



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Π.Μ.Σ. ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

MBA in Sustainability

**Διοίκηση Παραγωγής &
Βιώσιμη Αλυσίδα Εφοδιασμού**

Επ. Καθ. Πάνος Χουντάλας



ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ



ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Απόθεμα ορίζεται κάθε αδρανής πόρος που διατηρείται για την ικανοποίηση μελλοντικής ζήτησης.

Αποθέματα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι κάθε παραγωγικής διεργασίας, με σημαντικό ρόλο στην οικονομική λειτουργία της παραγωγής. Υπάρχουν δύο αντικρουόμενες οπτικές για τον προσδιορισμό του ύψους των αποθεμάτων:

- η διατήρηση αποθεμάτων έχει κόστος, άρα πρέπει να έχουμε χαμηλά αποθέματα,
- η έλλειψη αποθεμάτων δημιουργεί προβλήματα (συνεπώς έχει κόστος), άρα πρέπει να έχουμε υψηλά αποθέματα.

Στα πλαίσια αυτού του δίπολου το κατάλληλο ύψος αποθέματος πρέπει να εξασφαλίζει ότι αφενός δεν αυξάνεται υπέρμετρα το κόστος παραγωγής και αφετέρου δεν παρουσιάζονται μεγάλα λειτουργικά προβλήματα (**θέμα βελτιστοποίησης**).

ΤΥΠΟΙ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Αποθέματα Ποσότητας Παραγγελίας: Δημιουργούνται ως αποτέλεσμα του ότι οι παραγγελίες γίνονται συνήθως σε μεγαλύτερες ποσότητες από τις άμεσες ανάγκες (lot-sizing inventories). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μείωση της συχνότητας τοποθέτησης (άρα και του κόστους) παραγγελιών.

Εποχικά Αποθέματα: Δημιουργούνται για την κάλυψη της ζήτησης μελλοντικών περιόδων, κατά τις οποίες η διαθέσιμη δυναμικότητα προβλέπεται να είναι ανεπαρκής (seasonal inventories). Με τα εποχικά αποθέματα αποφεύγεται η συνεχής προσαρμογή του ρυθμού παραγωγής (και της δυναμικότητας) στις αυξομειώσεις της ζήτησης.

Αποθέματα Ασφαλείας: Δημιουργούνται για την κάλυψη των τυχαίων διακυμάνσεων της ζήτησης, επιτρέποντας την ικανοποίηση της πραγματικής ζήτησης όταν αυτή διαφέρει από την μέση τιμή της (safety stock).

ΤΥΠΟΙ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Αποθέματα για Συνεχή Ροή: Δημιουργούνται για να εξασφαλίσουν την συνεχόμενη ροή της παραγωγής χωρίς διακοπές. Αποτελούν τα αποθέματα που βρίσκονται εν κινήσει στους νοητούς αγωγούς εφοδιασμού των παραγωγικών εγκαταστάσεων και των χώρων αποθήκευσης (pipeline inventories - PI). Στο χώρο της παραγωγής, τα αποθέματα αυτά ονομάζονται παραγωγή σε εξέλιξη (work-in-process inventories).

Αποθέματα Διάζευξης: Δημιουργούνται με στόχο την αποσύνδεση της λειτουργίας διαδοχικών φάσεων παραγωγικών διεργασιών (buffer inventories). Με τον τρόπο αυτό, προβλήματα που παρουσιάζονται σε κάποια φάση δεν επηρεάζουν την λειτουργία των επόμενων φάσεων.

Άλλα Αποθέματα: Δημιουργούνται για λόγους όπως:

- πρόβλεψη για μελλοντικές αυξήσεις τιμών των πρώτων υλών,
- πρόβλεψη για αδυναμία μελλοντικής προμήθειας πρώτων υλών,
- ανακοπή πωλήσεων για κερδοσκοπικούς λόγους.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Με βάση την **μορφή ζήτησης** που αντιμετωπίζουν, τα υλικά μιας παραγωγικής διαδικασίας (και τα παραγόμενα αποθέματα) διαχωρίζονται σε υλικά και υπόκεινται σε:

- εξωτερική ζήτηση (independent demand items),
- εσωτερική ζήτηση (dependent demand items).

Με βάση την **οικονομική σημασία** τους, συνηθίζεται η ομαδοποίηση των αποθεμάτων σε τρεις ομάδες (ABC classification):

- Ομάδα A: αποθέματα μεγάλης αξίας (μικρή ποικιλία).
- Ομάδα C: αποθέματα μικρής αξίας (μεγάλη ποικιλία).
- Ομάδα B: τα υπόλοιπα.

Συνήθως για τα αποθέματα A ισχύει η τυπική κατανομή Parreto (20% υλικών αντιστοιχούν στο 80% της αξίας υλικών). Για την ένταξη των υπαρχόντων αποθεμάτων σε μία από τις κατηγορίες αυτές χρησιμοποιείται η Ανάλυση ABC.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ABC

Item	Annual number of units sold	Cost per unit	Annual consumption value
Boxes of paperclips	21,000	£0.50	£10,500
Boxes of staples	10,000	£0.50	£5,000
Correcting fluid	16,000	£1.50	£24,000
Diaries	50,000	£3.50	£175,000
Erasers	15,000	£0.10	£1,500
Notepads	40,000	£2.00	£80,000
Pencils	80,000	£0.03	£2,400
Pens	120,000	£0.05	£6,000
Rulers	15,000	£0.25	£3,750
Staplers	10,000	£1.50	£15,000

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ABC

Item	Annual number of units sold	Cost per unit	Annual consumption value
Diaries	50,000	£3.50	£175,000
Notepads	40,000	£2.00	£80,000
Correcting fluid	16,000	£1.50	£24,000
Staplers	10,000	£1.50	£15,000
Boxes of paperclips	21,000	£0.50	£10,500
Pens	120,000	£0.05	£6,000
Boxes of staples	10,000	£0.50	£5,000
Rulers	15,000	£0.25	£3,750
Pencils	80,000	£0.03	£2,400
Erasers	15,000	£0.10	£1,500

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ABC

Item	Annual number of units sold	Cost per unit	Annual consumption value
Diaries	50,000	£3.50	£175,000
Notepads	40,000	£2.00	£80,000
Correcting fluid	16,000	£1.50	£24,000
Staplers	10,000	£1.50	£15,000
Boxes of paperclips	21,000	£0.50	£10,500
Pens	120,000	£0.05	£6,000
Boxes of staples	10,000	£0.50	£5,000
Rulers	15,000	£0.25	£3,750
Pencils	80,000	£0.03	£2,400
Erasers	15,000	£0.10	£1,500
Totals	377,000		£323,150

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ABC

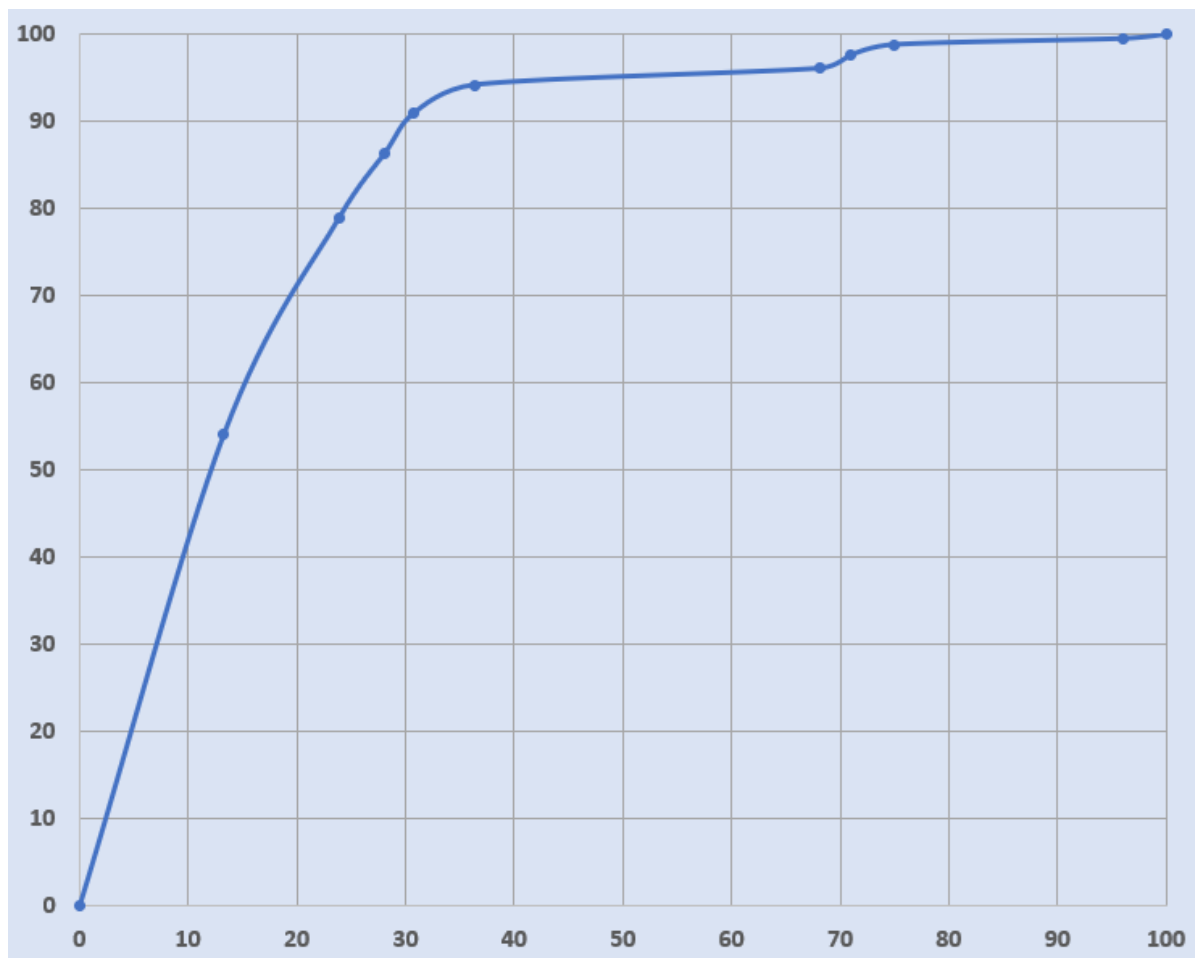
Item	Annual number of units sold	Cost per unit	Annual consumption value	% Of annual units sold	% Of annual consumption value
Diaries	50,000	£3.50	£175,000	13.3%	54.2%
Notepads	40,000	£2.00	£80,000	10.6%	24.8%
Correcting fluid	16,000	£1.50	£24,000	4.2%	7.4%
Staplers	10,000	£1.50	£15,000	2.7%	4.6%
Boxes of paperclips	21,000	£0.50	£10,500	5.6%	3.2%
Pens	120,000	£0.05	£6,000	31.8%	1.9%
Boxes of staples	10,000	£0.50	£5,000	2.7%	1.5%
Rulers	15,000	£0.25	£3,750	4.0%	1.2%
Pencils	80,000	£0.03	£2,400	21.2%	0.7%
Erasers	15,000	£0.10	£1,500	4.0%	0.5%
Totals	377,000		£323,150		

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ABC



	Item	Annual number of units sold	Cost per unit	Annual consumption value	% of annual units sold	% of annual consumption value
79%	Diaries	50,000	£3.50	£175,000	13.3%	54.2%
	Notepads	40,000	£2.00	£80,000	10.6%	24.8%
15%	Correcting fluid	16,000	£1.50	£24,000	4.2%	7.4%
	Staplers	10,000	£1.50	£15,000	2.7%	4.6%
	Boxes of paperclips	21,000	£0.50	£10,500	5.6%	3.2%
6%	Pens	120,000	£0.05	£6,000	31.8%	1.9%
	Boxes of staples	10,000	£0.50	£5,000	2.7%	1.5%
	Rulers	15,000	£0.25	£3,750	4.0%	1.2%
	Pencils	80,000	£0.03	£2,400	21.2%	0.7%
	Erasers	15,000	£0.10	£1,500	4.0%	0.5%
	Totals	377,000		£323,150		

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ABC



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Για την περιγραφή ενός απλού συστήματος αποθεμάτων πρέπει να προσδιοριστούν τα ακόλουθα δεδομένα:

Εκροές Συστήματος: Εκφράζουν τον ρυθμό με τον οποίο καταναλώνεται το απόθεμα. Στην πράξη ο ρυθμός κατανάλωσης είναι μία τυχαία μεταβλητή. Σε απλά μοντέλα αποθεμάτων ο ρυθμός κατανάλωσης λογίζεται σταθερός.

Εισροές Συστήματος: Εκφράζουν τον τρόπο και τον ρυθμό με τον οποίο γίνεται η ανανέωση του αποθέματος. Ο τρόπος ανανέωσης προσδιορίζεται από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- ποσότητα ανανέωσης (order quantity/lot-size),
- ρυθμός παραγωγής/ανανέωσης (production rate),
- χρόνος εκτέλεσης παραγγελίας (lead time).

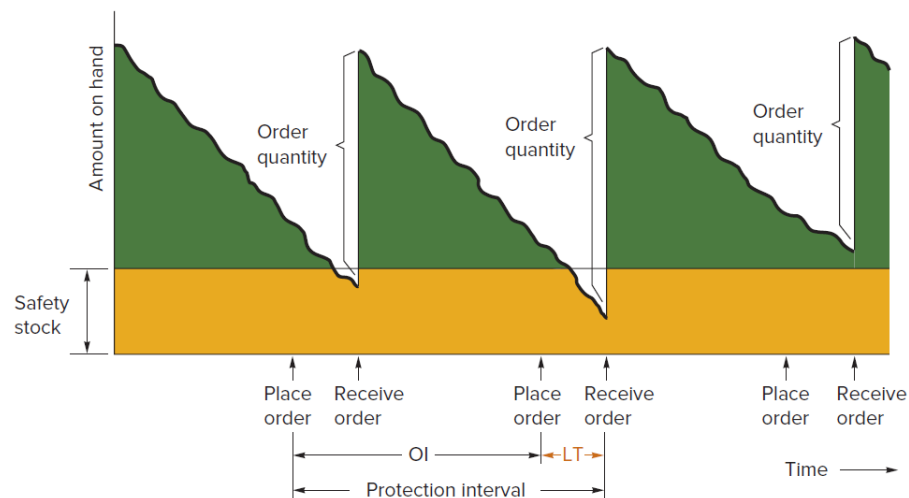
Μηχανισμός Αποφάσεων: Εκφράζει την λογική (αλγόριθμο) με την οποία λαμβάνονται οι αποφάσεις ανανέωσης του αποθέματος, απαντώντας στα ερωτήματα:

- πότε τοποθετώ μία παραγγελία ανανέωσης,
- ποιό είναι το μέγεθος της παραγγελίας.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Στην πράξη χρησιμοποιούνται δύο βασικοί μηχανισμοί λήψης αποφάσεων:

- Περιοδική Επισκόπηση: ανανέωση γίνεται ανά σταθερά χρονικά διαστήματα (T) με μεταβλητές ποσότητες προκειμένου το απόθεμα να φτάσει μία προκαθορισμένη τιμή.
- Συνεχής Επισκόπηση: η ανανέωση γίνεται με σταθερές ποσότητες παραγγελίας όταν η στάθμη του αποθέματος φτάσει σε μία προκαθορισμένη τιμή (στάθμη παραγγελίας).



ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το συνολικό κόστος λειτουργίας ενός συστήματος αποθεμάτων αποτελεί τον πλέον διαδεδομένο δείκτη απόδοσης του συστήματος.

Με το κόστος λειτουργίας ως αντικειμενική συνάρτηση, το πρόβλημα του σχεδιασμού ενός συστήματος συνήθως ανάγεται στον καθορισμό των παραμέτρων που ελαχιστοποιούν το κόστος λειτουργίας (ανά μονάδα χρόνου).

Στις περισσότερες περιπτώσεις το συνολικό κόστος λειτουργίας (TC ή TIC) προσδιορίζεται από την σχέση:

$$TC = C_H + C_S + C_R + C_B$$

όπου:

- C_H : κόστος διατήρησης αποθέματος.
- C_S : κόστος έλλειψης αποθέματος.
- C_R : κόστος ανανέωσης αποθέματος.
- C_B : κόστος αγοράς των υλικών.

ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Κόστος διατήρησης αποθέματος:

- κόστος κεφαλαίου,
- κόστος ασφάλισης του αποθέματος,
- κόστος αποθήκευσης,
- κόστος απαξίωσης.

Κόστος έλλειψης αποθέματος:

- κόστος από έκτακτες διορθωτικές ενέργειες,
- διαφυγόν κέρδος της επιχείρησης,
- επιπτώσεις στην καλή φήμη (goodwill) της επιχείρησης.

Κόστος ανανέωσης αποθέματος:

- κόστος προετοιμασίας παραγωγής (αν παράγεται εσωτερικά)
- κόστος προετοιμασίας εντύπων παραγγελίας,
- κόστος επικοινωνίας/ παρακολούθησης παραγγελίας,
- κόστος παραλαβής.

Κόστος αγοράς των υλικών:

Κατά την ανάλυση συστημάτων αποθεμάτων το κόστος αγοράς λαμβάνεται υπόψη μόνο στις περιπτώσεις που μεταβάλλεται ανάλογα με την ποσότητα παραγγελίας.

ΑΠΛΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Από την πληθώρα των μαθηματικών μοντέλων που υπάρχουν για την ανάλυση των αποθεμάτων θα περιοριστούμε στην εξέταση απλών μοντέλων. Συγκεκριμένα θα εξετάσουμε τα μοντέλα:

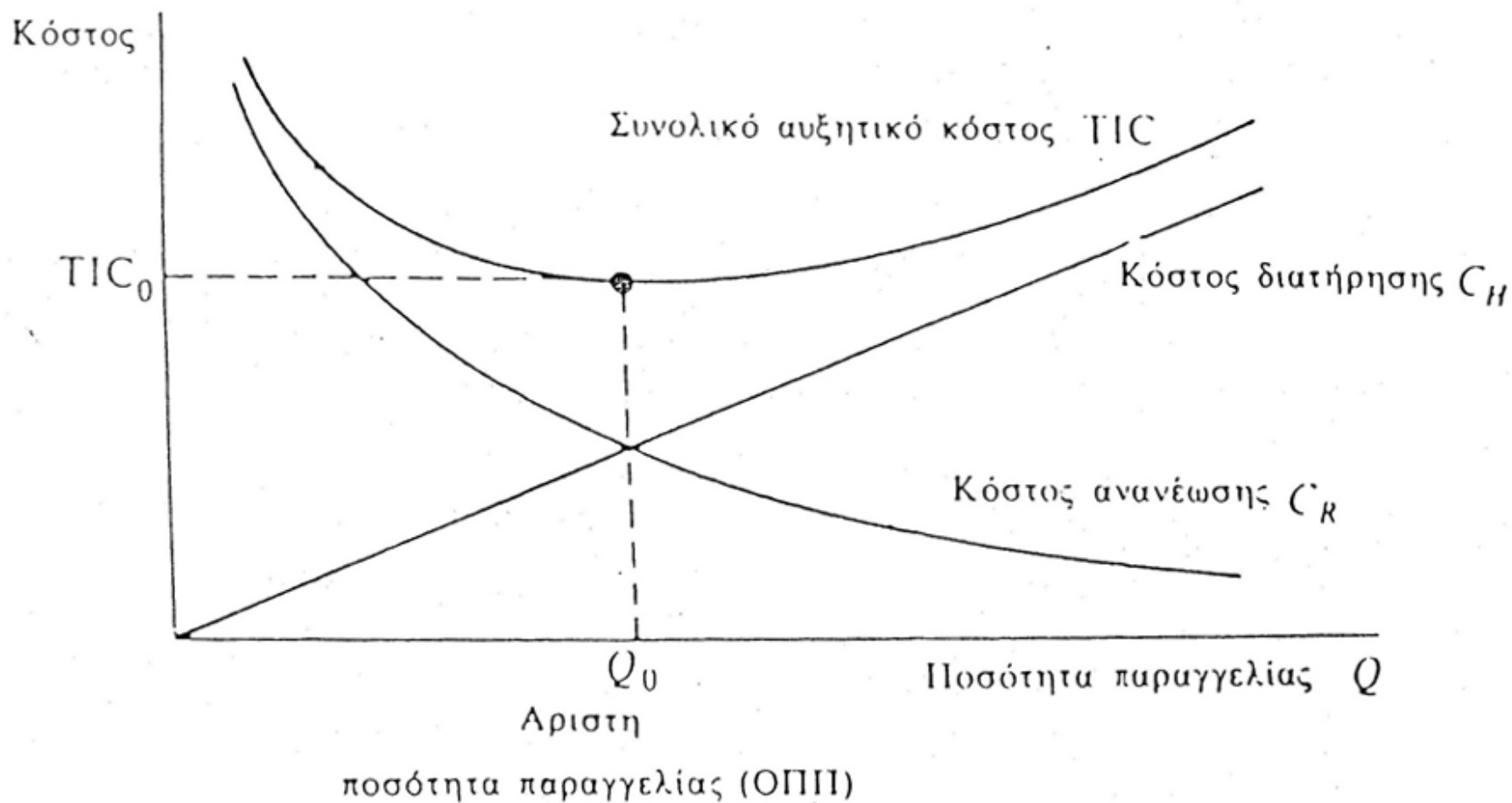
- **Οικονομικής Ποσότητας Παραγγελίας (EOQ).**
- **Οικονομικής Παρτίδας Παραγωγής (EBQ).**

Τα μοντέλα αυτά παρουσιάζουν τα ακόλουθα **κοινά χαρακτηριστικά**:

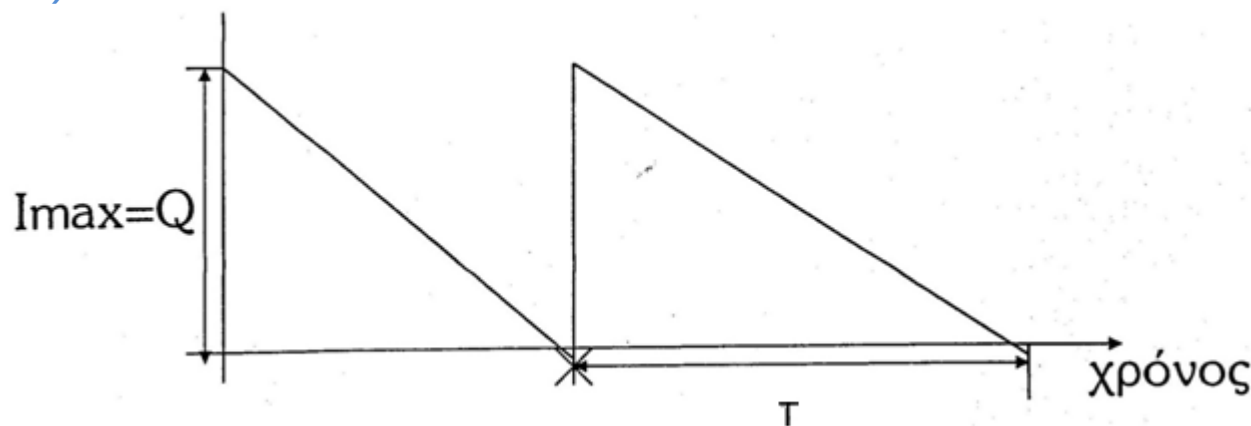
- Έχουν στόχο την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους αποθέματος,
- Η ζήτηση ανά μονάδα χρόνου είναι σταθερή και προσδιορίζεται εξωγενώς για το σύστημα (από την αγορά),
- Ο χρόνος εκτέλεσης παραγγελίας είναι σταθερός,
- Δεν υπάρχουν φυσικοί περιορισμοί λειτουργίας,
- Το κόστος έλλειψης είναι πολύ μεγάλο (άπειρο),
- Η τιμή μονάδας αγοράς δεν επηρεάζεται από την ποσότητα παραγγελίας.

Σε όλα τα μοντέλα ζητούμε να προσδιορίσουμε πότε και πόσο πρέπει να παραγγέλνουμε ώστε το σύστημα να λειτουργεί με το ελάχιστο συνολικό κόστος αποθέματος.

ΑΠΛΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ



ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ (ECONOMIC ORDER QUANTITY)



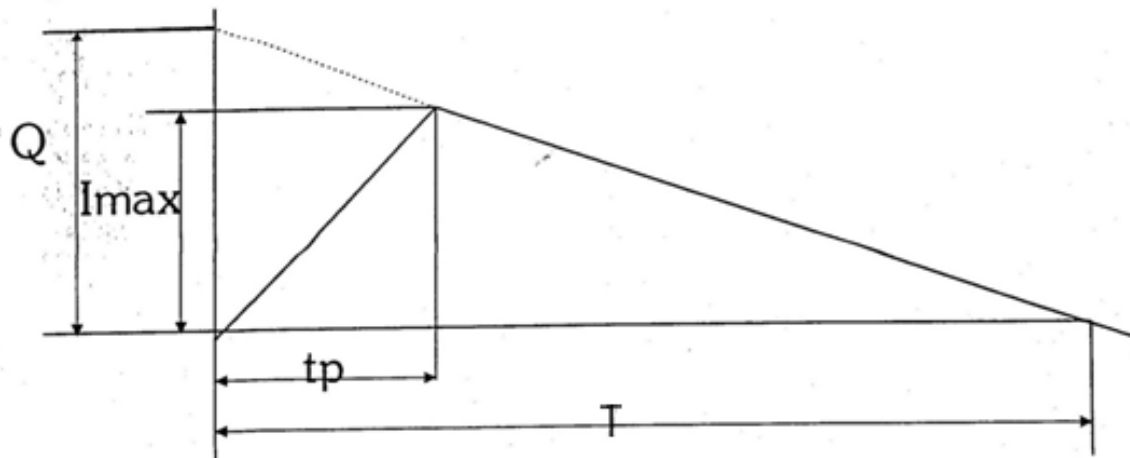
Από το σχήμα έχουμε: $I_H = \frac{I_{\max}}{2} = \frac{Q}{2}$ $N = \frac{D}{Q}$ Άρα: $TIC = c_H \frac{Q}{2} + c_R \frac{D}{Q}$

Για να βρούμε το ελάχιστο, παραγωγίζουμε ως προς Q και εξισώνουμε με 0:

$$\frac{\partial TIC}{\partial Q} = \frac{c_H}{2} - c_R \frac{D}{Q^2} = 0 \Rightarrow Q^* = \sqrt{\frac{2c_R D}{c_H}}$$

Το βέλτιστο κόστος είναι: $TIC^* = \sqrt{2c_H c_R D}$

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΑΡΤΙΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (ECONOMIC BATCH QUANTITY)



Συνολικό κόστος:
$$TIC = \frac{Q}{2} \left(1 - \frac{D}{p} \right) c_H + \frac{D}{Q} c_R$$

Βέλτιστη ποσότητα:
$$Q^* = \sqrt{\frac{2c_R D}{c_H \left(1 - \frac{D}{p} \right)}}$$

Βέλτιστο κόστος:
$$TIC^* = \sqrt{2c_H c_R D \left(1 - \frac{D}{p} \right)}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ

Το τμήμα για τη συντήρηση των εγκαταστάσεων και κτιρίων ενός πανεπιστημίου χρειάζεται 3600 κιλά χρώμα για την ετήσια προγραμματισμένη συντήρηση και βαφή των αιθουσών και εξωτερικών τοίχων. Το κόστος ανά παραγγελία είναι ίσο προς 9 ευρώ και το κόστος διατήρησης αποθέματος μίας μονάδας (δηλ. ενός κιλού) ετησίως είναι 25% της επένδυσης σε απόθεμα. Η τιμή ανά κιλό χρώματος βαφής είναι 8 ευρώ. Ο διευθυντής του τμήματος επιθυμεί να προσδιορίσει πότε και σε τι ποσότητα θα πρέπει να γίνεται η κάθε παραγγελία για την ανανέωση του αποθέματος.

Λύση

Θα χρησιμοποιήσουμε τις σχέσεις που σχετίζονται με το μοντέλο EOQ. Για τον σκοπό αυτό έχουμε:

$$c_H = 8 \text{ €} * 25\% = 2 \text{ €}.$$

$$c_R = 9 \text{ €} / \text{παραγγελία}.$$

$$D = 3.600 \text{ κιλά/έτος}.$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ

Υπολογίζουμε καταρχήν την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot C_R \cdot D}{C_H}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9 \cdot 3600}{2}} = 180 \text{ κιλά.}$$

Το συνολικό λειτουργικό κόστος αποθέματος είναι:

$$TIC^* = \sqrt{2 \cdot C_H \cdot C_R \cdot D} = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 9 \cdot 3600} = 360 \text{ € / έτος}$$

Σε περίπτωση που η επιχείρηση χρησιμοποιούσε παρτίδα παραγγελίας $Q'=300$ μονάδες, το λειτουργικό κόστος αποθέματος θα ήταν:

$$TIC = C_H \frac{Q}{2} + C_R \frac{D}{Q} = 2 \frac{300}{2} + 9 \frac{3600}{300} = 408 \text{ € / έτος}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ

Άρα: για μια απόκλιση της παρτίδας παραγγελίας από το βέλτιστο της τάξης:

$$\Delta Q = \frac{300 - 180}{180} \times 100 = 66.6\%$$

Υπάρχει αύξηση κόστους της τάξης:

$$\Delta(TIC) = \frac{408 - 360}{360} \times 100 = 13.3\%$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Ο ρυθμός ζήτησης για ένα εξάρτημα είναι 6.400 μονάδες ετησίως. Το εξάρτημα παράγεται με ρυθμό 128 μονάδες ημερησίως. Το κόστος προετοιμασίας παραγωγής είναι 3€ και το μοναδιαίο κόστος διατήρησης αποθέματος είναι 0,4€ ετησίως. Ζητείται η παρτίδα παραγωγής που θα επιτρέψει στην επιχείρηση να παράγει με το ελάχιστο κόστος. Θεωρήστε δεδομένο ότι η επιχείρηση εργάζεται 250 ημέρες ετησίως.

Λύση

Θα χρησιμοποιήσουμε τις σχέσεις που σχετίζονται με το μοντέλο EBQ. Για τον σκοπό αυτό έχουμε:

$$c_H = 0,4 \text{ € /έτος.}$$

$$c_R = 3 \text{ € /παρτίδα.}$$

$$D = 6.400 \text{ μονάδες/έτος.}$$

$$P = 128 \cdot 250 = 32.000 \text{ μονάδες/έτος.}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Υπολογίζουμε καταρχήν την βέλτιστη παρτίδα παραγωγής:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2c_R D}{c_H \left(1 - \frac{D}{p}\right)}} = 346 \text{ μονάδες/παρτίδα.}$$

Το συνολικό λειτουργικό κόστος αποθέματος είναι:

$$TIC^* = \sqrt{2c_H c_R \left(1 - \frac{D}{p}\right) D} = 110,85 \text{ € / έτος}$$

Σε περίπτωση που η επιχείρηση χρησιμοποιούσε παρτίδα παραγωγής $Q'=500$ μονάδες, το λειτουργικό κόστος αποθέματος θα ήταν:

$$TIC = c_H \left(1 - \frac{D}{p}\right) \frac{Q'}{2} + c_R \frac{D}{Q'} = 0,4 \left(1 - \frac{6.400}{32.000}\right) \frac{500}{2} + 3 \frac{6.400}{500} =$$

$$TIC' = 80 + 38,4 = 118,4 \text{ € / έτος}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Άρα: για μια απόκλιση της παρτίδας παραγωγής από το βέλτιστο της τάξης:

$$\Delta Q = \frac{500 - 346}{346} = 44,5 \%$$

Υπάρχει αύξηση κόστους της τάξης:

$$\Delta TIC = \frac{118,4 - 110,85}{110,85} = 6,8 \%$$