αποθεμάτων που θα πρέπει να διατηρούν οι επιχειρήσεις, ώστε να μην μειώνεται η παραγωγική τους ικανότητα και ταυτόχρονα αυτό να επιτυγχάνεται με όσο το δυνατό μικρότερο κόστος.

## 1.4 ΛΟΓΟΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω **αποθέματα** είναι ποσότητες προϊόντων, οι οποίες φυλάσσονται σε αποθήκες για μελλοντική χρήση. Τα αποθέματα, εάν διατηρούνται με ασφάλεια, συμβάλλουν σημαντικά στη σωστή λειτουργία των επιχειρήσεων. Επομένως, αποτελούν για τις διοικήσεις των επιχειρήσεων ένα τομέα με πολλές παραμέτρους, οι οποίες θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με τον πιο συμφέροντα για την επιχείρηση τρόπο.

Εάν η ποσότητα των αποθεμάτων που διατηρεί κάποια επιχείρηση είναι αρκετά μεγάλη, τότε αντιμετωπίζεται σε μεγάλο βαθμό μια αύξηση της ζήτησης που τυχόν θα παρουσιασθεί στην αγορά, αλλά για την απόκτηση και την διατήρηση αυτών των αποθεμάτων, δεσμεύονται μεγάλα ποσά κεφαλαίων. Εάν, αντίθετα, η ποσότητα των αποθεμάτων είναι μικρή, τότε το επενδυμένο σε αυτά κεφάλαιο μειώνεται, αλλά η επιχείρηση αντιμετωπίζει τον κίνδυνο της πιθανής έλλειψης αποθεμάτων που συνεπάγεται απώλεια κερδών και αξιοπιστίας.

Πολλοί είναι οι παράγοντες εκείνοι που συνηγορούν στη διατήρηση αποθεμάτων σε μια επιχείρηση. Από αυτούς αναφέρονται παρακάτω οι σπουδαιότεροι:

1. **Αβεβαιότητα.** Η ζήτηση ενός προϊόντος δεν μπορεί να προβλεφθεί πάντοτε με ακρίβεια, διότι υπάρχουν πολλοί λόγοι, όπως βλάβες των συστημάτων

παραγωγής, καθυστερήσεις στην αποστολή πρώτων υλών, απεργίες, ανώμαλες καιρικές συνθήκες κτλ., που δημιουργούν απρόβλεπτες καταστάσεις.

2. **Κέρδος.** Η διατήρηση αποθεμάτων επιτρέπει στην επιχείρηση να έχει ένα κέρδος, από τυχόν αυξήσεις των τιμών των προϊόντων που διατηρεί ή των πρώτων υλών για τα προϊόντων που παράγει. Ακόμα, η επιχείρηση κερδίζει σημαντικά ποσά, λόγω των εκπτώσεων που παρέχει η αγορά μεγάλων ποσοτήτων από ένα προϊόν.
3. **Χρόνος παράδοσης των προϊόντων.** Επειδή η παραγωγή ενός προϊόντος απαιτεί μια ορισμένη χρονική περίοδο, είναι δυνατό η επιχείρηση, κατά το χρονικό αυτό διάστημα της παραγωγής, να απωλέσει έναν αριθμό πελατών, οι οποίοι δεν θα είχαν την δυνατότητα να περιμένουν για την παραλαβή του προϊόντος που παράγεται. Η διατήρηση αποθεμάτων του προϊόντος αυτού για την περίοδο αυτή αποτρέπει ένα τέτοιο κίνδυνο για την επιχείρηση.
4. **Ανταγωνισμός.** Ο ανταγωνισμός μεταξύ επιχειρήσεων που παράγουν τα ίδια προϊόντα, επιβάλλει, πολλές φορές, την παράδοση προϊόντων στους πελάτες σε χρόνο μικρότερο από αυτόν που χρειάζεται για την παραγωγή τους. Επομένως, μια τέτοια προσπάθεια προσθέτει στην επιχείρηση επιπλέον κόστος και προβλήματα που έχουν σχέση με την επισπεύσει της παραγωγικής διαδικασίας. Θα ήταν πιο οικονομικό η επιχείρηση να αποθηκεύει έτοιμα ή ημιτελή προϊόντα, έτσι ώστε η παραγωγή να μην ξεκινά από το μηδέν κάθε φορά που δέχεται μία παραγγελία.
5. **Αποφυγή υπέρογκων ποσών για εξοπλισμό και οικονομίες κλίμακας.** Όταν παράγεται ένα προϊόν σε καθημερινή βάση και για την παραγωγή του χρειάζεται ειδική προετοιμασία των μέσων παραγωγής και απαιτείται ειδικό κόστος εξοπλισμού καθώς και αρκετός χρόνος, τότε, εάν δεν υπάρχει απόθεμα, η επιχείρηση είναι υποχρεωμένη να πληρώνει καθημερινά υπέρογκα ποσά για προετοιμασία και εξοπλισμό. Για παράδειγμα ένα προϊόν παράγεται ανά δύο μέρες και σε διπλή ποσότητα κρατώντας το προϊόν της μίας ως απόθεμα, τότε το κόστος προετοιμασίας και εξοπλισμού μειώνεται κατά το ήμισυ.

Επομένως, για μια επιχείρηση τίθεται το πρόβλημα του ελέγχου και της **διαχείρισης των αποθεμάτων** με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζονται για την επιχείρηση τα μεγαλύτερα δυνατά κέρδη. Ο βασικός σκοπός ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων είναι να καθορίζει πότε θα πρέπει να παραγγελθούν τα αγαθά και πόσο μεγάλη θα πρέπει να είναι η παραγγελία. Ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων, εξοικονομεί πόρους για την επιχείρηση ελαχιστοποιώντας το κόστος.

Σε ένα σύστημα αποθεμάτων, ο έλεγχος μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

1. Συνεχής έλεγχος των αποθεμάτων, οπότε μιλάμε για σύστημα αποθεμάτων συνεχούς επιθεώρησης.
2. Έλεγχος αποθεμάτων σε ίσα χρονικά διαστήματα, οπότε μιλάμε για σύστημα αποθεμάτων περιοδικής επιθεώρησης.

## Σημασία των Αποθεμάτων

### Μειονεκτήματα:

- Κοστίζουν πολύ (κεφάλαιο κίνησης, προμήθεια, φύλαξη, συντήρηση, ασφάλιση, κτλ)
- Καταλαμβάνουν χώρο

### Πλεονεκτήματα:

- Αποσυνδέουν την παραγωγή από τη διακύμανση της ζήτησης, είτε εξωτερικής είτε εσωτερικής
- Μείωση κόστους μέσω αξιοποίησης εκπτώσεων από την αποθεματοποίηση

Η διαχείριση των αποθεμάτων είναι ένα πρόβλημα εξισορρόπησης μεταξύ κόστους έλλειψης και κόστους υπέρ-αποθεματοποίησης υπό αβέβαιη ζήτηση, με στόχο:

- Την εξοικονόμηση πόρων για την επιχείρηση
- Την καλύτερη διανομή προϊόντων
- Την ταχύτερη εξυπηρέτηση του πελάτη

Στο πλαίσιο της Επιχειρησιακής Έρευνας έχει αναπτυχθεί η Θεωρία Αποθεμάτων, που εξετάζει συστηματικά τα προβλήματα δημιουργίας και διαχείρισης αποθεμάτων και με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού για την παρακολούθηση και τον έλεγχό τους.

## 1.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Τα αποθέματα χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα πάντα με βάση το κριτήριο μελέτης τους. Παρακάτω μελετώνται τα αποθέματα με βάση:

- Τον σκοπό που εξυπηρετούν - **«Φυσική» κατηγοριοποίηση**
- Τον τρόπο δημιουργίας τους - **«Οικονομική» κατηγοριοποίηση**

(Υποσημείωση: Το συγκεκριμένο κριτήριο θα αναλυθεί ενδελεχώς στο επόμενο κεφάλαιο)

Με βάση την **«Φυσική κατηγοριοποίηση»**, δηλαδή με βάση τον σκοπό που εξυπηρετούν, τα αποθέματα διακρίνονται σε:

- **Εμπορεύματα:** Πρόκειται για τα αγαθά εκείνα που αγοράζονται με σκοπό να πωληθούν και δεν χρειάζονται να υποστούν κάποια επεξεργασία από την επιχείρηση. Για παράδειγμα, οι ηλεκτρικές συσκευές σε ένα εμπορικό κατάστημα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα στα ψυγεία ενός σουπερμάρκετ αποτελούν εμπορεύματα που αγοράζονται με σκοπό να πωληθούν αυτούσια.
- **Έτοιμα προϊόντα:** Πρόκειται για αγαθά τα οποία παράγονται από την ίδια την

επιχείρηση με σκοπό να πωληθούν χωρίς άλλη επεξεργασία. Η διαφορά τους με τα εμπορεύματα είναι η προέλευσή τους. Τα έτοιμα προϊόντα παράγονται από την επιχείρηση, ενώ τα εμπορεύματα αγοράζονται για να μεταπωληθούν. Για παράδειγμα, τα αυτοκίνητα είναι έτοιμα προϊόντα για μια αυτοκινητοβιομηχανία, αλλά εμπορεύματα για τις εκθέσεις αυτοκινήτων.

- **Πρώτες και βοηθητικές ύλες:** Πρόκειται για τα υλικά αγαθά εκείνα τα οποία υπόκεινται σε επεξεργασία και στην συνέχεια χρησιμοποιούνται στην παραγωγή των προϊόντων της επιχείρησης. Οι βοηθητικές ύλες έχουν πολύ μικρότερη αξία από τις πρώτες ύλες. Για παράδειγμα, το ξύλο, το μέταλλο, το μάρμαρο που χρησιμοποιούν οι βιοτεχνίες παραγωγής επίπλων αποτελούν πρώτες ύλες σε αντίθεση με τα καρφιά, τις βίδες κτλ που αποτελούν βοηθητικές ύλες.
- **Ημικατεργασμένα προϊόντα:** Ως ημικατεργασμένα προϊόντα εννοούνται τα ημιτελή προϊόντα, δηλαδή τα προϊόντα εκείνα που βρίσκονται ένα στάδιο πριν μετατραπούν σε έτοιμα.
- **Υποπροϊόντα:** Πρόκειται για τα προϊόντα εκείνα που έχουν μικρή αξία και τα οποία προκύπτουν μέσα από την παραγωγική διαδικασία για την παραγωγή ετοιμών προϊόντων. Για παράδειγμα στην κατασκευή ρούχων, π.χ. μιας μπλούζας προκύπτουν συχνά μικρά κομμάτια υφάσματος που δεν μπορούν να πουληθούν μετέπειτα λόγω του μικρού τους μεγέθους, ωστόσο πολλές φορές μπορούν να πουληθούν ξεχωριστά ως υποπροϊόντα σε πολύ χαμηλότερη τιμή.
- **Υλικά συσκευασίας:** Είναι εκείνα τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την συσκευασία των ετοιμών προϊόντων και των εμπορευμάτων και τα οποία δεν αποτελούν μέρος τους. Για παράδειγμα υλικό συσκευασίας είναι και το κουτί που περικλείει ένα προϊόν και το διευκολύνει και το προστατεύει για τη μεταφορά του.
- **Αναλώσιμα υλικά:** Είναι εκείνα τα υλικά αγαθά που χρησιμοποιεί η επιχείρηση για την ομαλή ροή και λειτουργία της και δεν σχετίζονται άμεσα με την παραγωγή των προϊόντων. Για παράδειγμα, αναλώσιμα υλικά είναι η γραφική ύλη, τα υλικά καθαριότητας, τα καύσιμα κ.ά.
- **Ανταλλακτικά παγίων στοιχείων:** Είναι τα υλικά εκείνα που είναι απαραίτητα για την συντήρηση και επισκευή του πάγιου εξοπλισμού κάθε επιχείρησης.

## 1.6 ΤΥΠΟΙ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

### Βασικοί Τύποι Αποθεμάτων

Στους ακόλουθους πίνακες διακρίνονται οι βασικότεροι τύποι αποθεμάτων καθώς και σε ποιο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας (**Πίνακας 1**) και σε ποια οργανωτική κατηγορία ανήκουν (**Πίνακας 2**):

**Πίνακας 1:** Τύποι αποθεμάτων

Πηγή εισροής	Τύπος αποθέματος	Προορισμός εκροής
Προμηθευτές	Εφόδια	Διοίκηση συντήρησης και παραγωγή
Προμηθευτές	Πρώτες ύλες	Παραγωγή
Στάδια παραγωγής	Υπο-επεξεργασία αγαθά (ημικατεργασμένα)	Επόμενο στάδιο παραγωγής
Προμηθευτές ή παραγωγή	Έτοιμα αγαθά	Αποθήκευση ή πελάτης

Πηγή: Θεοδοσίου 2008

**Πίνακας 2:** Τύποι αποθεμάτων με βάση την οργανωτική κατηγορία

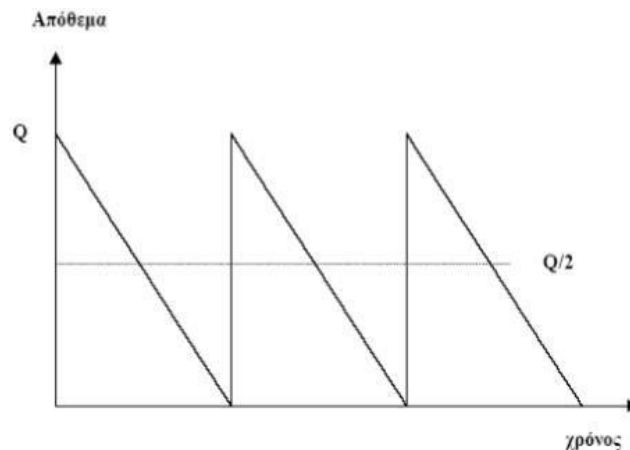
Τύπος οργάνωσης	Τύπος αποθεμάτων			
	Εφόδια	Πρώτες ύλες	Υπο-επεξεργασία αγαθά	Έτοιμα αγαθά
<b>Συστήματα λιανικής πώλησης</b>				
Πώληση αγαθών	*			*
Πώληση υπηρεσιών	*			
<b>Συστήματα χονδρικής διανομής</b>				*
<b>Συστήματα κατασκευής/ συναρμολόγησης</b>				
Σύστημα συνεχούς παραγωγής	*	*	*	*

Πηγή: Tersine, 1984

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, με βάση την «οικονομική» κατηγοριοποίηση μπορούμε να διακρίνουμε την αιτία δημιουργίας. Εδώ, τα αποθέματα διακρίνονται σε:

- **Κυκλικό απόθεμα (cycle inventory):** είναι το τμήμα του συνολικού αποθέματος που καθορίζεται άμεσα από το μέγεθος της παραγγελίας. Το ύψος του κυκλικού αποθέματος εξαρτάται από τον χρόνο ανάμεσα σε δυο παραγγελίες. Για παράδειγμα, αν γίνεται μια παραγγελία κάθε μήνα, το ύψος του αποθέματος θα πρέπει να ισούται με τη μηνιαία ζήτηση. Όσο μεγαλύτερη είναι η χρονική περίοδος ανάμεσα σε δυο παραγγελίες τόσο μεγαλύτερο θα είναι το κυκλικό απόθεμα.

**Διάγραμμα 1: Κυκλικό απόθεμα**



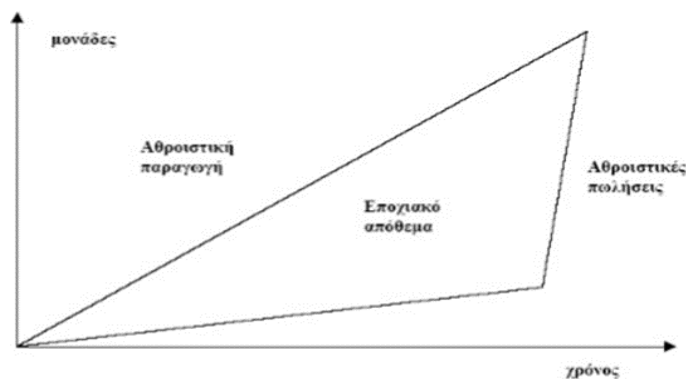
Πηγή: Βλάχος, 2005

- Για να αποφευχθούν προβλήματα εξυπηρέτησης των πελατών και μη διαθεσιμότητας εξαρτημάτων, οι εταιρείες συχνά κρατάνε ένα **απόθεμα ασφαλείας (safety stock)**. Τα αποθέματα ασφαλείας είναι χρήσιμα όταν οι προμηθευτές δεν παραδίδουν την απαιτούμενη ποσότητα στην προκαθορισμένη ημερομηνία σε αποδεκτή ποιότητα ή όταν τα παρασκευασμένα αντικείμενα έχουν υποστεί ζημιές ή απαιτούν περαιτέρω διορθώσεις. Η διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας σε περίπτωση τέτοιων προβλημάτων. Για τη διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας, μία επιχείρηση κάνει μία παραγγελία νωρίτερα απ' ό,τι τη χρειάζεται πραγματικά είτε σε μεγαλύτερη ποσότητα.
- Ως απόθεμα αναμονής (**anticipation inventory**) καθορίζεται το απόθεμα που χρησιμοποιείται για να απορροφήσει ανόμοια ζήτηση σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Με τη διατήρηση αποθεμάτων αναμονής, οι επιχειρήσεις δεν οδηγούνται σε σημαντικές αυξομειώσεις της παραγωγής που συνεπάγονται κόστος (Ιωάννου, 2005). Το ύψος του αποθέματος κίνησης σε κάθε χρονική στιγμή υπολογίζεται ως η διαφορά μεταξύ της αθροιστικής παραγωγής (το σύνολο των παραχθέντων



τεμαχίων μέχρι την παρούσα χρονική στιγμή) και των συνολικών πωλήσεων (Διάγραμμα 2). Για παράδειγμα, έστω μια βιομηχανία παραγωγής παιχνιδιών που πουλάει ετησίως περίπου 12.000 τεμάχια ενός συγκεκριμένου παιχνιδιού. Οι μηνιαίες πωλήσεις είναι 100 τεμάχια, εκτός από το Δεκέμβριο οπότε πωλούνται  $12.000 - 1.100 = 10.900$  τεμάχια. Συνεπώς, μία λύση θα ήταν να δημιουργηθεί μια μονάδα παραγωγής 1000 τεμαχίων το μήνα, η οποία θα συσσωρεύει αποθέματα από τον Ιανουάριο για να καλύψει την αυξημένη παραγωγή του Δεκεμβρίου.

**Διάγραμμα 2: Εποχιακό απόθεμα**



Πηγή: Βλάχος, 2005

- Τα αποθέματα που κινούνται από το ένα σημείο του συστήματος ροής υλικών στο άλλο καλούνται **αποθέματα σε κίνηση** (pipeline inventory). Τα αποθέματα αυτά αφορούν προϊόντα που αποτελούν παραγγελίες οι οποίες έχουν γίνει αλλά βρίσκονται ακόμα στην αποθήκη μιας επιχείρησης και δεν έχουν αγοραστεί και παραληφθεί από τους τελικούς πελάτες, καταναλωτές ή χρήστες. Αυτό σημαίνει ότι τα προϊόντα αυτά εξακολουθούν να ανήκουν στην κατοχή της επιχείρησης. Αυτό μπορεί να συμβαίνει είτε γιατί δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί η παραγωγή του προϊόντος είτε γιατί αυτό βρίσκεται στο στάδιο διανομής (Βλάχος, 2005).

Οι παραπάνω τέσσερις κατηγορίες αποτελούν τις κύριες κατηγορίες αποθεμάτων. Ωστόσο υπάρχουν και άλλες κατηγοριοποιήσεις των αποθεμάτων όπως για παράδειγμα:



- **Αποθέματα Αποσύνδεσης (Decoupling Stock):** Τα αποθέματα αποσύνδεσης δημιουργούνται ανάμεσα σε δύο φάσεις παραγωγής, συσσωρεύονται δηλαδή μεταξύ δύο αλληλεξαρτώμενων λειτουργιών με στόχο την μείωση της πιθανότητας αναμονής, την αύξηση του ρυθμού παραγωγής και την αποτροπή της παύσης λειτουργίας μιας μηχανής και αντίστοιχα της παραγωγής.
- **Απόθεμα Κερδοσκοπίας (Speculation Stock):** Τα αποθέματα αυτά δεν δημιουργούνται για την κάλυψη της τρέχουσας ζήτησης και μπορούν να δημιουργηθούν από αγορές μεγάλων ποσοτήτων λόγω εκπτώσεων, μιας προβλεπόμενης αύξησης τιμών ή προστασία της επιχείρησης από μια πιθανότητα απεργίας.
- **Νεκρό Απόθεμα (Dead Inventory):** Νεκρό απόθεμα θεωρείται το απόθεμα εκείνο για το οποίο δεν υπάρχει ζήτηση για μεγάλο χρονικό διάστημα (Παπαδημητρίου & Σχινάς, 2004). Η επιχείρηση κρατά ένα τέτοιο απόθεμα σε περίπτωση πιθανής μελλοντικής ζήτησης. Επιπλέον, πολλές φορές η απουσία ενός προϊόντος μπορεί να κοστίζει πολύ περισσότερο από την παραμονή του στην αποθήκη. Ο σημαντικότερος όμως λόγος διατήρησης ενός τέτοιου προϊόντος, είναι για την εξυπηρέτηση πελατών. Πιθανότατα ένας σημαντικός αγοραστής να έχει περιστασιακή ανάγκη ενός προϊόντος και η επιχείρηση να το κρατά αποθηκευμένο ως χειρονομία καλής θελήσεως.

## 1.7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Με βάση την κατηγορία των αποθεμάτων μπορούν να καθοριστούν οι κατάλληλες τακτικές για την καλύτερη διαχείριση τους. Η ύπαρξη των αποθεμάτων εγγυάται την απρόσκοπτη λειτουργία της παραγωγής ή την αδιάκοπη εξυπηρέτηση των πελατών. Αν όμως η επιχείρηση δεν διαχειριστεί σωστά το απόθεμα τότε υπάρχει κίνδυνος για:

- Δεσμευμένα κεφάλαια
- Πληρωμή ή απώλεια τόκων (κόστος ευκαιρίας)
- Μεγαλύτερους αποθηκευτικούς χώρους και μεγαλύτερα αποθηκευτικά έξοδα
- Μεγαλύτερες φθορές και απώλειες στα προϊόντα και στα υλικά
- Υψηλότερα ασφάλιστρα
- Κίνδυνο απαξίωσης των αποθεμάτων

Έτσι οι τακτικές αυτές θα πρέπει να περιλαμβάνουν ενέργειες για μείωση του αποθέματος αλλά και τακτικές για μείωση του κόστους εξ' αιτίας της έλλειψης αποθεμάτων.

Η βασική τακτική για τη μείωση του κυκλικού αποθέματος είναι απλά η μείωση του μεγέθους της παραγγελίας. Παράλληλα, όμως, για την αποφυγή της αύξησης του κόστους έναρξης νέας λειτουργίας και την αύξηση του συνολικού κόστους παραγγελίας, λόγω αύξησης του αριθμού των παραγγελιών, θα πρέπει η επιχείρηση να βελτιστοποιήσει τις διαδικασίες παραγγελίας και προετοιμασίας για νέες λειτουργίες. Επίσης, μπορεί να αυξήσει το βαθμό στον οποίο η ίδια εργασία μπορεί να επαναληφθεί χωρίς να χρειάζονται αλλαγές με εξειδίκευση, αφιέρωση πόρων για την παραγωγή ενός μόνο προϊόντος και τη χρησιμοποίηση του ίδιου εξαρτήματος για διαφορετικά προϊόντα.

Η βασική τακτική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση του αποθέματος ασφαλείας είναι η τοποθέτηση των παραγγελιών πιο κοντά στο χρόνο που πρέπει να γίνει η παραλαβή. Λόγω της αβεβαιότητας σχετικά με τη ζήτηση, τις προμήθειες και τους χρόνους αποστολής, η τακτική αυτή μπορεί να οδηγήσει σε μη αποδεκτά επίπεδα εξυπηρέτησης πελατών. Οι πιθανές αρνητικές συνέπειες μπορούν να αποφευχθούν αν παράλληλα η επιχείρηση

- α) βελτιώσει τις προβλέψεις ζήτησης,
- β) μειώσει το χρόνο ανάμεσα σε δυο παραλαβές,
- γ) μειώσει την αβεβαιότητα των προμηθειών και
- δ) δώσει μεγαλύτερη έμφαση σε εργασία και μηχανές, τα μόνα συστατικά στοιχεία της παραγωγής που δεν αποθηκεύονται.

Για την μείωση των αποθεμάτων αναμονής, μια επιχείρηση μπορεί να εξισώσει το ρυθμό παραγωγής της με τον ρυθμό ζήτησης. Παράλληλα θα πρέπει να προσπαθήσει να εξισορροπήσει τη ζήτηση δημιουργώντας νέα προϊόντα με διαφορετικούς κύκλους ζήτησης, με διαφήμιση προϊόντων εκτός εποχής και με εκπτώσεις στα προϊόντα αυτά. Τέλος μια επιχείρηση για να ελέγξει τα αποθέματα σε κίνηση έχει τη δυνατότητα να μειώσει τη διάρκεια αναμονής των αποθεμάτων όχι όμως και τη ζήτηση. Για τη μείωση των χρόνων αναμονής των αποθεμάτων μπορεί να επιλέξει τους κατάλληλους προμηθευτές και εταιρίες μεταφορών, να βελτιώσει τη διαχείριση των υλικών εντός του εργοστασίου και να μειώσει την ποσότητα της παραγγελίας στις περιπτώσεις που ο χρόνος αναμονής εξαρτάται από την ποσότητα παραγγελίας.

## 1.8 ΒΑΣΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Η βέλτιστη διαχείριση των αποθεμάτων συμβάλλει σημαντικά στην επιτυχημένη λειτουργία των επιχειρήσεων. Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί ένα σύνολο διαδικασιών και ελέγχων μέσα από το οποίο προσπαθεί να εξισορροπήσει όσο το δυνατόν περισσότερο το κόστος έλλειψης και το κόστος πλεονάσματος αποθέματος ενός παραγωγικού προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα, η διαχείριση αποθεμάτων καθορίζει το ύψος των αποθεμάτων, τότε θα πρέπει να ανανεώνονται και σε τι ποσότητες.

Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά κομμάτια της παραγωγικής διαδικασίας μιας επιχείρησης. Εάν η ζήτηση ενός προϊόντος ήταν γνωστή, τότε η παραγωγή του προϊόντος θα ταυτιζόταν με την ζήτηση και δεν θα υπήρχε κανένα πρόβλημα. Δυστυχώς όμως αυτό δεν συμβαίνει. Η ζήτηση ενός προϊόντος είναι σχεδόν άγνωστη και οδηγεί την επιχείρηση μέσω κάποιων παραμέτρων να αντιμετωπίσει την διακύμανσή της. Γι' αυτό τον λόγο, η δημιουργία αποθεμάτων συμβάλλει στην αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων όπως για παράδειγμα η μη εκπλήρωση μίας παραγγελίας ή η καθυστερημένη παράδοση μιας παραγγελίας.

Η ύπαρξη αποθεμάτων πρώτων υλών και ενδιάμεσων προϊόντων εξασφαλίζει τη συνεχή τροφοδοσία του παραγωγικού συστήματος και την ομαλή ροή της παραγωγής, χωρίς να επηρεάζεται από καθυστερήσεις των προμηθευτών. Επίσης εξασφαλίζει την ανεξάρτητη λειτουργία των παραγωγικών σταδίων, την αύξηση του ρυθμού παραγωγής και τη μείωση του κόστους παραγωγής κτλ. Οι βασικοί στόχοι της διαχείρισης αποθεμάτων είναι οι εξής:

- Αύξηση της ταχύτητας ροής των προϊόντων από την παραλαβή μέχρι και την παράδοσή τους
- Εξασφάλιση ομαλής ροής προϊόντων
- Μείωση του συνολικού κόστους των υλικών
- Μείωση των δεσμευμένων κεφαλαίων
- Μείωση των αποθηκευτικών χώρων
- Μείωση των ποσοτήτων των αποθεμάτων ανά είδος
- Αύξηση της ταχύτητας ανακύκλωσης των αποθεμάτων

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Το πρόβλημα διαχείρισης αποθεμάτων ορίζεται γενικώς ως πρόβλημα εξισορρόπησης μεταξύ του κόστους έλλειψης και του κόστους πλεονάσματος αποθέματος ενός παραγωγικού προϊόντος. Ένας σωστός σχεδιασμός διαχείρισης αποθεμάτων αποσυνδέει το παραγωγικό σύστημα από τις διακυμάνσεις της ζήτησης και διατηρεί ομαλή ροή στην παραγωγή, ανεξάρτητη τη λειτουργία της παραγωγικής στάθμης, αυξάνει το ρυθμό παραγωγής και ελαττώνει το κόστος.

### 2.1 ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί μια από τις σημαντικές λειτουργίες σε ένα παραγωγικό σύστημα για διάφορους λόγους. Αν η ζήτηση ενός προϊόντος ήταν γνωστή τότε η επιχείρηση θα μπορούσε να παράγει το προϊόν αυτό σε τέτοια ποσότητα έτσι ώστε να αντιστοιχεί ακριβώς στη ζήτηση. Επειδή όμως στην πραγματικότητα η ζήτηση είναι σπάνια γνωστή, με τη διατήρηση τελικών αποθεμάτων δίνεται η δυνατότητα στην επιχείρηση να αποσυνδέσει το παραγωγικό σύστημα από τη ζήτηση και να αντιμετωπίσει τυχόν μεταβολές της. Συνεπώς, η δημιουργία αποθεμάτων συμβάλλει στην επιτάχυνση και βελτίωση της έγκαιρης παράδοσης των προϊόντων, μειώνοντας τις πιθανότητες μη εκπλήρωσης μίας παραγγελίας ή καθυστερημένης παράδοσης.

Η ύπαρξη αποθεμάτων πρώτων υλών και ενδιάμεσων προϊόντων εξασφαλίζει τη συνεχή τροφοδοσία του παραγωγικού συστήματος και την ομαλή ροή της παραγωγής, χωρίς να επηρεάζεται από καθυστερήσεις των προμηθευτών. Επίσης εξασφαλίζει την ανεξάρτητη λειτουργία των παραγωγικών σταδίων, την αύξηση του ρυθμού παραγωγής και τη μείωση του κόστους παραγωγής. Για παράδειγμα, με την διατήρηση αποθεμάτων μειώνεται το κόστος αλλαγής μιας μηχανής από την παραγωγή ενός προϊόντος στην παραγωγή ενός άλλου.

Κάθε καινούργια παραγγελία εκτός από το κόστος αγοράς ή παραγωγής του προϊόντος επιφέρει συνήθως και ένα πρόσθετο κόστος για την επιχείρηση το οποίο δεν εξαρτάται από την ποσότητα της παραγγελίας. Συνεπώς όσο μεγαλύτερη είναι η παραγγελία, τόσο μικρότερος θα είναι ο συνολικός αριθμός των παραγγελιών και συνεπώς τόσο μικρότερο το κόστος αυτών. Τέλος, μια επιχείρηση με τη διατήρηση αποθεμάτων έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις πληρωμές της σε προμηθευτές, κάνοντας μεγαλύτερες παραγγελίες σε περιόδους που οι τιμές των προμηθευτών είναι χαμηλές.

## 2.2 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφερθήκαμε στους κινδύνους που υπάρχουν από τη δημιουργία ή διατήρηση αποθέματος (Δεσμευμένα κεφάλαια, ανάγκη για μεγαλύτερους αποθηκευτικούς χώρους και μεγαλύτερα αποθηκευτικά έξοδα, μεγαλύτερες φθορές και απώλειες, μεγαλύτερα ασφάλιστρα κτλ). Οι κίνδυνοι αυτοί συντελούν στην δημιουργία μεγαλύτερου κόστους. Έτσι η επιχείρηση αυξάνει την τιμή πώλησης των προϊόντων για να ισορροπήσει με την αύξηση του κόστους με αποτέλεσμα την μείωση της ανταγωνιστικότητας της απέναντι σε άλλες επιχειρήσεις ή ακόμα και το χάσιμο του ανταγωνιστικού της πλεονεκτήματος

Ο τρόπος διαχείρισης των αποθεμάτων που εφαρμόζεται σε μία επιχείρηση δεν είναι πάντοτε ο ίδιος. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που διαφοροποιούν την διαχείριση αποθεμάτων όπως το προϊόν, η διοίκηση της εταιρείας κτλ. Ωστόσο υπάρχουν κάποια βασικά βήματα που ακολουθούνται κάθε φορά και που μπορούν να τροποποιηθούν μετέπειτα από την εκάστοτε εταιρεία. Τα βασικά αυτά βήματα είναι τα εξής:

**1ο ΣΤΑΔΙΟ: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ.** Αρχικά η διοίκηση της κάθε εταιρείας θα πρέπει να κάνει μια έρευνα αγοράς σχετικά με τα αποθέματα που είναι απαραίτητα για τα παραγόμενα προϊόντα και την παραγωγή τους. Έπειτα θα πρέπει να γίνουν οι εκτιμήσεις για τα αποθέματα που επιλέχθηκαν καθώς και οι προβλέψεις για την ζήτηση έτσι ώστε να μην υπάρξει κάποιο πρόβλημα και να εξυπηρετηθούν όλοι οι πελάτες

**2ο ΣΤΑΔΙΟ: ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΗ.** Μετά το στάδιο των εκτιμήσεων και των προβλέψεων ακολουθεί η εκτέλεση των παραγγελιών ή η παραγωγή των ειδών των αποθεμάτων των προϊόντων που χρειάζονται.

**3ο ΣΤΑΔΙΟ: ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΥΨΟΥΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ.** Στην συνέχεια στο επόμενο στάδιο γίνεται ο έλεγχος του ύψους των αποθεμάτων που υπάρχουν στην επιχείρηση έτσι ώστε να μην υπάρχουν περισσότερα ή λιγότερα από αυτά που έχουν προβλεφθεί. Η εταιρεία επιθυμεί να έχει τόσα όσα έχει προβλέψει έτσι ώστε να ικανοποιεί τις αναμενόμενες ανάγκες των πελατών της.

**4ο ΣΤΑΔΙΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.** Η ανάλυση απόδοσης και η αναθεώρηση σχεδιασμού γίνονται στην τελευταία φάση, αφού έχουν ολοκληρωθεί οι προηγούμενες. Δηλαδή ελέγχεται αν το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο ή αν υπήρξε κάποια επιπλοκή στο τελικό απόθεμα. Αν το αποτέλεσμα είναι το αναμενόμενο τότε έπεται η παραγωγή του προϊόντος, διαφορετικά επαναλαμβάνονται τα ίδια βήματα από την αρχή μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο κάνοντας αναθεώρηση σχεδιασμού.

## 2.3 ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Η απόδοση ενός συστήματος παραγωγής επηρεάζεται από τις ποσότητες των αποθεμάτων που διατηρεί η εκάστοτε επιχείρηση. Για την ακρίβεια, η απόδοση επηρεάζεται αρνητικά αν οι ποσότητες αποθεμάτων είναι πάρα πολύ μεγάλες είτε πολύ μικρές. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι στόχος θα πρέπει να είναι η εύρεση μιας χρυσής τομής, έτσι ώστε να αποφεύγονται και τα πλεονάσματα και οι ελλείψεις των αποθεμάτων που διατηρεί μια επιχείρηση. Κάθε επιχείρηση λοιπόν για να πετύχει την βέλτιστη αναπλήρωση των αποθεμάτων θα πρέπει να απαντά στα εξής δύο κύρια ερωτήματα:

- πότε;
- πόσο;

δηλαδή ο έλεγχος και η ανανέωση των αποθεμάτων προσδιορίζεται κυρίως από τον χρόνο που γίνονται οι διαδοχικές παραγγελίες και από την ποσότητα κάθε παραγγελίας. Το βέλτιστο ύψος αποθεμάτων είναι εκείνο που ελαχιστοποιεί τα κόστη της επιχείρησης.

## 2.4 ΟΦΕΛΗ ΣΩΣΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Η σωστή διαχείριση αποθεμάτων συνεπάγεται την ικανοποίηση των στόχων της εκάστοτε επιχείρησης. Τα σημαντικότερα οφέλη που προσφέρει μια τέτοια διαχείριση είναι:

- Παραγωγή και πώληση ποιοτικών προϊόντων
- Δημιουργία σχέσης αξιοπιστίας μεταξύ επιχειρηματία – πελάτη
- Δημιουργία σχέσης αξιοπιστίας μεταξύ επιχειρηματία – μεσάζοντα
- Ανταπόκριση στη ζήτηση αγοράς
- Μείωση των ακυρωμένων παραγγελιών
- Μικρές ποσότητες απολεσθέντων αντικειμένων
- Επαρκής αποθηκευτικός χώρος

## 2.5 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Οι σπουδαιότερες έννοιες που εμφανίζονται σε ένα σύστημα αποθεμάτων είναι οι παρακάτω:

**A. Η ζήτηση** αντιπροσωπεύει τις ποσότητες των προϊόντων που ζητούνται ανά περίοδο. Το μέγεθος της ζήτησης, για μια ορισμένη μελλοντική χρονική περίοδο, είναι δυνατό να είναι εκ των προτέρων γνωστό. Τότε, τα συστήματα αυτά των αποθεμάτων ονομάζονται ντετερμινιστικά. Στα ντετερμινιστικά συστήματα αποθεμάτων, το μέγεθος της ζήτησης μπορεί να είναι σταθερό για ίσα χρονικά διαστήματα (στατική ζήτηση) ή να είναι γνωστός ο τρόπος μεταβολής του (δυναμική ζήτηση). Σε πολλά συστήματα αποθεμάτων, είναι αδύνατο να προσδιοριστεί εκ των προτέρων το μέγεθος της ζήτησης, αλλά να γνωρίζουμε την κατανομή των αποθεμάτων της. Η κατανομή αυτή μπορεί να είναι ασυνεχής ή συνεχής. Τα συστήματα αυτά των αποθεμάτων ονομάζονται στοχαστικά.

Για την καλύτερη κατανόηση των όσων αναφέραμε, δίνουμε τα παρακάτω παραδείγματα σημειώνοντας και το αντίστοιχο είδος της ζήτησης για το καθένα.

- i) Βιοτεχνία επίπλων είναι υποχρεωμένη να παραδίδει στα καταστήματα 200 τραπέζια την εβδομάδα. Εδώ η ζήτηση είναι στατική.
- ii) Βιοτεχνία επίπλων είναι υποχρεωμένη να παραδώσει στα καταστήματα 100 τραπέζια την πρώτη εβδομάδα, 150 την δεύτερη, 200 την τρίτη κτλ. Εδώ η ζήτηση είναι δυναμική.
- iii) Η ζήτηση ενός ανταλλακτικού αυτοκινήτου έχει μία εκθετική κατανομή με παράμετρο  $1/20$ . Εδώ η ζήτηση είναι στοχαστική.

**B. Αναπλήρωση ή εφοδιασμός.** Με τον όρο αναπλήρωση (ή εφοδιασμό) εννοούμε την ποσότητα ενός προϊόντος που προστίθεται στα αποθέματα. Την ποσότητα αυτή την συμβολίζουμε με  $Q$ . Το μέγεθος της μπορεί να είναι σταθερό ή να μεταβάλλεται. Η προμήθεια της ποσότητας  $Q$  μπορεί να γίνει με αγορά ή με παραγωγή.



- Γ. Χρόνος αναπλήρωσης ή εφοδιασμού.** Είναι η χρονική περίοδος μεταξύ της έκδοσης μιας παραγγελίας, για την αναπλήρωση (ή εφοδιασμό) ενός προϊόντος, και της εισόδου του προϊόντος αυτού στην αποθήκη. Ο χρόνος αναπλήρωσης μπορεί να είναι σταθερός ή και να μεταβάλλεται, συμβολίζεται δε με το γράμμα  $L$ .
- Δ. Χρονική στιγμή εφοδιασμού – συχνότητα.** Οι δύο παραπάνω μεταβλητές μας δηλώνουν πότε και πόσο συχνά πρέπει να γίνεται η αναπλήρωση. Εκείνος που παίρνει τις αποφάσεις για την τύχη μας επιχείρησης, μπορεί να ελέγχει και τις δύο αυτές μεταβλητές συγχρόνως ή μόνο την μία π.χ. δεν ελέγχουμε την συχνότητα επισκέψεων ενός πελάτη, αλλά την ποσότητα των προϊόντων που αφήνει. Όταν ένα προϊόν παράγεται κατά μερίδες, δεν ελέγχουμε την ποσότητα, αλλά την συχνότητα παραγωγής.
- Ε. Κύκλος παραγωγής ή παραγγελίας.** Είναι το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαχρονικών παραγωγών ή δύο διαχρονικών παραγγελιών.
- ΣΤ. Πολιτική διαχείρισης αποθεμάτων.** Με τον όρο πολιτική διαχείρισης αποθεμάτων εννοούμε μία σειρά κανόνων, με βάση τους οποίους αποφασίζεται πότε και με ποια ποσότητα πρέπει να αναπληρωθεί το απόθεμα. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη πολιτική διαχείρισης είναι η πολιτική  $(S1, S2)$ . Με βάση την πολιτική αυτή, όταν το επίπεδο του αποθέματος βρίσκεται στο  $S1$ , τότε γίνεται αναπλήρωση μέχρις ότου το επίπεδο του αποθέματος φτάσει στο  $S2$ . Επομένως, η ποσότητα  $Q$  που αναπληρώνεται, είναι ίση με  $S2 - S1$ .

## 2.6 ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ, ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ & ΤΥΧΑΙΑ ΖΗΤΗΣΗ

Για τη διαχείριση αποθεμάτων, είναι σημαντική η κατανόηση της διαφοράς μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης ζήτησης. Στην περίπτωση της ανεξάρτητης ζήτησης, η ζήτηση για διάφορα προϊόντα είναι ανεξάρτητη η μια με την άλλη. Δηλαδή, μια παραγωγική μονάδα μπορεί να παράγει διάφορα αντικείμενα που δεν σχετίζονται μεταξύ τους αλλά αντιμετωπίζουν κάποια εξωτερική ζήτηση. Στην περίπτωση της εξαρτημένης ζήτησης, η ανάγκη για ένα αντικείμενο είναι αποτέλεσμα της ανάγκης για κάποιο άλλο, συνήθως σε υψηλότερο επίπεδο της παραγωγικής διαδικασίας.



Η εξαρτημένη ζήτηση είναι σχετικά εύκολο να προσδιοριστεί με βάση τη ζητούμενη ποσότητα του αντικειμένου από το οποίο εξαρτάται. Για παράδειγμα, αν μια βιομηχανία αυτοκινήτων σχεδιάζει να παράγει 1000 αυτοκίνητα, είναι επόμενο ότι θα χρειαστεί 4000 τροχούς. Η ζήτηση για τροχούς δεν είναι ανεξάρτητη αλλά προσδιορίζεται από το ύψος της παραγωγής αυτοκινήτων. Η ζήτηση όμως για αυτοκίνητα είναι ανεξάρτητη και δε σχετίζεται με τη ζήτηση κάποιου άλλου προϊόντος. Για τον καθορισμό της ποσότητας παραγωγή ανεξάρτητων αντικειμένων, οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν διάφορες μεθόδους όπως έρευνα αγοράς, μεθόδους προβλέψεις κ.α. Εξ' αιτίας της αβεβαιότητας της ανεξάρτητης ζήτησης, είναι απαραίτητη η διατήρηση επιπλέον μονάδων αποθέματος στα προϊόντα αυτά.

Η τυχαία ζήτηση διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

- Στην τυχαία ζήτηση μιας περιόδου
- Στην τυχαία ζήτηση πολλών περιόδων

Η τυχαία ζήτηση σε μία περίοδο εφαρμόζεται στην περίπτωση που η περίοδος πώλησης είναι καθορισμένη, η κάλυψη της ζήτησης μπορεί να πραγματοποιηθεί με μία μόνο παραγγελία και η κατανομή της ζήτησης είναι γνωστή. Αντιθέτως στην περίπτωση της τυχαίας ζήτησης πολλών περιόδων απαιτείται συνεχής ή περιοδική παρακολούθηση. Η συνεχής παρακολούθηση προσφέρει έγκαιρη πληροφόρηση, μικρότερο κόστος διαχείρισης και καλύτερη εξυπηρέτηση λόγω μείωσης των ελλείψεων, ενώ η περιοδική παρακολούθηση προσφέρει καλύτερη διαχείριση και συντονισμό πολλών προϊόντων.

## 2.7 ΚΟΣΤΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Ο σημαντικότερος κίνδυνος που έχει να αντιμετωπίσει μία επιχείρηση είναι τα κόστη που δημιουργούνται από την ύπαρξη, την διατήρηση και τον έλεγχο των αποθεμάτων. Σκοπός της διαχείρισης των αποθεμάτων είναι να υπάρχουν οι επιθυμητές ποσότητες αποθεμάτων (πρώτες ύλες, εφόδια, έτοιμα αγαθά) στον σωστό χρόνο και στην σωστή ποσότητα και όλα αυτά με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Το κόστος των αποθεμάτων αποτελεί μία σημαντική οικονομική παράμετρο για την λήψη αποφάσεων. Το κόστος ενός συστήματος αποθεμάτων περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Κόστος αγοράς/ προμήθειας / απόκτησης αποθέματος (**c**)
- Σταθερό κόστος παραγγελίας ή εκκίνησης (παραγωγής) (**K**)
- Κόστος διατήρησης (αποθήκευσης) (holding cost) (**h**)
- Κόστος εξάντλησης / έλλειψης (stock out cost)

## Κόστος Αγοράς / Προμήθειας/ Απόκτησης Αποθέματος

---

Το κόστος αγοράς / προμήθειας / απόκτησης αποθέματος είναι εκείνο το κόστος που προέρχεται από την αγορά ή την παραγωγή ενός προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα μπορεί να είναι ή η τιμή αγοράς ενός είδους που προμηθεύεται μια επιχείρηση από εξωτερική πηγή είτε το κόστος παραγωγής εάν το είδος αυτό παράγεται μέσα στην ίδια την επιχείρηση.

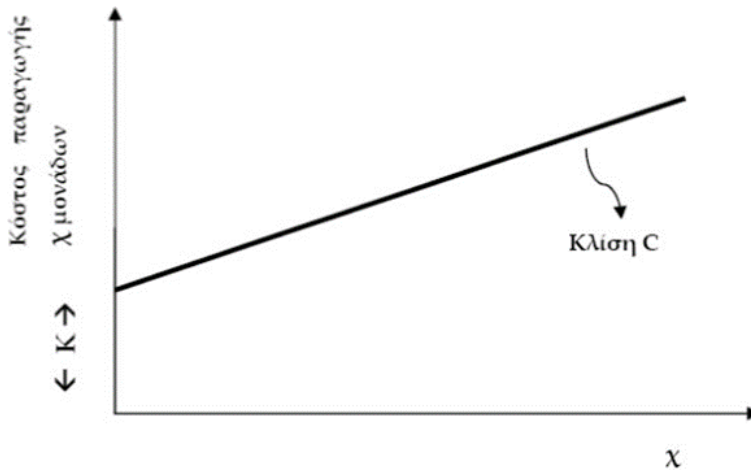
Σημαντικό είναι να τονιστεί ότι το μοναδιαίο κόστος αγοράς θα πρέπει να είναι πάντα το κόστος του αντικειμένου τη στιγμή που εντάσσεται στα αποθέματα. Για παράδειγμα, για αγοραζόμενα είδη το κόστος τους ισούται με το κόστος αγοράς τους συν οποιοδήποτε κόστος μεταφοράς έχουν. Για κατασκευαζόμενα είδη, το κόστος τους περιέχει τα κόστη υλικών που χρειάζονται για την κατασκευή τους, το κόστος εργατικών συν τα κόστη που έχει το εργοστάσιο κατά την διάρκεια της παραγωγής τους. Το κόστος αγοράς βέβαια είναι μεταβαλλόμενο διότι αν οι ποσότητες αγοράς είναι μεγάλες ο προμηθευτής μπορεί να παρέχει κάποιες εκπτώσεις (Tersine, 1984).

## Κόστος Παραγγελίας Εκκίνησης (Παραγωγής)

---

Το κόστος παραγγελίας εκκίνησης (παραγωγής) δημιουργείται είτε από τη δαπάνη τοποθέτησης μιας παραγγελίας αγοράς που απευθύνεται σε κάποιον εξωτερικό προμηθευτή είτε από τις δαπάνες εκκίνησης για την παραγωγή ενός προϊόντος εντός της επιχείρησης. Συνήθως το κόστος αυτό είναι μεταβλητό και εξαρτάται ανάλογα από τον αριθμό των παραγγελιών ή εκκινήσεων που γίνονται και περιλαμβάνει διάφορα έξοδα όπως ταχυδρομικά, τηλεπικοινωνιακά έξοδα, εξουσιοδοτήσεις σε τρίτους για την παρακολούθηση, την παραλαβή, τον έλεγχο μιας παραγγελίας. Ειδικότερα στο κόστος παραγγελίας ανήκουν τα έξοδα για τον προσδιορισμό των προδιαγραφών, τον έλεγχο και την επιλογή προμηθευτών, τα έξοδα αγοράς, παραλαβής και ελέγχου υλικών, ενώ τα κόστη εκκίνησης αφορούν κυρίως όλα τα έξοδα που σχετίζονται με την παραγωγή του προϊόντος που έχει παραγγελθεί, δηλαδή περιλαμβάνουν κονδύλια για την προετοιμασία της παραγγελίας από το εργοστάσιο, τον χρονικό προγραμματισμό της εργασίας, την επιτάχυνση της παραγωγικής διαδικασίας, την ποιοτική αποδοχής.

**Διάγραμμα 3:** Γραμμική συνάρτηση κόστους παραγγελίας αποθεμάτων



**Πηγή:** Ιακώβου, 2008

Το κόστος παραγγελίας έχει δυο συνιστώσες:

- το σταθερό κόστος
- το μεταβλητό κόστος

Το σταθερό κόστος συσχετίζεται με τα κόστη μιας παραγγελίας που αναφέρθηκαν και πιο πάνω, είναι ανεξάρτητο του όγκου της παραγγελίας (μη μηδενικό) και συμβολίζεται με το γράμμα  $K$ . Το μεταβλητό κόστος αντίστοιχα συμβολίζεται με το γράμμα  $C$  (διάγραμμα 3). Σε πολλές περιπτώσεις εφαρμογών το μεταβλητό κόστος  $C$  ταυτίζεται με το σταθερό κόστος  $K$  και με το κόστος παραγγελίας.

## Κόστος Διατήρησης (Αποθήκευσης)

Το κόστος διατήρησης (αποθήκευσης) αποθεμάτων δημιουργείται από διάφορους παράγοντες και αποτελείται από τα εξής κύρια τρία κόστη:

- το κόστος δεσμευμένου κεφαλαίου
- το κόστος αποθήκευσης
- το κόστος κινδύνου

Το κόστος του δεσμευμένου κεφαλαίου σχετίζεται με το κεφάλαιο που επενδύει και δαπανά η επιχείρηση σε αποθέματα και σε αποθηκευτικούς χώρους και με το κόστος ευκαιρίας που δημιουργείται από την μη χρησιμοποίηση αυτού. Αν

τα κεφάλαια αυτά που δεν χρησιμοποιήθηκαν επενδύονταν αλλού τότε θα υπήρχε κάποιο είδος κερδοφορίας. Το κόστος των κεφαλαίων λοιπόν αποτελεί μια επιβάρυνση που αντιστοιχεί σε αυτή την απραξία και την μη εισπραχθείσα απόδοση.

Το κόστος αποθήκευσης περιλαμβάνει όλα εκείνα τα κόστη που αφορούν τους αποθηκευτικούς χώρους, όπως ενοίκια, φόρους, ασφάλιστρα, εργατικά, συντήρηση χώρων, θέρμανση και φωτισμός. Το κύριο πρόβλημα είναι ότι σε πολλές χώρες τα αποθέματα αντιμετωπίζονται σαν φορολογική περιουσία με αποτέλεσμα στο τέλος κάθε χρόνου ανάλογα με τις ποσότητες αποθεμάτων που κατέχει κάθε επιχείρηση να φορολογείται.

Τέλος, το κόστος κινδύνου συσχετίζεται με την απαξίωση, δηλαδή με τον κίνδυνο κάποιο προϊόν να χάσει την αξία του λόγω τεχνολογικών εξελίξεων ή λόγω στυλ ή διαφορετικών επιλογών των καταναλωτών κτλ. Επίσης κόστη κινδύνου αποτελούν και τα έξοδα από τυχόν φθορές με το πέρασμα των χρόνων (αλλοίωση), τα έξοδα από τυχόν καταστροφές ή ακόμα και κλοπής των αποθεμάτων.

**Πίνακας 3:** Είδη κόστους αποθεμάτων

<b>ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ</b> <b>Κατηγορία</b>	<b>Κόστος (και εύρος) ως ποσοστό της αξίας του αποθέματος</b>
Κόστος φιλοξενίας (ενοίκιο ή απόσβεση κτιρίου, δαπάνες λειτουργίας, φόροι, ασφάλειες)	6% (3 - 10%)
Κόστος διαχείρισης υλικών (ενοικίαση ή απόσβεση εξοπλισμού, ενέργεια, κόστος λειτουργίας)	3% (1 - 3.5%)
Εργατικό κόστος	3% (3 - 5%)
Κόστος επένδυσης (κόστος δανεισμού, φόροι, ασφάλιστρα αποθέματος)	11% (6 - 24%)
Κλοπή, αλλοίωση, παρωχημένα	3% (2 - 5%)
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ</b>	<b>26%</b>

Πηγή: Εμίρης, 2012

## Κόστος Εξάντλησης / Έλλειψης

Το κόστος εξάντλησης / έλλειψης αφορά σε δύο βασικές ελλείψεις, τις:

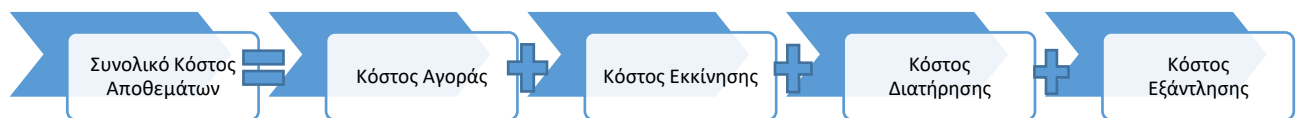
- Εξωτερικές ελλείψεις
- Εσωτερικές ελλείψεις

Εξωτερική έλλειψη υπάρχει όταν είναι αδύνατη η εκτέλεση μιας παραγγελίας ενός πελάτη. Αποτέλεσμα των εξωτερικών ελλείψεων είναι το κόστος των ανεκτέλεστων παραγγελιών, η απώλεια άμεσων κερδών (διαφυγόν κέρδος) καθώς και η μακροχρόνια απώλεια κερδών λόγω της απώλειας της αξιοπιστίας των καταναλωτών.

Από την άλλη πλευρά, εσωτερική έλλειψη υπάρχει όταν δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί μια παραγγελία εντός του οργανισμού της επιχείρησης. Το αποτέλεσμα των εσωτερικών ελλείψεων είναι η αδυναμία της παραγωγικής ικανότητας που συνεπάγεται την καθυστέρηση ολοκλήρωσης της εργασίας.

Γενικότερα και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει έλλειψη του τελικού προϊόντος όπου το κόστος έλλειψης του εξαρτάται από την απόφαση του πελάτη. Ο πελάτης είτε μπορεί να περιμένει λίγο να και να ξαναδώσει την παραγγελία, είτε να διαλέξει κάποιο άλλο παρεμφερές προϊόν είτε να απευθυνθεί σε άλλη επιχείρηση. Στην πρώτη περίπτωση η παραγγελία παραμένει σταθερή και εκτελείται απλώς με καθυστέρηση. Η εταιρεία απλώς στην συγκεκριμένη περίπτωση θα πρέπει να βιαστεί για την εκτέλεσή της με αποτέλεσμα να επιβαρυνθεί με το κόστος επιτάχυνσης, διακίνησης και σε πολλές περιπτώσεις με το κόστος ειδικής αποστολής και συσκευασίας του παραγγελθέντος προϊόντος. Εάν ο πελάτης τώρα ακυρώσει την παραγγελία η επιχείρηση επιβαρύνεται με την απώλεια του κέρδους και σε πολλές περιπτώσεις με την απώλεια αξιοπιστίας και μη προτίμηση του πελάτη ξανά στην επιχείρηση αυτή. Συμπερασματικά λοιπόν, το κόστος έλλειψης διαφέρει από είδος σε είδος ανάλογα με τον πελάτη κάθε φορά ή από τον τρόπο αντιμετώπισης του προβλήματος από την επιχείρηση. Το συνολικό κόστος αποθεμάτων αναπαρίσταται με την παρακάτω σχέση (Εικόνα 1):

**Εικόνα 1:** Συνολικό κόστος αποθεμάτων



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

#### 3.1 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΟQ (ECONOMIC ORDER QUANTITY)

Η πιο συνηθισμένη κατάσταση αποθέματος που αντιμετωπίζουν οι κατασκευαστές, οι λιανοπωλητές και οι χονδρέμποροι είναι ότι τα επίπεδα αποθεμάτων εξαντλούνται με την πάροδο του χρόνου και στη συνέχεια αναπληρώνονται με την άφιξη μιας παρτίδας νέων μονάδων. Το βασικό μοντέλο που αντιπροσωπεύει αυτή την κατάσταση είναι το **μοντέλο ΕΟQ (Economic Order Quantity)**.

Βασικά χαρακτηριστικά αυτού του μοντέλου είναι τα εξής:

- Οι μονάδες ενός προϊόντος θεωρείται ότι αποσύρονται με γνωστό σταθερό ρυθμό, ο οποίος συμβολίζεται με  **$\alpha$** , δηλαδή η ζήτηση είναι γνωστή και κλιμακούμενη στο χρόνο.
- Το απόθεμα αναπληρώνεται όταν χρειάζεται με παραγγελία (είτε μέσω της αγοράς είτε μέσω της παραγωγής) μιας παρτίδας σταθερού μεγέθους (μονάδες  **$Q$** ), χωρίς περιορισμό στην ποσότητα (χωρίς πλαφόν), όλες οι μονάδες  **$Q$**  φτάνουν ταυτόχρονα στον επιθυμητό χρόνο.
- Τα κόστη του μοντέλου που πρέπει να λάβουμε υπόψη μας είναι τα εξής:

$K$  = σταθερός κόστος παραγγελίας

$c$  = κόστος για την παραγωγή ή την αγορά κάθε μονάδας,

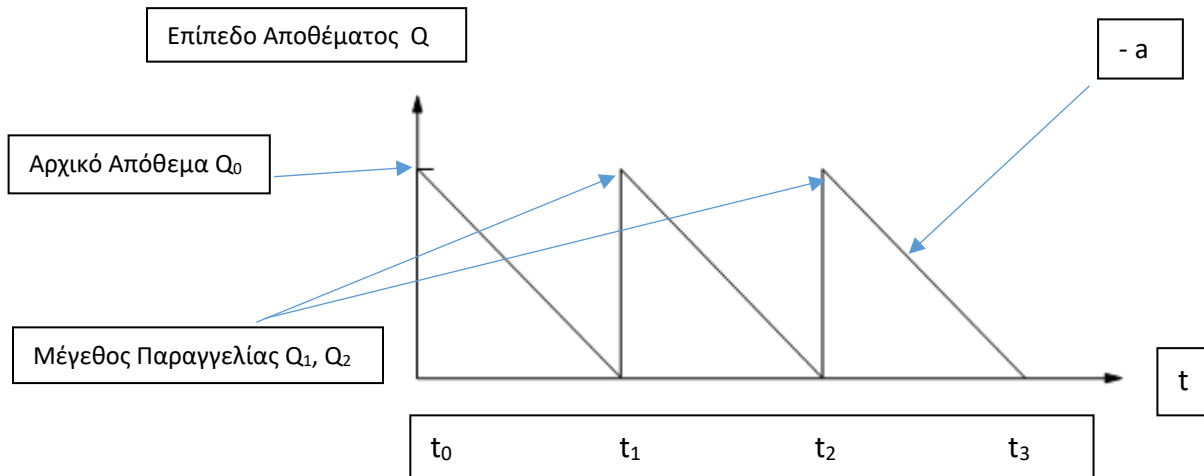
$h$  = κόστος αποθήκευσης ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα προϊόντος

Ο στόχος είναι να καθοριστεί πότε και κατά πόσο πρέπει να αναπληρωθεί το απόθεμα, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το άθροισμα αυτών των δαπανών ανά μονάδα χρόνου.

Υποθέτουμε συνεχή αναθεώρηση, έτσι ώστε το απόθεμα να μπορεί να αναπληρωθεί κάθε φορά που το επίπεδο πέφτει αρκετά χαμηλά. Θα υποθέσουμε πρώτα ότι δεν επιτρέπονται ελλείψεις (αλλά αργότερα θα χαλαρώσουμε αυτή την υπόθεση). Εφόσον η ζήτηση είναι σταθερή, οι ελλείψεις μπορούν να αποφευχθούν με την αναπλήρωση του αποθέματος κάθε φορά που το επίπεδο αποθέματος πέφτει στο μηδέν, και αυτό θα ελαχιστοποιήσει επίσης το κόστος αποθήκευσης. Το παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα 4) απεικονίζει τα επίπεδα αποθέματος με την πάροδο του

χρόνου, όταν ξεκινάμε από το χρόνο 0, παραγγέλλοντας μια παρτίδα μονάδων  $Q$  προκειμένου να αυξήσουμε το αρχικό επίπεδο αποθέματος από το 0 στο  $Q$  και στη συνέχεια να επαναλάβουμε αυτήν τη διαδικασία κάθε φορά που το επίπεδο αποθέματος πέφτει στο 0.

**Διάγραμμα 4:** Επίπεδο αποθέματος ως συνάρτηση του χρόνου για το βασικό μοντέλο ΕΟQ



Ο χρόνος μεταξύ των διαδοχικών αναπληρώσεων του αποθέματος (τα τμήματα κάθετης γραμμής στο παραπάνω διάγραμμα) ονομάζεται **κύκλος**. Στο παραπάνω διάγραμμα η απόσταση από το  $t_0$  στο  $t_1$  είναι ένα κύκλος  $T$  ( $T = t_1 - t_0$ ). Το κόστος του κύκλου είναι:

$$C(Q) = \text{Κόστος κύκλου} / \text{Μήκος κύκλου}$$

Το μήκος του κύκλου είναι  $Q / a$  και είναι ουσιαστικά ο χρόνος που απαιτείται για να πουληθεί όλο το απόθεμα.

Το κόστος του κύκλου αποτελείται από:

1. Το σταθερό κόστος παραγγελίας  $K$
2. Το κόστος αγοράς των προϊόντων  $cQ$
3. Το κόστος αποθήκευσης του αποθέματος  $h = TQ/2$

$$\begin{aligned} \text{Έτσι το κόστος του κύκλου είναι: } C(Q) &= K + cQ + \frac{TQ}{2} = K + cQ + \frac{1}{2} hQ \frac{Q}{a} = \\ &= K + cQ + \frac{1}{2} h \frac{Q^2}{a} \end{aligned}$$

$$\text{Από τα δύο παραπάνω έχουμε } C(Q) = \frac{K+cQ+\frac{1}{2}h\frac{Q^2}{a}}{\frac{Q}{a}} = \frac{Ka}{Q} + ca + \frac{1}{2} hQ$$

$$\text{Έτσι } C(Q) = \frac{Ka}{Q} + \frac{1}{2} hQ + ca$$

Αν δούμε τους όρους επί μέρους έχουμε:

- a.  $\frac{Q}{a} = T$  επομένως  $\frac{a}{Q} = \frac{1}{T}$  = η συχνότητα των παραγγελιών (αριθμός παραγγελιών ανά μονάδα χρόνου)
- b.  $K \frac{a}{Q}$  = Κόστος παραγγελιών ανά μονάδα χρόνου
- c.  $\frac{1}{2} hQ = h \frac{1}{2} Q$  = Κόστος αποθήκευσης ανά μονάδα χρόνου
- d.  $ca$  = κόστος αγοράς ανά μονάδα χρόνου (ανεξάρτητο από το Q)

Για να πετύχουμε το μικρότερο κόστος αποθέματος αρκεί να ελαχιστοποιήσουμε την συνάρτηση του κόστους ως προς το Q:  $\min C(Q)$ . Αν υπολογίσουμε τη δεύτερη παράγωγο της συνάρτησης θα δούμε ότι είναι πάντα θετική άρα η καμπύλη της συνάρτησης είναι κυρτή. Έτσι η  $C(Q)$  ελαχιστοποιείται όταν η πρώτη παράγωγος είναι 0.

$$-\frac{Ka}{Q^2} + \frac{1}{2}h = 0 \text{ και επομένως } Q^* = \sqrt{\frac{2Ka}{h}} = \text{EOQ (Βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας).}$$

Το ελάχιστο κόστος θα είναι:

$$C^* = C(Q^*) = \frac{Ka}{Q^*} + \frac{1}{2}hQ^* + ca \text{ άρα } C^* = \sqrt{2Kah} + ca \text{ (Ελάχιστο κόστος ανά μονάδα χρόνου)}$$

### 3.2 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΟQ ΜΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ

Μία από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει κάποιος διαχειριστής αποθέματος είναι η εμφάνιση έλλειψης αποθέματος - ζήτηση που δεν μπορεί να ικανοποιηθεί τη δεδομένη στιγμή επειδή το απόθεμα έχει εξαντληθεί. Αυτό προκαλεί διάφορα προβλήματα, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των δυσαρεστημένων πελατών και της επιπλέον τήρησης αρχείων για ικανοποίηση της ζήτησης μελλοντικά (backlog) όταν πια το απόθεμα μπορεί να αναπληρωθεί. Νωρίτερα υποθέσαμε πως δεν επιτρέπονται οι προγραμματισμένες ελλείψεις, άρα το βασικό μοντέλο ΕΟQ που

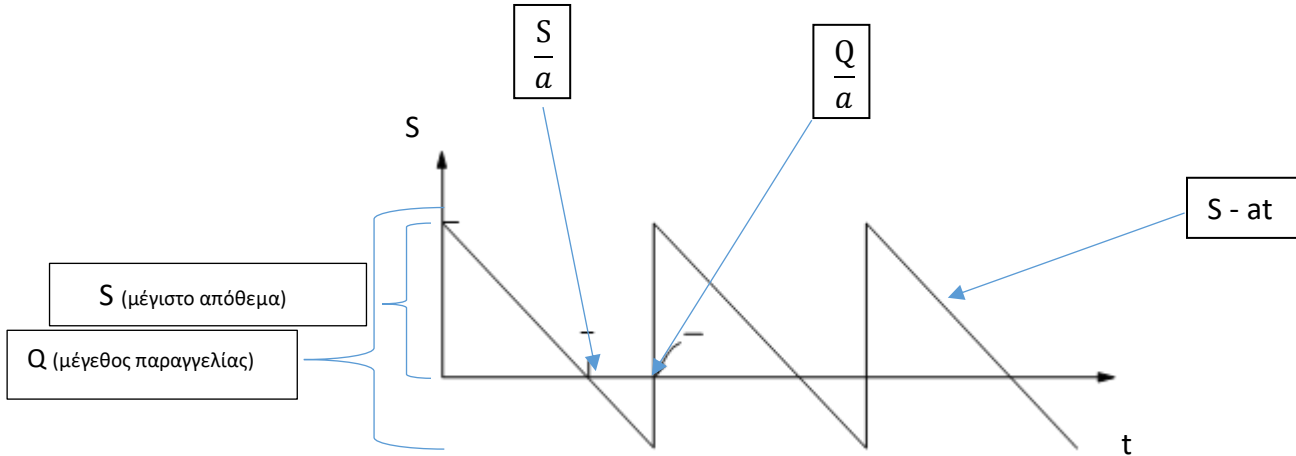


είδαμε παραπάνω ικανοποιεί την βασική επιθυμία των επιχειρηματιών να αποφύγουν τις ελλείψεις όσο το δυνατόν περισσότερο. Παρόλα αυτά, οι μη προγραμματισμένες ελλείψεις ενδέχεται να προκύψουν εάν ο ρυθμός ζήτησης και οι παραδόσεις δεν παραμείνουν εντός χρονοδιαγράμματος.

Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι περιορισμένες προγραμματισμένες ελλείψεις έχουν νόημα από διαχειριστική άποψη. Η πιο σημαντική προϋπόθεση είναι ότι οι πελάτες γενικά είναι σε θέση και πρόθυμοι να δεχτούν μια λογική καθυστέρηση στην εκτέλεση των παραγγελιών τους, αν χρειαστεί. Εάν αυτό ισχύει, το κόστος των ελλείψεων που θα προκύψει λόγω δεν θα πρέπει να είναι υπερβολικό. Εάν το κόστος διατήρησης του αποθέματος είναι υψηλό σε σχέση με το κόστος έλλειψης, τότε η μείωση του μέσου επιπέδου αποθέματος που θα επιτρέπει σύντομες ελλείψεις μπορεί να είναι μια σωστή επιχειρηματική απόφαση.

Το μοντέλο ΕΟQ με προγραμματισμένες ελλείψεις αντιμετωπίζει αυτού του είδους τις καταστάσεις αντικαθιστώντας μόνο την τρίτη υπόθεση του βασικού μοντέλου ΕΟQ με την ακόλουθη νέα υπόθεση: Οι προγραμματισμένες ελλείψεις τώρα επιτρέπονται. Όταν παρουσιαστεί έλλειψη, οι επηρεαζόμενοι πελάτες θα περιμένουν να γίνει ξανά διαθέσιμο το προϊόν. Οι παραγγελίες τους συμπληρώνονται αμέσως μόλις φτάσει η ποσότητα παραγωγής για την αναπλήρωση του αποθέματος.

Η ποσότητα του προϊόντος που οφείλεται σε πελάτες των οποίων οι παραγγελίες εκκρεμούν ονομάζεται Backlog και θα μπορούσαμε να πούμε πως ισοδυναμεί με αρνητικό απόθεμα. Στο παρακάτω διάγραμμα 5 με  $S$  έχουμε το μέγιστο απόθεμα, με  $Q$  το μέγεθος της παραγγελίας. Άρα το  $Q < S$  (γιατί σε κάθε παραλαβή εξυπηρετούνται άμεσα οι πελάτες των οποίων οι παραγγελίες εκκρεμούν) και το μέγιστο Backlog είναι  $Q-S$ .



Το κόστος του backlog στις περισσότερες περιπτώσεις είναι δύσκολο έως αδύνατο να εκτιμηθεί με ακρίβεια. Σχετίζεται συνήθως με τη δυσαρέσκεια του πελάτη με μεγαλύτερο κίνδυνο να χαθεί ο πελάτης από μελλοντική αγορά το οποίο είναι πολύ δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί. Έχουμε λοιπόν:  $p$  = κόστος backlog ανά μονάδα προϊόντος και ανά μονάδα χρόνου

Σύμφωνα με αυτές τις παραδοχές, το γράφημα του επιπέδου αποθέματος στην πάροδο του χρόνου ακολουθεί το μοτίβο που φαίνεται στο διάγραμμα 5. Το πριονωτό σχήμα είναι ίδιο με το αντίστοιχο σχήμα του βασικού μοντέλου ωστόσο, τώρα τα επίπεδα αποθέματος επεκτείνονται σε αρνητικές τιμές που αντικατοπτρίζουν τον αριθμό των μονάδων του προϊόντος που έχουν παραγγελθεί εκ των υστέρων.

Η βέλτιστη πολιτική λοιπόν δίνεται από τους παρακάτω τύπους:

$$\text{Ποσότητα Παραγγελίας: } Q^* = \sqrt{\frac{2aK}{h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}$$

$$\text{Μέγιστο Απόθεμα: } S^* = \sqrt{\frac{2aK}{h}} \sqrt{\frac{p}{p+h}}$$

$$\text{Μέγιστο Backlog: } Q^* - S^* = \sqrt{\frac{2aK}{h}} \sqrt{\frac{h}{p+h}}$$

$$\text{Ελάχιστο Κόστος: } C^* = \sqrt{\frac{2aKhp}{p+h}}$$

$$\text{Ιδανικό μήκος κύκλου: } t = \sqrt{\frac{2aK}{ah}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

### ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

#### 4.1 ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ (Q,R)

Στρεφόμαστε τώρα σε στοχαστικά μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων, τα οποία έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν περιπτώσεις όπου υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα σχετικά με τις μελλοντικές απαιτήσεις. Σε αυτήν την ενότητα, εξετάζουμε ένα σύστημα απογραφής συνεχούς αναθεώρησης. Έτσι, το επίπεδο αποθέματος παρακολουθείται σε συνεχή βάση, έτσι ώστε μια νέα παραγγελία να μπορεί να τοποθετηθεί μόλις το επίπεδο αποθέματος πέσει στο σημείο αναπαραγγελίας R (reorder point).

Η παραδοσιακή μέθοδος εφαρμογής ενός συστήματος διαχείρισης αποθέματος συνεχούς παρακολούθησης ήταν η χρήση ενός συστήματος δύο κάδων (Two-Bin System). Όλες οι μονάδες για ένα συγκεκριμένο προϊόν θα φυλάσσονταν σε δύο κάδους. Η χωρητικότητα ενός κάδου θα ισούται με το σημείο αναπαραγγελίας. Οι μονάδες θα αποσυρθούν πρώτα από τον άλλο κάδο. Επομένως, το άδειασμα αυτού του δεύτερου κάδου θα ενεργοποιούσε την τοποθέτηση μιας νέας παραγγελίας. Κατά τη διάρκεια του χρόνου παράδοσης L (lead time) μέχρι να ληφθεί αυτή η παραγγελία, οι μονάδες θα αποσύρονται από τον πρώτο κάδο.

Τα τελευταία χρόνια, τα συστήματα δύο κάδων έχουν αντικατασταθεί σε μεγάλο βαθμό από μηχανογραφημένα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων. Κάθε προσθήκη στο απόθεμα και κάθε πώληση που προκαλεί μείωση του αποθέματος καταγράφονται ηλεκτρονικά, έτσι ώστε το τρέχον επίπεδο αποθέματος να βρίσκεται πάντα στον υπολογιστή. (Για παράδειγμα, οι σύγχρονες συσκευές σάρωσης (scanner) στα καταστήματα λιανικής πώλησης καταγράφουν τις πωλήσεις και έτσι ενημερώνεται το επίπεδο του αποθέματος σε πραγματικό χρόνο). Επομένως, το σύστημα θα δημιουργήσει μια νέα παραγγελία μόλις το επίπεδο αποθέματος θα πέσει στο σημείο αναπαραγγελίας. Αρκετά πακέτα λογισμικού είναι διαθέσιμα από εταιρείες τεχνολογίας για την εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος.

Ένα σύστημα διαχείρισης συνεχούς ελέγχου για ένα συγκεκριμένο προϊόν βασίζεται σε δύο βασικά στοιχεία:

R = σημείο αναπαραγγελίας

Q = ποσότητα παραγγελίας

Για έναν κατασκευαστή που διαχειρίζεται το απόθεμα τελικών προϊόντων του, η παραγγελία θα είναι για μια σειρά παραγωγής μεγέθους  $Q$ . Για έναν χονδρέμπορο ή λιανοπωλητή (ή έναν κατασκευαστή που αναπληρώνει το απόθεμα πρώτων υλών του από έναν προμηθευτή), η παραγγελία θα είναι μια παραγγελία αγοράς για μονάδες  $Q$  του προϊόντος.

Μια πολιτική διαχείρισης αποθέματος που βασίζεται στα δύο παραπάνω στοιχεία είναι η εξής: Κάθε φορά που το επίπεδο αποθέματος του προϊόντος πέφτει σε μονάδες  $R$ , κάντε μια παραγγελία για  $Q$  μονάδες έτσι ώστε να αναπληρωθεί το απόθεμα. Μια τέτοια πολιτική (ένα τέτοιο μοντέλο) συχνά ονομάζεται μοντέλο  $(Q, R)$ .

Οι Παραδοχές του Μοντέλου:

1. Κάθε εφαρμογή περιλαμβάνει ένα μόνο προϊόν.
2. Το επίπεδο αποθέματος βρίσκεται υπό συνεχή παρακολούθηση, επομένως η τρέχουσα τιμή του είναι πάντα γνωστή.
3. Οι μόνες αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν είναι για το  $R$  και  $Q$ .
4. Υπάρχει ένας χρόνος παράδοσης (χρόνος καθυστέρησης παραγγελίας)  $L$  (Lead Time) μεταξύ της υποβολής της παραγγελίας και της παραλαβής της ποσότητας παραγγελίας. Αυτός ο χρόνος παράδοσης μπορεί να είναι είτε σταθερός είτε μεταβλητός αλλά πάντα μεγαλύτερος από το 0. Άρα  $L > 0$ .
5. Η ζήτηση ( $A$ ) είναι αβέβαιη. Ωστόσο, η κατανομή πιθανότητας της ζήτησης για ένα χρονικό διάστημα (πχ: για ένα μήνα) είναι γνωστή (ή τουλάχιστον εκτιμάται).
6. Εάν προκύψει έλλειψη πριν από την παραλαβή της παραγγελίας, η πλεονάζουσα ζήτηση γίνεται backlog, έτσι ώστε οι παραγγελίες να καλυφθούν μόλις φτάσει η παραγγελία. Έτσι προκύπτει ένα ορισμένο κόστος backlog (που συμβολίζεται με  $p$ , για κάθε μονάδα ανά μονάδα χρόνου).
7. Ένα σταθερό κόστος παραγγελίας (που δηλώνεται με το  $K$ ) προκύπτει κάθε φορά που πραγματοποιείται μια παραγγελία.
8. Το κόστος της παραγγελίας είναι ανάλογο με την ποσότητα παραγγελίας  $Q$ .
9. Ένα συγκεκριμένο κόστος αποθήκευσης (που συμβολίζεται με  $h$ ) προκύπτει για κάθε μονάδα αποθέματος ανά μονάδα χρόνου.

Αυτό το μοντέλο μοιάζει αρκετά με το μοντέλο ΕΟQ με προγραμματισμένες ελλείψεις που αναφερθήκαμε νωρίτερα καθώς όλες οι παραδοχές είναι ίδιες εκτός από αυτήν την ζήτηση όπου διαφέρει ως προς την αβεβαιότητα.

Λόγω της στενής σχέσης μεταξύ αυτών των δύο μοντέλων, τα αποτελέσματά τους θα είναι αρκετά παρόμοια. Η κύρια διαφορά είναι ότι, λόγω της αβέβαιης ζήτησης για το μοντέλο  $(Q, R)$ , πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποια ορισμένα αποθέματα ασφαλείας κατά τον καθορισμό του σημείου αναπαραγγελίας. Κατά τα άλλα, οι διάφοροι παράγοντες κόστους είναι βασικά οι ίδιοι, οπότε οι ποσότητες παραγγελίας από τα δύο μοντέλα θα πρέπει να είναι παρόμοιες.

### Επιλογή της ποσότητας παραγγελίας Q

Η πιο απλή προσέγγιση για την επιλογή του Q για το τρέχον μοντέλο είναι να χρησιμοποιήσουμε απλά τον τύπο που δίνεται για το μοντέλο ΕΟQ με προγραμματισμένες ελλείψεις. Αυτός ο τύπος είναι:

$$Q = \sqrt{\frac{2AK}{h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}$$

όπου A τώρα είναι η μέση ζήτηση ανά μονάδα χρόνου και όπου K, h και p ορίζονται στις παραδοχές 7, 9 και 6, αντίστοιχα.

Αυτό το Q θα είναι μόνο μια προσέγγιση της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας για το τρέχον μοντέλο. Ωστόσο, δεν υπάρχει διαθέσιμος τύπος για την ακριβή τιμή της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας, επομένως απαιτείται προσέγγιση. Η παραπάνω προσέγγιση είναι αρκετά καλή.

### Επιλογή του σημείου αναπαραγγελίας R (reorder point)

Μια κοινή προσέγγιση για την επιλογή του σημείου αναπαραγγελίας R είναι να βασιστούμε στο επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης της εταιρείας προς τους πελάτες (Service Level). Το επίπεδο εξυπηρέτησης μπορεί ποσοτικοποιηθεί με διάφορους τρόπους όπως παρακάτω.

Εναλλακτικά μέτρα επιπέδου εξυπηρέτησης (Service Level):

1. Η πιθανότητα να μην προκύψει έλλειψη μεταξύ της στιγμής που υποβάλλεται μια παραγγελία και της ποσότητας παραγγελίας που λαμβάνεται.
2. Ο μέσος αριθμός ελλείψεων ανά έτος.
3. Το μέσο ποσοστό της ετήσιας ζήτησης που μπορεί να ικανοποιηθεί αμέσως.
4. Η μέση καθυστέρηση στην κάλυψη των back orders όταν δημιουργείται έλλειψη.
5. Η συνολική μέση καθυστέρηση στην εκτέλεση παραγγελιών (όπου η καθυστέρηση χωρίς ελλείψεις είναι 0).

Τα μέτρα 1 και 2 συνδέονται στενά μεταξύ τους. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι η ποσότητα παραγγελίας Q έχει οριστεί στο 10 % της ετήσιας ζήτησης, οπότε κατά μέσο όρο πραγματοποιούνται 10 παραγγελίες ετησίως. Εάν η πιθανότητα είναι 0,2 ότι μια έλλειψη θα συμβεί κατά τη διάρκεια του χρόνου παράδοσης μέχρι να ληφθεί μια παραγγελία, τότε ο μέσος αριθμός ελλείψεων ανά έτος θα είναι  $10 * 0,2 = 2$ .

Τα μέτρα 2 και 3 είναι επίσης συναφή. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι κατά μέσο όρο εμφανίζονται 2 ελλείψεις ετησίως και η μέση διάρκεια μίας έλλειψης είναι 9 ημέρες. Δεδομένου ότι  $2 * 9 = 18$  ημέρες αποθεμάτων ανά έτος είναι ουσιαστικά 5%

του έτους, το μέσο ποσοστό της ετήσιας ζήτησης που μπορεί να ικανοποιηθεί αμέσως θα ήταν 95%.

Επιπλέον, σχετίζονται τα μέτρα 3, 4 και 5. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι το μέσο ποσοστό της ετήσιας ζήτησης που μπορεί να ικανοποιηθεί αμέσως είναι 95% και η μέση καθυστέρηση στην πλήρωση των παραγγελιών εάν συμβεί ένα απόθεμα είναι 5 ημέρες. Δεδομένου ότι μόνο το 5% των πελατών υποβάλλονται σε αυτήν την καθυστέρηση, η συνολική μέση καθυστέρηση στην εκτέλεση παραγγελιών τότε θα ήταν  $0,05 * 5 = 0,25$  της ημέρας ανά παραγγελία.

Πρέπει να ληφθεί μια απόφαση από τη διοίκηση της εταιρείας σχετικά με την επιθυμητή αξία τουλάχιστον ενός από αυτά τα μέτρα του επιπέδου εξυπηρέτησης. Μετά την επιλογή ενός από τα μέτρα αυτά στα οποία θα πρέπει να δοθεί η κύρια προσοχή, είναι χρήσιμο να διερευνηθούν οι επιπτώσεις αρκετών εναλλακτικών εκτιμήσεων αυτού του μέτρου σε ορισμένα από τα άλλα μέτρα πριν από την επιλογή της καλύτερης εναλλακτικής λύσης.

Το μέτρο 1 είναι πιθανώς το πιο βολικό για χρήση ως κύριο μέτρο, οπότε τώρα θα επικεντρωθούμε σε αυτήν την περίπτωση. Θα ορίσουμε το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης κάτω από αυτό το μέτρο έτσι

$L$  = η επιθυμητή πιθανότητα της διοίκησης να μην υπάρξει έλλειψη μεταξύ από τη στιγμή που τοποθετείται μια παραγγελία μέχρι τη στιγμή που η παραγγελία παραδοθεί.

Αν χρησιμοποιήσουμε το μέτρο 1 θα πρέπει να εκτιμήσουμε την κατανομή της πιθανότητας της ακόλουθης τυχαιάς μεταβλητής.

$D$  (demand) = ζήτηση κατά τη διάρκεια του χρόνου παράδοσης για την εκτέλεση μιας παραγγελίας (Lead Time).

Για παράδειγμα, αν η ζήτηση κατά το  $L$  (lead time) ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή, ο τύπος για την επιλογή του σημείου αναπαραγγελίας  $R$  στο διάστημα από  $a$  στο  $b$  είναι η εξής:

$$R = a + L(b - a)$$

γιατί τότε

$$P(D \leq R) = L$$

Δεδομένου ότι ο μέσος όρος αυτής της κατανομής είναι

$$E(D) = \frac{a + b}{2}$$

η ποσότητα του αποθέματος ασφαλείας (το αναμενόμενο επίπεδο αποθέματος αμέσως πριν από την παραλαβή της ποσότητας παραγγελίας) που δίδεται από το σημείο αναπαραγγελίας  $R$  είναι:

$$\text{Απόθεμα ασφαλείας} = R - E(D) = a + L(b - a) - \frac{a+b}{2} = (L - \frac{1}{2})(b - a)$$

Όταν ο κατανομή της ζήτησης ακολουθεί διαφορετική κατανομή από την ομοιόμορφη που είδαμε εδώ, τότε η διαδικασία για να ορίσουμε το  $R$  είναι η ίδια. Αν για παράδειγμα έχουμε μία περίπτωση όπου η ζήτηση  $D$  κατά το Lead Time ακολουθεί εκθετική κατανομή με παράμετρο  $\lambda$ . Αυτό σημαίνει ότι:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x}, \text{ για } x > 0$$

$$E(D) = AL = \frac{1}{\lambda}$$

Αν θέσουμε το επίπεδο εξυπηρέτησης στο  $l$  (Service Level =  $l$ ) τότε θα έχουμε

$$1 - e^{-\lambda R} = l \Rightarrow e^{-\lambda R} = 1 - l \Rightarrow -\lambda R = \ln(1 - l) \Rightarrow$$

$$R = \frac{-1}{\lambda} \ln(1 - l)$$

$$E(D) = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow R = -E(D) \ln(1 - l)$$

Και έτσι το απόθεμα ασφαλείας θα είναι:

$$R - E(D) = -E(D) \ln(1 - l) - E(D) = E(D)[- \ln(1 - l) - 1]$$

## 4.2 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΕΦΗΜΕΡΙΔΟΠΩΛΗ (NEWSVENDOR MODEL)

Το πιο διαδεδομένο στοχαστικό μοντέλο περιοδικού ελέγχου είναι το μοντέλο του εφημεριδοπώλη (Newsvendor Model, Newsboy Model κτλ), που εφαρμόζεται στις ειδικές περιπτώσεις αγαθών που έχουν μικρό κύκλο ζωής (αγαθά σε απαξίωση).

Αρχικά, ως αγαθά με μικρό κύκλο / διάρκεια εννοούνται τα αγαθά εκείνα που έχουν μικρή περίοδο πωλήσεων όπως για παράδειγμα τα χριστουγεννιάτικα στολίδια, οι εφημερίδες, τα λαχανικά κτλ. Τα αγαθά αυτά ονομάζονται φθαρτά (perishable products – προϊόντα με ημερομηνία λήξης). Το μοντέλο Newsvendor προσπαθεί να βρει την βέλτιστη απόφαση που πρέπει να ληφθεί για τα αγαθά αυτά που μελετώνται. Δηλαδή προσπαθεί να βρει ποια θα είναι περίπου η μελλοντική τους ζήτηση και αντίστοιχα ποια θα πρέπει να είναι η κατάλληλη ποσότητα παραγγελίας ή παραγωγής τους. Στην αρχή κάθε περιόδου λαμβάνεται απόφαση σχετικά με την ποσότητα παραγγελίας που πρέπει να γίνει σε σχέση με την αναμενόμενη ζήτηση που προβλέπεται κατά τη διάρκεια της περιόδου. Το μοντέλο αυτό, υποθέτει ότι δεν υπάρχει σταθερό κόστος στην εκτέλεση της παραγγελίας και δεν επιτρέπονται νέες παραγγελίες κατά την διάρκεια της περιόδου πώλησης. Πιο συγκεκριμένα, όταν δεν πωληθεί κάποιο προϊόν στο τέλος της περιόδου αυτό πωλείται με έκπτωση, ενώ αν η ποσότητα δεν επαρκεί έτσι ώστε να καλύψει τη ζήτηση, τότε έχουμε χαμένα κέρδη, λόγω του κόστους έλλειψης.

Το μοντέλο αυτό αναπτύσσεται με βάση το γνωστό παράδειγμα του εφημεριδοπώλη. Ο εφημεριδοπώλης καθημερινά πρέπει να παίρνει απόφαση για το πόσες εφημερίδες πρέπει να προμηθεύεται. Θα πρέπει να προσέξει πάρα πολύ διότι αν υποτιμήσει την ζήτηση τότε θα χάσει πωλήσεις και αντίστοιχα κέρδη. Από την άλλη πλευρά, αν υπερεκτιμήσει την ζήτηση στο τέλος της ημέρας θα του μείνουν εφημερίδες που αναγκαστικά δεν θα μπορεί να τις πουλήσει, λόγω της φύσης του προϊόντος, την επόμενη ημέρα. Το μοντέλο λοιπόν το εφημεριδοπώλη εμφανίζεται προκειμένου να βρει την κατάλληλη ποσότητα εφημερίδων που θα πρέπει να προμηθευτεί ο εφημεριδοπώλης προκειμένου ούτε να χάσει πωλήσεις αλλά και ούτε να του μείνουν απούλητες εφημερίδες στο τέλος της ημέρας.



Αν δηλαδή έχουμε:

$Q$  = ποσότητα παραγγελίας για μία περίοδο

$X$  = ζήτηση μίας περιόδου

Οι περιπτώσεις που έχουμε είναι οι εξής:

1.  $Q = X$ , που είναι η ιδανική περίπτωση αλλά συμβαίνει σπάνια ή ποτέ
2.  $X < Q$ , Downside demand ή Overorder (έχουμε απούλητα προϊόντα)
3.  $X > Q$ , Upside demand ή Underorder (έχουμε ελλείψεις – stockouts)

Κατά τη διαχείριση της απογραφής αυτών των διαφόρων τύπων αλλοιώσιμων προϊόντων, είναι εξαιρετικά απαραίτητο να αντιμετωπιστούν ορισμένες εκτιμήσεις πέρα από αυτές που θα συζητηθούν σε αυτό το τμήμα. Έχει διεξαχθεί εκτεταμένη έρευνα για την επέκταση του μοντέλου ώστε να συμπεριλάβει αυτές τις σκέψεις, και έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος.

Για παράδειγμα, έχουμε τη διανομή ενός συγκεκριμένου μοντέλου ποδηλάτου (ένα μικρό ποδήλατο κοριτσιού μιας ταχύτητας) από τον κατασκευαστή στον έμπορο λιανικής. Ο κατασκευαστής μόλις ενημέρωσε τον έμπορο ότι αυτό το μοντέλο θα σταματήσει να παράγεται. Για να βοηθήσει στην εκκαθάριση του αποθέματός του, ο κατασκευαστής προσφέρει στον έμπορο την ευκαιρία να πραγματοποιήσει μια τελική αγορά με πολύ ευνοϊκούς όρους, δηλαδή, *ένα χαμηλό κόστος μόνο 20\$ ανά ποδήλατο*. Με αυτές τις ειδικές ρυθμίσεις, ο διανομέας επίσης δεν θα επιβαρυνθεί με κάποιο *σταθερό κόστος παραγγελίας* για την πραγματοποίηση αυτής της παραγγελίας.

Ο έμπορος πιστεύει ότι αυτή η προσφορά είναι μια ιδανική ευκαιρία για να πραγματοποιήσει έναν τελικό γύρο πωλήσεων στους πελάτες του (καταστήματα ποδηλάτων) για την επερχόμενη χριστουγεννιάτικη περίοδο για μειωμένη τιμή μόνο 45\$ ανά ποδήλατο, αποκομίζοντας έτσι κέρδος 25\$ ανά ποδήλατο. Αυτό θα πρέπει να είναι μια εφάπαξ πώληση μόνο επειδή αυτό το μοντέλο σύντομα θα αντικατασταθεί από ένα νέο μοντέλο που θα το καταστήσει παλιό και ξεπερασμένο. Ως εκ τούτου, τυχόν ποδήλατα που δεν πωλούνται κατά τη διάρκεια αυτής της προσφοράς θα γίνουν σχεδόν άχρηστα.

Ωστόσο, ο έμπορος πιστεύει ότι θα είναι σε θέση να αποσπάσει τυχόν υπόλοιπα ποδήλατα μετά τα Χριστούγεννα πωλώντας τα στην ονομαστική τιμή των 10 δολαρίων το καθένα (την *αξία* διάσωσης), ανακτώντας έτσι το ήμισυ του κόστους αγοράς της. Λαμβάνοντας υπόψη αυτή την απώλεια εάν παραγγείλει περισσότερα από όσα μπορεί να πουλήσει, καθώς και το χαμένο κέρδος εάν παραγγείλει λιγότερα από όσα μπορεί

να πωληθούν, ο έμπορος πρέπει να αποφασίσει την ποσότητα που πρέπει να παραγγείλει από τον κατασκευαστή.

Ένα άλλο σχετικό κόστος είναι το κόστος συντήρησης των απούλητων ποδηλάτων σε απόθεμα μέχρι να μπορούν να πουληθούν μετά τα Χριστούγεννα. Συνδυάζοντας το κόστος του κεφαλαίου που συνδέεται με το απόθεμα και άλλα κόστη αποθήκευσης, αυτό το κόστος αποθέματος εκτιμάται ότι είναι 1\$ ανά κύκλο που διατηρείται στο απόθεμα μετά τα Χριστούγεννα. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη και την αξία διάσωσης των 10\$, το κόστος αποθήκευσης είναι - 9\$ ανά ποδήλατο που απομένει στο απόθεμα στο τέλος.

Δύο εναπομείναντα κόστη εξακολουθούν να απαιτούν διερεύνηση, το κόστος ελλείψεων και τα έσοδα. Εάν η ζήτηση υπερβεί την προσφορά, αν δηλαδή πελάτες δεν καταφέρνουν να αγοράσουν ένα ποδήλατο, αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα ένα "κόστος" για τον διανομέα. Αυτό το κόστος είναι ο ποσοτικός προσδιορισμός ανά στοιχείο της απώλειας υπεραξίας επί την ανικανοποίητη ζήτηση κάθε φορά που εμφανίζεται έλλειψη. Ο διανομέας θεωρεί ότι το κόστος αυτό είναι αμελητέο.

Αν υιοθετήσουμε το κριτήριο της μεγιστοποίησης του κέρδους, πρέπει να συμπεριλάβουμε τα έσοδα στο μοντέλο. Πράγματι, το συνολικό κέρδος ισούται με τα συνολικά έσοδα μείον τα έξοδα που πραγματοποιήθηκαν (τα κόστη παραγγελίας, αποθήκευσης και έλλειψης). Υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει αρχικό απόθεμα, αυτό το κέρδος για τον διανομέα είναι:

Κέρδος =  $(45\$ \times \text{αριθμός ποδηλάτων που πουλήθηκαν από τον έμπορο})$   
 $- (20\$ \times \text{αριθμός ποδηλάτων που αγοράστηκαν από τον έμπορο})$   
 $+ (9\$ \times \text{αριθμό ποδηλάτων που δεν πωλήθηκαν μέχρι τα Χριστούγεννα και έτσι πουλήθηκαν στην τιμή διάσωσης}).$

Ορίζουμε και  $y$  = αριθμό ποδηλάτων που αγοράστηκαν από τον έμπορο  
 $D$  = ζήτηση από καταστήματα ποδηλάτων (τυχαία μεταβλητή),

Τότε έχουμε:

$\min(D, y)$  = αριθμός ποδηλάτων που πουλήθηκαν από τον έμπορο,  
 $\max(0, y - D)$  = αριθμό ποδηλάτων που δεν πωλήθηκαν μέχρι τα Χριστούγεννα και έτσι πουλήθηκαν στην τιμή διάσωσης

Τότε το κέρδος θα είναι:

Κέρδος =  $45 \min(D, y) - 20y + 9 \max(0, y - D)$

Ο πρώτος όρος μπορεί επίσης να γραφτεί ως

$45 \min(D, y) = 45D - 45 \max(0, D - y).$

Ο όρος  $5 \max(0, D - y)$  αντιπροσωπεύει τα χαμένα έσοδα από την ανικανοποίητη ζήτηση. Αυτά τα χαμένα έσοδα, συν τυχόν κόστος της απώλειας της υπεραξίας των πελατών λόγω μη ικανοποιημένης ζήτησης (που θεωρείται αμελητέο σε αυτό το παράδειγμα), θα ερμηνευθούν ως το κόστος έλλειψης.

Να σημειώσουμε επίσης πως το  $45D$  είναι ανεξάρτητο από την πολιτική αποθέματος (η τιμή του  $y$  που επιλέγεται) και έτσι μπορεί να διαγραφεί από την αντικειμενική συνάρτηση, η οποία γίνεται:

Σχετικό κέρδος =  $-45 \max(0, D - y) - 20y + 9 \max(0, y - D)$  και θέλουμε να το μεγιστοποιήσουμε. Όλοι οι όροι στα δεξιά είναι το αρνητικό του κόστους, όπου αυτό το κόστος προκύπτει από το κόστος έλλειψης, το κόστος παραγγελίας και το κόστος αποθήκευσης (το οποίο έχει αρνητική αξία εδώ), αντίστοιχα. Αντί να μεγιστοποιήσουμε το αρνητικό του συνολικού κόστους, θα κάνουμε το ισοδύναμο της ελαχιστοποίησης.

$$\text{Συνολικό κόστος} = 45 \max(0, D - y) + 20y - 9 \max(0, y - D)$$

Πιο συγκεκριμένα, δεδομένου ότι το συνολικό κόστος είναι μια τυχαία μεταβλητή (επειδή το  $D$  είναι μια τυχαία μεταβλητή), ο στόχος που υιοθετείται για το μοντέλο είναι να ελαχιστοποιηθεί το αναμενόμενο συνολικό κόστος.

### Οι υποθέσεις του μοντέλου του Εφημεριδοπώλη

1. Το προϊόν δεν διατηρείται σε απόθεμα
2. Οι παραγγελίες γίνονται για μία περίοδο στην αρχή της περιόδου
3.  $Q$  = η ποσότητα παραγγελίας στην αρχή της περιόδου. Η ποσότητα παραμένει ίδια για όλες τις περιόδους
4.  $X$  = η ζήτηση μίας περιόδου που είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή
5. Η συνάρτηση κατανομής είναι  $F(X) = P(X \leq x)$
6. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας είναι  $f(x) = F'(x)$
7. Τα κόστη παραμένουν σταθερά από μία περίοδο στην επόμενη  
 $C_o$  = Unit Overorder Cost  
 $C_u$  = Unit Underorder Cost

Αν  $X < Q$  (overorder), τότε  $Q - X$  = περίσσειμα (απούλητα), κόστος =  $C_o(Q - X)$

Αν  $X > Q$  (underorder), τότε  $X - Q$  = ελλείψεις, κόστος =  $C_u(X - Q)$

$$\text{κόστος μίας περιόδου} = C(Q, X) = \begin{cases} C_o(Q - X), & X < Q \\ C_u(X - Q), & X > Q \\ 0, & X = Q \end{cases}$$

Να αναφέρουμε εδώ πως το κόστος που αναφέρουμε στο μοντέλο του εφημεριδοπώλη δεν είναι ίδιο με αυτό που έχουμε στο ΕΟQ μοντέλο. Το κόστος εδώ έχει να κάνει με τη λάθος απόφαση για την ποσότητα παραγγελίας και θα μπορούσαμε να αποφύγουμε αν γνωρίζαμε ακριβώς τη ζήτηση. Άρα το  $C_o$  είναι το κόστος για τις απούλητες μονάδες προϊόντων και το  $C_u$  είναι το κόστος για τις χαμένες πωλήσεις.

### Σενάρια υπολογισμού κόστους $C_o$ και $C_u$

#### Παράδειγμα 1

Ένας λιανοπωλητής αγοράζει ένα προϊόν από έναν χονδρέμπορο με τιμή μονάδας  $w$  και το πουλάει σε τιμή πώλησης λιανικής  $r$  /μονάδα. Το  $w$  είναι πάντα μεγαλύτερο του 0 και το  $r$  είναι μεγαλύτερο του  $w$  ( $0 < w < r$ ). Τα απούλητα προϊόντα έχουν μηδενική αξία άρα μετά το πέρας της περιόδου τα προϊόντα καταστρέφονται και απορρίπτονται. Τέλος αν προκύψει κάποια έλλειψη τότε θεωρούμε πως έχουμε χαμένες πωλήσεις.

Κάτω από τα παραπάνω δεδομένα θα υπολογίσουμε τα  $C_o$  και  $C_u$ .

Όπως συμβαίνει πραγματικά γίνεται η παραγγελία ποσότητας  $Q$  πριν γίνει γνωστή η ζήτηση  $X$ .

Τα έσοδα του εμπόρου θα είναι  $r * S$  ( όπου  $S$  είναι οι πωλήσεις)

Τα έξοδα θα είναι  $w * Q$

Έτσι η συνάρτηση του κέρδους είναι η εξής:

$$\Pi(Q, X) = r * S - w * Q$$

$$\text{Οι πωλήσεις μίας περιόδου είναι } S = \begin{cases} X, & X < Q \\ Q, & X \geq Q \end{cases} = \min(X, Q)$$

Έτσι η συνάρτηση του κέρδους θα γίνει:

$$\Pi(Q, X) = r * \min(X, Q) - w * Q = \begin{cases} (r - w)Q, & X > Q \\ r * X - w * Q, & X < Q \end{cases}$$

Αν γνωρίζαμε τη ζήτηση εκ των προτέρων, θα είχαμε παραγγείλει ακριβώς την ποσότητα της ζήτησης ( $Q = X$ ) και το κέρδος μας θα ήταν:

$$\Pi^* = (r - w) * X$$

Το κόστος που θα προκύψει λόγω έλλειψης πληροφόρησης για τη ζήτηση θα είναι:

$$C(Q, X) = \Pi^* - \Pi(Q, X) = (r - w) * X - r * \min(X, Q) + w * Q$$

Κάνοντας τις πράξεις έχουμε

$$r = [X - \min(X, Q)] - w(X - Q) \text{ (σχέση 1)}$$

Παρατηρούμε επίσης πως

$$X - \min(X, Q) = \begin{cases} X - X = 0, X < Q \\ (X - Q), X > Q \end{cases} = \begin{cases} (X - Q), X - Q > 0 \\ 0, X - Q < 0 \end{cases} = (X - Q)^+$$

Άρα

$$\begin{aligned} C(Q, X) &= r(X - Q)^+ - w(X - Q) = \\ &= (r - w) * (X - Q)^+ + w * (X - Q) - w(X - Q) = \\ &= (r - w) * (X - Q)^+ + w * [(X - Q)^+ - (X - Q)] \text{ (σχέση 2)} \end{aligned}$$

Ισχύει ότι για έναν πραγματικό αριθμό  $a$  ισχύει ότι

$$a = a^+ - (-a)^+ \Rightarrow a^+ - a = (-a)^+$$

Οπότε από τη σχέση 2 προκύπτει ότι

$$C(Q, X) = w(Q - X)^+ + (r - w) * (X - Q)^+ \text{ (Σχέση 3)}$$

Σύμφωνα με το μοντέλο του εφημεριδοπώλη ξέρουμε πως

$$C(Q, X) = C_o(Q - X)^+ + C_u(X - Q)^+$$

Βλέπουμε πως η σχέση 3 εμπίπτει στη γενική έκφραση του μοντέλου το εφημεριδοπώλη όπου  $w = C_o$  και  $(r - w) = C_u$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Σε αυτό το σημείο θα μελετήσουμε μία περίπτωση διαχείρισης αποθεμάτων που θα μπορούσε να εφαρμόσει μία εισαγωγική - εμπορική εταιρία διανομής αυτοκινήτων. Θα επικεντρωθούμε σε ένα συγκεκριμένο μοντέλο αυτοκινήτου και θα προσπαθήσουμε να δημιουργήσουμε μία διαδικασία με χρήση προσομοίωσης Monte Carlo έτσι ώστε η εισαγωγική εταιρεία να αποφασίζει την ιδανική ποσότητα παραγγελίας που θα της μεγιστοποιεί το οικονομικό αποτέλεσμα.

### 5.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ Χ

Μία εταιρεία διανομής αυτοκινήτων εισάγει και μεταπωλεί ένα συγκεκριμένο μοντέλο Χ στην Ελλάδα εισάγοντάς το από την Ευρώπη όπου και παράγεται. Η κατασκευάστρια εταιρεία είναι υπεύθυνη για την αποστολή των νέων αυτοκινήτων στις χώρες και για να φτάσουν τα αυτοκίνητα στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται εμπορικά πλοία. Η εισαγωγική εταιρεία συνεργάζεται με εταιρεία logistics στην Αθήνα που έχει αναλάβει την διακίνηση των αυτοκινήτων. Η εταιρεία logistics είναι υπεύθυνη να παραλάβει το όχημα από το καράβι, να το αποθηκεύσει για όσες μέρες χρειαστεί σε δικό της χώρο, να το μεταφέρει με νταλίκια ή καράβι εσωτερικά στην Ελλάδα μέχρι τον εξουσιοδοτημένο έμπορο που θα παραδώσει το αυτοκίνητο στον τελικό πελάτη.

Το κόστος μεταφοράς του κάθε μοντέλου (από το εργοστάσιο μέχρι τον εξουσιοδοτημένο έμπορο) είναι 200€. Η εταιρεία logistics χρεώνει την εισαγωγική 5€ ανά ημέρα για κάθε αυτοκίνητο που παραμένει στο χώρο της αποθηκευμένο.

Η ζήτηση του συγκεκριμένου μοντέλου για τα έτη 2018 – 2021 είναι γνωστή και αντικατοπτρίζεται από τις ημερήσιες παραγγελίες των συγκεκριμένων ετών για το μοντέλο Χ. Για να καλύψει τη ζήτηση αυτή η εταιρεία δύναται να καταχωρεί παραγγελίες στο εργοστάσιο μία φορά το μήνα ζητώντας την ποσότητα που χρειάζεται έτσι ώστε να καλυφθεί η ζήτηση. Είναι σημαντικό ότι οι παραγγελίες αποθεμάτων από την εισαγωγική προς τον κατασκευαστή γίνονται μία φορά το μήνα με σταθερή συχνότητα. Για παράδειγμα κάθε 1<sup>η</sup> του μηνός.

Για την άσκηση που θα ακολουθήσει θεωρούμε πως ο μήνας έχει 24 ημέρες που είναι και ο μέσος όρος ημερών όπου τα καταστήματα είναι ανοιχτά και δέχονται παραγγελίες ανά μήνα.

Ο χρόνος παράδοσης (lead time) των αυτοκινήτων από τη στιγμή της παραγγελίας κυμαίνεται από 24 έως 35 ημέρες. Ο χρόνος είναι προσαρμοσμένος στην υπόθεση των 24 ημερών ανά μήνα.

Η εισαγωγική αγοράζει από την κατασκευάστρια το κάθε αυτοκίνητο μοντέλου Χ αντί του ποσού 18.000€ και το πουλάει στον τελικό καταναλωτή σε τιμή λιανικής 23.000€.

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα η ζήτηση αποτυπώνεται μέσα από τις καθημερινές παραγγελίες λιανικής. Η σχέση παραγγελιών λιανικής προς τις επισκέψεις στην έκθεση για το συγκεκριμένο μοντέλο έχει υπολογιστεί στο 0,5 (capture rate). Άρα για κάθε 2 επισκέψεις στην έκθεση καταγράφεται μία παραγγελία λιανικής. Η εισαγωγική έχει υπολογίσει πως σε περίπτωση που ένας πελάτης ζητήσει να αγοράσει ένα αυτοκίνητο μοντέλου Χ και αυτό δεν είναι διαθέσιμο στο απόθεμα τότε προκύπτει ένα stock out cost 4.000€

Στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε με χρήση προσομοίωσης Monte Carlo να υπολογίσουμε την ιδανική ποσότητα παραγγελίας που θα πρέπει να ζητάει η εισαγωγική εταιρεία από το εργοστάσιο έτσι ώστε να μεγιστοποιήσει το κέρδος της. Να καλύψει δηλαδή όσο το δυνατόν καλύτερα τη μηνιαία ζήτηση χωρίς να διατηρεί περισσότερα αυτοκίνητα στις αποθήκες από αυτά που χρειάζεται να έχει.

Για να συνοψίσουμε λοιπόν καταγράφουμε παρακάτω δεδομένα του προβλήματος που μόλις περιγράψαμε:

- 1 μήνας: 24 εργάσιμες ημέρες
- Συχνότητα παραγγελίας 1 φορά το μήνα άρα κάθε 24 ημέρες
- Κόστη:
  - Κόστος αγοράς ανά αυτοκίνητο: 18.000€
  - Κόστος μεταφοράς ανά αυτοκίνητο: 200€ / unit
  - Κόστος χαμένης ευκαιρίας ανά αυτοκίνητο: 4.000€
  - Κόστος αποθήκευσης ανά αυτοκίνητο: 5€ / day
- Τιμή Λιανικής: 23.000€
- Χρόνος παράδοσης παραγγελίας: 24 to 35 days

## 5.2 ΟΜΟΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Σύμφωνα με την παραπάνω περιγραφή της περίπτωσης για το αυτοκίνητο μοντέλου Χ, παρατηρούμε πως από την σκοπιά της διαχείρισης αποθεμάτων το μοντέλο είναι παρόμοιο με αυτό που εφημεριδοπώλη (news vendor model) με τη διαφορά ότι τα απούλητα προϊόντα μεταφέρονται στην επόμενη περίοδο και έτσι προκύπτει και κόστος

αποθήκευσης. Και στις δύο περιπτώσεις ψάχνουμε να βρούμε την ιδανική ποσότητα παραγγελίας που θα ελαχιστοποιεί τα κόστη και θα μεγιστοποιεί το κέρδος.

## 5.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Παρακάτω θα συνοψίσουμε τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και στη συνέχεια αναλύονται όλα τα βήματα μαζί με το σχετικό υποστηρικτικό υλικό. Η προσομοίωση έτρεξε σε αρχείο xlsx και τα σχετικά αρχεία παρατίθενται μαζί με την παρούσα εργασία.

### Βήμα 1<sup>ο</sup>

Αρχικά θα πρέπει να ασχοληθούμε με τη ζήτηση και να κατανοήσουμε τη μορφή που ακολουθεί, να υπολογίσουμε τις σχετικές συχνότητες των ποσοτήτων της ζήτησης ανά ημέρα. Έτσι θα μπορέσουμε αργότερα στην προσομοίωση να αποτυπώνουμε την ανά ημέρα ζήτηση σύμφωνα με τις πιθανότητες που θα προκύψουν.

### Βήμα 2<sup>ο</sup>

Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε το κέρδος που προκύπτει για κάθε ημέρα σε ένα υποθετικό σενάριο όπου η ζήτηση θα προκύπτει από τις πιθανότητες που υπολογίσαμε παραπάνω. Για να υπολογίσουμε το κέρδος θα χρειαστεί να υπολογίσουμε τα συνολικά κόστη και έσοδα της κάθε ημέρας.

Τα κόστη που έχουμε είναι τα εξής:

1. **Order Cost:** το κόστος αγοράς που θα προκύπτει από την ποσότητα της παραγγελίας που δώσαμε τη συγκεκριμένη ημέρα  $X$  το κόστος αγοράς ενός αυτοκινήτου (18.000€)
2. **Shipping Cost:** το κόστος μεταφορικών της παραγγελίας που θα προκύπτει από την ποσότητα της παραγγελίας που δώσαμε τη συγκεκριμένη ημέρα  $X$  το κόστος μεταφοράς ενός αυτοκινήτου (200€)
3. **Holding Cost:** Το κόστος αποθήκευσης για τα αυτοκίνητα που παραμένουν στην αποθήκη της εταιρείας Logistics που θα προκύπτει από την ποσότητα των αυτοκινήτων που παρέμειναν στην αποθήκη  $X$  το κόστος αποθήκευσης ενός αυτοκινήτου (5€)
4. **Stockout cost:** Τα διαφυγόντα κέρδη ή το κόστος χαμένων ευκαιριών που θα προκύπτει από την ποσότητα της ζήτησης που δεν καταφέραμε να καλύψουμε λόγω μηδενικού αποθέματος. Αυτό θα προκύπτει από την ποσότητα της ζήτησης που δεν καλύφθηκε  $X$  το κόστος stockout (4.000€).



Τα έσοδα που θα έχουμε ανά ημέρα υπολογίζονται από την ποσότητα της ζήτησης που καλύφθηκε τη συγκεκριμένη ημέρα  $X$  την τιμή πώλησης του κάθε αυτοκινήτου (23.000€). Έτσι θα μπορέσουμε να υπολογίσουμε το κέρδος (ΕΣΟΔΑ - ΚΟΣΤΗ) ανά ημέρα.

Αναφέραμε παραπάνω πως το μοντέλο μας μοιάζει με αυτό του εφημεριδοπώλη διαφέρει όμως ως προς την ποσότητα που περισσεύει στο τέλος της ημέρας η οποία μεταφέρεται στην επόμενη και η παραγγελία δεν καλύπτεται αμέσως. Έτσι θα πρέπει το μοντέλο μας να τρέχει για ένα διάστημα μεγαλύτερο της μία ημέρας και αυτό να ελεγχθεί σε περισσότερες επαναλήψεις.

Η προσομοίωσή μας λοιπόν θα τρέχει για πολλές ημέρες και για κάθε ημέρα:

- Θα έχουμε το **αρχικό απόθεμα** (begin inventory) της κάθε ημέρας θα είναι ίσο με το τελικό της προηγούμενης ημέρας
- Θα πρέπει να **ελέγχουμε** για κάθε ημέρα αν τη συγκεκριμένη **παραλάβουμε** την τη νέα παραγγελίας και έτσι να προσθέσουμε τη ποσότητα αυτή στο αρχικό απόθεμα (units received )
- Να υπολογίζουμε το **διαθέσιμο απόθεμα** όπου θα προκύπτει από το αρχικό + την ποσότητα που παραλάβουμε (available inventory)
- Η **ζήτηση** θα μεταβάλλεται σύμφωνα με των πίνακα σχετικών συχνοτήτων (demand)
- Θα πρέπει να υπολογίζουμε την ποσότητα της **ζήτησης που καλύφθηκε** (demand filled)
- Θα υπολογίζουμε το **τελικό απόθεμα** της ημέρας (end inventory) που θα προκύπτει από το διαθέσιμο απόθεμα και θα αφαιρούμε τη ζήτηση που καλύφθηκε
- Θα πρέπει να υπολογίζουμε την ποσότητα της **ζήτησης που δεν καλύφθηκε** επειδή δεν υπήρχε διαθέσιμο απόθεμα (stockout)
- Για κάθε ημέρα θα πρέπει να **ελέγχουμε** αν πρέπει να **δώσουμε την παραγγελίας** μας στο εργοστάσιο (place order). Σύμφωνα με τα δεδομένα του προβλήματος θα πρέπει η παραγγελία να μπαίνει κάθε 24 ημέρες.

- Τέλος θα πρέπει να **υπολογίζουμε το χρόνο** που θα κάνει η παραγγελία μας να φτάσει στις αποθήκες (lead time) καθώς και την **ημέρα που θα φτάσει** (ETA)

Στη συγκεκριμένη μελέτη έχουμε ορίσει πως το παραπάνω σενάριο θα έχει διάρκεια 380 ημερών. Έτσι θα υπολογίσουμε τις τιμές για όλες τις παραπάνω παραμέτρους για 380 συνεχόμενες εγγραφές στον πίνακα που θα προκύψει και για κάθε ημέρα θα υπολογίζουμε το αντίστοιχο κέρδος.

Στο τέλος της περιόδου θα αθροίσουμε το κέρδος όλων των ημερών και αυτό το σημείο είναι που θα θέλουμε να μεγιστοποιείται.

### Βήμα 3°

Σε αυτό το σημείο συστημικά θα επαναλάβουμε την ίδια περίοδο (των 380 ημερών) όσες περισσότερες φορές θέλουμε. Για κάθε φορά που θα επαναλαμβάνεται μία περίοδος θα έχουμε ελαφρώς διαφορετικά αποτελέσματα καθώς υπάρχουν 2 παράμετροι οι οποίοι δεν είναι σταθεροί. Αυτοί είναι

- α. η ζήτηση που εξαρτάται από τις σχετικές συχνότητες (πιθανότητες) των ποσοτήτων και
- β. ο χρόνος παράδοσης που κυμαίνεται τυχαία από 24 έως 35 ημέρες.

Στο δικό μας παράδειγμα θα δημιουργήσουμε έναν πίνακα όπου θα υπολογίσουμε το κέρδος για 400 διαφορετικές περιόδους των 365 ημερών. Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε το μέσο όρο του κέρδους των 400 αυτών περιόδων.

### Βήμα 4°

Στόχος της συγκεκριμένης προσομοίωσης είναι να υπολογίσουμε την ποσότητα παραγγελίας  $Q$  που θα μεγιστοποιεί το κέρδος μας. Έτσι στο τελευταίο βήμα αυτό που θα κάνουμε να τρέξουμε διάφορα σενάρια αλλάζοντας την ποσότητα  $Q$  σε κάθε ένα από αυτά. Στη συνέχεια θα δούμε ποια είναι η ποσότητα παραγγελίας που μεγιστοποιεί το μέσο κέρδος των 400 διαφορετικών περιόδων που τρέξαμε στο προηγούμενο βήμα.

Με τον ίδιο τρόπο θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας που θα ελαχιστοποιούσε τα κόστη ή θα μεγιστοποιούσε τα έσοδα στοχεύοντας σε κάθε περίπτωση στο σχετικό αποτέλεσμα. Για το λόγο αυτό στο παράδειγμα θα υπολογίζουμε όλα τα κόστη και τα έσοδα σε κάθε βήμα.

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ – ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

### Σύγκριση διαφορετικών προσεγγίσεων

Για να υπολογίσουμε πως επηρεάζεται το παραπάνω μοντέλο θα το επαναλάβουμε με δύο διαφορετικές παραδοχές.

1. Λαμβάνοντας υπόψη μας τη ζήτηση μόνο του πιο πρόσφατου έτους (2021)
2. Μειώνοντας το stock out cost κατά 70%

Αυτό που θέλουμε να δούμε είναι αν και κατά πόσο επηρεάζεται η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας που θα πρέπει να δίνουμε κάθε μήνα στο εργοστάσιο έτσι ώστε να μεγιστοποιούμε το κέρδος. Πριν από αυτό όμως παρακάτω θα δούμε πολύ αναλυτικά τη μεθοδολογία.

### 5.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Οι ζήτηση για το μοντέλο X αποτυπώνεται στον παρακάτω πίνακα (και στο υποστηρικτικό αρχείο Model X Rtl Demand.xlsx sheet: Rtl - CC) ανά ημέρα για την περίοδο από Ιανουάριο 2018 έως και τον Μάρτιο του 2022 μέσα από τις παραγγελίες λιανικής ανά ημέρα.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
1																																		
2																																		
3																																		
4																																		
5																																		
6																																		
7																																		
8																																		
9																																		
10																																		
11																																		
12																																		
13																																		
14																																		
15																																		
16																																		
17																																		
18																																		
19																																		
20																																		
21																																		
22																																		
23																																		
24																																		
25																																		
26																																		
27																																		
28																																		
29																																		
30																																		
31																																		
32																																		
33																																		
34																																		
35																																		
36																																		
37																																		
38																																		
39																																		
40																																		
41																																		
42																																		
43																																		
44																																		
45																																		
46																																		
47																																		
48																																		
49																																		
50																																		

Στη συνέχεια μέσα από προσομοίωση Monte Carlo θα προσπαθήσουμε να βρούμε την ιδανική ποσότητα που θα πρέπει να δίνεται προς τον κατασκευαστή έτσι ώστε να μεγιστοποιήσουμε το οικονομικό αποτέλεσμα της εισαγωγικής εταιρείας.

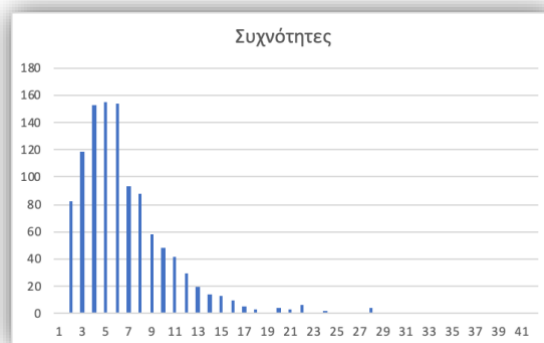


ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ –  
ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Ύστερα από σχετική μορφοποίηση των δεδομένων ημερησίων παραγγελιών και με χρήση του εργαλείου Data Analysis του excel (Model X Rtl Demand.xlsx sheet: Daily CC 18-21 & sheet: Stats Daily CC) καταλήγουμε πως η ζήτηση για το μοντέλο X ακολουθεί κατανομή Γάμμα με τα παρακάτω χαρακτηριστικά.

y <sub>i</sub>	v <sub>i</sub>	f <sub>i</sub>	N <sub>i</sub>	F <sub>i</sub>
Bin Limits	Συχνότητες	Σχετικές Συχνότητες	Αθροιστικές Συχνότητες	Σχετικές Αθροιστικές Συχνότητες
0	0	0,00	0	0,00
1	82	0,07	82	0,07
2	119	0,11	201	0,18
3	153	0,14	354	0,32
4	155	0,14	509	0,46
5	154	0,14	663	0,59
6	93	0,08	756	0,68
7	88	0,08	844	0,76
8	58	0,05	902	0,81
9	48	0,04	950	0,85
10	42	0,04	992	0,89
11	30	0,03	1022	0,92
12	20	0,02	1042	0,93
13	14	0,01	1056	0,95
14	13	0,01	1069	0,96
15	10	0,01	1079	0,97
16	5	0,00	1084	0,97
17	3	0,00	1087	0,97
18	1	0,00	1088	0,98
19	4	0,00	1092	0,98
20	3	0,00	1095	0,98
21	6	0,01	1101	0,99
22	0	0,00	1101	0,99
23	2	0,00	1103	0,99
24	1	0,00	1104	0,99
25	0	0,00	1104	0,99
26	0	0,00	1104	0,99
27	4	0,00	1108	0,99
28	1	0,00	1109	0,99
29	1	0,00	1110	1,00
30	1	0,00	1111	1,00
31	0	0,00	1111	1,00
32	1	0,00	1112	1,00
33	1	0,00	1113	1,00
34	0	0,00	1113	1,00
35	1	0,00	1114	1,00
36	0	0,00	1114	1,00
37	0	0,00	1114	1,00
38	0	0,00	1114	1,00
39	0	0,00	1114	1,00
40	1	0,00	1115	1,00
41	0	0,00	1115	1,00

Column1	
Mean	26,547619
Standard Error	7,15468726
Median	2,5
Mode	0
Standard Deviation	46,3676729
Sample Variance	2149,96109
Kurtosis	2,39129322
Skewness	1,87409892
Range	155
Minimum	0
Maximum	155
Sum	1115
Count	42



## Προσομοίωση Monte Carlo για την περίοδο 2019 - 2021

Για να ξεκινήσουμε την προσομοίωση έχουμε δημιουργήσει ένα template σε αρχείο .xlsx στο οποίο θα εισάγουμε τα δεδομένα, μιας θα τρέξουμε τους διάφορους ελέγχους. Το template αυτό είναι διαθέσιμο στο υποστηρικτικό αρχείο Model\_X\_Simulation.xlsx sheet: Template και έχει την παρακάτω μορφή...

Day	Begin Inventory	Units Sold	Available Inventory	Demand	Demand Met	End Inventory	Stockout	End Inventory 2-Order	Placeholder	Leadtime	ETA	Order Date	Shipping Cost	Shipping Cost	Stockout Cost	Total Cost	Revenue	Profit	Demand	Probability	Win/Loss	Win/Loss	Run	Order Cost	Shipping Cost	Stockout Cost	Total Cost	Revenue	Profit	
1	1	1	1	1	1	0	0	0															1	400000	40000	27000	40000	434000	400000	280100
2	1	1	1	1	1	0	0	0															2							
3	1	1	1	1	1	0	0	0															3							
4	1	1	1	1	1	0	0	0															4							
5	1	1	1	1	1	0	0	0															5							
6	1	1	1	1	1	0	0	0															6							
7	1	1	1	1	1	0	0	0															7							
8	1	1	1	1	1	0	0	0															8							
9	1	1	1	1	1	0	0	0															9							
10	1	1	1	1	1	0	0	0															10							
11	1	1	1	1	1	0	0	0															11							
12	1	1	1	1	1	0	0	0															12							
13	1	1	1	1	1	0	0	0															13							
14	1	1	1	1	1	0	0	0															14							
15	1	1	1	1	1	0	0	0															15							
16	1	1	1	1	1	0	0	0															16							
17	1	1	1	1	1	0	0	0															17							
18	1	1	1	1	1	0	0	0															18							
19	1	1	1	1	1	0	0	0															19							
20	1	1	1	1	1	0	0	0															20							
21	1	1	1	1	1	0	0	0															21							
22	1	1	1	1	1	0	0	0															22							
23	1	1	1	1	1	0	0	0															23							
24	1	1	1	1	1	0	0	0															24							
25	1	1	1	1	1	0	0	0															25							
26	1	1	1	1	1	0	0	0															26							
27	1	1	1	1	1	0	0	0															27							
28	1	1	1	1	1	0	0	0															28							
29	1	1	1	1	1	0	0	0															29							
30	1	1	1	1	1	0	0	0															30							
31	1	1	1	1	1	0	0	0															31							
32	1	1	1	1	1	0	0	0															32							
33	1	1	1	1	1	0	0	0															33							
34	1	1	1	1	1	0	0	0															34							
35	1	1	1	1	1	0	0	0															35							
36	1	1	1	1	1	0	0	0															36							
37	1	1	1	1	1	0	0	0															37							
38	1	1	1	1	1	0	0	0															38							
39	1	1	1	1	1	0	0	0															39							
40	1	1	1	1	1	0	0	0															40							
41	1	1	1	1	1	0	0	0															41							
42	1	1	1	1	1	0	0	0															42							
43	1	1	1	1	1	0	0	0															43							
44	1	1	1	1	1	0	0	0															44							
45	1	1	1	1	1	0	0	0															45							
46	1	1	1	1	1	0	0	0															46							
47	1	1	1	1	1	0	0	0															47							
48	1	1	1	1	1	0	0	0															48							
49	1	1	1	1	1	0	0	0															49							
50	1	1	1	1	1	0	0	0															50							
51	1	1	1	1	1	0	0	0															51							
52	1	1	1	1	1	0	0	0															52							
53	1	1	1	1	1	0	0	0															53							
54	1	1	1	1	1	0	0	0															54							
55	1	1	1	1	1	0	0	0															55							
56	1	1	1	1	1	0	0	0															56							
57	1	1	1	1	1	0	0	0															57							
58	1	1	1	1	1	0	0	0															58							
59	1	1	1	1	1	0	0	0															59							
60	1	1	1	1	1	0	0	0															60							
61	1	1	1	1	1	0	0	0															61							
62	1	1	1	1	1	0	0	0															62							
63	1	1	1	1	1	0	0	0															63							
64	1	1	1	1	1	0	0	0															64							
65	1	1	1	1	1	0	0	0															65							
66	1	1	1	1	1	0	0	0															66							
67	1	1	1	1	1	0	0	0															67							
68	1	1	1	1	1	0	0	0															68							
69	1	1	1	1	1	0	0	0															69							
70	1	1	1	1	1	0	0	0															70							
71	1	1	1	1	1	0	0	0															71							
72	1	1	1	1	1	0	0	0															72							
73	1	1	1	1	1	0	0	0															73							
74	1	1	1	1	1	0	0	0															74							
75	1	1	1	1	1	0	0	0															75							
76	1	1	1	1	1	0	0	0															76							
77	1	1	1	1	1	0	0	0															77							
78	1	1	1	1	1	0	0	0															78							
79	1	1	1	1	1	0	0	0															79							
80	1	1	1	1	1	0	0	0															80							
81	1	1	1	1	1	0	0	0															81							
82	1	1	1	1	1	0	0	0															82							
83	1	1	1	1	1	0	0	0															83							
84	1	1																												

Στις στήλες του αρχείου θα εισάγουμε τα εξής δεδομένα:

- Column A - Day: αριθμός ημέρας
- Column B - Begin Inventory: το απόθεμα στην αρχή της ημέρας
- Column C - Units Received: ποσότητα που παρελήφθη
- Column D - Available Inventory: διαθέσιμο απόθεμα
- Column E - Demand: ζήτηση
- Column F - Demand filled: ζήτηση που καλύφθηκε από το απόθεμα
- Column G - End Inventory: το απόθεμα στο τέλος της ημέρας
- Column H - Stockout: ζήτηση που δεν καλύφθηκε
- Column I - End Inventory + Order: το άθροισμα του αποθέματος της ημέρας + την ποσότητα που παρελήφθη
- Column J - Place Order: πεδίο ελέγχου για το αν θα βάλουμε παραγγελία ή όχι.

- Column K - Lead Time: ο χρόνος που χρειάζεται να φτάσει το απόθεμα από τη στιγμή που θα μπει η παραγγελία στον κατασκευαστή
- Column L - ETA (estimated time of arrival): εκτιμώμενη ημέρα άφιξης της παραγγελίας
- Column M - Order Cost: κόστος παραγγελίας
- Column N - Shipping Cost: κόστος μεταφορικών
- Column O - Holding Cost: κόστος αποθήκευσης
- Column P - Stockout Cost: κόστος από χαμένες παραγγελίες
- Column Q - Total Cost: συνολικό κόστος
- Column R - Revenue: έσοδα
- Column S - Profit: κέρδος
- Column U – Demand: ζήτηση
- Column V – Probability: πιθανότητα της ζήτησης
- Column W - RN lower limit: χαμηλότερο σημείο εύρους πιθανότητας παραγγελίας
- Column X – RN upper limit: υψηλότερο σημείο εύρους πιθανότητας παραγγελίας



### Βήμα 1: Εισαγωγή της ζήτησης στο template

Μεταφέρουμε από το αρχείο Model\_X\_Rtl\_Demand.xlsx Sheet: Daily CC 18-21 τις ποσότητες ζήτησης (Bin Limits  $y_i$ ) και τις αντίστοιχες πιθανότητες τους (σχετικές συχνότητες  $f_i$ ) και τις σημειώνουμε στις αντίστοιχες στήλες Demand (column U) και Probability (column V).

Demand	Probability
0	0,00%
1	7,35%
2	10,67%
3	13,72%
4	13,90%
5	13,81%
6	8,34%
7	7,89%
8	5,20%
9	4,30%
10	3,77%
11	2,69%
12	1,79%
13	1,26%
14	1,17%
15	0,90%

Στη συνέχεια θα δημιουργήσουμε τα εύρη πιθανοτήτων για κάθε ποσότητα ζήτησης καθώς θα τα χρειαστούμε για την προσομοίωση στη συνέχεια. Έτσι στα κελιά κάτω από τη στήλη W υπολογίζουμε το χαμηλότερο σημείο του εύρους (RN lower limit) και κάτω από τη στήλη X το υψηλότερο (RN upper limit).

- Το χαμηλότερο σημείο ορίζεται ως το ελάχιστο σημείο της προηγούμενης πιθανότητας + την προηγούμενη πιθανότητα
- Το υψηλότερο σημείο ορίζεται ως το υψηλότερο σημείο της επόμενης πιθανότητας.

Για παράδειγμα το εύρος της πιθανότητας η ζήτηση να είναι 1 είναι 0% έως 7,35%. Το εύρος της πιθανότητας η ζήτηση να είναι 2 είναι από 7,35% έως 18,03% ( $7,35\% + 10,67\% = 18,03\%$ ). Έτσι συμπληρώνονται και τα δεδομένα για RN lower limit (column W) και RN upper limit (column X) όπως παρακάτω:



Demand	Probability	RN lower limit	RN upper limit
0	0,00%	0,00%	0,00%
1	7,35%	0,00%	7,35%
2	10,67%	7,35%	18,03%
3	13,72%	18,03%	31,75%
4	13,90%	31,75%	45,65%
5	13,81%	45,65%	59,46%
6	8,34%	59,46%	67,80%
7	7,89%	67,80%	75,70%
8	5,20%	75,70%	80,90%
9	4,30%	80,90%	85,20%
10	3,77%	85,20%	88,97%
11	2,69%	88,97%	91,66%
12	1,79%	91,66%	93,45%
13	1,26%	93,45%	94,71%
14	1,17%	94,71%	95,87%
15	0,90%	95,87%	96,77%

## Βήμα 2: Εισαγωγή σταθερών δεδομένων

Εισάγουμε στη συνέχεια στο template τα σταθερά δεδομένα του προβλήματος και έχουμε:

Order Quantity, Q	150
Min Leadtime	24
Max Leadtime	35
Holding Cost per day	5
Stock out Cost	4000
Cost per unit	18000
Shipping Cost per unit	200
Retail price	23000

Είναι σημαντικό να ορίσουμε μία ποσότητα παραγγελίας Q από την οποία θα ξεκινήσουμε τη μελέτη και για το παράδειγμα αυτό ορίζουμε  $Q = 150$  units. Θεωρούμε ακόμα πως το αρχικό απόθεμα την ημέρα 1 είναι 200 τεμάχια.

### Βήμα 3: Εισαγωγή δυναμικών δεδομένων

Αφού έχουμε ολοκληρώσει τα παραπάνω βήματα, προχωράμε στη συμπλήρωση των αντίστοιχων κελιών για κάθε ημέρα. Ξεκινάμε από την ημέρα 1 σημειώνοντας στα αντίστοιχα κελιά όπως παρακάτω:

- **Day:** 1 (ορίζουμε την πρώτη ημέρα με τον αριθμό 1).
- **Begin Inventory:** 200 (θεωρούμε πως το αρχικό απόθεμα είναι 200).
- **Units Received:** 0 (σημειώνουμε 0 καθώς την πρώτη ημέρα δεν θα παραλάβουμε κάτι από τον κατασκευαστή).
- **Available Inventory:** =B4+C4 (προσθέτουμε το αρχικό απόθεμα και την ποσότητα που παραλάβαμε). Την συγκεκριμένη φόρμουλα μπορούμε να την αντιγράψουμε σε όλα τα από κάτω κελιά καθώς θα επαναλαμβάνεται κάθε ημέρα.
- **Demand:** =LOOKUP(RAND();\$W\$4:\$W\$45;\$U\$4:\$U\$45) (καθώς η ζήτηση ακολουθεί διακριτή κατανομή, χρησιμοποιούμε τη φόρμουλα lookup του excel για να μας φέρνει για κάθε ημέρα την πιθανή ποσότητα ζήτησης). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά. Η φόρμουλα αυτή επιστρέφει μια τιμή τυχαία με βάση την πιθανότητα της.
- **Demand filled:** =MIN(D4;E4) (ψάχνουμε το μικρότερο ανάμεσα στη ζήτηση και το διαθέσιμο απόθεμα. Αν η ζήτηση είναι μικρότερη του διαθέσιμου αποθέματος τότε θα καλυφθεί στο σύνολό της. Σε διαφορετική περίπτωση θα καλύψουμε τη ζήτηση μόνο με το διαθέσιμο απόθεμα και το υπόλοιπο δεν θα καλυφθεί). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **End Inventory:** =D4-F4 (Αφαιρούμε από το διαθέσιμο απόθεμα την ποσότητα που καλύφθηκε). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **Stockout:** =E4-F4 (αφαιρούμε από τη ζήτηση, την ποσότητα της ζήτησης που καλύφθηκε). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **End Inventory + Order:** =G4 (την πρώτη ημέρα αυτή η τιμή θα είναι ίση με την τιμή του τελικού αποθέματος καθώς δεν έχει γίνει ακόμα παραγγελία)
- **Place Order:** =IF(MOD(A4;24)=0;1;0) (χρησιμοποιούμε τη φόρμουλα if του excel για να ορίσουμε την ημέρα της παραγγελίας. Από τα δεδομένα του προβλήματος έχουμε πως η εισαγωγική εταιρεία μπορεί να βάζει παραγγελία στον κατασκευαστή κάθε μήνα και έχουμε ορίσει το μήνα να έχει 24 ημέρες έτσι η

πρώτη μέρα που θα βάλουμε παραγγελία είναι η ημέρα 24. Με το function MOD του excel βρίσκουμε αν ο αριθμός της ημέρας διαιρείται απόλυτα με το 24. Αν ναι τότε βάζουμε στο κελί τον αριθμό 1 αλλιώς αν η διαίρεση μας αφήνει υπόλοιπο τότε βάζουμε στο κελί 0). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.

- **Lead Time:** =RANDBETWEEN(\$W\$49;\$W\$50) (καθώς ο χρόνος παράδοσης ακολουθεί διακριτή ομοιόμορφη κατανομή χρησιμοποιούμε τη φόρμουλα RANDBETWEEN στα άκρα Min Leadtime: 24 και Max Leadtime: 35 έτσι το lead time θα παίρνει τυχαίες τιμές ανάμεσα στις 24 και 35 ημέρες). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **ETA (estimated time of arrival):** =IF(J4=1;K4+A4;0) (με τη φόρμουλα IF ελέγχουμε αν είναι ημέρα που τρέχουμε είναι ημέρα που μπορούμε να βάλουμε παραγγελία. Αν το αποτέλεσμα του ελέγχου είναι θετικό τότε προσθέτουμε τον αριθμό της ημέρας με το lead time αλλιώς βάζουμε 0). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **Order Cost:** =J4\*\$W\$48\*\$W\$53 (πολλαπλασιάζουμε την τιμή από το κελί ελέγχου καταχώρησης παραγγελίας με την ποσότητα παραγγελίας και το κόστος αγοράς ανά μονάδα. Έτσι στις περιπτώσεις που ο έλεγχος μας δείξει ότι δεν είναι ημέρα για παραγγελία τότε η τιμή του αντίστοιχου κελιού θα είναι 0 άρα και το συνολικό κόστος παραγγελίας θα είναι 0). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **Shipping Cost:** =J4\*\$W\$48\*\$W\$54 (πολλαπλασιάζουμε την τιμή από το κελί ελέγχου καταχώρησης παραγγελίας με την ποσότητα παραγγελίας και το μεταφορικό κόστος ανά μονάδα). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **Holding Cost:** =G4\*\$W\$51 (πολλαπλασιάζουμε το απόθεμα στο τέλος κάθε ημέρας με το κόστος αποθήκευσης ανά μονάδα). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **Stockout Cost:** =H4\*\$W\$52 (πολλαπλασιάζουμε την ποσότητα των παραγγελιών που δεν καταφέραμε να πουλήσουμε λόγω έλλειψης στο απόθεμα με το κόστος από χαμένες παραγγελίες). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **Total Cost:** =SUM(M4:P4) (προσθέτουμε όλα τα κόστη). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **Revenue:** =F4\*\$W\$55 (πολλαπλασιάζουμε την ποσότητα ζήτησης που καλύφθηκε με την τιμή λιανικής). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.

- **Profit:** =R4-Q4 (αφαιρούμε τα έξοδα από τα έσοδα). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.

Περνάμε στην ημέρα 2 όπου θα πρέπει να συμπληρώσουμε τα αντίστοιχα κελιά για κάθε πληροφορία που δεν έχει καλυφθεί από την αντιγραφή που κάναμε στην ημέρα 1. Έτσι θα πρέπει να συμπληρώσουμε τα παρακάτω κελιά:

- **Day:** =A4+1 (προσθέτουμε τον αριθμό 1 στον αριθμό της προηγούμενης ημέρας). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **Begin Inventory:** =G4 (ορίζουμε σαν αρχικό απόθεμα της ημέρας το τελικό απόθεμα της προηγούμενης). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **Units Received:** =COUNTIF(\$L\$4:L4;A5)\*\$W\$48 (με τη φόρμουλα countif υπολογίζουμε πόσες παραγγελίες θα παραδοθούν τη συγκεκριμένη ημέρα και στη συνέχεια πολλαπλασιάζουμε με την ποσότητα παραγγελίας Q). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.
- **End Inventory + Order:** =I4-F5+J4\*\$W\$48 (αρχικά αφαιρούμε την ποσότητα της ζήτησης που καλύφθηκε από το τελικό απόθεμα της προηγούμενης ημέρας. Στη συνέχεια θα ελέγξουμε αν βάλουμε παραγγελία στον κατασκευαστή την προηγούμενη ημέρα και θα πολλαπλασιάσουμε το αποτέλεσμα του ελέγχου με την ποσότητα παραγγελίας. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή δεν έχει κάποια χρησιμότητα αλλά σε περιπτώσεις που ψάχνουμε το reorder point αυτή η παράμετρος είναι χρήσιμη για να έχουμε μία δικλείδα ασφάλειας ότι δεν θα βάζουμε παραγγελίες σε περιόδους που έχουν ήδη μπει αλλά δεν έχουν παραληφθεί). Αντιγράφουμε στα από κάτω κελιά.

Μπορούμε να τρέξουμε την μελέτη μας για όσες ημέρες θέλουμε αλλά στη συγκεκριμένη μελέτη ορίσαμε την περίοδο σε 365 ημέρες. Οπότε σταματάμε την αντιγραφή όλων των παραπάνω αρχικών στοιχείων στην ημέρα 365.

Θα πρέπει επίσης να αθροίσουμε τα οικονομικά στοιχεία στο τέλος της περιόδου οπότε με τη φόρμουλα =SUM υπολογίσουμε το συνολικό κόστος, τα συνολικά έσοδα και τελικά το συνολικό κέρδος για όλες τις ημέρες (από την 1 έως την 365).

#### Βήμα 4: What if Analysis

Τώρα θα τρέξουμε την προσομοίωση για τα κόστη και μπορούμε να την τρέξουμε όσες φορές θέλουμε. Στη συγκεκριμένη μελέτη θα τρέξουμε την προσομοίωση 400 φορές, δηλαδή θα υπολογίσουμε τα κόστη, τα έσοδα και τα κέρδη για 400 περιόδους.

Για να το κάνουμε αυτό στο αρχείο θα προσθέσουμε τις εξής στήλες:

- Column AB – Run: Αριθμός δοκιμής
- Column AC – Est. Order Cost: Άθροισμα κόστους παραγγελίας συγκεκριμένης δοκιμής
- Column AD – Est. Shipping Cost: Άθροισμα κόστους μεταφορικών συγκεκριμένης δοκιμής
- Column AE – Est. Holding cost: Άθροισμα κόστους αποθήκευσης συγκεκριμένης δοκιμής
- Column AF – Est. Stockout cost: Άθροισμα κόστους από χαμένες παραγγελίες συγκεκριμένης δοκιμής
- Column AG – Est. Total Cost: Άθροισμα συνολικού κόστους συγκεκριμένης δοκιμής
- Column AH – Est. Revenue: Άθροισμα εσόδων συγκεκριμένης δοκιμής
- Column AI – Est. Profit: Άθροισμα κέρδους συγκεκριμένης δοκιμής

Καθώς είπαμε πως θα τρέξουμε την προσομοίωση 400 φορές θα πρέπει να δημιουργήσουμε 400 γραμμές όπου το αντίστοιχο πεδίο Run θα παίρνει τις τιμές από 1 έως 400.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ –  
ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Run	Order Cost	Shipping Cost	Holding Cost	Stockout cost	Total Cost	Revenue	Profit
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

Για την 1<sup>η</sup> δοκιμή θα ορίσουμε τα πεδία να παίρνουν τιμές από τα αθροίσματα που υπολογίζουμε στο βασικό μας μοντέλο. Άρα από το αρχείο προκύπτει ότι:

- Run: 1
- Est. Order Cost: =M369
- Est. Shipping Cost: =N369
- Est. Holding cost: =O369
- Est. Stockout cost: =P369
- Est. Total Cost: =Q369
- Est. Revenue: =R369
- Est. Profit: =S369

Run	Est. Order Cost	Est. Shipping Cost	Est. Holding Cost	Est. Stockout cost	Est. Total Cost	Est. Revenue	Est. Profit
1	40500000	450000	273605	400000	41623605	44505000	2881395

Για να ξεκινήσουμε το What if analysis θα πρέπει να επιλέξουμε όλα τα πεδία από τον αριθμό της 1<sup>ης</sup> δοκιμής, έως το τελευταίο κελί του κέρδους και έως την τελευταία γραμμή της 400<sup>ης</sup> δοκιμής.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ –  
ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Run	Order Cost	Shipping Cost	Holding Cost	Stockout cost	Total Cost	Revenue	Profit
1	40500000	450000	273605	400000	41623605	44505000	2881395
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

Στη συνέχεια επιλέγουμε από το μενού Data → What if Analysis → Data Table...

The screenshot shows the Excel interface with the 'Data' tab selected. The 'Data Table' option is highlighted in the 'What if Analysis' dropdown menu. The data table range is selected in the worksheet, covering the 'Run' column and the first row of data (Order Cost, Shipping Cost, Holding Cost, Stockout cost, Total Cost, Revenue, Profit).

... και μας ανοίγει το παρακάτω παράθυρο εντολών.



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ –  
ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Run	Order Cost	Shipping Cost	Holding Cost	Stockout cost	Total Cost	Revenue	Profit
1	40500000	450000	273605	400000	41623605	44505000	2881395
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

**Data Table**

Row input cell:

Column input cell:

Cancel OK

Εκεί αφήνουμε το πεδίο Row input cell κενό και για το Column input cell επιλέγουμε οποιοδήποτε κενό κελί από το αρχείο μας. Πατάμε OK και ο πίνακας που είχαμε επιλέξει γεμίζει με τιμές. Οι τιμές αυτές προκύπτουν από τις 400 διαφορετικές φορές που τρέξαμε το μοντέλο.

Run	Est. Order Cost	Est. Shipping Cost	Est. Holding Cost	Est. Stockout cost	Est. Total Cost	Est. Revenue	Est. Profit
1	40500000	450000	261725	604000	41815725	45977000	4161275
2	40500000	450000	284300	512000	41746300	47196000	5449700
3	40500000	450000	376330	456000	41782330	43470000	1687670
4	40500000	450000	193580	492000	41635580	48139000	6503420
5	40500000	450000	218130	444000	41612130	46391000	4778870
6	40500000	450000	219325	524000	41693325	47403000	5709675
7	40500000	450000	246970	552000	41748970	47955000	6206030
8	40500000	450000	239310	396000	41585310	45080000	3494690
9	40500000	450000	162465	592000	41704465	48300000	6595535
10	40500000	450000	265675	396000	41611675	46092000	4480325
11	40500000	450000	178170	852000	41980170	49450000	7469830
12	40500000	450000	302645	516000	41768645	44367000	2598355
13	40500000	450000	291075	276000	41517075	46023000	4505925
14	40500000	450000	381690	468000	41799690	42642000	842310
15	40500000	450000	360360	508000	41818360	44183000	2364640

Έπειτα, θα υπολογίσουμε το μέσο όρο για κάθε στήλη του νέου πίνακα που προέκυψε. Για το λόγο αυτό θα φτιάξουμε ένα νέο μικρό πίνακα όπως παρακάτω:

Averages						
Order Cost	Ship. Cost	Holding Cost	Stockout cost	Total Cost	Revenue	Profit
40500000	450000	250207,55	534730	41735155,03	46250010	4514854,98

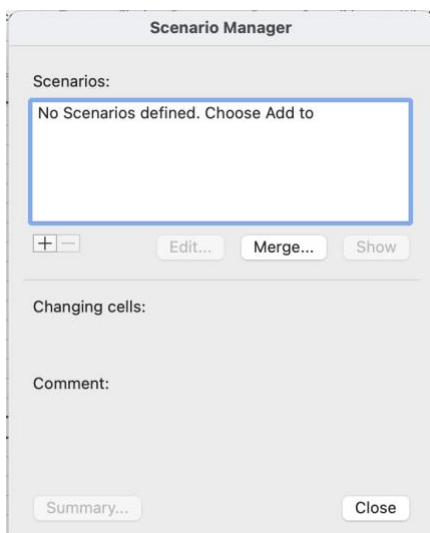


Οι τιμές των κελιών θα προκύπτουν από την αντίστοιχη φόρμουλα για κάθε περίπτωση όπως για παράδειγμα ο μέσος όρος του κόστους προϊόντων θα είναι =AVERAGE(AC4:AC403). Όσες περισσότερες είναι οι δοκιμές που θα έχουμε τρέξει με What if τόσο τα αποτελέσματά μας θα προσεγγίζουν τους πραγματικούς μέσους όρους για κάθε περίοδο του μοντέλου μας.

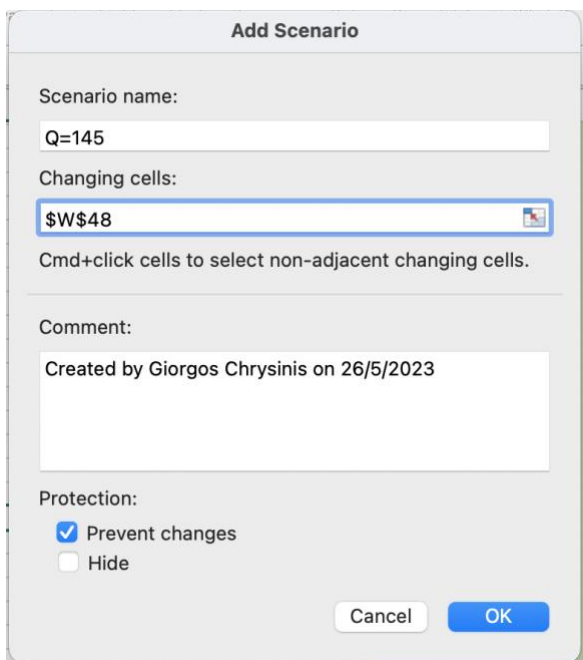
## Βήμα 5: Δοκιμές με διαφορετικό Q

Σε αυτή τη φάση έχουμε σχεδιάσει το μοντέλο μας, το έχουμε τρέξει 400 φορές (για 400 διαφορετικές περιόδους) και τώρα θέλουμε να δοκιμάσουμε διαφορετικές ποσότητες παραγγελιών για να βρούμε ποια είναι η ποσότητα που μας μεγιστοποιεί το κέρδος. Για να το κάνουμε αυτό, από το βασικό μενού του Excel επιλέγουμε Data → What if analysis → Scenario Manager και εκεί θα ορίσουμε τις διαφορετικές τιμές που θα παίρνει το Q.

The screenshot shows the Excel ribbon with the 'Data' tab selected. The 'What-If Analysis' group is highlighted with a yellow box, and the 'Data Table...' option is selected. The background shows a spreadsheet with a data table for a simulation model.



Στο παράθυρο που ανοίγει θα φτιάξουμε όσα σενάρια θέλουμε να δοκιμάσουμε. Εφόσον θέλουμε να βρούμε την ποσότητα που μας δίνει την μέγιστο κέρδος τότε το κάθε σενάριο θα έχει διαφορετική ποσότητα παραγγελίας. Για να δημιουργήσουμε ένα σενάριο επιλέγουμε το σύμβολο “+” και μας ανοίγει το παρακάτω:



Στο πεδίο Scenario Name σημειώνουμε ένα όνομα για το σενάριο (για παράδειγμα Q=145) και στο πεδίο Changing cells ορίζουμε ποιο κελί θα παίρνει τις διαφορετικές τιμές των του σεναρίου (στο δικό μας αρχείο το κελί W48).

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ –  
ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Order Quantity, Q	150
Min Leadtime	24
Max Leadtime	35
Holding Cost per day	5
Stock out Cost	4000
Cost per unit	18000
Shipping Cost per unit	200
Retail price	23000

... επιλέγουμε OK και μας ανοίγει το παρακάτω παράθυρο όπου θα πρέπει να ορίσουμε την τιμή που θα πάρει το Q για αυτό το σενάριο.

Scenario Values

Enter values for each of the changing cells.

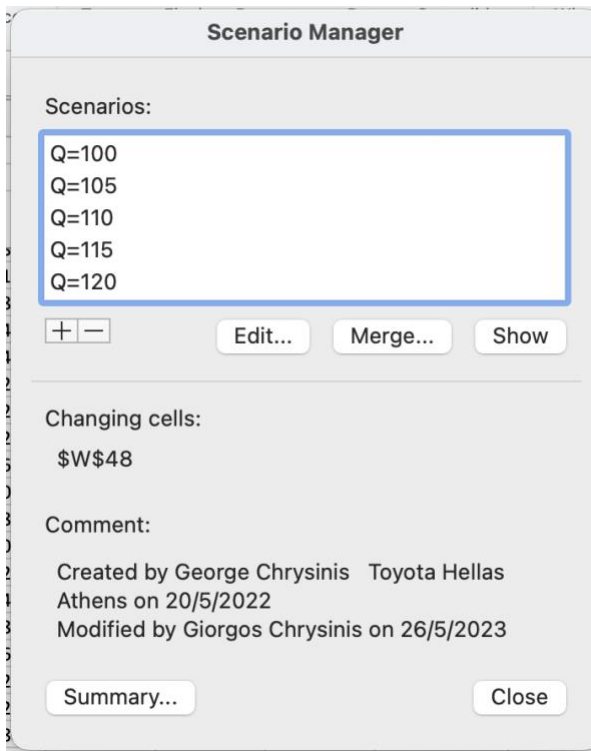
\$W\$48

Please enter a value:

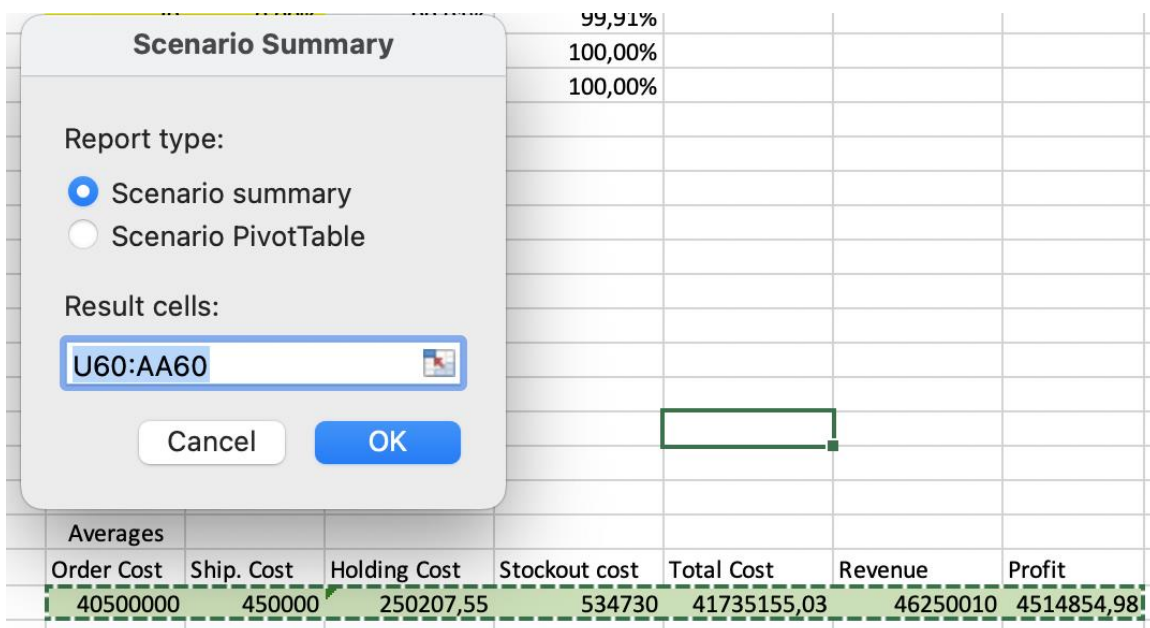
145

Add Cancel OK

Στη συνέχεια δημιουργούμε όσα σενάρια θέλουμε. Στη μελέτη που κάναμε δημιουργήσαμε 25 σενάρια όπου το Q έπαιρνε τιμές από 100 έως 220 με ρυθμό αύξησης 5 (100, 105, 110, 115 κοκ).



Αφού ολοκληρώσουμε τη δημιουργία των σεναρίων επιλέγουμε Summary και στο παράθυρο που μας ανοίγει θα πρέπει να ορίσουμε τα πεδία που θα επηρεάζονται από το αποτέλεσμα του κάθε σεναρίου. Έτσι εμείς ορίσαμε στο Result cells τα πεδία με τους μέσους όρους από τις 400 περιόδους που φτιάξαμε νωρίτερα και στη συνέχεια επιλέγουμε OK.



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ – ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Μόλις ολοκληρωθεί το execution των σεναρίων τότε θα δημιουργηθεί ένα νέο φύλλο εργασίας με όνομα Scenario Summary και τα αποτελέσματα για το κάθε σενάριο.

Scenario Summary																	
Current Values:		100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	
Changing Cells:		150	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170
Result Cells:																	
SW\$48	SU\$60	40500000	27000000	28350000	29700000	31050000	32400000	33750000	35100000	36450000	37800000	39150000	40500000	41850000	43200000	44550000	45900000
	SV\$60	450000	300000	315000	330000	345000	360000	375000	390000	405000	420000	435000	450000	465000	480000	495000	510000
	SW\$60	254030,325	73236,6	79979,5	87218,7	95886,175	105491,825	116343,575	132708,875	153080,65	174186,425	207527,5	253073,775	303827,575	342163,9	393641,375	449534,575
	SV\$60	539680	2565000	2269290	2082040	1792250	1530560	1296000	1094770	859920	702610	602590	551130	497970	492590	475840	467040
	SV\$60	41745066,55	29927088,49	31049920,09	32112967,38	33261510,04	34411310,45	35533958,04	36715484,66	37866149,51	39100790,19	40402245,96	41733810,79	43125860,95	44511868,9	45913542,66	47312791,15
SW\$60	SV\$60	46337985	34681240	36167212,5	37654507,5	39076540	40468385	41848442,5	43150185	44343252,5	45200692,5	45827557,5	46254897,5	46614157,5	46939292,5	48664872,5	46821905
	SW\$60	4509436,613	4731134,838	5081433,475	5439876,15	5798299,2	6083840,725	6369973,525	6503840,188	6469574,15	6183020,938	5569384,225	4516741,988	3422055,575	2173895,188	689033,8125	-494868,275

Notes: Current Values column represents values of changing cells at time Scenario Summary Report was created. Changing cells for each scenario are highlighted in gray.

Στη γραμμή Changing Cells βλέπουμε τις τιμές που πήρε το Q σε κάθε σενάριο και κάτω από τη γραμμή Result Cells βλέπουμε τα αποτελέσματα για κάθε διαφορετικό Q στους μέσους όρους των ποσών. Στο κελί \$AA\$60 έχουμε το μέσο όρο του κέρδους που θέλουμε να μεγιστοποιούμε οπότε θα πρέπει να βρούμε σε ποια περίπτωση του Q μεγιστοποιείται το κέρδος.

Scenario Summary																	
Current Values:		100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	
Changing Cells:		150	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170
Result Cells:																	
SW\$48	SU\$60	40500000	27000000	28350000	29700000	31050000	32400000	33750000	35100000	36450000	37800000	39150000	40500000	41850000	43200000	44550000	45900000
	SV\$60	450000	300000	315000	330000	345000	360000	375000	390000	405000	420000	435000	450000	465000	480000	495000	510000
	SW\$60	254030,325	73236,6	79979,5	87218,7	95886,175	105491,825	116343,575	132708,875	153080,65	174186,425	207527,5	253073,775	303827,575	342163,9	393641,375	449534,575
	SV\$60	539680	2565000	2269290	2082040	1792250	1530560	1296000	1094770	859920	702610	602590	551130	497970	492590	475840	467040
	SV\$60	41745066,55	29927088,49	31049920,09	32112967,38	33261510,04	34411310,45	35533958,04	36715484,66	37866149,51	39100790,19	40402245,96	41733810,79	43125860,95	44511868,9	45913542,66	47312791,15
SW\$60	SV\$60	46337985	34681240	36167212,5	37654507,5	39076540	40468385	41848442,5	43150185	44343252,5	45200692,5	45827557,5	46254897,5	46614157,5	46939292,5	48664872,5	46821905
	SW\$60	4509436,613	4731134,838	5081433,475	5439876,15	5798299,2	6083840,725	6369973,525	6503840,188	6469574,15	6183020,938	5569384,225	4516741,988	3422055,575	2173895,188	689033,8125	-494868,275

Notes: Current Values column represents values of changing cells at time Scenario Summary Report was created. Changing cells for each scenario are highlighted in gray.

Κατόπιν ελέγχου είδαμε ότι το Q που μεγιστοποιεί το κέρδος είναι το 130. Άρα η εισαγωγική εταιρεία θα πρέπει να παραγγέλλει 130 μονάδες του αυτοκινήτου μοντέλου X για να πετυχαίνει το μεγαλύτερο κέρδος.

Όπως αναφέραμε και παραπάνω θα τρέξουμε το μοντέλο σε 2 εναλλακτικές για να δούμε αν και πως θα επηρεαστεί το Q.

1. Λαμβάνοντας υπόψη μόνο τη ζήτηση του 2021.
2. Θα θεωρήσουμε πως το κόστος χαμένων παραγγελιών είναι μικρότερο κατά 70%

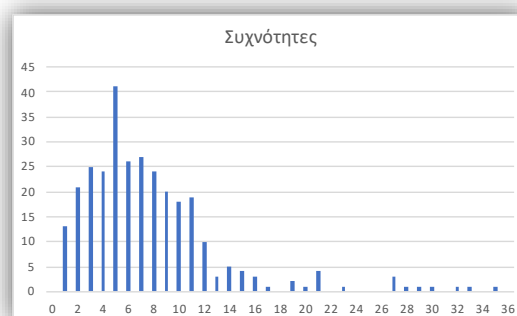
## 5.5 ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

### Μελέτη περίπτωσης με τη ζήτηση του 2021

Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα τρέξουμε το ίδιο μοντέλο λαμβάνοντας υπόψη μόνο τη ζήτηση του πιο πρόσφατου έτους άρα του 2021. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση με χρήση του εργαλείου Data Analysis του excel (Model X Rtl Demand.xlsx sheet: Daily CC 21 & sheet: Stats Daily CC 21) έχουμε τα παρακάτω χαρακτηριστικά.

$y_j$	$v_j$	$f_j$	$N_j$	$F_j$
Bin Limits	Συχνότητες	Σχετικές Συχνότητες	Αθροητικές Συχνότητες	Σχετικές Αθροητικές Συχνότητες
0	0	0,00	0	0
1	13	0,04	13	0,04
2	21	0,07	34	0,11
3	25	0,08	59	0,20
4	24	0,08	83	0,28
5	41	0,14	124	0,41
6	26	0,09	150	0,50
7	27	0,09	177	0,59
8	24	0,08	201	0,67
9	20	0,07	221	0,73
10	18	0,06	239	0,79
11	19	0,06	258	0,86
12	10	0,03	268	0,89
13	3	0,01	271	0,90
14	5	0,02	276	0,92
15	4	0,01	280	0,93
16	3	0,01	283	0,94
17	1	0,00	284	0,94
18	0	0,00	284	0,94
19	2	0,01	286	0,95
20	1	0,00	287	0,95
21	4	0,01	291	0,97
22	0	0,00	291	0,97
23	1	0,00	292	0,97
24	0	0,00	292	0,97
25	0	0,00	292	0,97
26	0	0,00	292	0,97
27	3	0,01	295	0,98
28	1	0,00	296	0,98
29	1	0,00	297	0,99
30	1	0,00	298	0,99
31	0	0,00	298	0,99
32	1	0,00	299	0,99
33	1	0,00	300	1,00
34	0	0,00	300	1,00
35	1	0,00	301	1,00
36	0	0,00	301	1,00
301				

Column1	
Mean	7,72093023
Standard Error	0,32691311
Median	7
Mode	5
Standard Deviation	5,67173052
Sample Variance	32,1685271
Kurtosis	5,82946543
Skewness	2,09057527
Range	34
Minimum	1
Maximum	35
Sum	2324
Count	301



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ – ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Εισάγουμε τις ποσότητες ζήτησης (Bin Limits  $y_i$ ) και τις αντίστοιχες πιθανότητες τους (σχετικές συχνότητες  $f_i$ ) και τις σημειώνουμε στις αντίστοιχες στήλες Demand (column U) και Probability (column V).

Demand	Probability	RN lower limit	RN upper limit
0	0,00%	0,00%	0,00%
1	4,32%	0,00%	4,32%
2	6,98%	4,32%	11,30%
3	8,31%	11,30%	19,60%
4	7,97%	19,60%	27,57%
5	13,62%	27,57%	41,20%
6	8,64%	41,20%	49,83%
7	8,97%	49,83%	58,80%
8	7,97%	58,80%	66,78%
9	6,64%	66,78%	73,42%
10	5,98%	73,42%	79,40%
11	6,31%	79,40%	85,71%
12	3,32%	85,71%	89,04%
13	1,00%	89,04%	90,03%
14	1,66%	90,03%	91,69%
15	1,33%	91,69%	93,02%
16	1,00%	93,02%	94,02%
17	0,33%	94,02%	94,35%
18	0,00%	94,35%	94,35%
19	0,66%	94,35%	95,02%
20	0,33%	95,02%	95,35%
21	1,33%	95,35%	96,68%
22	0,00%	96,68%	96,68%
23	0,33%	96,68%	97,01%
24	0,00%	97,01%	97,01%
25	0,00%	97,01%	97,01%

Τρέχοντας ξανά την προσομοίωση με τον ίδιο ακριβώς τρόπο παρατηρούμε πως το  $Q = 170$  μας δίνει το μέγιστο κέρδος.

Scenario Summary		Current Values	Q=100	Q=105	Q=110	Q=115	Q=120	Q=125	Q=130	Q=135	Q=140	Q=145	Q=150	Q=155	Q=160	Q=165	Q=170	Q=175	Q=180
Changing Cells																			
Result Cells																			
SW548		150	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
SW560		40500000	27000000	28350000	29700000	31050000	32400000	33750000	35100000	36450000	37800000	39150000	40500000	41850000	43200000	44550000	45900000	47250000	48600000
SW560		450000	300000	315000	330000	345000	360000	375000	390000	405000	420000	435000	450000	465000	480000	495000	510000	525000	540000
SW560		114976,825	54328,725	58346,9	63189,575	68241,35	73346,425	78842,775	84937,7	91517,65	98498,3	106327,425	114424,95	122957,05	134097,3	145124	162140,325	181432,325	206619,3
SW560		2694320	5182160	4960550	4688070	4452340	4204160	3915450	3672580	3390210	3169460	2906510	2616290	2434910	2164260	1911630	1715470	1460050	1297450
SW560		4379007,5	3254977,5	33693022	34781201,9	35931615,4	36997998,8	38144429,5	39238976,7	40398882,6	41663638,2	42585617,5	43708965,9	44827965,7	45985156,6	47082322,5	48286162	49431913,9	50634253,1
SW560		49598925	3481078,5	36311767,5	37812172,5	39225120	40730585	42260775	43720297,5	45206155	46687067,5	48127557,5	49596452,5	51058217,5	52428385	53802635	55118350	56394620	57355732,5
SW560		5859531,29	2204519,53	2602226,55	3030707,39	3298206,31	3725962,58	4121323,13	4496109,89	4824125,45	5220870,54	5566093,93	5844366,98	6213440,49	6488789,85	6619016,66	6885205,14	6883876,05	6735985,93

Notes: Current Values column represents values of changing cells at time Scenario Summary Report was created. Changing cells for each scenario are highlighted in gray.

### Μελέτη περίπτωσης για μειωμένο κόστος χαμένων παραγγελιών κατά 70% από το αρχικό

Στη αυτήν την περίπτωση θα τρέξουμε το ίδιο μοντέλο αλλάζοντας το κόστος των χαμένων ευκαιριών. Καθώς το συγκεκριμένο κόστος είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί με ακρίβεια θα δοκιμάσουμε να το μειώσουμε κατά 70%. Άρα από 4.000€ που είχε οριστεί



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ –  
ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

στο αρχικό πρόβλημα τώρα θα το εισάγουμε στο μοντέλο σαν Stock out 2 = 1320€ (30% of the initial one (4.000 \* 30%)).

Τρέχοντας ξανά την προσομοίωση με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που περιγράψαμε παραπάνω παρατηρούμε πως το Q = 125 μας δίνει το μέγιστο κέρδος.

Scenario Summary																
Changing Cells:	Current Values:				Q=100	Q=105	Q=110	Q=115	Q=120	Q=125	Q=130	Q=135	Q=140	Q=145	Q=150	Q=155
\$W\$48	150	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155			
Result Cells:																
\$U\$60	40500000	27000000	28350000	29700000	31050000	32400000	33750000	35100000	36450000	37800000	39150000	40500000	41850000			
\$V\$60	450000	300000	315000	330000	345000	360000	375000	390000	405000	420000	435000	450000	465000			
\$W\$60	254188,675	73056,3	80064,475	87763,15	94717,975	104264,45	117239,425	129685,7	153615,225	178374,4	213153,825	253310,4	305227,3	34		
\$X\$60	174606,3	853624,2	759023,1	680865,9	596534,4	506556,6	424254,6	359574,6	285367,5	236709	195548,1	177424,5	167838			
\$Y\$60	41382382,29	28212276,4	29507321,24	30787935,48	32083658,04	33371582,08	34665984,93	35975934,63	37302680,83	38631976,65	39997736,16	41378633,9	42773967,94	44		
\$Z\$60	46206425	34676065	36178655	37624550	39047157,5	40482070	41901917,5	43208835	44397590	45346455	45933875	46233967,5	46453387,5			
\$AA\$60	4731476,175	6484850,963	6631179,25	6833226,225	6965441,725	7106500,1	7175896,488	7132209,438	6996348,7	6685195,938	6043414,375	4746740,463	3790602,3	236		

Notes: Current Values column represents values of changing cells at time Scenario Summary Report was created. Changing cells for each scenario are highlighted in gray.

Παρατηρούμε λοιπόν από τα αποτελέσματα των δύο περιπτώσεων που μελετήσαμε πως στην πρώτη (ζήτηση μόνο του 2021) προκύπτει μεγάλη διαφορά της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας (170 vs 130) ενώ στη δεύτερη η διαφορά είναι πολύ μικρή (125 vs 130).

Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε πως η ζήτηση επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την βέλτιστη ποσότητα που θα πρέπει να παραγγέλνει η εταιρεία κάθε μήνα έτσι ώστε να μεγιστοποιεί την κερδοφορία της. Άρα είναι σημαντικό σε κάθε εφαρμογή της παραπάνω προσομοίωσης να λαμβάνεται υπόψη η ανανεωμένη και πιο πρόσφατη ζήτησης ιδανικά μίας συγκεκριμένης περιόδου (πχ: ενός έτους).

Αντίθετα το κόστος των χαμένων ευκαιριών φαίνεται να μην επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας καθώς και μετά από μεγάλη μείωσή του (70%) η διαφορά που προέκυψε ως προς το Q ήταν μόνο 5 αυτοκίνητα.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία είχε ως σκοπό να εστιάσει και να τονίσει την σπουδαιότητα της ύπαρξης των αποθεμάτων και την διαχείριση αυτών στις περιπτώσεις όπου η ζήτηση είναι τυχαία. Με την πάροδο του χρόνου και τη ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη η διαχείριση και ο έλεγχος των αποθεμάτων γίνεται ακόμα πιο σημαντική στα ιδιαίτερα ανταγωνιστικά περιβάλλοντα των επιχειρήσεων.

Οι επιχειρήσεις με τη βέλτιστη διαχείριση των αποθεμάτων στοχεύουν στη μείωση των λειτουργικών εξόδων τους αλλά και στις άσκοπες επενδύσεις καθώς μπορούν να προβλέπουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις σχετικές παραμέτρους, όπως το επίπεδο του αποθέματος ασφαλείας, το επίπεδο αναπαραγγελίας, την οικονομική ποσότητα αναπαραγγελίας, το μέγιστο επίπεδο αναπαραγγελίας κτλ. δηλαδή όλες εκείνες τις παραμέτρους που οδηγούν στην αύξηση του ρυθμού παραγωγής και στην μείωση του κόστους παραγωγής της επιχείρησης.

Με τη χρήση στοχαστικών μοντέλων στοχεύουν στην εύρεση των βέλτιστων λύσεων που θα βοηθήσουν την επιχείρηση όταν η ζήτηση είναι τυχαία. Η χρήση της τεχνολογίας και των ποσοτικών μεθόδων βοηθούν ολοένα και πιο πολύ στην ανάπτυξη των μοντέλων αυτών που θα βοηθήσουν αντίστοιχα στην κατανόηση και τον έλεγχο των αποθεμάτων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ασκούνης, Δ. (2016) *Σημειώσεις στην Διοίκηση Παραγωγής και Συστημάτων Υπηρεσιών: Διαχείριση αποθεμάτων*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
2. Βλάχος, Δ. (2005) *Διαχείριση αποθεμάτων, Σημειώσεις στο μάθημα Διαχείριση Αποθεμάτων και Διανομή Προϊόντων*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
3. Εμίρης, Δ. (2012) *Σημειώσεις στο μάθημα Συστήματα Αποθεμάτων*. Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
4. Θεοδοσίου, Δ. (2008) *Μελέτη της οργάνωσης και ανάλυση μεθοδολογίας για την πρόβλεψη ζήτησης προϊόντων στον συνεταυρισμό φαρμακοποιών Πιερίας, Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης*.
5. Ιακώβου, Ε. (2008) *Διαχείριση Αποθεμάτων και Διανομή Προϊόντων*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
6. Ιωάννου, Γ. (2005) *Διοίκηση Παραγωγής και Υπηρεσιών*. Αθήνα: Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης.
7. Λιότσος, Α. *Εφαρμογή στοχαστικού μοντέλου πολλαπλών περιόδων στην εταιρεία ΑΠ ΑΕ*. Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
8. Νταγολούδη, Α. (2009) *Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων: Case Study "Δόμηση Ρόδου"*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
9. Παπαδημητρίου, Σ. και Σχινάς, Ο. (2004) *Εισαγωγή στα Logistics: Διαχείριση αποθέματος*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλης.
10. Παππής, Κ. (2006) *Προγραμματισμός παραγωγής*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλης.
11. Mprwanya, M. F. (2005) *Inventory Management as a Determinant for Improvement of Customer Service, Dissertation in the Department of Business Management Faculty of Economic and Management Sciences*. University of Pretoria.

12. Silver A. Edward, Pyke F. David, Thomas J. Douglas (2016) *Inventory and Production Management in Supply Chains*, 4th Edition, CRC Press
13. Tersine, P. (1984) *Διαχείριση Υλικών και Συστήματα Αποθεμάτων: Κόστος αποθεμάτων*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.