



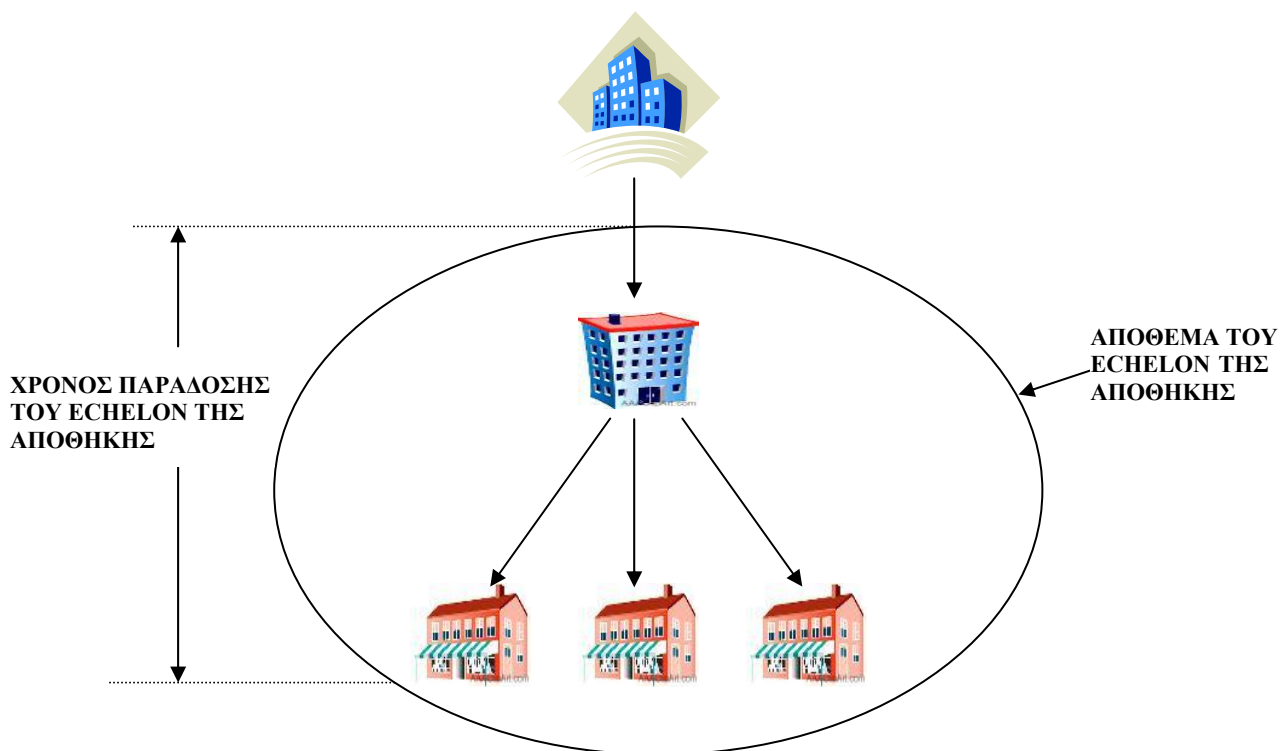
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

# “MULTIECHELON INVENTORY POLICIES”

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΒΙΔΑΛΗΣ ΜΙΧΑΗΛ



Πανουσοπούλου Παγώνα: Α.Μ. 213/02/030

Χίος, Ακαδημαϊκό Έτος 2003 -2004

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<i>Εισαγωγή</i>	4
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	5
1. Τι είναι η εφοδιαστική αλυσίδα;	5
2. Δομή Εφοδιαστικής Αλυσίδας	6
1. Στοιχεία Δομής	7
Συντελεστές Παραγωγής	7
Συντελεστές Μεταφοράς	8
2. Στοιχεία ελέγχου	9
Έλεγχος Αποθεμάτων	9
Έλεγχος Ζήτησης	10
Έλεγχος Προμηθευτών	11
Έλεγχος ροής	11
Έλεγχος πληροφοριών	12
3. Τι είναι η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας;	12
4. Γιατί είναι σημαντική η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας;	16
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	18
1. Το πρόβλημα των αποθεμάτων	18
2. Λόγοι για τη διατήρηση αποθεμάτων	19
3. Παράγοντες που επιδρούν στην πολιτική αποθεμάτων	21
4. Προσδιορισμός της βέλτιστης πολιτικής αποθεμάτων	21
5. Διαχωρισμοί στις πολιτικές αποθεμάτων	23
6. Αποθέματα κατά κλιμακωτή διάταξη (multiechelon inventories)	24
7. Δομή και συντονισμός στα multiechelon συστήματα	26
8. Σημασία της πληροφορίας στα multiechelon συστήματα & στο SCM	27
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	29
1. Ζήτηση → Παράγοντας στη λήψη Αποφάσεων Διαχείρισης Αποθεμάτων.	29
1. Καθορισμένη ζήτηση	29
Διαδοχικά σημεία αποθεμάτων με συγκεκριμένο επίπεδο ζήτησης.	29
2. Αποτελέσματα για την περίπτωση της σταθερής σε κάποιο επίπεδο ζήτησης.	32
3. Multiechelon σημεία αποθεμάτων με ζήτηση να ποικίλει στο χρόνο.	33
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	35
1. Στοχαστική Ζήτηση (Probabilistic Demand)	35
1. Το σύστημα Ελέγχου με βασικό απόθεμα (base stock)	39
2. Η σειριακή κατάσταση (Serial situation)	40
3. Δενδροειδής κατάσταση (Arborescent)	41
Α. Ένα δενδροειδή σύστημα χωρίς απόθεμα στην αποθήκη του	42

B. Ένα δενδροειδή σύστημα με απόθεμα στην αποθήκη του _____	43
4. Λειτουργία ενός συστήματος push. _____	44
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> _____	<b>49</b>
<b>1. Επισκευές και ανακατασκευές προϊόντων σε δομές multiechelon.</b> _____	<b>49</b>
1. Κατάσταση Multiechelon με στοχαστική χρήση και 1 προς 1 παραγγελία. _____	50
2. Επεκτάσεις της κατάστασης επισκευής multiechelon _____	51
Indented modules _____	51
3. Ενδιαφέρουσες Περιπτώσεις. _____	52
4. Σε ποια σημεία του συστήματος πρέπει να συγκεντρώνεται το απόθεμα _____	54
5. Μεταφορές και μεταφορτώσεις «πλευρικά» στο σύστημα, από λιανοπωλητή σε λιανοπωλητή. _____	56
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b> _____	<b>57</b>
<b>CASE STUDY:</b> _____	<b>57</b>
<b>OPTIMIZER → ΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΣΤΟ MULTI-ECHELON ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ IBM ΓΙΑ ΤΟ ΚΑΛΥΤΕΡΟ ΣΕΡΒΙΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.</b> _____	<b>57</b>
1. Εισαγωγή _____	57
2. Μια σύντομη επισκόπηση του service logistics της IBM _____	59
2. PIMS (Parts inventory management Systems) _____	62
3. Προοπτικές για βελτίωση _____	63
4. Εξέλιξη του μοντέλου _____	66
5. Ανάπτυξη και εφαρμογή συστήματος _____	70
6. Η δοκιμή προ εφαρμογής _____	72
7. Δοκιμή πρακτικής εφαρμογής _____	73
8. Εφαρμογή σε εθνικό επίπεδο _____	74
9. Επίδραση _____	75
<b>Επίλογος</b> _____	<b>78</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> _____	<b>79</b>

## Εισαγωγή

Στην εργασία αυτή θα γίνει μια προσπάθεια να αναλυθεί η πολύπλοκη κατάσταση των συστημάτων που κρατούν αποθέματα κατά κλιμακωτή διάταξη (multiechelon inventories) σε πολλές τοποθεσίες. Αρχικά θα εξηγηθούν κάποιες έννοιες, απαραίτητες για την κατανόηση της αλυσίδας εφοδιασμού και της διαχείρισής της, μέρος της οποίας είναι και το συγκεκριμένο σύστημα. Στη συνέχεια θα γίνει περιγραφή του προβλήματος των αποθεμάτων και αναφορά όλων των παραμέτρων που κάνουν ουσιαστική τη σωστή διαχείρισή τους καθώς και πώς καθορίζεται η πολιτική αποθήκευσης που θα ακολουθήσει κάθε επιχείρηση προς τους προμηθευτές και τους πελάτες της. Ερωτήματα βασικά όπως το πότε θα γίνει η παραγγελία και τι ποσότητα θα πρέπει να παραγγελθεί κάθε φορά είναι καθοριστικής σημασίας και θα δούμε κάποιες προσεγγίσεις που έχουν γίνει από συγγραφείς που έχουν εξετάσει περιπτώσεις τέτοιων συστημάτων. Βασικές παράμετροι που πρέπει να εξετάζονται με τα συστήματα κατά κλιμακωτή διάταξη είναι αυτή της ζήτησης και αυτή της πληροφορίας και ανάλογα με το τι μορφή έχουν καθορίζουν άλλη πολιτική και άλλη αντιμετώπιση. Στο τέλος θα δοθούν κάποιες επεκτάσεις και για περιπτώσεις όπου έχουμε επιστρεφόμενο για κάποιο λόγο προϊόν το οποίο είτε πρέπει να ανακατασκευαστεί είτε να αχρηστευτεί, καθώς και κάποιες ενδιαφέρουσες προεκτάσεις για περαιτέρω προβληματισμό. Τέλος θα αναλυθεί μια περίπτωση της εταιρείας IBM για να δούμε κάποια οφέλη εφαρμογής συγκεκριμένης πολιτικής σε κάποιο σύστημα multiechelon.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

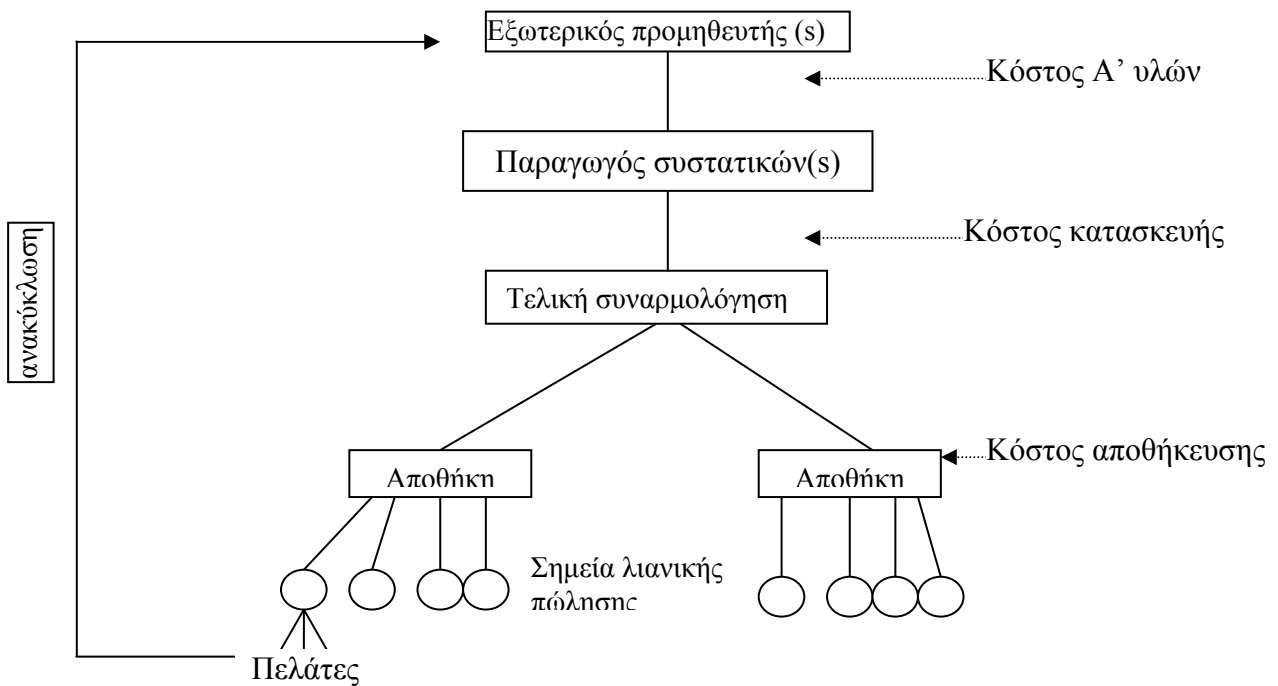
Οι μάνατζερς τελευταία αναλαμβάνουν το ρόλο εκείνο του «διαιτητή» που πρέπει με κατάλληλες ενέργειες να αμβλύνουν την ένταση εκείνη που δημιουργείται από την μια πλευρά των πελατών, λόγω της ζήτησης για ποιοτικότερα, συνεχώς εξελισσόμενα και φθηνότερα προϊόντα και από την άλλη από την ανάγκη της επιχείρησης για ανάπτυξη και κέρδος, το οποίο σημαίνει μείωση των εξόδων και εξοικονόμηση πόρων, με ταυτόχρονη ικανοποίηση των συνεχών αυξημένων απαιτήσεων που δημιουργούνται στην αγορά. Πολλοί κατάλαβαν ότι μπορούν να κρατήσουν τις ισορροπίες με τη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού ως μιας στρατηγικής μεταβλητής.

## 1. Τι είναι η εφοδιαστική αλυσίδα;

Σε μια συνήθη εφοδιαστική αλυσίδα ακατέργαστα υλικά αποκτιούνται, προϊόντα παράγονται σε ένα ή περισσότερα εργοστάσια, φορτώνονται με προορισμό αποθήκες για ενδιάμεση αποθήκευση και τέλος μεταφέρονται σε λιανοπωλητές ή πελάτες. Η αλυσίδα εφοδιασμού που ονομάζεται και πολλές φορές και δίκτυο εφοδιασμού (logistics network) αποτελείται από προμηθευτές, βιομηχανικά κέντρα, αποθήκες, σημεία διανομής και σημεία πώλησης. Μέσα σε αυτό ακατέργαστα υλικά, προϊόντα υπό εξέλιξη και ολοκληρωμένα προϊόντα ρέουν μεταξύ των εγκαταστάσεων.

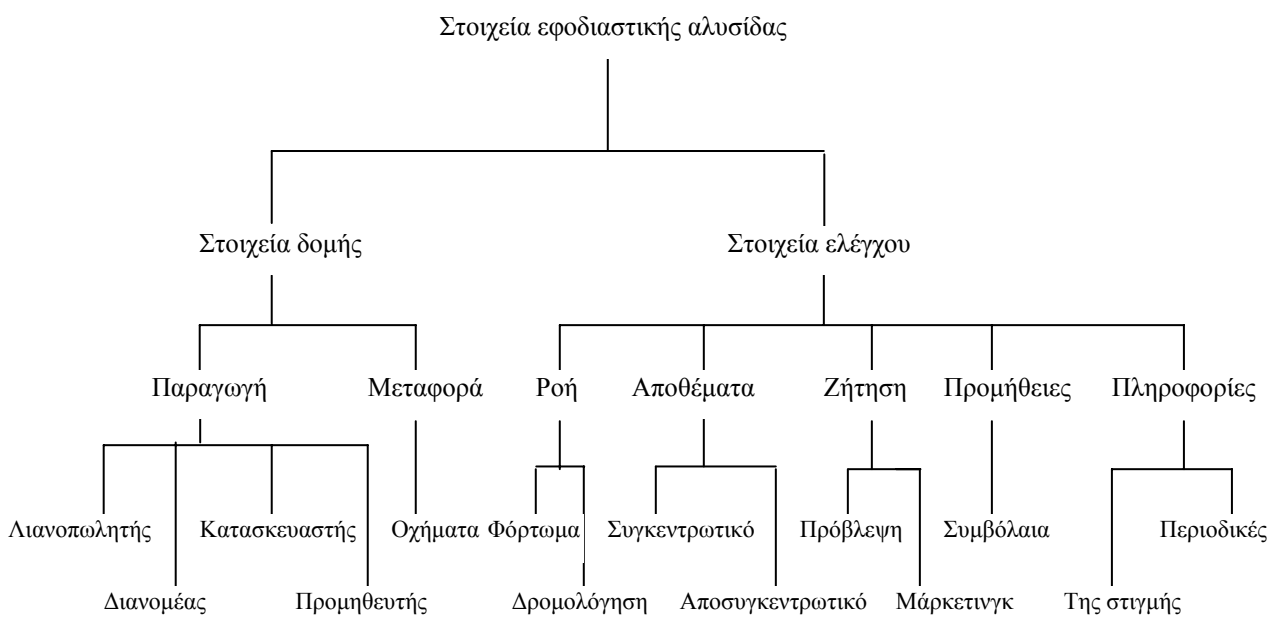
Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται σχηματικά η εφοδιαστική αλυσίδα ώστε να γίνουν κατανοητά τα επίπεδα που οι μάνατζερς πρέπει να λάβουν υπόψιν τους στη διαχείριση αυτή. Ως echelon στην εφοδιαστική αλυσίδα ορίζεται ένας κόμβος με όλους τους υπόλοιπους κόμβους που βρίσκονται προς την τελική ζήτηση του πελάτη (π.χ η αποθήκη, τα σημεία λιανικής πώλησης και οι πελάτες στο σχήμα 1 αποτελούν ένα echelon της αλυσίδας). Κάθε συγκεκριμένο echelon, έχει μπροστά του και πίσω του κάποια άλλα echelons τα οποία ονομάζονται downstream και upstream. Π.χ για το echelon της τελικής συναρμολόγησης (το οποίο περιλαμβάνει την τελική συναρμολόγηση, τις αποθήκες, τα σημεία λιανικής πώλησης και τους πελάτες) το downstream echelon είναι αυτό που περιλαμβάνει τις αποθήκες, τα σημεία λιανικής πώλησης και τους πελάτες, ενώ το upstream echelon είναι αυτό που περιλαμβάνει

τον παραγωγό των συστατικών, την τελική συναρμολόγηση, τις αποθήκες, τα σημεία λιανικής πώλησης και τους πελάτες.



**Σχήμα 1.1: Σχηματικά η εφοδιαστική αλυσίδα**

## 2. Δομή Εφοδιαστικής Αλυσίδας



**Σχήμα 1.2: Διαγραμματικά η δομή της Εφοδιαστικής Αλυσίδας**

## 1. Στοιχεία Δομής

Τα στοιχεία αυτά εμπλέκονται στην παραγωγή και στη μεταφορά των προϊόντων. Παρακάτω αναλύονται τα στοιχεία αυτά ώστε να γίνει κατανοητό ότι η σωστή τοποθέτηση τους, αποτελεί σημαντικό θέμα στη διαμόρφωση της εφοδιαστικής αλυσίδας και αποδεικνύεται στρατηγικής σημασίας για την πορεία της εταιρείας. Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά τα στοιχεία αυτά:

### Συντελεστές Παραγωγής

Οι συντελεστές παραγωγής χρησιμοποιούν τα στοιχεία ελέγχου αποθεμάτων για να διευθύνουν τα αποθέματά τους, τα συμβόλαια με downstream οντότητες για έλεγχο εφοδιασμού, τα στοιχεία ελέγχου ροής για την φόρτωση και την εκφόρτωση των προϊόντων, και μπορεί να χρησιμοποιήσουν και στοιχεία ελέγχου πληροφοριών από άλλες οντότητες στην εφοδιαστική αλυσίδα.

- **Λιανοπωλητής:** Πρόκειται για αυτόν από τον οποίο αγοράζει τα προϊόντα ο πελάτης. Εδώ κυριότερο σημείο είναι η μείωση του κύκλου παράδοσης της παραγγελίας του πελάτη και η ελαχιστοποίηση των αποθεμάτων. Οι παραπάνω αναφερόμενοι στόχοι καθορίζουν τις επιδιώξεις και τις προτεραιότητες του συγκεκριμένου συντελεστή, τα οποία χρησιμοποιούνται καθ'όλη τη διάρκεια της συνεχούς εισόδου μηνυμάτων. Όταν μια παραγγελία πελάτη για ένα προϊόν παραληφθεί, αυτόματα έχει καθορισθεί ποιο προϊόν έχει παραγγελθεί. Το προϊόν πακετάρεται και αποστέλλεται στον πελάτη, εάν είναι διαθέσιμο ως απόθεμα, διαφορετικά η παραγγελία προστίθεται στην ουρά (που υπάρχει για το συγκεκριμένο προϊόν) σύμφωνα με τις προτεραιότητες. Όταν το προϊόν παραλαμβάνεται από το κέντρο διανομής ή από το εργοστάσιο κατασκευής του, η παραγγελία μετακινείται από την ουρά και το προϊόν αποστέλλεται στον πελάτη. Πολλές φορές, οι παραγγελίες που δίνονται είναι για περισσότερα από ένα προϊόντα, οπότε και η όλη διαδικασία γίνεται πιο πολύπλοκη. Τα στοιχεία του μάρκετινγκ χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν τη ζήτηση που δημιουργείται από τους πελάτες.
- **Κέντρο Διανομής:** Ένα κέντρο διανομής εμπλέκεται στη λήψη προϊόντων από το εργοστάσιο και είτε τα αποθηκεύει είτε τα στέλνει αμέσως στο λιανοπωλητή (η γνωστή λειτουργία cross-dock). Η κύρια επιδίωξη εδώ είναι να μειωθεί το απόθεμα

και να μεγιστοποιηθεί το μέγεθος των προϊόντων που διακινούνται. Σε ένα κλασικό κέντρο διανομής τα προϊόντα έρχονται από το εργοστάσιο και αποθηκεύονται στις αποθήκες. Όταν οι παραγγελίες έρχονται από τον λιανοπωλητή, τα σχετικά προϊόντα μεταφέρονται από της αποθήκες και στέλνονται για φόρτωση και αποστολή. Μια διαφορετική περίπτωση είναι το κέντρο cross-dock όπου δεν υπάρχει αποθηκευτικός χώρος. Τα προϊόντα ξεφορτώνονται από τα φορτηγά αμέσως μετά την άφιξη τους από το εργοστάσιο και φορτώνονται σε άλλα φορτηγά με προορισμό διαφορετικούς λιανοπωλητές.

- **Εργοστάσιο:** Πρόκειται για το χώρο όπου γίνεται συναρμολόγηση / παραγωγή του προϊόντος καταλήγοντας στην τελική του μορφή. Εδώ η πρωταρχική σημασία έχει η έγκαιρη προμήθεια των εξαρτημάτων, η αποτελεσματική διαχείριση των αποθεμάτων καθώς και η διαδικασία κατασκευής του προϊόντος. Κάθε προϊόν έχει κάποια σχετιζόμενα μεταξύ τους υλικά (bill of materials BOM). Η κατασκευή μπορεί να βασιστεί είτε στο μηχανισμό ‘Pull’ είτε σε μηχανισμό ‘Push’. Στην πρώτη περίπτωση τα προϊόντα κατασκευάζονται μόνο όταν γίνει λήψη της παραγγελίας ενώ στην δεύτερη περίπτωση τα προϊόντα κατασκευάζονται ανάλογα με την πρόβλεψη ζήτησης.
- **Εξωτερικοί προμηθευτές:** Είναι αυτοί οι οποίοι προμηθεύουν τα διάφορα εξαρτήματα και Α’ ύλες στο εργοστάσιο. Στόχος τους είναι οι λίγες αλλαγές στο χρόνο εκπλήρωσης των παραγγελιών και τα χαμηλά αποθέματα. Η λειτουργία τους χαρακτηρίζεται από συμβόλαια προμηθευτών τα οποία καθορίζουν το χρόνο αναπαραγγελίας, την ελαστικότητα για την επίλυση κάποιων έκτακτων προβλημάτων, την κοινή διαχείριση κάποιων εξόδων καθώς και την ανταλλαγή πληροφοριών που έχουν να κάνουν με τον τελικό πελάτη.

### Συντελεστές Μεταφοράς

- **Μεταφορικά οχήματα:** Μεταφέρουν τα προϊόντα από τον έναν κόμβο στον άλλο. Κάθε όχημα έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όσον αφορά την χωρητικότητα και την ταχύτητα. Χρησιμοποιούνται στοιχεία ελέγχου ροής για να καθορισθεί και το ανάλογο δρομολόγιο. Η διαδρομή αυτή καθορίζεται από τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες σχετικά με τις πληροφορίες που υπάρχουν για τον προορισμό των προϊόντων που είναι φορτωμένα στο κάθε όχημα. Οι πληροφορίες αυτές είναι σημαντικές γιατί ανάλογα με τον προορισμό του κάθε προϊόντος μπορούν να



γίνουν συνδυασμοί συμφορτώσεων ή μεταφορτώσεων που θα ωφελήσουν όλη τη διακίνηση.

## **2. Στοιχεία ελέγχου**

Τα στοιχεία ελέγχου διευκολύνουν την παραγωγή και μεταφορά των προϊόντων μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η επιλογή των κατάλληλων στοιχείων ελέγχου είναι ο αντικειμενικός στόχος προβλημάτων που σχετίζονται με τα διάφορα συμβόλαια που συνάπτονται στην εφοδιαστική αλυσίδα. Ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή των στοιχείων αυτών.

### Έλεγχος Αποθεμάτων

Τα στοιχεία αυτά αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ελέγχουν τη ροή των υλικών μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα και είναι κυρίως δυο ειδών – στοιχεία που ελέγχουν συγκεντρωτικά και στοιχεία που ελέγχουν αποκεντρωτικά.

- **Συγκεντρωτικός έλεγχος:** Οι μηχανισμοί ελέγχου, ελέγχουν τα αποθέματα σε συγκεκριμένο σημείο παραγωγής ενώ ταυτόχρονα λαμβάνουν υπόψιν τα επίπεδα αποθέματος στο σύνολο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ένα τυπικό παράδειγμα ελέγχου αποθεμάτων είναι αυτό που στηρίζεται στην αποθεματοποίηση κατά echelon. Σύμφωνα με αυτή την πολιτική, ο έλεγχος αποθεμάτων γίνεται λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα upstream αποθέματα. Απαραίτητη προϋπόθεση για λειτουργήσει μια τέτοια πολιτική είναι η δυνατότητα πρόσβασης σε αποθηκευτικά επίπεδα σε άλλες οντότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- **Αποκεντρωτικός έλεγχος:** Και εδώ ο έλεγχος στα αποθέματα γίνεται σε συγκεκριμένο στοιχείο παραγωγής, λαμβάνοντας υπόψιν τα επίπεδα αποθέματος μόνο στη συγκεκριμένη οντότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τυπικά παραδείγματα τέτοιων πολιτικών είναι: η πολιτική base-stock, η DRP-based (Distribution Requirement Planning) - χωρίς πληροφόρηση για την κατάσταση των αποθεμάτων στα άλλα επίπεδα - καθώς και τις πολιτικές (s,S) και (Q,R). Αυτές οι πολιτικές χρησιμοποιούνται και στο συγκεντρωτικό έλεγχο απλά τα επίπεδα αποθέματος υπολογίζονται με βάση το απόθεμα στο echelon. Στην πολιτική base-stock οι παραγγελίες δίνονται μόλις το επίπεδο αποθέματος κατέβει κάτω από το επίπεδο της βάσης αποθέματος για να το φέρει πάλι στο επιθυμητό

επίπεδο. Στις άλλες δύο πολιτικές η παραγγελία γίνεται όταν τα επίπεδα αποθέματος φτάνουν κάτω από το  $s$  (ή το  $R$ ) με σκοπό το απόθεμα να φτάσει στο επίπεδο  $S$  ( $Q+R$ ).

### Έλεγχος Ζήτησης

Η διαδικασία ζήτησης μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα αποτελείται από την πραγματική ζήτηση και από τις προβλέψεις. Οι παραγγελίες περιλαμβάνουν πληροφορίες : ανάλογα με τον τύπο των προϊόντων που παραγγέλλονται, τον αριθμό των προϊόντων που ζητούνται, τον προορισμό στον οποίο το προϊόν αποστέλλεται και την ημερομηνία που πρέπει να εκτελεσθεί η παραγγελία. Δυο είναι τα σημαντικά στοιχεία ελέγχου της ζήτησης:

- **Στοιχείο Μάρκετινγκ:** Ένα από τα σημαντικά σημεία της διαχείρισης του προϊόντος είναι το πόσο «καλά» αυτό προβάλλεται στους καταναλωτές. Υπάρχουν άπειρες τακτικές για την αύξηση της ζήτησης σε συγκεκριμένο προϊόν. Στις τακτικές αυτές περιλαμβάνονται η διαφήμιση, κάποιες εκπτώσεις, κουπόνια και εποχιακές πωλήσεις. Το στοιχείο μάρκετινγκ παρέχει ένα μηχανισμό που μπορεί να προσθέσει πρόσθετη ζήτηση στα προϊόντα. Η αύξηση στη ζήτηση μπορεί να είναι εποχική, τυχαία, ή μόνιμη. Αυτό το στοιχείο μας επιτρέπει να γνωρίσουμε στρατηγικές μάρκετινγκ οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εφοδιαστική αλυσίδα. Βέβαια περιορίζεται η χρήση αυτού του στοιχείου μόνο στους λιανοπωλητές λόγω των άμεσων επιπτώσεων που μπορεί να έχει στη ζήτηση όπως αυτή είναι γνωστή σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα (για κάποιο λόγο το φαινόμενο παρουσιάζεται μόνο στους τελικούς πελάτες. Η ζήτηση μπορεί να επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες χωρίς να παίζει ρόλο όμως το στοιχείο μάρκετινγκ.
- **Στοιχείο Πρόβλεψης:** Τα στοιχεία αυτά καθορίζουν πως οι προβλέψεις δημιουργούνται μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα και πως αναπτύσσονται στη διάρκεια του χρόνου. Σε ένα σύστημα 'Push' η εξέλιξη των προβλέψεων παίζει σημαντικό ρόλο επειδή οι αποφάσεις που αφορούν το πρόγραμμα παραγωγής βασίζονται στις προβλέψεις της ζήτησης. Όσο μεγαλύτερη η ανακρίβεια της πρόβλεψης τόσο μεγαλύτερη και πιο αποτυχημένη η κάλυψη των προϊόντων που ζητούνται από τα προϊόντα που παρήχθησαν, γεγονός που οδηγεί στην αύξηση των αποθηκευτικών κοστών. Σε ένα σύστημα 'Pull' τα προϊόντα δημιουργούνται ανάλογα με τη ζήτηση, παρόλα αυτά όμως η ακρίβεια της ζητούμενης ποσότητας παίζει

σημαντικό ρόλο στην προμήθεια των Α' υλών και στον προγραμματισμό της παραγωγικής διαδικασίας.

### Έλεγχος Προμηθευτών

Τα στοιχεία ελέγχου προμήθειας υποδεικνύουν όρους και προϋποθέσεις για την παραλαβή των υλικών (Α' υλών) όταν οι παραγγελίες για τα τελικά προϊόντα δοθούν. Τα συμβόλαια είναι μια μόνο μορφή ελέγχου προμηθευτών. Τέτοια συμβόλαια περιλαμβάνουν πληροφορίες για την τιμή των Α' υλών, τη χρονική περίοδο ισχύς του, τον όγκο που πρέπει να αγοραστεί μέχρι τη λήξη του, κυρώσεις σε περίπτωση αθέτησης κάποιου από τους όρους, το χρόνο παράδοσης των προϊόντων μετά τη λήψη της παραγγελίας, την ελαστικότητα που δίνεται στον αγοραστή να αλλάξει τις ζητούμενες προβλέψεις κατά τη διάρκεια του συμβολαίου, καθώς και τύπους ελέγχου πληροφοριών που μπορεί να χρησιμοποιηθούν. Τα συμβόλαια προμηθευτών μπορεί να διαφέρουν στα χαρακτηριστικά τους και η διαλλακτικότητα τους εξαρτάται από το εάν ο προμηθευτής και το προϊόν ανήκουν στον ίδιο οργανισμό ή όχι.

### Έλεγχος ροής

Τα στοιχεία του ελέγχου ροής ρυθμίζουν τη ροή προϊόντων μεταξύ των στοιχείων παραγωγής και μεταφοράς. Υπάρχουν δυο ειδών στοιχεία ελέγχου:

- **Στοιχεία φόρτωσης:** Εδώ ελέγχεται ο τρόπος φόρτωσης και εκφόρτωσης που χρησιμοποιείται στα διάφορα μεταφορικά μέσα. Αυτός ο έλεγχος διαφέρει ανάλογα με το είδος των προϊόντων που είναι κάθε φορά να φορτωθούν. Για παράδειγμα, είναι διαφορετικές οι προδιαγραφές εάν τα προϊόντα φορτώνονται για ένα σταθερό κέντρο διανομής από το αν φορτώνονται για ένα κέντρο cross-dock.
- **Στοιχείο δρομολόγησης:** Τα στοιχεία αυτά ελέγχουν τη σειρά με την οποία παραδίδονται τα προϊόντα. Η διαδρομή που ακολουθούν τα διάφορα μεταφορικά μέσα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την απόσταση στην οποία τα προϊόντα μεταφέρονται. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι από αυτή την έννοια η δρομολόγηση έχει κάποια δυναμική. Η απόφαση του δρομολογίου μπορεί να γίνει κάτω από τη λογική είτε του συγκεντρωτικού είτε του αποκεντρωτικού συστήματος, ανάλογα με την πληροφόρηση που είναι διαθέσιμη.

### Έλεγχος πληροφοριών

Πρόκειται για στοιχεία που είναι απαραίτητα για το συντονισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας. Υπάρχουν δυο ροές πληροφοριών:

- **Άμεσης πρόσβασης:** Η μετάδοση τέτοιων πληροφοριών αναφέρεται σε ακαριαία μετάδοση της πληροφορίας. Παραδείγματα είναι η αλλαγή του προγράμματος παραγωγής, λόγω κάποιων βλαβών στις μηχανές.
- **Περιοδικές:** Τέτοιες πληροφορίες μπορούν να σταλθούν είτε από στοιχεία παραγωγής είτε από στοιχεία μεταφοράς και αναφέρονται σε αλλαγές της στρατηγικής της επιχείρησης, σε αυξήσεις των τιμών, είσοδο στην επιχείρηση νέων υπηρεσιών ή χαρακτηριστικών των προϊόντων.

### **3. Τι είναι η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας;**

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ένα σύνολο μεθόδων που χρησιμοποιούνται με στόχο την αποδοτική ολοκλήρωση – σύνδεση μεταξύ των προμηθευτών, παραγωγών, αποθηκευτών και πωλητών έτσι ώστε τα παραγόμενα εμπορεύματα να διανέμονται στις σωστές ποσότητες, στα κατάλληλα σημεία, στον κατάλληλο χρόνο, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται τα ολικά κόστη εντός του συστήματος (αλυσίδας) ενώ παράλληλα να επιτυγχάνονται τα επίπεδα εξυπηρέτησης.

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ένα τεράστιο θέμα και καλύπτει πολλές πρακτικές, ενώ απασχολεί πολλά ποσοτικά και ποιοτικά εργαλεία. Είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη διαχείριση της ροής των υλικών των πληροφοριών και των χρηματικών ροών σε ολόκληρη εφοδιαστική αλυσίδα, από τους προμηθευτές και τους παραγωγούς μέχρι τους τελικούς πελάτες.

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει αποκτήσει μεγαλύτερο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια για πολλούς λόγους. Πολλοί μάνατζερς πρόσφατα αντιλαμβάνονται ότι οι αποφάσεις που παίρνονται από ένα μέλος της αλυσίδας μπορούν να επηρεάσουν την αποδοτικότητα όλων των άλλων μελών στην αλυσίδα. Οι εταιρίες αρχίζουν να δίνουν έμφαση στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας τους, αντιλαμβάνοντάς την περισσότερο ως ένα μέρος της εφοδιαστικής τους αλυσίδας σε σχέση με άλλες εφοδιαστικές αλυσίδες και όχι απλώς ως μια εταιρεία που ανταγωνίζεται τις υπόλοιπες εταιρείες. Επίσης καθώς οι εταιρείες

διαμορφώνουν με επιτυχία τις λειτουργίες τους, το επόμενο «κενό» για βελτίωση βρίσκεται μέσα στην καλύτερη οργάνωση των πελατών και των προμηθευτών. Το κόστος του φτωχού συντονισμού μπορεί να είναι πολύ μεγάλο.

Ο αριθμός των εταιρειών που θεωρούν τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ως το κυριότερο κλειδί στο σύγχρονο ανταγωνισμό, ολοένα και αυξάνεται. Μικρές και μεγάλες επιχειρήσεις έχουν παρουσιάσει εκπληκτικά αποτελέσματα και μεγάλες μειώσεις του κύκλου προϊόντος αλλά και αύξηση της ρευστότητας τους. Αξίζει να λεχθεί ότι για κάθε μείωση \$1 σε κόστη που αφορούν την εφοδιαστική αλυσίδα αντιστοιχεί μια ανάλογη αύξηση των \$12 από το τμήμα πωλήσεων.

Η κατανόηση της αναγκαιότητας για σωστή διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι απαραίτητη για κάθε μάνατζερ και υπάρχει μεγάλη ανάγκη στο χώρο για σπεσιαλίστες στον συγκεκριμένο τομέα. Όσοι έχουν ασχοληθεί με τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας έχουν εντυπωσιαστεί από την ποικιλία και τις προκλήσεις στον συγκεκριμένο τομέα, από τη σύγχρονη τεχνολογία και το πόσο μεγάλο ρόλο παίζει στο σύνολο της οικονομίας και της παγκόσμιας αγοράς.

Για να γίνει κατανοητή η πολυπλευρικότητα της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας παρακάτω παρουσιάζεται ένας διαχωρισμός σε 12 κατηγορίες σύμφωνα με τους Johnson & Pike (2000a):

- Τοποθεσία
- Μεταφορά και Logistics
- Πολιτική αποθεμάτων και προβλέψεις
- Μάρκετινγκ και κανάλια αναδιάρθρωσης
- Διοίκηση προμηθευτών και πόρων
- Πληροφορίες και ηλεκτρονικά ενδιαμέσα περιβάλλοντα
- Σχεδιασμός προϊόντος και εισαγωγή νέων προϊόντων
- Υπηρεσίες και υποστήριξη μετά από την πώληση
- Reverse Logistics και οικολογικά θέματα
- Στρατηγικές συμμαχίες
- Θέματα παγκόσμιου ενδιαφέροντος.

*Η Τοποθεσία* αναφέρεται τόσο σε ποσοτικά όσο και ποιοτικά στοιχεία σχετιζόμενα με αποφάσεις τοποθεσίας εγκαταστάσεων. Αυτό συμπεριλαμβάνει γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα (GIS), διαφορές ανάλογα με η χώρα όπου θα γίνουν οι εγκαταστάσεις, φόρους

τελωνεία μεταφορικά κόστη και κυβερνητικούς περιορισμούς. Πολύ σημαντική επίσης είναι η παράμετρος της ισοτιμίας καθώς υπάρχουν οικονομίες και παραοικονομίες κλίμακας. Σε αυτή την κατηγορία οι αποφάσεις που θα ληφθούν θέτουν τη φυσική δομή της εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή θέτουν τα θεμέλια για τις επόμενες αποφάσεις τακτικής.

Η κατηγορία *μεταφορά και Logistics* περιλαμβάνει όλα εκείνα τα θέματα που σχετίζονται με τη ροή των αγαθών στην εφοδιαστική αλυσίδα συμπεριλαμβανομένων της αποθήκευσης και της διαχείρισης των Α΄υλών. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν και πολλές πρόσφατες τάσεις της διοίκησης μεταφορών όπως η ‘δρομολόγηση των οχημάτων’(vehicle routine) και η ‘συνένωση’(merge-in-transit). Εδώ υπάρχουν και κάποιες νέες τεχνικές στην αποθήκευση και διανομή όπως το cross docking.

Στην *πολιτική αποθεμάτων και στις προβλέψεις* ακολουθείται πιο παραδοσιακή τακτική. Τα αποθηκευτικά κόστη μπορούν πολύ εύκολα να αναγνωριστούν και να μειωθούν όταν παρουσιάζεται πρόβλημα στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Το *μάρκετινγκ και κανάλια αναδιάρθρωσης*, αποτελούν καθοριστικά στοιχεία στην όλη λογική της εφοδιαστικής αλυσίδας και καλύπτουν τον τομέα εκείνο της εξυπηρέτησης των πελατών που βρίσκονται στο παρακάτω επίπεδο(downstream customers). Ενώ η κατηγορία των αποθεμάτων ασχολείται με την ποσοτική πλευρά αυτών των σχέσεων, αυτή η κατηγορία καλύπτει τη διαχείριση των σχέσεων, διαπραγματεύσεις ακόμη και σε νομικό επίπεδο. Πιο σημαντικό από όλα όμως είναι ότι εξετάζει το ρόλο της διαχείρισης καναλιών και της δομής της εφοδιαστικής αλυσίδας υπό το πρίσμα του φαινομένου bullwhip<sup>1</sup>.

Ενώ το μάρκετινγκ επικεντρώνεται στις προς τα κάτω ροές της εφοδιαστικής αλυσίδας (downstream), η διοίκηση προμηθευτών και πόρων ασχολείται με τη ροή προς τα πάνω (upstream), προς τους προμηθευτές. Η κατηγορία τοποθεσίας καθορίζει το μέρος όπου θα δημιουργήσει η εταιρεία τις εγκαταστάσεις της, ενώ η συγκεκριμένη κατηγορία ασχολείται με την τοποθεσία του προμηθευτή της εταιρείας. Η διαχείριση της σχέσης με τους προμηθευτές ανήκει επίσης σε αυτή την κατηγορία. Πολλές εταιρείες τοποθετούν μέρος από τις προδιαγραφές που απαιτούν από τους προμηθευτές τους στην ιστοσελίδα τους ώστε να είναι προσβάσιμες σε περισσότερους προμηθευτές, άλλες πάλι, κινούμενες προς την αντίθετη κατεύθυνση μειώνουν τον αριθμό των προμηθευτών τους, φτάνοντας μάλιστα σε αρκετές περιπτώσεις στο να έχουν έναν μοναδικό προμηθευτή. Ο καθορισμός του αριθμού των προμηθευτών και η καλή σχέση με αυτούς γίνεται ολοένα και πιο σημαντικό θέμα στις εφοδιαστικές αλυσίδες.

---

<sup>1</sup> Το φαινόμενο αυτό αναλύεται στην τέταρτη υποενότητα του 2<sup>ου</sup> κεφαλαίου, σελίδα 21.

Οι πληροφορίες και τα ηλεκτρονικά ενδιάμεσα περιβάλλοντα αναφέρονται σε εφαρμογές πληροφοριακής τεχνολογίας λόγω της ανάγκης για μείωση των αποθεμάτων και την συνεχώς αυξανόμενη ηλεκτρονική διαφήμιση. Συχνά αυτό το θέμα μπορεί να χρειάζεται ένα πιο πρωτότυπο σύστημα, το οποίο να εξετάζει το ρόλο της επιστήμης των συστημάτων και των πληροφοριών μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Ο σχεδιασμός προϊόντος και εισαγωγή νέων προϊόντων ασχολείται με θέματα σχεδιασμού προτιμήσεων του πελάτη, καθυστερημένη διαφοροποίηση και προτυποποίηση καθώς και με άλλα θέματα που αφορούν την εισαγωγή νέων προϊόντων. Με την αύξηση της ποικιλίας των προϊόντων που απαιτούνται πλέον σε μια εφοδιαστική αλυσίδα μια από πολύ ενδιαφέρουσες εφαρμογές είναι η καθυστερημένη διαφοροποίηση προϊόντων. Παραδοσιακά τα προϊόντα τα οποία προορίζονται για παγκόσμιες αγορές διαμορφώνονται ανάλογα στο εργοστάσιο έτσι ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες της συγκεκριμένης αγοράς. Με τη χρήση όμως της χρονικής μετάθεσης της διαμόρφωσης το προϊόν σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να πραγματοποιείται η διαμόρφωση – διαφοροποίηση στα κανάλια διανομής της κάθε τοπικής αγοράς. Για παράδειγμα, ένα X προϊόν στη Γαλλική του έκδοση πουλάει πολύ καλά αλλά στη Γερμανική όχι. Με την προαναφερόμενη τεχνική μπορεί γρήγορα να μεταφερθεί στη Γαλλία και να διαμορφωθεί, μέσα στο κανάλι διανομής ώστε να πουληθεί στην γαλλική αγορά.

Η κατηγορία των υπηρεσιών και της υποστήριξης μετά την πώληση (after sales support), ασχολείται με ένα θέμα, συχνά παραμελημένο, το οποίο είναι η παροχή υποστήριξης συγκεντρωτικά αλλά και η παροχή ανταλλακτικών. Αρκετές κυρίαρχες στην αγορά τους εταιρείες όπως η Caterpillar και η Toyota έκτισαν τη φήμη τους με τις ικανότητές τους στον συγκεκριμένο τομέα.

*Αντίστροφα Logistics (Reverse Logistics) και οικολογικά θέματα* κερδίζουν έδαφος στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, λόγω της νομοθεσίας και της πίεσης που δημιουργείται με την αύξηση της κατανάλωσης. Οι μάνατζερς καλούνται να υιοθετήσουν τις στρατηγικές εκείνες που είναι πιο φιλικές στο περιβάλλον και πιο «ανώδυνες» για αυτό, όσον αφορά τα απόβλητα που έπεται η παραγωγή και χρήση κάποιου προϊόντος.

Οι εξωτερικές στρατηγικές συμμαχίες αναφέρονται στα αποτελέσματα που απορρέουν στην εφοδιαστική αλυσίδα από υπηρεσίες logistics από εξωτερικούς φορείς. Με τη ραγδαία ανάπτυξη των προμηθευτών υπηρεσιών εφοδιασμού, η περιοχή των τεχνολογιών και των υπηρεσιών προς εξέταση έχει διευρυνθεί αρκετά. Η συρροή σχέσεων με τους προμηθευτές αυτούς, αλλά και οι αρκετές αποτυχίες που οφείλονται στις σχέσεις αυτές, έχουν δημιουργήσει πολλά ερωτήματα για το είδος των σχέσεων αυτών στο μέλλον.

Τέλος, τα θέματα παγκόσμιου ενδιαφέροντος ασχολούνται με το πώς οι προαναφερόμενες κατηγορίες επηρεάζονται όταν οι εταιρείες δραστηριοποιούνται σε παραπάνω από μία χώρες. Για παράδειγμα θέματα όπως νόμισμα, συναλλαγματικές τιμές, φόρους και δασμούς, ναύλους, τελωνειακά θέματα, κυβερνητικές ρυθμίσεις κτλ.

#### **4. Γιατί είναι σημαντική η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας;**

Ενώ η παραδοσιακή θεωρία αποθηκών προτείνει την αύξηση του επιπέδου αποθήκης για την επίτευξη της αύξησης του επιπέδου εξυπηρέτησης, νέες καινοτόμες προσεγγίσεις επιτρέπουν στην επιχείρηση να βελτιώσει ταυτόχρονα και τους δύο προαναφερθέντες στόχους, προτείνοντας την αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Μία σημαντική επίδραση στην εφοδιαστική αλυσίδα έχουν οι στρατηγικές συνεργασίες μεταξύ των εταιρειών, ωστόσο η πολυσυνθετότητα και πολυπλοκότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας και των παραγόντων που συμμετάσχουν σε αυτή απαιτούν και την εξέταση των χαρακτηριστικών εκείνων της εφοδιαστικής αλυσίδας που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πριν από τη λήψη οποιοδήποτε απόφασης. Τα χαρακτηριστικά αυτά αναφέρονται επιγραμματικά παρακάτω:

- Η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί ένα περίπλοκο δίκτυο από εγκαταστάσεις και οργανισμούς με διαφορετικούς και συγκρουόμενους στόχους.
- Ο συντονισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας με τη ζήτηση είναι ένα πολύ σημαντικό αίτημα.
- Οι μεταβολές του συστήματος στη διάρκεια του χρόνου αποτελούν σημαντική παράμετρο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.
- Πολλά προβλήματα διαχείρισης αλυσίδων εφοδιασμού είναι καινούργια και συνεπώς δεν υπάρχουν δοκιμασμένες πρακτικές επίλυσής τους όπως επίσης δεν υπάρχει επαρκή κατανόηση όλων των παραμέτρων που εμπλέκονται σε αυτά.

Όπως λοιπόν έγινε κατανοητό από όλα τα παραπάνω η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ένα πεδίο που έχει ακόμη πολλά περιθώρια έρευνας και πρακτικής ώστε να δώσει στις επιχειρήσεις ακόμη καλύτερες μεθόδους διοίκησης. Οι εταιρείες κάτω από το πρίσμα της παγκοσμιοποίησης καλούνται να δράσουν σε διεθνή περιβάλλοντα, να έρθουν σε συνεργασία με πολλούς και διαφορετικούς πελάτες και προμηθευτές και πρέπει να διαχειριστούν τα αποθέματά τους με νέους καινοτόμους τρόπους και πιθανόν να



ανακατασκευάσουν τα κανάλια διανομής τους ώστε να επιτύχουν κέρδος και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά.

Ανακεφαλαιώνοντας θα πρέπει να αναφέρουμε ότι οι σημερινές εφοδιαστικές αλυσίδες απαρτίζονται από πολλά echelons και στις περισσότερες περιπτώσεις αυτά τα echelon είναι ξεχωριστές επιχειρηματικές οντότητες, όπου η καθεμία προσπαθήσει να μεγιστοποιήσει το δικό της κέρδος. Η διαχείριση οποιουδήποτε από αυτά τα echelon συνεπάγεται πολύπλοκες και ποικίλες συναλλαγές. Επίσης ο προσδιορισμός του συνόλου των συναλλαγών που πρέπει να υιοθετηθούν από κάθε echelon δεν είναι εύκολο να προσδιοριστούν με ακρίβεια. Ακόμη και όταν τα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας συμπεριφέρονται με τον λογικότερο τρόπο και προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν τις δικές τους διαδικασίες εμφανίζεται το φαινόμενο γνωστό ως «bullwhip effect» και όπως περιγράφεται από τον Lee et al(1997), οδηγεί σε καθυστερήσεις και παραποίηση των πληροφοριών ζήτησης του τελικού χρήστη των προϊόντων, όπως αυτή κινείται προς τα πίσω επίπεδα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ο συντονισμός μεταξύ των διαφόρων οργανισμών της εφοδιαστικής αλυσίδας, μέσω της διάδοσης των πληροφοριών, είναι μια πιθανή λύση για τη μείωση της παραποίησης. Η σωστή πληροφόρηση μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερα αποθέματα και κόστη αποθεμάτων στο σύστημα. Με τη χρήση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών είναι δυνατή η μείωση του ολικού κόστους του συστήματος γιατί συνυπολογίζονται όλοι οι συγκρουόμενοι στόχοι των echelon της αλυσίδας.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η σημασία της διαχείρισης αποθεμάτων σε μια επιχείρηση είναι αρκετά υψηλή εφόσον το 20% με 60% των περιουσιακών στοιχείων κάθε επιχείρησης συνίσταται από το απόθεμά της. Το απόθεμα μπορεί να εμφανίζεται στην εφοδιαστική αλυσίδα με 3 μορφές α) απόθεμα Α' υλών β) απόθεμα ημιετοιμών ή προϊόντων σε εξέλιξη και γ) απόθεμα ετοιμών προϊόντων.

### 1. Το πρόβλημα των αποθεμάτων

Καταρχήν πρέπει να γίνει κατανοητό σε ότι αφορά τα αποθέματα μιας επιχείρησης ότι η διαχείρισή τους πρέπει να επιδιώκει μια χρυσή τομή, τη διατήρηση τέτοιου μέσου ύψους αποθέματος, ώστε να μην δημιουργούνται κατά περιόδους ανεπιθύμητα πλεονάσματα ή απρόβλεπτες ελλείψεις. Δηλαδή να υπάρχει μια εξισορρόπηση μεταξύ του κόστους έλλειψης και του κόστους πλεονάσματος αποθεμάτων πρώτων υλών, ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων ενός παραγωγικού συστήματος, που δημιουργούνται λόγω των συνθηκών αβεβαιότητας. Αν θεωρηθεί ως κατάλληλο μέτρο απόδοσης το συνολικό κόστος που δημιουργείται για τη λειτουργία ενός συστήματος αποθεμάτων, τότε το άριστο ύψος αποθεμάτων είναι εκείνο που ελαχιστοποιεί το παραπάνω κόστος. Ανάλογο μέτρο μπορεί να θεωρηθεί και το συνολικό κέρδος, όπου βέβαια οι αποφάσεις στοχεύουν στην μεγιστοποίηση του κέρδους αυτού.

Βασικό στοιχείο στον επηρεασμό του κόστους των αποθεμάτων είναι η ανανέωση των αποθεμάτων (δεδομένου ότι η ζήτηση κάτω από κανονικές συνθήκες είναι δύσκολο να προβλεφθεί). Απαραίτητη ωστόσο θεωρείται η ύπαρξη μιας πρόβλεψης της ζήτησης που να καλύπτει όλο το χρονικό διάστημα του ορίζοντα προγραμματισμού.

Το πρόβλημα λοιπόν των αποθεμάτων αντιμετωπίζεται με τη λήψη των παρακάτω αποφάσεων:

- **Πότε** είναι αναγκαίο να τοποθετηθεί μια παραγγελία (ή να δοθεί εντολή παραγωγής) για την ανανέωση του αποθέματος.
- **Πόσο** είναι αναγκαίο να παραγγείλει η επιχείρηση (ή να παράγει) για κάθε ανανέωση.
- **Που** θα τοποθετηθούν οι αποθήκες και βάση ποιών παραγόντων διαλέγονται τα συγκεκριμένα σημεία.

- **Πόσα** κέντρα διανομής χρησιμοποιούνται και αν είναι τοποθετημένα στα σωστά στρατηγικά σημεία.
- **Ποιος** είναι ο αρμόδιος για τη διαχείριση και ρύθμιση των επιπέδων των αποθεμάτων και κάθε πότε θα αναθεωρούνται τα επίπεδα αυτά.

Το τι θα διατηρείται ως απόθεμα για τη λειτουργία της επιχείρησης δεν θα μας απασχολήσει στην παρούσα φάση, ωστόσο μπορεί να είναι ιδιαίτερης σημασίας σε ένα εμπορικό κατάστημα, σε ένα συνεργείο αυτοκινήτων κτλ.

## 2. Λόγοι για τη διατήρηση αποθεμάτων

Κύριος σκοπός της διατήρησης των αποθεμάτων είναι η επίτευξη της ομαλής, χωρίς διαταραχές, οικονομικής λειτουργίας ενός συστήματος. Ειδικότερα οι λόγοι για τους οποίους διατηρούνται αποθέματα είναι:

- **Συνεχής Ροή**

Όταν η μονάδα παραγωγής βρίσκεται απομακρυσμένη από τους προμηθευτές Α' υλών της ή εξαρτημάτων, απαιτείται χρόνος για την κάλυψη των παραγγελιών που δημιουργούνται σε κάθε χρονική περίοδο στο κύκλωμα παραγωγής - διανομής. Προκειμένου λοιπόν η επιχείρηση να είναι σε θέση να καλύψει τη ζήτηση χωρίς να διακόπτει όταν οι πρώτες ύλες βρίσκονται καθ' οδόν, διατηρεί στα διάφορα στάδια ποσότητες αποθεμάτων.

- **Μείωση του κόστους έναρξης παραγγελίας (Cost ordering  $C_0$ )**

Για κάθε ανανέωση του αποθέματος αποφασίζεται ο χρόνος και η ποσότητα της παραγγελίας. Η τοποθέτηση μιας παραγγελίας έχει όμως ένα αρχικό κόστος το οποίο είναι σταθερό και υπάρχει κάθε φορά που ξεκινάει η διαδικασία της εκτέλεσης μιας παραγγελίας. Όταν οι παραγγελίες είναι μεγαλύτερες σε ποσότητα και πιο αραιές χρονικά, διατηρείται απόθεμα και ελαχιστοποιείται το κόστος έναρξης παραγγελίας, από πολύ συχνές και μικρές παραγγελίες. Στην περίπτωση των παραγωγικών μονάδων το κόστος αυτό λέγεται setup κόστος και αναφέρεται στα κόστη που περιλαμβάνονται στην έναρξη της παραγωγικής διαδικασίας.

- **Αποθέματα Ασφαλείας**

Για τον προγραμματισμό της παραγωγής, των αγορών αλλά και των αναγκών σε αποθέματα, κύριος γνώμονας είναι η αναμενόμενη ζήτηση καθώς και ο ρυθμός παραγωγής. Σύνηθες είναι

όμως οι τυχαίες αποκλίσεις από τις εκτιμήσεις, είτε λόγω κάποιων μη προβλέψιμων παραγόντων είτε λόγω της κακής πρόβλεψης της ζήτησης. Προκειμένου να αποφευχθούν οι δυσμενείς επιπτώσεις από τις ανεξέλεγκτες αυτές αποκλίσεις η διοίκηση διατηρεί αποθέματα ασφαλείας. Σκοπός των αποθεμάτων αυτών είναι η προστασία του συστήματος από την αβεβαιότητα του περιβάλλοντος, το οποίο λόγω της δυναμικής του φύσης δεν είναι απόλυτα προβλέψιμο. Δηλαδή τα αποθέματα ασφαλείας μειώνουν τα αρνητικά αποτελέσματα της μεταβλητότητας της ζήτησης στην επιχείρηση και στο βαθμό εξυπηρέτησης που θέλει να προσφέρει.

- **Οικονομίες κλίμακας**

Πολλές μεταφορικές εταιρείες ενθαρρύνουν τις επιχειρήσεις να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες προϊόντων προσφέροντας εκπτώσεις, με αποτέλεσμα οι επιχειρήσεις να παραγγέλνουν μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές που έχουν ανάγκη.

- **Επίτευξη καλύτερων τιμών και αντιμετώπιση αύξηση τιμών**

Οι καταναλωτές ζητούν ολοένα ποιοτικότερα και βελτιωμένα προϊόντα, με αποτέλεσμα να μειώνονται τα περιθώρια μείωσης κόστους για τις επιχειρήσεις. Η προμήθεια Α' υλών ή ετοιμών προϊόντων σε μεγάλες ποσότητες δίνει κάτω από κάποιες συνθήκες στις επιχειρήσεις τη δυνατότητα να έχουν κάποια μείωση του κόστους. Επίσης ανταγωνιστικό πλεονέκτημα μπορεί να εξασφαλίσει σε μια εταιρεία και αύξηση κερδών η αγορά μιας μεγάλης παρτίδας Α' υλών ή προϊόντων όταν έπεται αύξηση της τιμής του από τον αρχικό τους προμηθευτή.

- **Εποχική Ζήτηση**

Για πολλά προϊόντα η ζήτηση στη διάρκεια του έτους παρουσιάζει διακυμάνσεις π.χ είδη θέρμανσης, είδη θαλάσσης κτλ. Αν για την κάλυψη της εποχικής ζήτησης, η οποία είναι αυξημένη, χρειαζόταν προσαρμογή του ρυθμού παραγωγής τότε θα ανεπιθύμητες και δαπανηρές μεταβολές στον τρόπο λειτουργίας της επιχείρησης. Η λύση είναι η δημιουργία εποχικών αποθεμάτων στις περιόδους που η ζήτηση υπερκαλύπτεται, τα οποία χρησιμοποιούνται στις περιόδους αιχμής. Απαραίτητη προϋπόθεση φυσικά είναι ότι τα προϊόντα τα οποία θα δημιουργήσουμε ως απόθεμα ασφαλείας να μην αλλοιώνονται με το πέρασμα του χρόνου.

### **3. Παράγοντες που επιδρούν στην πολιτική αποθεμάτων**

Βασικός παράγοντας θεωρείται η ζήτηση του πελάτη για το προϊόν. Η ζήτηση αυτή μπορεί να είναι γνωστή εκ των προτέρων ή μπορεί να είναι και τυχαία. Στην περίπτωση που είναι τυχαία και εφόσον η επιχείρηση έχει στη διάθεσή της ιστορικά δεδομένα για τη μέση ζήτηση, αλλά και για τη μεταβλητότητα της ζήτησης ανά περίοδο, είναι πιθανό να χρησιμοποιηθούν κάποια εργαλεία πρόβλεψης.

Άλλος παράγοντας είναι ο χρόνος αναπλήρωσης - παράδοσης των προϊόντων, κατά τη στιγμή της παραγγελίας. Μπορεί να είναι γνωστό ή και αβέβαιος.

Επίσης τα κόστη του προϊόντος τα οποία χωρίζονται σε:

- ❖ Κόστη παραγγελίας, δηλαδή το κόστος του προϊόντος και τα μεταφορικά κόστη.
- ❖ Κόστος διατήρησης αποθέματος, το οποίο συνίσταται σε κόστη συντήρησης, κόστη ευκαιριών(την απόδοση δηλαδή του κεφαλαίου που χρησιμοποιήθηκε για την αγορά των προϊόντων, που θα είχε εάν τοποθετείτο σε άλλη επένδυση. Ακόμη είναι τα κόστη απώλειας, που προκύπτουν από τον κίνδυνο ότι ένα προϊόν μπορεί να χάσει μέρος της αξίας τους λόγω κάποιων αλλαγών στην αγορά.

Τελευταίος παράγοντας είναι η εξυπηρέτηση των πελατών και τα χαμηλά ή υψηλά επίπεδα που θέτει η επιχείρηση στην εξυπηρέτηση που προσφέρει στους πελάτες της. Δηλαδή όταν η ζήτηση είναι αβέβαιη και δημιουργούνται καταστάσεις αδυναμίας κάλυψης της 100%, τα στελέχη πρέπει να καθορίζουν ένα αποδεκτό επίπεδο εξυπηρέτησης, δηλαδή τι ποσοστό (%) παραγγελιών θα καλύπτεται από το ήδη υπάρχον απόθεμα (inventory on hand).

### **4. Προσδιορισμός της βέλτιστης πολιτικής αποθεμάτων**

Όπως λοιπόν γίνεται κατανοητό από τα παραπάνω, η πολιτική που θα ακολουθήσει κάθε επιχείρηση στο θέμα των αποθεμάτων της είναι αποτέλεσμα πολλών συνιστωσών και είναι καθοριστική για τον προσδιορισμό του κέρδους της. Υπάρχουν μοντέλα αποθεμάτων τα οποία έχουν μια μοναδική εγκατάσταση (αποθήκη ή σημείο λιανικής πώλησης) και υπάρχουν και μοντέλα αποθεμάτων τα οποία απασχολούν ένα σύστημα σημείων αποθήκευσης και πώλησης (δηλαδή πολλές αποθήκες που εξυπηρετούν έναν αριθμό σημείων λιανικής πώλησης).

Όταν οι αποφάσεις αποθεμάτων παίρνονται ανεξάρτητα σε κάθε επίπεδο της εφοδιαστικής αλυσίδας, βασίζονται συνήθως στην κατάσταση των αποθεμάτων του συγκεκριμένου

σημείου και τους στόχους που έχουν τεθεί στο σημείο αυτό από την επιχείρηση. Αυτές ονομάζονται «τοπικές πολιτικές» και είναι χρήσιμες για το συγκεκριμένο στάδιο στο οποίο χρησιμοποιούνται, αγνοώντας τις συνέπειες των αποφάσεων από το ένα στάδιο στο άλλο και τις πιθανές συγκρούσεις που δημιουργούνται μεταξύ των στόχων των σταδίων. Αυτό όμως οδηγεί συχνά σε μείωση της απόδοσης της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Παράλληλα, η έλλειψη συντονισμού στην διαχείριση των αποθεμάτων σε όλη τη εφοδιαστική αλυσίδα οδηγεί συχνά στο φαινόμενο ‘bullwhip effect’, το οποίο σημαίνει αύξηση της μεταβλητότητας της ζήτησης καθώς μετακινούμαστε προς τα επάνω στάδια (upstream stages). Το φαινόμενο αυτό μπορεί να προκαλέσει υπερβολικές επενδύσεις σε αποθέματα, χαμένα έσοδα, αποπροσανατολισμό των στόχων παραγωγικότητας, άστοχες συμφωνίες μεταφοράς, άσκοπες αλλαγές στα σχέδια παραγωγής καθώς και ελλιπή εξυπηρέτηση πελατών. Οι παραπάνω λόγοι παραμονεύουν κινδύνους τόσο για τις ώριμες αγορές, όπου οι καταναλωτές δίνουν στις υπηρεσίες και στα αγαθά την ίδια αξία, όσο και για τις νέες αγορές, όπως μόδα και τεχνολογία υπολογιστών, όπου η έλλειψη άμεσης ανταπόκρισης από πλευράς προμηθευτή, μπορεί να οδηγήσει είτε σε χάσιμο πωλήσεων είτε σε δημιουργία αποθεμάτων ξεπερασμένων ειδών.

Οι Clark και Scarf ως λύση για την αποτελεσματική ικανοποίηση των απαιτήσεων των πελατών εισάγουν την ιδέα του echelon stock σε αντίθεση με την πολιτική των αποθεμάτων στο εργοστάσιο (installation stock). Η πολιτική αποθεμάτων λοιπόν που βασίζεται στην αποθεματοποίηση κατά κλιμακωτή διάταξη (echelon inventory) αποτελεί έναν τρόπο διαχείρισης μοντέλων με πολλά σημεία στο κέντρο διανομής τους. Στην πολιτική echelon stock, οι αποφάσεις που σχετίζονται με τις παραγγελίες σε κάθε στάδιο (echelon) βασίζονται στην κατάσταση του αποθέματος αθροιστικά από τα στάδια που βρίσκονται χαμηλότερα στην εφοδιαστική αλυσίδα (downstream stages). Αυτό βέβαια προϋποθέτει ακριβή πληροφόρηση και συντονισμό σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Υπόψιν επίσης πρέπει να ληφθεί ο παράγοντας της αβεβαιότητας (uncertainty) στο θέμα της ζήτησης ώστε να θεωρείται η πολιτική αποθεμάτων που θα υιοθετηθεί, αποτελεσματική, καθώς επίσης και η καθυστέρηση στην πληροφόρηση που δημιουργείται μέσα στα κανάλια διανομής.

## 5. Διαχωρισμοί στις πολιτικές αποθεμάτων

- ✓ Βάση του στόχου βελτιστοποίησης.

Μία πολιτική αποθεμάτων μπορεί να χαρακτηριστεί από στόχους της οι οποίοι μπορεί να είναι σε τοπικό επίπεδο ή γενικό. Στις περισσότερες παλαιότερες περιπτώσεις η πολιτική αποθεμάτων ήταν αποτέλεσμα συλλογής τοπικών πολιτικών, όπου οι αποφάσεις παίρνονταν βασιζόμενες σε κάποια πάλι τοπικά κριτήρια. Σε αντίθεση, όταν οι αποφάσεις βασίζονται σε γενικότερες πολιτικές αποθήκευσης η επίδοση τείνει να βελτιωθεί στηριζόμενη σε γενικότερα κριτήρια απόδοσης, το οποίο παράγει και πιο ολοκληρωμένο αποτέλεσμα.

- ✓ Βάση του τύπου ελέγχου που θα χρησιμοποιηθεί.

Γενικά δυο διαφορετικές στρατηγικές μπορούν να ακολουθηθούν όταν μιλάμε για διαχείριση αποθεμάτων και είναι η συγκεντρωτική πολιτική (centralized) και η αποκεντρωτική πολιτική (decentralized). Ένας έλεγχος αποθεμάτων συγκεντρωτικός ενέχει μεγάλο βαθμό συντονισμού και επικοινωνίας μεταξύ των μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τις περισσότερες όμως φορές οι επιχειρήσεις υιοθετούν έναν αποκεντρωτικό έλεγχο αποθεμάτων. Και αυτό συμβαίνει γιατί συνήθως τα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι αυτόνομες και ξεχωριστές μονάδες, και το καθένα χαρακτηρίζεται από πλήθος διαδικασιών και πληροφοριών για τα αποθέματά τους. Σε ένα σύστημα αποθεμάτων που εφαρμόζει αποκεντρωτική πολιτική κάθε στάδιο καταγράφει την κατάσταση του αποθέματός του και θέτει παραγγελίες στο επόμενο στάδιο. Πρόσφατες έρευνες παρουσίασαν ότι χάρη σε μηχανισμούς υποκίνησης, οι αποκεντρωτικές πολιτικές μπορούν να πετύχουν αποτελέσματα σχεδόν το ίδιο υψηλά όσο και οι συγκεντρωτικές πολιτικές.

- ✓ Βάση της συχνότητας του ελέγχου αποθεμάτων.

Ένα άλλο σημείο στο οποίο μπορεί να έχει διαφοροποιήσεις η διαχείριση αποθεμάτων είναι η συχνότητα με την οποία ελέγχεται η κατάσταση των αποθεμάτων (αυτό που συχνά αποκαλείται inventory control type). Υπάρχουν οι πολιτικές οι οποίες ελέγχουν το απόθεμα περιοδικά (periodic – review control), όπου η θέση των αποθεμάτων σε κάθε επίπεδο ελέγχεται σε δεδομένη στιγμή που θεωρούμε ότι είναι η στιγμή  $T$ . Σε κάθε έλεγχο πρέπει η κατάσταση του αποθέματος να μειώνεται χωρίς όμως να πάει παρακάτω από ένα επίπεδο το οποίο έχει τεθεί ως στόχος (έστω  $S$ ) και επαναληπτική παραγγελία θα δοθεί σε τέτοια ποσότητα  $Q$ , ώστε να επανέλθει το απόθεμα στο επιθυμητό αυτό επίπεδο  $S$ . Υπάρχουν όμως

και οι πολιτικές οι οποίες ελέγχουν συνεχώς το απόθεμα (continuous-review control). Σε αυτές τις πολιτικές η επαναληπτική παραγγελία δίνεται όταν το απόθεμα σε κάποιο συγκεκριμένο στάδιο έχει πέσει κάτω από κάποιο προκαθορισμένο επίπεδο (επίπεδο αναπαραγγελίας θεωρείται το  $r$ ) και η ποσότητα  $Q$  που παραγγέλνεται σε αυτή την περίπτωση είναι σταθερή. Τέλος, υπάρχουν τα υβριδικά μοντέλα ελέγχου και τα πιο γνωστά από αυτά είναι η πολιτική  $(s, S)$  και η πολιτική base-stock. Περιληπτικά, στην πρώτη πολιτική σε κάθε σταθερή στιγμή  $T$ , εάν η ποσότητα του αποθέματος πέσει κάτω από το σημείο αναπαραγγελίας  $s$ , τοποθετείται μια παραγγελία για να ανέβει το απόθεμα στο επιθυμητό επίπεδο – στόχο  $S$ . Στη δεύτερη πολιτική η αναπαραγγελία γίνεται κάθε φορά που γίνεται οποιαδήποτε κίνηση του αποθέματος. Η ποσότητα της παραγγελίας είναι ίδια με αυτή της κίνησης του αποθέματος. Η πολιτική base-stock συχνά αναφέρεται και ως πολιτική  $S-1, S$ .

✓ Βάση των πληροφοριών χρονικού ορίζοντα .

Ο σχεδιασμός των στρατηγικών επιλογών για τα αποθέματα μπορεί να γίνεται είτε βάση των πληροφοριών που υπάρχουν στην επιχείρηση για τις μελλοντικές πωλήσεις, είτε βάση των πληροφοριών στη δεδομένη στιγμή που γίνεται η επιλογή. Οι προσεγγίσεις που στηρίζονται σε στοιχεία που αφορούν το μέλλον, όπως ο σχεδιασμός βάση της ζήτησης, απαιτεί πληροφορίες για τη ζήτηση σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο και την κίνηση των επιπέδων αποθεμάτων στην περίοδο εκείνη. Στην άλλη περίπτωση ο σχεδιασμός βασίζεται στα τρέχοντα επίπεδα αποθεμάτων και τη ζήτηση στην παρούσα στιγμή.

✓ Βάση των πληροφοριών σε χωροταξικές απαιτήσεις.

Όπως έχει προαναφερθεί οι πολιτικές αποθεμάτων χαρακτηρίζονται βάση του μέτρου προσέγγισης του επιπέδου αποθέματος που χρησιμοποιούν και μπορεί να είναι είτε διατήρηση αποθέματος στη βάση παραγωγής, είτε στα διάφορα echelon του συστήματος.

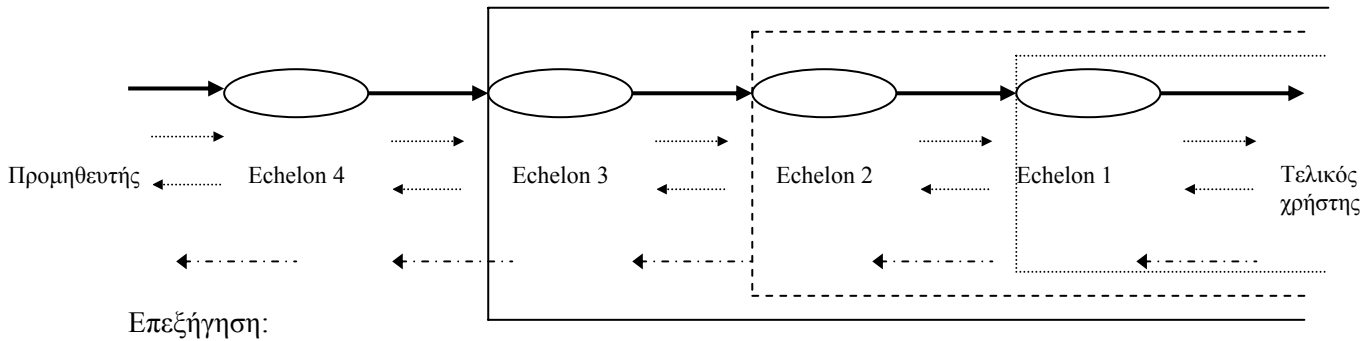
## **6. Αποθέματα κατά κλιμακωτή διάταξη (multiechelon inventories)**

Ένα χαρακτηριστικό μοντέλο αποθεματοποίησης της σύγχρονης πραγματικότητας είναι η αποθεματοποίηση κατά κλιμακωτή διάταξη (multiechelon inventories), όπου τα διάφορα echelons του συστήματος κάνουν τον προγραμματισμό τους σε αποθέματά με χρονικά επαναλαμβανόμενο ορίζοντα των απαιτήσεων σε υλικά (rolling horizon material requirements planning MRP). Αυτό αποτελεί αποτέλεσμα του γεγονότος ότι όλο και περισσότερες



επιχειρήσεις χρησιμοποιούν συστήματα ERP και ο σχεδιασμός των αποθεμάτων γίνεται το σύστημα MRP που βρίσκεται εγκατεστημένο στα συστήματα ERP.

Παρακάτω παρουσιάζεται σχηματικά μια εφοδιαστική αλυσίδα με 4 echelons συνδεδεμένα στη σειρά, καθώς και οι πληροφορίες που κινούνται μέσα σε ένα τέτοιο σύστημα:



- > Ροή υλικών προς τα χαμηλότερα επίπεδα (downstream)
- .....> Προτεινόμενη ροή πληροφοριών για συντονισμό
- ←..... Παραδοσιακή ροή πληροφοριών προς τα ανώτερα επίπεδα (upstream)

**Σχήμα 2.1: Σχηματική απεικόνιση ενός multiechelon συστήματος με τις ανάλογες ροές που δημιουργούνται μέσα σε αυτό το σύστημα.**

<p><b>Εισαγωγή από τα downstream echelon:</b>          πληροφορίες για τη ζήτηση του τελικού χρήστη, πραγματική ζήτηση, πρόβλεψη ζήτησης, σχεδιασμός του προγράμματος παραγγελιών.</p>	<p><b>Εισαγωγή από τα upstream echelon:</b>          Διαθέσιμα αποθέματα, χρόνοι παράδοσης, παραγγελίες σε εκκρεμότητα</p>	<p><b>Χαρακτηριστικά του κάθε echelon:</b>          Ιστορικές πληροφορίες, Μήκος του χρονικού ορίζοντα, πρόγραμμα παραγγελιών, αρχικό επίπεδο αποθεμάτων, κόστη δέσμευσης προϊόντος και κόστος έλλειψης προϊόντος, τεχνικές πρόβλεψης, τιμή προϊόντος, επίπεδο εξυπηρέτησης, μηχανισμοί ανταλλαγής πληροφοριών, επίπεδο αποθέματος ασφαλείας, πρόγραμμα παραλαβών.</p>
--	--	--

## 7. Δομή και συντονισμός στα multiechelon συστήματα

Η εφοδιαστική αλυσίδα που έχει τη μορφή multiechelon δικτύου επεξεργάζεται ένα προϊόν: κάθε echelon (εκτός από το τελευταίο, τον κατασκευαστή), αγοράζει το προϊόν από το upstream echelon, και το πουλάει στο αμέσως επόμενο downstream echelon. Το πρώτο δε echelon πουλάει το προϊόν στον τελικό πελάτη. Κάθε echelon όπως προαναφέρθηκε έχει τα δικά του χαρακτηριστικά. Κάθε echelon πρέπει να προσδιορίσει και να ικανοποιήσει τη ζήτηση μόνο του αμέσως προηγούμενου echelon. Απαραίτητο επίσης θεωρείται το απόθεμα ασφαλείας σε κάθε echelon για να επιτευχθεί κάποιο επίπεδο εξυπηρέτησης, όλου του συστήματος. Εδώ μπορούν να παρουσιαστούν δυο πιθανές πολιτικές καθορισμού του αποθέματος ασφαλείας. Η πρώτη μέθοδος υπολογίζει το απόθεμα ασφαλείας βασισόμενη σε έναν στάνταρ αριθμό βδομάδων μέσης ζήτησης, όπου η ζήτηση υπολογίζεται βάση των τελευταίων και πιο πρόσφατων πληροφοριών (τεχνική μετακίνησης μέσου). Η δεύτερη μέθοδος υπολογίζει το απόθεμα ασφαλείας χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο (Ward, 1990):

Επίπεδο αποθέματος ασφάλειας:  $\sigma \times Z \times \sqrt{LT}$

Όπου  $\sigma$  = σταθερή απόκλιση της ζήτησης

$Z$  = σταθερή διακύμανση που ανταποκρίνεται στο συγκεκριμένο επίπεδο εξυπηρέτησης

$LT$  = χρόνος αναπλήρωσης (lead time)

Τα echelons λαμβάνουν τις προμήθειές τους συνήθως μετά από κάποια χρονική καθυστέρηση παρόλο που οι χρόνοι αναπλήρωσης των εμπορευμάτων θεωρούνται γνωστοί και σταθεροί. Στην αρχή κάθε περιόδου κάθε κόμβος λαμβάνει τις παραγγελίες από το αμέσως επόμενο του και σχεδιάζει τις παραλαβές από το αμέσως προηγούμενό του (π.χ στο σχήμα 2.1 το 2 παίρνει παραγγελίες από το 1 και σχεδιάζει παραλαβές από το 3). Πληροφορίες λαμβάνει επίσης για τα επίπεδα αποθέματος του προηγούμενου echelon. Το απόθεμα ασφαλείας που διατηρείται στο κάθε echelon, βασίζεται στο χρόνο εκπλήρωσης των παραγγελιών του και στο πόσο ακριβής και εύστοχη είναι η πρόβλεψη της ζήτησης. Έτσι υπολογίζεται ο χρονικός ορίζοντας των μεικτών απαιτήσεων όλου του συστήματος. Εκτός από την παραγγελία που θέτει κάθε echelon για να εξυπηρετήσει τη μελλοντική ζήτηση, παραγγέλνει και ποσότητα προϊόντων για να αναπληρώσει το απόθεμά του, εφόσον το επίπεδο έχει κατέβει κάτω από τα όρια που έχει ορίσει ως αποδεκτά, δηλαδή την εκάστοτε πολιτική αποθεμάτων του κάθε echelon. Το σύνολο των δυο ποσοτήτων παραγγελιών αποτελούν τη ζήτηση για το αμέσως προηγούμενο echelon. Αυτή η ποσότητα τσεκάρεται με το απόθεμα που διατηρεί το αμέσως προηγούμενο

echelon και στην περίπτωση που η ποσότητα παραγγελίας είναι μεγαλύτερη από τα αποθέματα του προηγούμενου echelon, μέρος της μένει ανεκπλήρωτο ή θέτεται σε αναμονή (backorder). Αυτές οι ποσότητες θα καλυφθούν από μελλοντικές παραλαβές ή θα προγραμματιστούν με τις επόμενες ποσότητες που θα παραγγελθούν.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να διευκρινισθεί ότι η ποσότητα που θα παραγγελθεί στην παρούσα χρονική περίοδο θα παραδοθεί LT (χρόνος αναπλήρωσης) περιόδου αργότερα. Έτσι σε κάθε περίοδο 'n' η διαδικασία σχεδιασμού για κάθε echelon γίνεται για περίοδο  $n + LT$ , λόγω του ότι εμπλέκεται και ο χρόνος παράδοσης (lead-time).

Στο τέλος περιόδου το κάθε echelon υπολογίζει τα υφιστάμενα κόστη αποθεμάτων τα οποία είναι: α) κόστη συντήρησης αποθέματος για κάθε πλεόνασμα που υπάρχει στο τέλος της περιόδου και β) κόστη έλλειψης αποθέματος για κάθε παραγγελία που δεν εκτελέστηκε και έμεινε στην αναμονή για την επόμενη περίοδο και γ) το κόστος των παραγγελιών που τέθηκαν μέσα στην περίοδο.

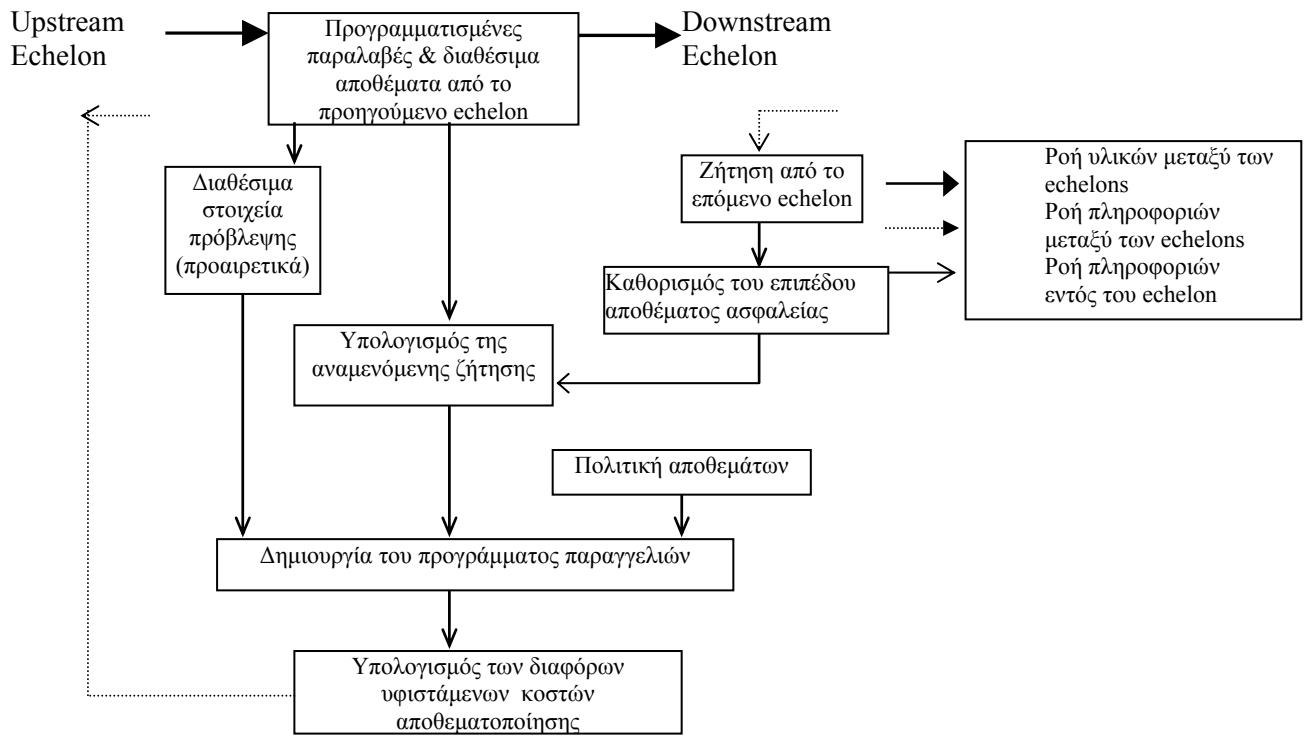
Σε κάθε περίοδο ο κύκλος του προσδιορισμού του μεγέθους της παραγγελίας και του κόστους αποθεμάτων κινείται προς τα upstream echelons, ξεκινώντας από το echelon που βρίσκεται κοντά στον τελικό αγοραστή και καταλήγοντας στο echelon που βρίσκεται κοντά στον προμηθευτή.

Τέλος, οι αποφάσεις συντονισμού είναι αυτές κυρίως που παίρνονται σε ένα multiechelon δίκτυο και φυσικά έπονται των αποφάσεων δομής που αφορούν το σύνολο της εφοδιαστικής αλυσίδας και έχουν βραχυπρόθεσμο χαρακτήρα. Μερικές από τις αποφάσεις αυτές περιλαμβάνουν:

- Το που θα κρατάει η επιχείρηση το απόθεμά της, στις κεντρικές της αποθήκες ή αλλού.
- Το πλεονάζον απόθεμα αν θα φυλάσσεται σε μια τοποθεσία ή αν θα τοποθετείται στα σημεία λιανικής πώλησης.
- Τον τρόπο με τον οποίο μια ανεπαρκή ποσότητα προϊόντος θα μοιραστεί σε διαφορετικές τοποθεσίες με διαφορετικές ανάγκες, οι οποίες το έχουν ανάγκη.

## **8. Σημασία της πληροφορίας στα multiechelon συστήματα & στο SCM**

Η ροή των πληροφοριών προς όλα τα μέρη ενός συστήματος με κλιμακωτή διάταξη και γενικότερα σε όλα τα μέρη της εφοδιαστικής αλυσίδας οδηγεί σε μείωση του συνόλου κόστους του συστήματος. Σχηματικά παρουσιάζονται παρακάτω οι ροές σε ένα echelon:



Σχήμα 2.2: Οι ροές σε ένα echelon



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 1. Ζήτηση → Παράγοντας στη λήψη Αποφάσεων Διαχείρισης Αποθεμάτων.

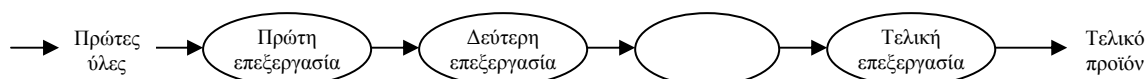
Η ζήτηση αποτελεί από τις σημαντικότερες παραμέτρους βάση των οποίων γίνεται η λήψη αποφάσεων σε θέματα διαχείρισης αποθεμάτων. Παρακάτω θα διαπραγματευτούμε την περίπτωση εκείνη που η ζήτηση είναι καθορισμένη (deterministic demand) και στη συνέχεια τη στοχαστική ζήτηση (probabilistic demand), δηλαδή την περίπτωση όπου η ζήτηση είναι άγνωστη.

#### 1. Καθορισμένη ζήτηση

Η περίπτωση της καθορισμένης ζήτησης είναι σχετικά απλή και μάλλον ιδεατή περίπτωση αλλά η μελέτη της είναι χρήσιμη για αρκετούς λόγους. Καταρχήν τα μοντέλα τα οποία θα ακολουθήσουν, θα αποκαλύψουν τις βασικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ποσοτήτων αναπλήρωσης / ανεφοδιασμού στα διάφορα echelons. Επίσης, πολλές φορές μπορεί να είναι χρήσιμη η προσέγγιση του περιβάλλοντος παραγωγής από την πλευρά της καθορισμένης ζήτησης και των δεικτών παραγωγικότητας. Στις παρακάτω περιπτώσεις υποθέτουμε ότι οι χρόνοι αναπλήρωσης αποθεμάτων (replenishment lead time) είναι γνωστοί και σταθεροί.

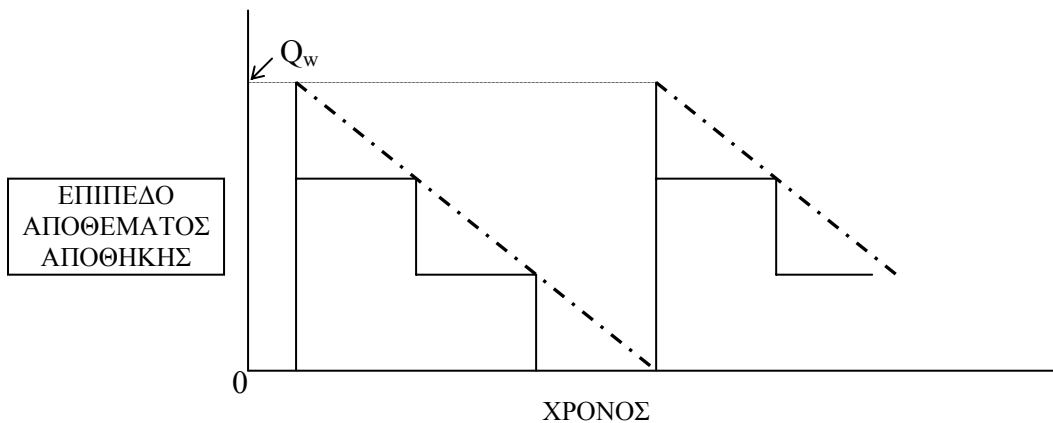
#### Διαδοχικά σημεία αποθεμάτων με συγκεκριμένο επίπεδο ζήτησης.

Ας πάρουμε την απλούστερη από τις multiechelon περιπτώσεις, αυτή όπου τα σημεία αποθεμάτων είναι συνδεδεμένα σειριακά, π.χ μια κεντρική αποθήκη, μια αποθήκη λιανοπωλητού, και ένα σημείο λιανικής πώλησης. Η ίδια περίπτωση σειριακής σύνδεσης στην παραγωγική διαδικασία παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Ένα είδος προχωράει μέσα από μια σειρά από επεξεργασιών, καμία από τις οποίες δεν έχει συγκεντρωτικό αλλά ούτε και διαχωριστικό χαρακτήρα. Κάθε επεξεργασία έχει έναν προκάτοχο και έναν διάδοχο.



Σχήμα 3.1:Σειριακό σύστημα

Ας πάρουμε λοιπόν την περίπτωση που έχουμε μια αποθήκη (W) και έναν λιανοπωλητή (R). Τις δυο μεταβλητές που θέλουμε να εξετάσουμε είναι η  $Q_R$ , η συμπληρωματική ποσότητα σε μονάδες του λιανοπωλητή και η  $Q_w$ , η συμπληρωματική ποσότητα σε μονάδες της αποθήκης. Λόγω του ότι έχουμε καθορισμένη ζήτηση νόημα έχει το  $Q_w$  όταν είναι πολλαπλάσιο του  $Q_R$ . Έτσι λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι οι μεταβλητές οι οποίες πρέπει να εξεταστούν είναι η  $Q_R$  και η  $n$  όπου  $Q_w = nQ_R$   $n=1,2,3,\dots$



**Σχήμα 3.2: Πορεία αποθεμάτων στην αποθήκη.**

Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα τα αποθέματα στην αποθήκη δεν ακολουθούν την πορεία που έπρεπε στην περίπτωση της ντετερμινιστικής και σταθερής με το χρόνο ζήτησης και αυτό οφείλεται στο ότι οι αναλήψεις αποθεμάτων από την αποθήκη εξαρτώνται από την ποσότητα  $Q_R$  του λιανοπωλητή. Για την ανάλυση αυτού του φαινομένου θα χρησιμοποιήσουμε το σκεπτικό των Clark και Scarf (1960), γνωστό ως echelon stock, για να καθορίσουμε το μέσο επίπεδο αποθέματος. Ως echelon stock σε ένα echelon  $j$  ενός multiechelon συστήματος, ορίζεται ο αριθμός των μονάδων που βρίσκονται μέσα στο σύστημα ή έχουν περάσει από το echelon  $j$  αλλά δεν έχουν παραδοθεί στον εξωτερικό καταναλωτή. Όταν οι παραγγελίες σε εξέλιξη (backorders) παραδοθούν τότε το echelon stock γίνεται αρνητικό. Έτσι λοιπόν και με δεδομένη ζήτηση κάθε echelon stock έχει μια συγκεκριμένη πορεία μέσα στο χρόνο και είναι πολύ εύκολο να υπολογίσουμε τη μέση αξία του. Θα ήταν λάθος όμως απλά να πολλαπλασιάσουμε κάθε μέσο echelon stock με το σταθερό  $v_j$  (η αξίας της μονάδας για τον λιανοπωλητή) και να γίνεται άθροιση αυτών ώστε να έχουμε το ολικό κόστος διατήρησης αποθεμάτων. Ο λόγος για τον οποίο η παραπάνω ενέργεια είναι εσφαλμένη είναι ότι η ίδια φυσική μονάδα αποθέματος μπορεί να βρίσκεται σε περισσότερη από ένα echelon ως απόθεμα. Για παράδειγμα, στη διαδικασία που αναφέραμε παραπάνω (με 2 στάδια) το φυσικό τελικό απόθεμα μετριέται και στο τελικό echelon και σε αυτό της αποθήκης. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να μετριέται το απόθεμα των echelon

βάση της προστιθέμενης ποσότητας σε κάθε συγκεκριμένο echelon<sup>2</sup>. Όταν η απόφαση που πρέπει να ληφθεί είναι αν θα αποθηκεύεται προϊόν σε κάποιο προηγούμενο στοιχείο της εφοδιαστικής αλυσίδας ή σε κάποιο επόμενο το οποίο προμηθεύει, τότε και το σχετικό κόστος διατήρησης είναι το προσαυξημένο κόστος της μετακίνησης του προϊόντος στο επόμενο στάδιο. Αυτό το προσαυξημένο κόστος είναι το κόστος διατήρησης του echelon.

Επιστρέφοντας στο παράδειγμα με τα 2 στάδια το ολικό κόστος (εκκίνησης και διατήρησης) ανά μονάδα χρόνου δίνεται από τον ακόλουθο τύπο, όπου το απόθεμα της αποθήκης είναι  $U'_w = U_w$  ενώ το απόθεμα του λιανοπωλητή είναι  $U'_R = U_R - U_w$ .

$$TRC(Q_w, Q_R) = \frac{A_w D}{Q_w} + \overline{I'_w} U'_w r + \frac{A_R D}{Q_R} + \overline{I'_R} U'_R r$$

Όπου:

$A_w$  = Σταθερό κόστος εκκίνησης που σχετίζεται με τις ανανεώσεις στην αποθήκη

$A_R$  = Σταθερό κόστος εκκίνησης που σχετίζεται με τις ανανεώσεις στον λιανοπωλητή

$D$  = Ντετερμινιστική, σταθερή ζήτηση για τον λιανοπωλητή

$U'_w$  = Η αξία του αντικειμένου στην αποθήκη

$U'_R$  = Η αξία του αντικειμένου στον λιανοπωλητή

$r$  = μεταφορική χρέωση στη μονάδα χρόνου

$\overline{I'_w}$  = μέση αξία του αποθέματος echelon της αποθήκης

$\overline{I'_R}$  = μέση αξία του αποθέματος echelon του λιανοπωλητή

Αντικαθιστώντας τώρα από τον τύπο  $Q_w = nQ_R$  στον τύπο TRC έχουμε:

$$TRC(n, Q_R) = \frac{A_w D}{Q_w} + n \frac{Q_R U_w r}{2} + \frac{A_R D}{Q_R} + \frac{Q_R U_R r}{2} = \frac{D}{Q_R} \left( A_R + \frac{A_w}{n} \right) + \frac{Q_R r}{2} (n U_w + U_R)$$

Βρίσκοντας τώρα τις τιμές του  $n$  (ακέραιος) και το  $Q_R$  για το οποίο ελαχιστοποιείται η παραπάνω εξίσωση βρίσκουμε το απόθεμα που πρέπει να κρατείται σε κάθε ένα από τα echelons.

---

<sup>2</sup> Οι Axsater και Juntti (1992) έδειξαν ότι στην περίπτωση της καθορισμένης ζήτησης, οι πολιτικές echelon stock υπερσχύουν εκείνων των πολιτικών που του stock κατά την εγκατάσταση (installation stock-πολιτικές οι οποίες υποδεικνύουν τη δημιουργία αποθέματος σε συγκεκριμένη τοποθεσία, χωρίς να υπάρχει ενδιαφέρον για τα αποθέματα που βρίσκονται downstream). Ενώ στην περίπτωση της στοχαστικής ζήτησης το αντίθετο μπορεί να είναι το σωστό.

## **2. Αποτελέσματα για την περίπτωση της σταθερής σε κάποιο επίπεδο ζήτησης.**

Για την περίπτωση που περιγράψαμε στην προηγούμενη ενότητα ο Szandrovits (1975) προτείνει έναν διαφορετικό τύπο ελέγχου διαδικασίας όπου η ίδια παρτίδα χρησιμοποιείται σε όλες τις διαδικασίες αλλά μικρότερες παρτίδες αυτής της παρτίδας (subbatches) μπορούν να μετακινηθούν μεταξύ των διαδικασιών. Αυτό επιτρέπει την σύμπτυξη των διαδικασιών, με αποτέλεσμα να μειωθεί ο χρόνος (cycle time) κατασκευής. Δηλαδή, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, αυτός ο τύπος διαδικασίας ελέγχου μπορεί να εκπληρώσει αυτό που προτάθηκε στην προηγούμενη ενότητα.

Αρκετοί συγγραφείς μελέτησαν συστήματα περισσότερο γενικά στη φύση τους από ότι αυτό του σειριακού συστήματος. Ο Swarz (1973) πραγματεύεται την περίπτωση με μια αποθήκη και  $n$ -λιανοπωλητές. Για  $n \geq 3$  αποδεικνύει ότι η φόρμα της άριστης πολιτικής μπορεί να είναι πολύ περίπλοκη και πιο συγκεκριμένα, απαιτείται η ποσότητα παραγγελίας σε μια ή περισσότερες από τις τοποθεσίες να ποικίλει ανάλογα με το χρόνο ακόμη και αν όλες οι σχετικές ζητήσεις και στοιχεία κόστους δεν επηρεάζονται από το χρόνο. Απορρίπτει την απλούστερη στρατηγική, όπου η ποσότητα παραγγελίας δεν μεταβάλλεται με το χρόνο και αναπτύσσει έναν αποτελεσματικό ευρετικό αλγόριθμο για να βρει λύσεις.

Οι Swarz και Schrage (1975) υιοθέτησαν την ίδια προσέγγιση για έναν διαφορετικό τύπο ντετερμινιστικής ζήτησης, ονομαζόμενη «αμιγές σύστημα» (pure assembly), όπου κάθε κόμβος καταλήγει το περισσότερο σε έναν άλλο κόμβο του επόμενου echelon, κάνοντας χρήση μιας «μυωπικής» (myopic) στρατηγικής, όπου κάθε κόμβος και ο διάδοχος του αντιμετωπίζονται ως σε απομόνωση από τον προκάτοχό τους, παρόμοια όπως και στην περίπτωση των 2 σταδίων με σειριακή σύνδεση.

Τέλος, οι Maxwell και Muckstadt (1985) εξέτασαν την γενική περίπτωση ενός δικτύου παραγωγής, το οποίο καταλήγει σε ένα δενδροειδή σύστημα (Το στάδιο της συναρμολόγησης στην παραγωγή ακολουθείται από τη διανομή), επιβάλλοντας περιορισμούς, βασισμένοι σε πρακτικές θεωρήσεις, σχετικά με τη φύση της πολιτικής που πρέπει να χρησιμοποιηθεί και πιο συγκεκριμένα:

1. Ακολουθείται πολιτική συγκεκριμένης ποσότητας (nested policy) – αυτό σημαίνει ότι ο ανεφοδιασμός δεν μπορεί να γίνει σε συγκεκριμένη διαδικασία εκτός και αν πραγματοποιηθεί άμεσος ανεφοδιασμός και στις επόμενες διαδικασίες.



2. Ακολουθείται πολιτική αναπλήρωσης σε σταθερό διάστημα (stationary policy) – δηλαδή ο χρόνος μεταξύ των ανεφοδιασμών είναι σταθερός και συγκεκριμένος.
3. Ακολουθείται πολιτική στην οποία υπάρχει μια βασική περίοδος προγραμματισμού (μέρα, βδομάδα, κλπ) και όλες οι αναπαραγγελίες πρέπει να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της περιόδου αυτής.
4. Ακολουθείται πολιτική όπου ο χρόνος μεταξύ των ανεφοδιασμών σε οποιοδήποτε στάδιο πρέπει να είναι 1 ή 2 ή 4 ή 8 ή ...v-φορές το χρόνο που μεσολαβεί για τον ανεφοδιασμό σε κάθε αμέσως επόμενο στάδιο, από το προηγούμενο.

### **3. Multiechelon σημεία αποθεμάτων με ζήτηση να ποικίλει στο χρόνο.**

Εδώ θα αναφερθούμε στην περίπτωση ζήτησης του τελικού προϊόντος (end-item), όταν η χρήση αυτού είναι γνωστή αλλά διαφέρει η ζήτηση από περίοδο σε περίοδο. Η ανάλυση που θα ακολουθήσει βασίζεται στην εργασία των Blackburn και Millen (1982) ειδικά για δομή παραγωγής με συναρμολόγηση (assembly structure). Για λόγους ευκολίας θα επικεντρωθούμε στο παράδειγμα με τα δυο στάδια που έχει προαναφερθεί. Μια προσέγγιση είναι να χρησιμοποιηθούν διαδικασίες ξεχωριστά στο κάθε echelon, ανάλογα με τη σειρά στην οποία βρίσκονται. Αν και αυτή η προσέγγιση είναι απλή, αγνοεί το κόστος σύνδεσης που υπάρχει μεταξύ δυο echelons. Για παράδειγμα εάν η στρατηγική αναπλήρωσης αποθεμάτων γίνεται βάση των δεδομένων του λιανοπωλητή, δεν προσμετράτε στο κόστος το κόστος εφαρμογής της στρατηγικής αυτής στην αποθήκη. Διαπιστώνοντας την παραπάνω ατέλεια, προσπάθησαν να αναπτύξουν μια διαδικασία που μπορεί να εφαρμοστεί στα echelon ξεχωριστά αλλά υπολογίζει τα κόστη της εξάρτησης μεταξύ των echelons. Η εξέταση του επιπέδου ζήτησης παρέχει ουσιαστικά συμπεράσματα. Έτσι λοιπόν στον τύπο TRC που είδαμε παραπάνω έχουμε:

$$TRC(n, Q_R) = \frac{D}{Q_R} \left( A_R + \frac{A_W}{n} \right) + \frac{Q_R r}{2} (nU_w + U_R)$$

όπου ο παραπάνω τύπος είναι αναλογικός σε ένα μόνο echelon πρόβλημα (επιλογή του  $Q_R$ ) αν το προσαρμοσμένο σταθερό κόστος μιας ανανέωσης είναι:

$$\hat{A}_R = A_R + \frac{A_W}{n}$$

και το μεταβλητό κόστος μιας μονάδος είναι:

$$\hat{U} = nU'_w + U'_R.$$

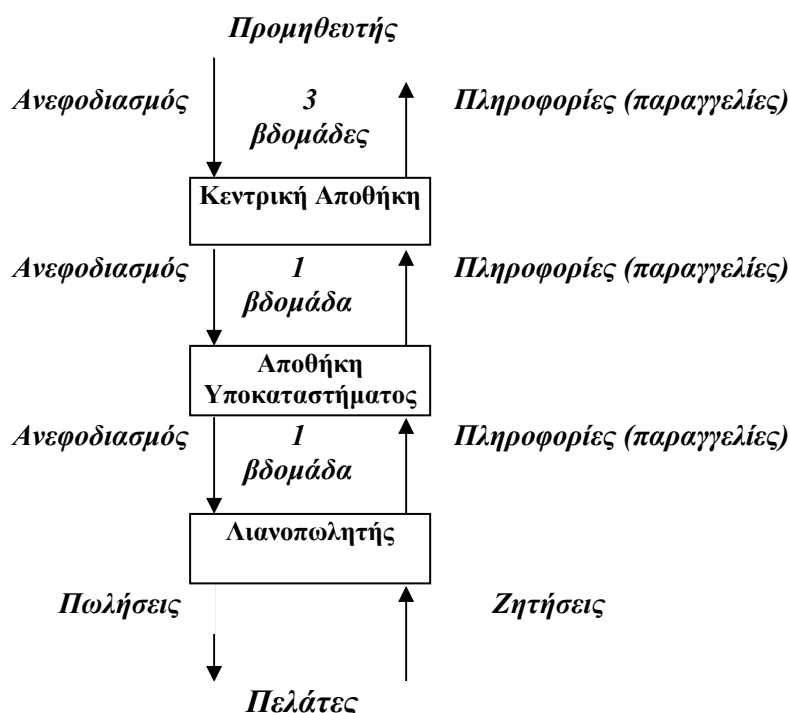
Σημειώνουμε ότι ο όρος  $A_w / n$  εκφράζει ότι υπάρχει μια αποθήκη τοποθετημένη για κάθε  $n$ -οστό λιανοπωλητή. Υπάρχει η δυνατότητα της επιλογής του  $Q_R$ , αν έχουμε μια καλή πρόβλεψη του  $n$ .



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 1. Στοχαστική Ζήτηση (Probabilistic Demand)

Η στοχαστική ζήτηση δημιουργεί διάφορα νέα ζητήματα και μεγάλη πολυπλοκότητα σε μια κατάσταση αποθεματοποίησης σε κλιμακωτή διάταξη (multiechelon inventory). Για τη συγκεκριμένη περίπτωση θα αναλύσουμε ένα σχετικά απλό μοντέλο διανομών με τρία echelons όπως παρουσιάζεται διαγραμμαρικά παρακάτω. Οι χρόνοι αναπλήρωσης (lead times) είναι 1 βδομάδα από την αποθήκη του υποκαταστήματος στον λιανοπωλητή, 1 βδομάδα από την κεντρική αποθήκη στην αποθήκη του υποκαταστήματος και 3 βδομάδες από τον προμηθευτή στην κεντρική αποθήκη.



**Σχήμα 4.1:** Σύστημα Κλιμακωτής αποθεματοποίησης με απλή κατά στάδιο ροή πληροφοριών

Αν υποθέσουμε ότι οι 2 αποθήκες και ο λιανοπωλητής θα παίρνουν ανεξάρτητες αποφάσεις για τις ανανεώσεις των αποθεμάτων τους βασιζόμενοι:

- Στο κόστος των συντελεστών παραγωγής και στο επίπεδο εξυπηρέτησης που θέλει κάθε κόμβος να πετύχει.
- Στην προβλεπόμενη ζήτηση, όπου η πρόβλεψη γίνεται από την παρατήρηση της ιστορικής ζήτησης στο αμέσως επόμενο σημείο της αλυσίδας (downstream point).

- Το χρόνο αναπλήρωσης αποθέματος που χρειάζεται από το προηγούμενο προς τα πάνω σημείο της εφοδιαστικής αλυσίδας (upstream point).

Ένα τέτοιο σκεπτικό έχει τρία σοβαρά προβλήματα.

1. Ο χρόνος αναπλήρωσης π.χ στην περίπτωση του λιανοπωλητή εξαρτάται από το εάν η αποθήκη του υποκαταστήματος έχει αρκετό απόθεμα για να πραγματοποιήσει την παραγγελία. Εάν το απόθεμα είναι αρκετό ο χρόνος αναπλήρωσης (lead time) είναι ο χρόνος της μεταφοράς συν το χρόνο επεξεργασίας της παραγγελίας. Εάν στην αποθήκη του υποκαταστήματος δεν υπάρχει αρκετό απόθεμα για να εκπληρωθεί η παραγγελία τότε ο χρόνος αναπλήρωσης είναι ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει το απόθεμα στο υποκατάστημα συν το χρόνο μεταφοράς στο λιανοπωλητή.
2. Όπως έχει προαναφερθεί αγνοείται η επιβάρυνση κόστους που υπάρχει σε ένα echelon όταν χρησιμοποιεί συγκεκριμένη λογική για τις παραγγελίες της, η οποία προέρχεται από κάποιο άλλο επίπεδο.
3. Ακόμη και στην περίπτωση που η ζήτηση του τελικού καταναλωτή είναι ομαλή, οι παραγγελίες καθώς «ανεβαίνουν» τη σκάλα της εφοδιαστικής αλυσίδας γίνονται σταδιακά μεγαλύτερες και με μικρότερη συχνότητα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «bullwhip effect», δηλαδή η κεντρική αποθήκη έχει να αντιμετωπίσει μια κατάσταση ζήτησης με σποραδικές, αραιές συναλλαγές, οι οποίες στο σύνολό τους έχουν το ίδιο μέγεθος με τις παραγγελίες αναπλήρωσης που δημιουργούνται στην αποθήκη του υποκαταστήματος<sup>3</sup>. Στην περίπτωση του αποκεντρωτικού ελέγχου, όπως έχουμε στα συστήματα «order point», η κεντρική αποθήκη θα πρέπει να διαθέτει ένα μεγάλο απόθεμα ασφαλείας, ώστε να προστατεύεται από τις ζητήσεις εκείνες που δεν έχουν καθορισμένη συχνότητα, δηλαδή η κεντρική αποθήκη να αντιδρά στη μεταβλητότητα της ζήτησης όπως απαιτείται. Δεν συμβαίνει το ίδιο όμως όταν έχουμε ένα συγκεντρωτικό σύστημα ελέγχου, όπου είναι απαραίτητη η άμεση και αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ της ζήτησης και του επιπέδου αποθέματος στις διάφορες τοποθεσίες. Στην περίπτωση του συγκεντρωτικού ελέγχου ο αριθμός των εξαρτώμενων μεταξύ τους μεταβλητών απόφασης αυξάνεται ταχέως. Τέτοιες περίπλοκες μεταβλητές είναι:

1. Πως καθορίζουμε την εξυπηρέτηση σε μια multiechelon κατάσταση; Κανονικά η εξυπηρέτηση μετριέται μόνο στο χαμηλότερο echelon, το οποίο σχετίζεται και με

---

<sup>3</sup> Η σύγχυση που μπορεί να παρουσιαστεί στη μαθηματική φύση του προβλήματος είναι το ότι η διαδικασία της ζήτησης από Poisson (η απλούστερη κατανομή από μαθηματικής πλευράς) στο επίπεδο του λιανοπωλητή αλλάζει και γίνεται στο επίπεδο της αποθήκης του υποκαταστήματος Erlang διαδικασία (η οποία είναι πολύπλοκότερη).

τους πελάτες. Σε ένα σύστημα multiechelon η έλλειψη αποθέματος σε ένα υψηλότερο επίπεδο έχει δευτερεύουσα επίδραση στην εξυπηρέτηση και η επίδραση αυτή είναι ότι μπορεί να αυξηθεί ο χρόνος αναπλήρωσης σε κάποιο χαμηλότερο echelon, γεγονός το οποίο μπορεί να προκαλέσει δυσαρέσκεια του πελάτη. Δηλαδή παρατηρούμε ότι το απόθεμα ασφαλείας σε συγκεκριμένο echelon, έχει επιδράσεις στα αποθέματα άλλων echelons, για αυτό πρέπει να δίνεται προσοχή ώστε να μην μειώνεται ή διπλασιάζεται το απόθεμα ασφαλείας χωρίς ιδιαίτερο λόγο.

2. Ας υποθέσουμε ότι η αποθήκη του υποκαταστήματος τοποθετεί παραγγελίες μεγέθους  $Q_b$  στην κεντρική αποθήκη. Τι θα συμβεί όμως όταν μια από αυτές τις παραγγελίες τοποθετηθεί και το ήδη υπάρχον απόθεμα στην κεντρική τοποθεσία είναι λιγότερο από  $Q_b$ ; Πραγματοποιείται τμηματική παράδοση ή το σύστημα περιμένει μέχρι να υπάρχει η δυνατότητα αποστολής ολόκληρης της ποσότητας της παραγγελίας;
3. Τι συμβαίνει στην περίπτωση ενός επείγοντος ανεφοδιασμού κατευθείαν από την κεντρική αποθήκη στον λιανοπωλητή;
4. Σε περιπτώσεις δομών αποθεματοποίησης κατά κλιμακωτή διάταξη (multiechelon) πιο πολύπλοκες, οι μεταφορές μεταξύ σημείων του ίδιου echelon μπορούν να γίνουν και κατά πόσο θα εξυπηρετήσουν;
5. Πάλι στην περίπτωση πιο πολύπλοκων δομών, όταν μια κεντρική μονάδα εφοδιάζει πολλά διαφορετικά σημεία στο επόμενο echelon, η μονάδα αυτή υιοθετεί μια πολιτική διανομής που δέχεται πολλές παραγγελίες, τι γίνεται στην περίπτωση που το απόθεμά της είναι ανεπαρκές για να τις ικανοποιήσει όλα τα σημεία ζήτησης;

Οι πολυπλοκότητες αυτές έχουν διερευνηθεί από πολλούς μελετητές και έχουν αναπτυχθεί ουσιώδεις και θεμελιώσεις προσεγγίσεις. Μια προσέγγιση είναι να περιοριστεί η πολιτική των αποθεμάτων, π.χ με τη διαδικασία nested που έχει αναφερθεί παραπάνω. Το βασικό πρόβλημα του τόπου εγκαθίδρυσης των συνδετικών κρίκων μεταξύ των echelons είναι ίσως και το σημείο το οποίο θεωρείται στρατηγικής σημασίας. Τρεις προσεγγίσεις έχουν αναπτυχθεί:

- Είναι αυτή που χρησιμοποιείται ευρέως και βρίσκει ή υπολογίζει προσεγγιστικά την κατανομή του χρόνου αναπλήρωσης (lead time) που απαιτείται για την μονάδα που βρίσκεται στο χαμηλότερο επίπεδο (downstream).

- Είναι αυτή που βρίσκει ή προσεγγίζει την κατανομή του συνολικού αριθμού των παραγγελιών που εκκρεμούν σε όλους τους λιανοπωλητές. Αυτές στη συνέχεια αναλύονται ώστε να βρεθεί ο ακριβής αριθμός των εκκρεμών παραγγελιών σε κάθε λιανοπωλητή.
- Εντοπίζει την κάθε μονάδα ζήτησης και την «ταιριάζει» με μια μονάδα αποθέματος / προμηθευόμενου υλικού, υπολογίζοντας το έξτρα κόστος από την απόκτηση της πληροφορία.

Είναι χρήσιμο καθώς προχωράμε να αναφέρουμε δυο διαστάσεις στις multiechelon τεχνικές, εκείνη της μερικής πληροφορίας μέσα στο σύστημα σε αντίθεση με τη συνολικής πληροφορίας όλου του συστήματος και εκείνη τη διάσταση του συγκεντρωτικού ελέγχου σε σχέση με τον αποκεντρωτικό έλεγχο.

Έλεγχος Πληροφορία	Συγκεντρωτικό	Αποκεντρωτικό
Συνολική	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θεωρία Διαχείρισης Αποθέματος βάση του Λιανοπωλητή (Vendor Managed Inventory)</li> <li>• Σχεδιασμός Απαιτήσεων βάση δικτύου διανομής ( Distribution Requirements Planning)-κάποιες εφαρμογές</li> <li>• Σειριακό Σύστημα (serial situation)</li> <li>• Το δενδροειδές σύστημα (arborescent situation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Σχεδιασμός Απαιτήσεων βάση δικτύου διανομής ( Distribution Requirements Planning)-οι περισσότερες εφαρμογές</li> <li>• Σύστημα ελέγχου βασικού αποθέματος (base stock)</li> </ul>
Μερική	-----	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Στοχαστικοί χρόνοι αναπλήρωσης</li> </ul>

**Σχήμα 4.2: Σχέση Πληροφορίας – Ελέγχου και Συγκεντρωτικού – Αποκεντρωτικό Συστήματος.**

Η μερική πληροφόρηση υποδηλώνει ότι κάθε τοποθεσία βλέπει τη συνολική ζήτηση μόνο ως παραγγελίες που φτάνουν σε αυτή από τους «πελάτες» τους οποίους προμηθεύει άμεσα. Επίσης βλέπει και γνωρίζει την κατάσταση αποθεμάτων, κόστους και λοιπών στοιχείων μόνου του δικού της επιπέδου. Σε αντίθεση στην περίπτωση της συνολικής πληροφόρησης, αυτός ο οποίος αναλαμβάνει τη λήψη των αποφάσεων γνωρίζει τη ζήτηση, τα αποθέματα και τα κόστη σε όλες τις τοποθεσίες του συστήματος. Οι προσπάθειες που γίνονται από ένα άτομο ή ομάδα ατόμων στοχεύει στη βελτίωση ολόκληρου του συστήματος. Ο συγκεντρωτικός έλεγχος αναγνωρίζεται στα συστήματα 'push', επειδή υπάρχει ένας πυρήνας που παίρνει τις αποφάσεις και τοποθετεί ποσότητες στις αποθήκες ανάλογα με τις εκάστοτε

επείγουσες ανάγκες. Στην περίπτωση του αποκεντρωτικού ελέγχου τέτοιες αποφάσεις παίρνονται ανεξάρτητα από κάθε ξεχωριστή τοποθεσία και συχνά τέτοιος έλεγχος αναγνωρίζεται στα συστήματα 'pull', αυτοί που ανεξάρτητα παίρνουν αποφάσεις στην κάθε τοποθεσία «τραβούν» απόθεμα από τους προμηθευτές τους.

Οι καλύτερες λύσεις έχουν επιτευχθεί όταν χρησιμοποιείται συνολική πληροφορία και συγκεντρωτικός έλεγχος και αυτό γιατί οι αποφάσεις παίρνονται βάση των πληροφοριών που υπάρχουν για ολόκληρο το σύστημα και όλες τις τοποθεσίες. Με αυτή τη μέθοδο υπάρχει πολύ μεγάλη μείωση των παραγγελιών από το αμέσως επόμενο κόμβο (downstream) στην αλυσίδα. Ωστόσο τέτοιου είδους λύσεις απαιτούν συνεργασία και συντονισμό μεταξύ πολλαπλών μελών σε μια διεργασία, μεταξύ διαδικασιών και σε αρκετές περιπτώσεις και μεταξύ ανεξάρτητων εταιριών.

### **1. Το σύστημα Ελέγχου με βασικό απόθεμα (base stock)**

Το σύστημα βασικού αποθέματος αποτελεί μια απάντηση στις δυσκολίες που αντιμετωπίζει κάθε echelon όταν παίρνει αποφάσεις για το πότε θα παραγγείλει βασιζόμενο μόνο στη ζήτηση από το επόμενο χαμηλότερο echelon. Στρατηγικής σημασίας αποτελεί η γνώση της ζήτησης του τελικού προϊόντος και η διάχυση της πληροφορίας αυτής σε όλα τα σημεία συγκέντρωσης αποθέματος. Αυτό απαιτεί τη χρήση ενός αποτελεσματικού συστήματος επικοινωνίας όπως είναι το Σύστημα Ανταλλαγής Ηλεκτρονικών Δεδομένων (Electronic Data Interchange), το οποίο παρέχει έγκυρες και χρονικά χρήσιμες πληροφορίες, καθώς επίσης και υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού ώστε να υπάρχει διάθεση από μέρος των εταιριών να μοιραστούν «ευαίσθητες» για αυτούς, χρήσιμες όμως για το σύνολο πληροφορίες. Κάθε σημείο αποθέματος λοιπόν, βάση αυτού του συστήματος πραγματοποιεί αναπληρώσεις εμπορεύματος βασιζόμενο στην τελική ζήτηση του πελάτη για το προϊόν και όχι βασιζόμενο στις παραγγελίες για αναπλήρωση που κάνει το επόμενο προς τα κάτω echelon (downstream). Ο πιο κοινός τύπος συστήματος base stock, τόσο στην έρευνα όσο και στην πρακτική, είναι αυτός στον οποίο χρησιμοποιείται ένα συγκεκριμένο σημείο αναπαραγγελίας και ονομάζεται παραγγελία με άνω φράγμα αποθέματος (order-up-to-level). Ακολουθεί μια παρουσίαση μιας γενικότερης μορφής ενός συστήματος (s,S), κατάλληλο για μια κατάσταση multiechelon. Για κάθε σημείο όπου υπάρχει απόθεμα ο υπεύθυνος θεωρεί ότι παραγγέλνεται ανεξάρτητα μια ποσότητα Q, η οποία βασίζεται σε προβλέψεις για τη ζήτηση του τελικού προϊόντος. Στη συνέχεια τοποθετείται ένα σημείο αναπαραγγελίας s, βασιζόμενο στην πρόβλεψη του τελικού προϊόντος και όχι το χρόνο ανεφοδιασμού του συγκεκριμένου

echelon στο οποίο βρισκόμαστε (αυτά τα συστήματα συχνά αγνοούν την πιθανότητα έλλειψης αποθέματος, γεγονός το οποίο θα αυξήσει στο χρόνο αναπλήρωσης σε κάποιο ανώτερο echelon). Έτσι λοιπόν το άνω φράγμα αποθέματος, το οποίο ονομάζεται και επίπεδο base stock, καθορίζεται από τη σχέση  $S = s + Q$ . Γίνεται ανασκόπηση της κατάστασης της θέσης του αποθέματος μετά από κάθε συναλλαγή ή ανά περιοδικά χρονικά διαστήματα. Όταν η κατάσταση του αποθέματος του echelon είναι γνωστή συγκρίνεται με το σημείο αναπαραγγελίας  $s$ . Όταν είναι ίσο ή μικρότερο από  $s$ , παραγγέλλεται εκείνη η ποσότητα από το echelon που έπεται για να αυξηθεί η ποσότητα του αποθέματος στο σημείο base stock  $S$ .

## **2. Η σειριακή κατάσταση (Serial situation)**

Για την ειδική περίπτωση του συριακού συστήματος (serial system), θα εξετάσουμε τη διαδικασία που οι De Bodt και Graves (1985) προτείνουν για τον υπολογισμό των ποσοτήτων που παραγγέλλονται, των σημείων αναπαραγγελίας τα οποία έχουν επίπτωση στο απόθεμα του κάθε echelon και στον χρόνο παράδοσης του επόμενου προς τα κάτω echelon. Στο συγκεκριμένο μοντέλο γίνεται η παραδοχή ότι οι πληροφορίες ζήτησης είναι διαθέσιμες σε όλες τις τοποθεσίες του συστήματος και οι αποφάσεις λαμβάνονται από ένα κεντρικό σημείο, δηλαδή υπάρχει συγκεντρωτικός έλεγχος. Όπως και παραπάνω θα πάρουμε την περίπτωση των δύο επιπέδων με έναν λιανοπωλητή και μια αποθήκη.

Οι υποθέσεις που υπογραμμίζουν τους κανόνες αποφάσεων περιλαμβάνουν:

- Η εξωτερική ζήτηση απασχολεί μόνο τον λιανοπωλητή και είναι μια στατική και σταθερή διαδικασία.
- Υπάρχει προκαθορισμένος (deterministic) χρόνος αναπλήρωσης και παράδοσης ο οποίος σχετίζεται με κάθε στάδιο ( $L_W$ -lead time of warehouse και  $L_R$ -lead time of retailer). Επιπλέον η έναρξη του  $L_R$  ξεκινάει όταν υπάρχει επαρκές απόθεμα στην αποθήκη για να ικανοποιήσει την ποσότητα που θέλει ο λιανοπωλητής.
- Η πολιτική που χρησιμοποιείται είναι της μορφής  $(s, Q)$  και έχει τέσσερις παραμέτρους που πρέπει να εξεταστούν:

$s_w$  = σημείο αναπαραγγελίας στην αποθήκη (βασισμένο στην κατάσταση αποθέματος του στο echelon)

$Q_w$  = ποσότητα παραγγελίας στην αποθήκη

$s_r$  = σημείο αναπαραγγελίας στον λιανοπωλητή

$Q_r$  = ποσότητα παραγγελίας στον λιανοπωλητή



Επίσης υποθέτουμε ότι  $Q_R$  και  $Q_w = nQ_R$  και έχουν προκαθοριστεί με τη διαδικασία που έχουμε αναφέρει σε παραπάνω κεφάλαιο. Αυτός ο περιορισμός δηλώνει ότι, όταν η αποθήκη παραγγέλνει, παραγγέλνει και ο λιανοπωλητής.

Όσον αφορά τα  $s_w$  και  $s_R$  ορίζονται ως:

$$s_R = \hat{x}_{L_R} + k_R * \sigma_{L_R}$$

όπου  $\hat{x}_{L_R}$  = η αναμενόμενη ζήτηση (πρόβλεψη) σύμφωνα με το χρόνο παράδοσης του λιανοπωλητή

$\sigma_{L_R}$  = τυπική απόκλιση λανθασμένης πρόβλεψης στο ίδιο διάστημα

$k_R$  = ασφαλής παράγοντας του λιανοπωλητή, ο οποίος ικανοποιεί τη σχέση

$$p_u \geq (k_R) = \frac{Q_R(u_R - u_w)r}{B_2 u_R D}$$

όπου  $D$  η ετήσια ποσοστιαία ζήτηση για το προϊόν,  $r$  η χρέωση μεταφορικών ανά χρόνο και  $B_2$  η ποσότητα της αξίας του προϊόντος που χρεώνεται για κάθε έλλειψή του.

Ανάλογα ορίζουμε και  $s_w = \hat{x}_{L_w+L_R} + k_w * \sigma_{L_w+L_R}$  όπου:

$\hat{x}_{L_w+L_R}$  = η αναμενόμενη ζήτηση (πρόβλεψη) σύμφωνα με το χρόνο παράδοσης της αποθήκης συν το χρόνο παράδοσης του λιανοπωλητή.

$\sigma_{L_w+L_R}$  = τυπική απόκλιση λανθασμένης πρόβλεψης στο ίδιο διάστημα για την αποθήκη και για τον λιανοπωλητή

$k_w$  = ασφαλής παράγοντας της αποθήκης, ο οποίος ικανοποιεί τη σχέση

$$p_u \geq (k_w) = \frac{Q_R(u_R + (n-1) * u_w)r}{B_2 u_R D}$$

### **3. Δενδροειδής κατάσταση (Arborescent)**

Στα συστήματα αυτά ο συγκεντρωτικός έλεγχος παίρνει μια νέα διάσταση. Ας υποθέσουμε ότι δυο λιανοπωλητές παραγγέλνουν 200 μονάδες ο καθένας, από τον ίδιο προμηθευτή, ο οποίος έχει μόνο 300 μονάδες διαθέσιμες. Ένας ανεξάρτητος λιανοπωλητής θα επέλεγε να λάβει όλες τις μονάδες της παραγγελίας του ακόμη και αν ο άλλος λιανοπωλητής λάμβανε μόνο 100 μονάδες. Στην περίπτωση του συγκεντρωτικού ελέγχου θα δινόταν 150 μονάδες σε κάθε λιανοπωλητή. Ο Zipkin αποδεικνύει ότι ο

συγκεντρωτικός έλεγχος απαιτεί λιγότερο κεντρικό απόθεμα, όμως η δυνατότητα συγκεντρωτικού ελέγχου δεν είναι μεγάλη σε όλες τις εταιρείες ή στις σχέσεις τους με τις αλυσίδες προμηθειών. Στην περίπτωση που θα επιλεγεί το μοντέλο του δενδροειδούς συστήματος σε κλιμακωτή διάταξη, πρέπει να καθοριστεί προσεκτικά ο τύπος του συστήματος ελέγχου καθώς και η πληρότητα των διαθέσιμων πληροφοριών που φτάνουν σε αυτόν που παίρνει τις αποφάσεις. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε δύο τέτοια συστήματα, ένα στο οποίο δεν κρατάει η αποθήκη απόθεμα και ένα στο οποίο υπάρχει απόθεμα στην αποθήκη.

#### 4. Ένα δενδροειδή σύστημα χωρίς απόθεμα στην αποθήκη του

Όταν μια αποθήκη δε κρατάει απόθεμα λειτουργεί με τον εξής τρόπο: παραγγέλνει μεγάλες ποσότητες «χύμα» (bulk) μετά την παραλαβή της παραγγελίας, τη διασπά σε μικρότερες ποσότητες για άμεση αποστολή στους λιανοπωλητές. Το κρίσιμο σημείο εδώ είναι ότι κάποια μόνο ποσότητα μεταφέρεται στους λιανοπωλητές και όχι ολόκληρη η ποσότητα παραγγελίας τους. Οι αποφάσεις που πρέπει να πάρει η αποθήκη σχετίζονται με το πώς θα μοιράσει το μειωμένο απόθεμα στους λιανοπωλητές και τι ποσότητα θα παραγγείλει σε κάθε περίοδο. Αυτό το σύστημα μπορεί να ονομαστεί και “push”, το οποίο υποθέτει συγκεντρωτικό έλεγχο και συλλογικές πληροφορίες.

Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση παρουσίασαν οι Federgruen και Zipkin (1984), όπου η κατανομή της ζήτησης του κάθε λιανοπωλητή είναι κανονική και ανεξάρτητη από τη ζήτηση των άλλων λιανοπωλητών και όλοι αντιμετωπίζουν ίδια κόστη διατήρησης ή έλλειψης αποθέματος.

Το άνω φράγμα της παραγγελίας για την αποθήκη (S) δίνεται από τον τύπο:

$$\frac{1}{R} \sum_{i=0}^{R-1} \{1 - p_u \geq (k_i)\} = \frac{B_3}{B_3 + r}$$

$$\text{όπου } k_i = \frac{S(L_w + L_{RE} + 1 + i)\bar{x}}{\sqrt{(L_{RE} + 1 + i)\sigma^2 + L_w \bar{\sigma}^2}}$$

όπου:

J = αριθμός λιανοπωλητών

R = μια περίοδος

B<sub>3</sub> = κόστος έλλειψης για τον λιανοπωλητή

r = χρέωση μεταφορικών

$L_{RE}$  = χρόνος παράδοσης από την αποθήκη στον λιανοπωλητή υποθέτοντας ότι το απόθεμα είναι διαθέσιμο στην αποθήκη για μεταφορά

$L_W$  = χρόνος παράδοσης στην αποθήκη

$\hat{x} = \sum_{j=1}^J \hat{x}_j$  = συνολική ζήτηση περιόδου

όπου  $\hat{x}_j$  = αναμενόμενη ζήτηση για τον λιανοπωλητή j

$\sigma = \sum_{j=1}^J \sigma_j$  όπου  $\sigma_j$  = τυπική απόκλιση της ζήτησης για μια περίοδο για τον λιανοπωλητή j

$\tilde{\sigma}^2 =$  η διακύμανση της ζήτησης του συστήματος  $\sum_{j=1}^J \sigma_j^2$

### B. Ένα δένδροειδή σύστημα με απόθεμα στην αποθήκη του

Στην περίπτωση αυτή η ανάλυση γίνεται ακόμη πιο πολύπλοκη. Οι αποφάσεις που πρέπει να πάρει η αποθήκη αυξάνονται και είναι οι παρακάτω:

- Πόσο πρέπει να παραγγείλει στον προμηθευτή της
- Πόσο πρέπει να στείλει στους λιανοπωλητές σε κάθε περίοδο
- Πόσο πρέπει να επιμερίσει σε κάθε λιανοπωλητή όταν υπάρχει έλλειψη αποθέματος.

Οι Matta και Sinha (1995) ασχολούνται με ένα τέτοιο μοντέλο και υποθέτουν ότι κάθε λιανοπωλητής(i) παραγγέλνει από μια μοναδική αποθήκη ακολουθώντας πολιτική (R, Si) και ότι η αποθήκη έχει μια πολιτική (R,  $s_w$ ,  $S_w$ ), πολιτικές λογικές δεδομένου ότι πολλοί λιανοπωλητές παραγγέλνουν σε μια σταθερή βάση από τους προμηθευτές τους. Υποθέτουμε ότι οι παραγγελίες παραδίδονται κάθε βδομάδα και οι λιανοπωλητές καθορίζουν την ποσότητα παραγγελίας που επιθυμούν κάθε βδομάδα, ενώ υπάρχει και ένα κόστος έλλειψης  $B_3$ . Τα βήματα για τον υπολογισμό της άριστης πολιτικής (η οποία ενέχει στοιχεία από τη θεωρία των ουρών), η οποία είναι περισσότερο ακριβής όταν η ποσότητα παραγγελίας είναι μεγάλη, είναι:

- Υπολογισμός της ποσότητας παραγγελίας στην αποθήκη βάση του τύπου  $S_w - s_w$ .
- Υπολογισμός ενός παράγοντα ασφαλείας για κάθε λιανοπωλητή, χρησιμοποιώντας έναν τύπο (news – vendor).
- Υπολογισμός του συνολικού κόστους χρησιμοποιώντας τον τύπο για ένα δεδομένο παράγοντα ασφαλείας και στη συνέχεια αναζήτηση του ελάχιστου συνολικού κόστους στον παράγοντα αυτό.
- Υπολογισμός των  $S_i, s_w, S_w$ .

Επίσης οι Svoronos και Zirkin ανέπτυξαν μια τεχνική αποσύνθεσης για να αναλύσουν καταστάσεις με κλιμακωτή αποθεματοποίηση. Η τεχνική αυτή αρχίζει με την εύρεση πολιτικών αποθεμάτων για κάθε λιανοπωλητή ανεξάρτητα. Αυτές οι πολιτικές δημιουργούν διαδικασία παραγγελίας στην αποθήκη συσχετιζόμενη με το χρόνο – δηλαδή όταν δοθεί παραγγελία από τον λιανοπωλητή σε κάποια χρονική στιγμή, επόμενη παραγγελία δεν ισχύει μέχρι να περάσει κάποιο χρονικό διάστημα.

Αυτή η δομή της ζήτησης χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί πολιτική αποθέματος για την αποθήκη, η οποία με τη σειρά της γίνεται η βάση για τον καθορισμό των χρόνων παράδοσης των λιανοπωλητών. Αυτοί οι χρόνοι παράδοσης ενέχουν το χρόνο μεταφοράς συν το χρόνο καθυστέρησης όταν η αποθήκη δεν έχει επαρκές απόθεμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οδηγός για την ανεύρεση νέων πολιτικών αποθεματοποίησης για τους λιανοπωλητές.

Ο Zirkin (1995) απέδειξε σε μερικές περιπτώσεις μπορεί το μέσο απόθεμα της αποθήκης να ποικίλει, με μικρή όμως επίδραση στο συνολικό κόστος (υποθέτοντας ότι οι λιανοπωλητές καταφέρνουν το στόχο τους στην πολιτική αποθέματος που έχουν διαλέξει, με αυτό το επίπεδο αποθήκης). Επίσης, ο συγκεντρωτικός έλεγχος απαιτεί λιγότερο απόθεμα αποθήκης από ότι ο αποκεντρωτικός έλεγχος. Πολυκαταστήματα για παράδειγμα όπως η Wal-Mart, τα οποία διακρίνονται από εξαιρετική εφοδιαστική διαχείριση και έχουν συστήματα συγκεντρωτικού ελέγχου, χρειάζονται λίγο απόθεμα στην κεντρική αποθήκη τους.

Οι Hopp, Zhang και Spearman (1996) ασχολήθηκαν με ένα μοντέλου δένδροειδούς συστήματος το οποίο έχει απόθεμα στην αποθήκη και πρέπει να αποδώσει σε ένα σύστημα με διανομή ξεχωριστών κομματιών (spare parts).

Συστήματα ελέγχου push

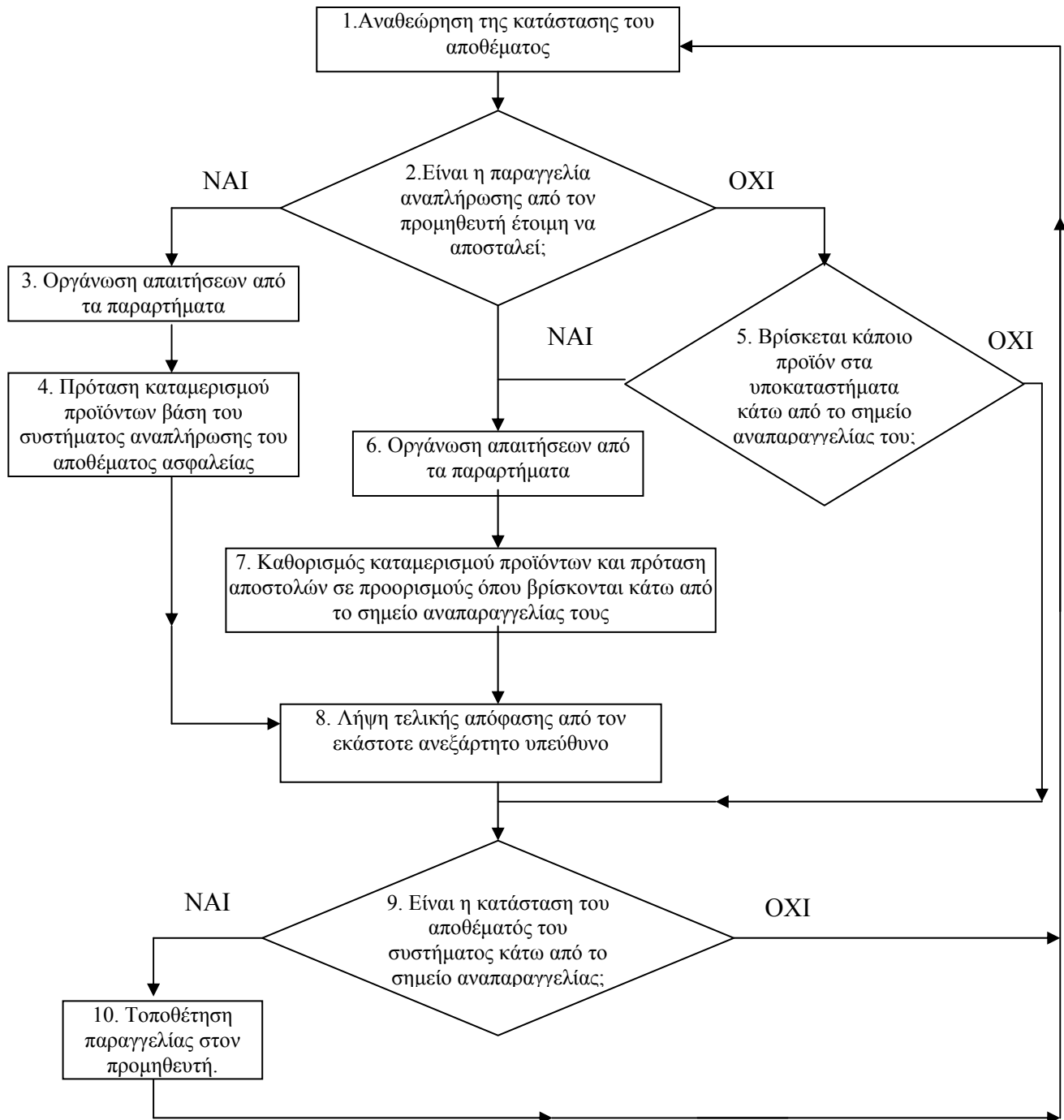
Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν συνολική πληροφόρηση και συγκεντρωτικό έλεγχο και ταιριάζουν με τα Vendor Managed Inventory (VMI) πρακτική των νέων εφοδιαστικών αλυσίδων.

#### **4. Λειτουργία ενός συστήματος push.**

Θα χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα με δύο echelons για την εξήγηση του συστήματος, αν και η ιδέα του push συστήματος εφαρμόζεται και έχει νόημα σε συστήματα με περισσότερα echelons. Το πάνω echelon είναι η κεντρική αποθήκη, η οποία προμηθεύεται από κάποια βιομηχανική μονάδα ή κάποιον εξωτερικό άλλο παράγοντα. Το κάτω echelon αποτελείται από έναν αριθμό λιανοπωλητών οι οποίοι δέχονται και τη ζήτηση των πελατών, το οποίο

βέβαια δεν αποκλείει ότι η αποθήκη μπορεί να έχει τους δικούς της, ανεξάρτητους με τους λιανοπωλητές, πελάτες.

Παρακάτω παρουσιάζεται διαγραμματικά ένα τέτοιο σύστημα:



Σχήμα 4.2: Απεικόνιση ενός συστήματος

Όπως φαίνεται στην ενέργεια (1) ξεκινάμε με έλεγχο (σε κάποια περιοδική βάση, συνήθως ημερήσια ή εβδομαδιαία) της κατάστασης του αποθέματος κάθε είδους (SKU), πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι το ίδιο είδος σε δυο διαφορετικές τοποθεσίες θεωρείται ως δυο διαφορετικά SKU. Το πρώτο ερώτημα, ενέργεια (2), είναι εάν το σύστημα ανεφοδιασμού που έχει ο προμηθευτής είναι έτοιμο να ξεκινήσει την αποστολή των παραγγελιών. Η ποσότητα ανεφοδιασμού αυτή έχει ήδη έναν χρόνο παράδοσης στην αποθήκη  $L_w$ . Εάν είναι διαθέσιμη μια τέτοια ποσότητα τότε πρέπει να υπολογιστούν με ακρίβεια οι καθαρές ανάγκες κάθε λιανοπωλητή, το οποίο γίνεται με δυο βήματα. Πρώτον υπολογίζονται οι ακαθάριστες απαιτήσεις (αγνοώντας τη θέση αποθέματος) βάση των παραγγελιών των πελατών της εταιρείας και της προβλεπόμενης ζήτησης. Στη συνέχεια το ήδη υπάρχον απόθεμα και αυτό το οποίο βρίσκεται σε αποστολή ή είναι δεσμευμένο αφαιρούνται από τις ακαθάριστες απαιτήσεις και βρίσκεται αυτό που αποκαλείται καθαρές απαιτήσεις. Επίσης οι καθαρές απαιτήσεις μπορούν να υπολογιστούν ως ένα σημείο πάνω από το επιθυμητό επίπεδο ασφαλείας. Στη συνέχεια καθορίζεται η ποσότητα για κάθε προορισμό όπως φαίνεται στην ενέργεια (4). Πρώτα πρέπει να διευκρινιστεί αν επαρκής ποσότητα αποθέματος έχει κρατηθεί στην κεντρική αποθήκη, αυτό δηλαδή που ονομάζεται σύστημα αποθέματος ασφαλείας. Το απόθεμα ασφαλείας του συστήματος χρησιμοποιείται για να εξισορροπηθούν τα κόστη μεταφοράς του, με το κόστος αποστολής από τον προμηθευτή στην περίπτωση που υπάρχει έλλειψη στην κεντρική αποθήκη. Σημαντικός παράγοντας θεωρείται η μεταβλητότητα της ζήτησης όλου του συστήματος καθώς και ποιος κανόνας για τη λήψη αποφάσεων αποθέματος ασφαλείας θα προτιμηθεί. Το απόθεμα που κρατείται κεντρικά είναι χρήσιμο για την άμεση ανταπόκριση σε μελλοντικές ανάγκες των λιανοπωλητών (οι οποίες θα δημιουργηθούν πριν την άφιξη των επόμενων ποσοτήτων ανεφοδιασμού). Εννοείται φυσικά ότι ο χρόνος της ανάγκης εφοδιασμού για κάθε λιανοπωλητή είναι σχεδόν ο ίδιος για όλους<sup>4</sup>. Στην περίπτωση που στην περίοδο αναθεώρησης δεν υπάρχει παραγγελία ανεφοδιασμού έτοιμη για αποστολή εξετάζουμε την κατάσταση αποθέματος του είδους σε κάθε λιανοπωλητή ενέργεια (5). Εάν κάποιο είδος στο λιανοπωλητή βρίσκεται κάτω από το σημείο αναπαραγγελίας τότε προχωράμε στην ενέργεια (6) και οργανώνονται οι απαιτήσεις σε κάθε λιανοπωλητή. Στη συνέχεια το απόθεμα χωρίζεται σε ίσες ποσότητες και αποστέλλεται στις διάφορες τοποθεσίες, ενέργεια (7). Οι αποστολές που προτείνονται για συνδυασμούς προϊόντων του λιανοπωλητή αφορούν μόνο εκείνα τα προϊόντα που βρίσκονται κάτω από το

---

<sup>4</sup> Το σημείο αναπαραγγελίας του λιανοπωλητή βασίζεται στο χρόνο αναπλήρωσης από την κεντρική αποθήκη, θεωρώντας ότι υπάρχει αρκετό απόθεμα ακόμη και στον τελευταίο προορισμό. Ο παράγοντας του αποθέματος ασφαλείας του λιανοπωλητή μπορεί να βασιστεί για παράδειγμα στο επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών.

σημείο αναπαραγγελίας τους. Εδώ μπορούν πολύ εύκολα να ενσωματωθούν περιορισμοί ελάχιστων ή μέγιστων ποσοτήτων, καθώς και κάποιες πληροφορίες χρήσιμες για τη μείωση των ναύλων μεταφοράς, όπως κιλά και χώρος των απαιτούμενων ποσοτήτων και η επιθυμητή μέρα αποστολής τους. Ακολουθεί η ενέργεια (8) όπου ολοκληρώνεται το πρόγραμμα φορτώσεων από τον εκάστοτε υπεύθυνο, π.χ τον διευθυντή προμηθειών, ο οποίος μπορεί να κάνει κάποιες αλλαγές που θα κρίνει αναγκαίες, π.χ να στείλει κάποιες ποσότητες νωρίτερα για να γεμίσει κάποιο φορτηγό ώστε να μη φύγει μισογεμάτο. Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος του συστήματος για το αν χρειάζεται ανεφοδιασμό ή όχι, ενέργεια (9). Τέλος τίθεται παραγγελία εάν κριθεί απαραίτητο με την ενέργεια (10). Η διαδικασία μου μόλις περιγράφηκε επαναλαμβάνεται εφόσον περάσει το διάστημα που έχει οριστεί για την κάθε ανασκόπηση.

Το σύστημα 'push' προσεγγίζει τις ακριβείς μελλοντικές απαιτήσεις σε οποιονδήποτε λιανοπωλητή πολύ καλύτερα από τη διαδικασία της πρόβλεψης. Παρόμοια με το σύστημα 'push' είναι και ο σχεδιασμός διανομής απαιτήσεων (Distribution Requirements Planning) με ουσιαστική διαφορά ότι στο DRP οι παρτίδες καθορίζονται τοπικά από τους λιανοπωλητές ενώ στο σύστημα 'push' υπάρχει συγκεντρωτικός έλεγχος. Τα περισσότερα 'push' συστήματα παίρνουν μια αιτιοκρατική προσέγγιση και στη συνέχεια την προσαρμόζουν χρησιμοποιώντας το απόθεμα ασφαλείας.

Ενδιαφέρων σχόλια και προτάσεις.

- \* Όπως έγινε κατανοητό από την μέχρι τώρα ανάλυση δεν υπάρχει κάποιος απλός τρόπος αναλυτικής πρόβλεψης του επιπέδου εξυπηρέτησης των πελατών, σαν λειτουργία που εξαρτάται άμεσα και μόνο από τους λιανοπωλητές ή τους παράγοντες ασφαλείας του συστήματος. Ωστόσο ο Brown (1982) με μια σειρά πειραμάτων διαφορετικών μεθόδων επιμερισμού του αποθέματος σε αποθήκη και λιανοπωλητές, απέδειξε ότι μια εταιρεία μπορεί να διατηρεί το απόθεμα ασφαλείας κεντρικά (κεντρικά σημαίνει ένας λιανοπωλητής ο οποίος κάνει τη μεγαλύτερη κατανάλωση στο συγκεκριμένο αντικείμενο), λαμβάνοντας φυσικά υπόψη τους σχετικά μικρούς χρόνους μεταφοράς που θα απαιτούνται πλέον από την κεντρική τοποθεσία στους άλλους λιανοπωλητές. Στην περίπτωση όπου υπάρχει επαρκές απόθεμα ο Brown προτείνει να επιμερίζεται στους λιανοπωλητές, έτσι ώστε να αυξηθεί το απόθεμά τους πάνω από το σημείο αναπαραγγελίας τους. Όταν όμως το ολικό απόθεμα του συστήματος είναι λιγότερο από το άθροισμα όλων των σημείων αναπαραγγελίας των λιανοπωλητών, τότε το απόθεμα τοποθετείτε στα σημεία

εκείνα όπου θα καλύψει τους αναμενόμενους χρόνους παράδοσης ή και κάποιες περιπτώσεις αποθέματος ασφαλείας των λιανοπωλητών.

- \* Η ιδέα της επιτάχυνσης των διαδικασιών ως τρόπος αποφυγής ελλείψεων αποθέματος ασφαλείας είναι μια καλή πρακτική εφόσον δεν δημιουργείται η ανάγκη για επιτάχυνση πολλών διαδικασιών, πράγμα το οποίο ως εφαρμογή γίνεται πιο πολύπλοκη.
- \* Η χρήση ενός συστήματος 'push', ή οποιουδήποτε άλλου συστήματος με συγκεντρωτικό έλεγχο απαιτεί σχεδόν πάντα οργανωτικές παρεμβάσεις, γεγονός που αλλάζει τις υπευθυνότητες και τη εξουσία που ασκούν οι εκάστοτε υπεύθυνοι. Απαραίτητη είναι η εκπαίδευση για τις οποιεσδήποτε αλλαγές καθώς επίσης και η αξιολόγηση της προσαρμογής στις νέες υπευθυνότητες.
- \* Οποιοιδήποτε κανόνες αποφάσεων υιοθετούνται πρέπει να αντιμετωπίζονται ως εργαλείο βοήθειας στον εκάστοτε υπεύθυνο λήψης αποφάσεων. Επίσης υπάρχουν σημαντικοί παράγοντες οι οποίοι δεν μπορούν να μοντελοποιηθούν ώστε να μπου στους κανόνες αποφάσεων, αλλά πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν την τελειοποίηση των αποφάσεων τοποθέτησης και φόρτωσης εμπορευμάτων.

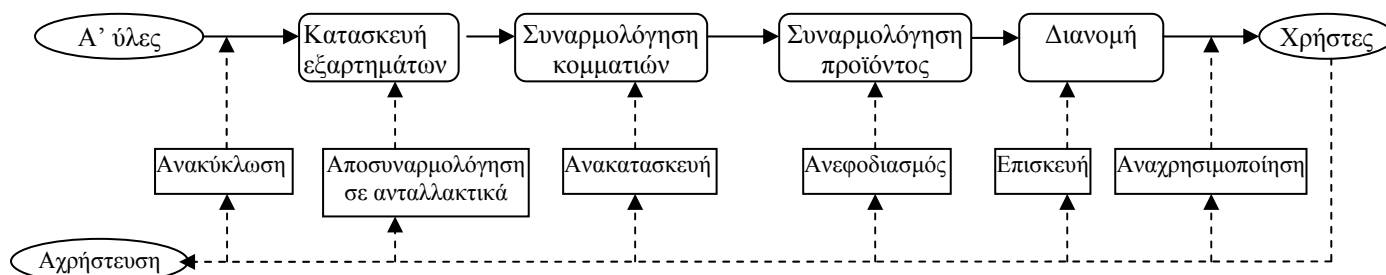




## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 1. Επισκευές και ανακατασκευές προϊόντων σε δομές multiechelon.

Εύστοχο είναι να εξετάσουμε και κάποια άλλα είδη, τα οποία δεν είναι καταναλωτικά και τα οποία μπορούν με κάποιο τρόπο να επισκευαστούν ή να επιδιορθωθούν, όπως για παράδειγμα στρατιωτικός εξοπλισμός, υπολογιστές, τηλεφωνικές συσκευές. Ο όρος «ανάκτηση προϊόντος» εμπεριέχει την έννοια της διαχείρισης όλων των χρησιμοποιημένων, μεταχειρισμένων, ακόμη και παραμερισμένων υλικών, προϊόντων και συστατικών. Οι Thierry, Salomon, Van Numen και Van Wassenhove υπογραμμίζουν ότι η διοίκηση της ανάκτησης του προϊόντος στοχεύει στην ανάκτηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης οικονομικής αξίας, μειώνοντας ταυτόχρονα το συνολικό ποσό σπατάλης. Αυτή η νέα περιοχή έρευνας και εφαρμογής που προκύπτει ενέχει μεγάλο ενδιαφέρον, που οφείλεται κυρίως στους νέους προτεινόμενους νόμους οι οποίοι αναθέτουν ευθύνες στους κατασκευαστές για την τελική διάθεση των «αποβλήτων» των προϊόντων τους. Το 1995 παρουσιάστηκε ένα πλαίσιο και μια σειρά ορισμών, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν τους μάνατζερς στην οργάνωση των παραπάνω αναφερόμενων θεμάτων. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, κάποιοι συγγραφείς εξετάζουν τις διαφορές μεταξύ διαφόρων επιλογών ανάκτησης προϊόντος, περιλαμβάνοντας την επισκευή, την ανακαίνιση (αλλαγές στη φύση του προϊόντος), αποσύνθεση σε ανταλλακτικά, και ανακύκλωση. Η όλη διαδικασία της κατασκευής και δημιουργίας χαρακτηριστικών αρχίζει φυσικά με το σχεδιασμό του προϊόντος, πράγμα το οποίο δεν συμβαίνει στις μέρες μας μιας και οι εταιρείες λαμβάνουν υπόψη τους τον παράγοντα περιβάλλον και τον παράγοντα της αποσυναρμολόγησης των εξαρτημάτων στις διαδικασίες βελτίωσης του προϊόντος, και όχι στο αρχικό στάδιο του σχεδιασμού. Αυτό καταλήγει στη χρήση περισσότερων υλικών, στη δημιουργία μεγαλύτερης πολυπλοκότητας και στον παραγκωνισμό άλλων περιβαλλοντολογικών στόχων.



Σχήμα 5.1: Δυνατότητες Ανάκτησης Προϊόντος κατά τον Thierry (1995).

Η ανάλυση της περίπτωσης της ανάκτησης θεωρείται πιο πολύπλοκη από την ανάλυση των καταναλωτικών αγαθών. Υπό κανονικές συνθήκες δεν είναι δυνατή η ανάκτηση<sup>5</sup> όλων των προϊόντων, έτσι η ζητούμενη ποσότητα δεν ικανοποιείται πλήρως από τις μονάδες που επιστρέφουν μετά από επεξεργασία για να ξαναχρησιμοποιηθούν. Ωστόσο είναι κατανοητό ότι η αγορά καινούργιων μονάδων δεν μπορεί να αποφευχθεί τελείως και πρέπει να γίνεται ανά κάποια χρονικά διαστήματα. Ακόμη και στην πιο απλή περίπτωση της μιας τοποθεσίας υπάρχουν πέντε μεταβλητές απόφασης:

1. πόσο συχνά ελέγχεται η κατάσταση των αποθεμάτων
2. πότε πρέπει να ανακτηθούν μονάδες προϊόντος που έχουν επιστραφεί
3. πόσες μονάδες προϊόντος πρέπει να ανακτηθούν στο διάστημα που έχει οριστεί ως μονάδα χρόνου
4. πότε πρέπει να γίνει η παραγγελία των νέων μονάδων προϊόντος
5. τι ποσότητα προϊόντος πρέπει να παραγγελθεί

Στην περίπτωση των πολλαπλών τοποθεσιών πρέπει να αποφασιστεί και πόσες μονάδες μη ελαττωματικές θα αποσταλούν στην κεντρική αποθήκη και πόσες σε κάθε λιανοπωλητή ή σημείο αποθήκευσης. Όπως έχουμε ήδη αναφερθεί στα καταναλωτικά προϊόντα ο χρόνος παράδοσης τους στους λιανοπωλητές είναι ο χρόνος μεταφοράς από την αποθήκη συν την τυχαία μεταβλητή εάν θα έχει ή όχι η αποθήκη απόθεμα. Στην περίπτωση των ανακτημένων προϊόντων που εξετάζουμε, ο χρόνος παράδοσης είναι ο χρόνος μεταφοράς συν το χρόνο της αποκατάστασης, όταν η αποθήκη δεν έχει απόθεμα. Δηλαδή συμπεραίνουμε ότι οι δυο περιπτώσεις μπορούμε να τις χειριστούμε με παρόμοιο τρόπο. Ωστόσο εάν η μονάδα αποκατάστασης έχει περιορισμένη δυναμικότητα ή ο αριθμός των προϊόντων στο σύστημα είναι μικρός, το όλο σύστημα θα διαφέρει αρκετά.

### **1. Κατάσταση Multiechelon με στοχαστική χρήση και 1 προς 1 παραγγελία.**

Ο Sherbooke (1992) παρουσιάζει μια επισκόπηση πάνω στα αντικείμενα που επισκευάζονται στα multiechelon συστήματα. Η έρευνα στηρίχτηκε αντί σε λιανοπωλητές σε στρατιωτικές βάσεις που δημιουργούσαν ζήτηση για επισκευή μηχανών αεροσκαφών. Ο ανεφοδιασμός των εξαρτημάτων γίνεται από την πιο πιθανή βάση επισκευής χαλασμένων εξαρτημάτων ή από την κεντρική αποθήκη η οποία είχε κομμάτια τα οποία είχε επισκευάσει αλλά και καινούργια κομμάτια.

---

<sup>5</sup> Ο όρος ανάκτηση περιλαμβάνει όλες τις μονάδες προϊόντος που ξαναχρησιμοποιούνται αφού περάσουν από μια διαδικασία επισκευής, ανακατασκευής, ή οτιδήποτε άλλο περιγράφεται στο σχήμα.

Το συγκεκριμένο λοιπόν μοντέλο, αποτελείται από ένα σύστημα με δύο επίπεδα (echelons), το ένα επίπεδο είναι μια σειρά από βάσεις και το άλλο η κεντρική αποθήκη. Κάθε τοποθεσία στο σύστημα μπορεί να προμηθευτεί είτε μια παρτίδα από έτοιμα εξαρτήματα, είτε μια παρτίδα με προϊόντα που χρειάζονται επισκευή και που μπορεί να τα αποσυναρμολογήσει, δημιουργώντας κομμάτια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η ζήτηση σε κάθε βάση για κάθε είδος ακολουθεί μια πολύπλοκη κατανομή Poisson. Η πολιτική αποθεμάτων που ακολουθείται για κάθε τοποθεσία είναι μια συνεχή ανασκόπηση  $(S - 1, S)$ , δηλαδή η κατάσταση του αποθέματος βρίσκεται συνεχώς στο ίδιο σημείο παραγγελίας  $S$ , πολιτική που θεωρείται πιο κατάλληλη για ακριβά με μικρή κίνηση αντικείμενα. Το καθαρό απόθεμα οποιουδήποτε είδους στην κάθε βάση είναι η διαφορά μεταξύ του  $S$  και της ζήτησης στο μέσο χρόνο επισκευής, όπου η ζήτηση ακολουθεί κατανομή Poisson. Υπάρχει ένα πρόβλημα όταν χρησιμοποιείται η κατανομή Poisson στην απεικόνιση των ποσοστών αποτυχιών σε στρατιωτικά μοντέλα και αυτό είναι, ότι ο μέσος και η διακύμανση είναι ίσα. Αυτό δημιουργεί πρόβλημα στο ταίριασμα της Poisson με αληθινά δεδομένα, το οποίο αντιμετωπίζεται στο συγκεκριμένο μοντέλο με προεκτάσεις του θεωρήματος του Palm.

## **2. Επεκτάσεις της κατάστασης επισκευής multiechelon**

### *Indentured modules*

Παίρνουμε την περίπτωση ενός πολύπλοκου εξοπλισμού το οποίο αποτελείται από ξεχωριστά κομμάτια τα οποία με τη σειρά τους έχουν τα δικά τους επιμέρους εξαρτήματα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το αεροπλάνο, το οποίο έχει μηχανές, σύστημα πλοήγησης κτλ. Ο εξοπλισμός αυτός χαλάει συνέχεια λόγω της αποτυχίας διάφορων στοιχείων τα οποία τον αποτελούν. Έχοντας κάνει την εκτίμηση του ποσοστού των αποτυχιών των διαφόρων στοιχείων και το κόστος κάθε στοιχείου, ο χρόνος επισκευής και διανομής, ακόμη και όταν έχουμε μια τοποθεσία, πρόβλημα υπάρχει στον επιμερισμό του προϋπολογισμού στα ξεχωριστά στοιχεία για να ολοκληρωθεί η συναρμολόγηση, ώστε να μεγιστοποιηθεί η διαθεσιμότητα όλων των μονάδων ή εναλλακτικά να ελαχιστοποιηθεί η επένδυση σε απόθεμα με σκοπό την επίτευξη ενός επιθυμητού επιπέδου service. Όταν οι τοποθεσίες είναι πολλαπλές τότε έχουμε το πρόβλημα METRIC με ακόμη περισσότερη πολυπλοκότητα λόγω των επιπέδων συμβατικών υποχρεώσεων (indenture levels). Στη συνέχεια πρέπει να ληφθεί η απόφαση πόσα κομμάτια από κάθε εξάρτημα θα πρέπει να διατηρούνται ως απόθεμα καθώς και το που θα αποθηκεύονται οι μονάδες αυτές. Λόγω της δομής των επιπέδων των συμβατικών υποχρεώσεων, υπάρχει η πολυπλοκότητα ότι τα εξαρτήματα δεν μπορούν να

θεωρηθούν ανεξάρτητα, διότι κάθε συγκεκριμένο κομμάτι του εξοπλισμού απαιτεί ένα συγκεκριμένο σετ από στοιχεία.

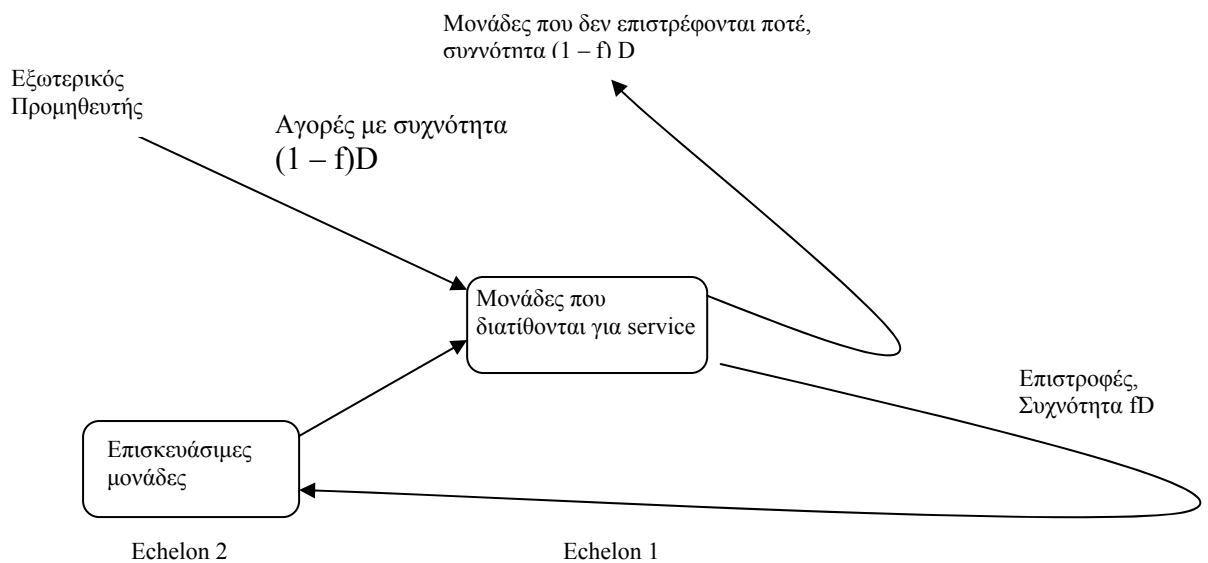
Μια ενδιαφέρον προσέγγιση στο παραπάνω αναφερόμενο πρόβλημα είναι αυτή του Muckstadt (1973) στην οποία αναπτύσσει ένα μοντέλο με δυο επίπεδα indentured. Το ένα επίπεδο είναι η γραμμή με τις μονάδες που μπορούν να αντικατασταθούν στο σημείο στο οποίο βρίσκονται και το άλλο είναι το εργαστήριο με τις αντικαταστάτριες μονάδες, που είναι στοιχεία ή υπομονάδες του άλλου επιπέδου που πρέπει να μετακινηθούν ή να αντικατασταθούν στα εργαστήρια επισκευής. Αναπτύσσεται και εδώ και πολιτική (S-1, S). Σκοπός είναι να επιμεριστεί με τέτοιο τρόπο ο συνολικός προϋπολογισμός στα εξαρτήματα, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός των ανεκπλήρωτων παραγγελιών που θα επιστρέψουν στο πρώτο επίπεδο. Για να βρεθεί η βέλτιστη λύση λειτουργούμε ως εξής, κάνοντας αρκετές επαναλήψεις: ο διαθέσιμος προϋπολογισμός  $W$  διαιρείται δια του δύο, έστω  $W_1$  και  $W_2$ . Το  $W_1$  τοποθετείται στα εργαστήρια επισκευής για να ελαχιστοποιήσει της καθυστερήσεις επισκευών που δημιουργούνται σε όλες τις βάσεις. Ο επιμερισμός αυτός καθορίζει το μέσο χρόνο επαναπρομήθειας στοιχείων στο προηγούμενο επίπεδο. Έχοντας αυτά τα δεδομένα τοποθετείται το  $W_2$  με τέτοιο τρόπο στις γραμμές που αντικαθιστούν από μόνες τους τα εξαρτήματα, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το αναμενόμενο επίπεδο ανεκπλήρωτων παραγγελιών σε αυτό το επίπεδο.

### **3. Ενδιαφέρουσες Περιπτώσεις.**

Ενδιαφέρον στον επισκευαστικό τομέα παρουσιάζει και το μοντέλο προμήθειας του ινστιτούτου Logistics (Logistics Management Institute), το οποίο συνδυάζει το κλασικό μοντέλο σειριακής αξιοπιστίας (serial-reliability, δηλαδή ένα σύστημα το οποίο για να λειτουργήσει πρέπει όλα τα στοιχεία που το αποτελούν να λειτουργούν), με τις υποθέσεις του METRIC που αναφέραμε λίγο πιο πάνω, για την περίπτωση της ανεξάρτητης μονάδας προϊόντος και για καταστάσεις με δυο echelons.

Μια ενδιαφέρον περίπτωση παρουσίασαν οι Bloemhof – Ruwaard, Salomon, η οποία εξετάζει τον σχεδιασμό ενός δικτύου με εγκαταστάσεις και μονάδες ρήψης των απορριμμάτων του το οποίο συντονίζει ανάλογα και τη ροή προϊόντων και αποβλήτων σε αυτό. Παράδειγμα αποτελεί μια μεγάλη εταιρεία χημικών, η οποία κέρδισε μεγάλο μέρος της αγοράς του νερού λόγω του ότι παρέδιδε τα προϊόντα της σε κοντέινερ τα οποία ήταν χρησιμοποιημένα.

Μερικά προϊόντα δεν μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν, αλλά είναι δυνατή η αποσυναρμολόγησή τους έτσι ώστε κάποια από τα εξαρτήματά τους να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή νέων προϊόντων. Παρακάτω θα παρουσιασθεί ένα μοντέλο που αναπτύχθηκε από τους Muckstadt Isaac (1981) συσχέση με έναν κατασκευαστή geographic εξοπλισμού. Υπάρχει μια τοποθεσία με δυο ειδών αποθέματα: αυτά που επισκευάζονται και αυτά που είναι για να χρησιμοποιηθούν ως ανταλλακτικά σε επισκευές, όπως παρουσιάζεται και στο παρακάτω σχήμα.



**Σχήμα 5.2: Επισκευαζόμενες μονάδες σε μια τοποθεσία.**

Η ζήτηση και για τα δυο είδη αποθεμάτων είναι στοχαστική σύμφωνα με τις διαδικασίες Poisson με τιμές  $D$  και  $Df$  (όπου  $f$  είναι η μονάδα προϊόντος (fraction)). Επίσης οι επισκευές γίνονται σε συνεχή βάση ακολουθώντας τη μέθοδο FIFO (first-in-first-out).

Όταν υπάρχει ζήτηση για κομμάτια, χωρίς αυτά να είναι διαθέσιμα, μένουν ως παραγγελίες σε αναμονή (backorders), επιβαρυνόμενες με έξτρα κόστος ανάλογο του χρόνου. Ανάλογα με τις αποφάσεις για αγορά, λειτουργεί μέθοδος ανασκόπησης του συστήματος  $(s, Q)$ , δηλαδή όταν η θέση αποθέματος πέσει στο  $s$  ή χαμηλότερα, μια ποσότητα  $Q$  θα αγοραστεί.

Ο Inderfurth (1996) επεκτείνει το παραπάνω μοντέλο σε ένα μοντέλο-πρόβλημα, στο οποίο υπάρχουν δυο αποφάσεις σε κάθε περίοδο: 1. πόσα επιστρεφόμενα κομμάτια θα ανακατασκευαστούν (τα υπόλοιπα θα αχρηστευτούν) και 2. πόσα καινούργια θα αγοραστούν. Σε αυτό το σύστημα δεν υπάρχει απόθεμα από επιστρεφόμενα προϊόντα. Τα καινούργια προϊόντα που προμηθευόμαστε, μαζί με αυτά που ανακατασκευάζονται τοποθετούνται στην

ίδια αποθήκη η οποία ικανοποιεί τη ζήτηση που δημιουργείται και που είναι τυχαία. Τα κόστη τα οποία υπάρχουν ανά μονάδα είναι κόστος αγοράς, ανακατασκευής, και τοποθέτησης, ενώ το κόστος διατήρησης χρεώνεται στο τελικό απόθεμα στο τέλος κάθε περιόδου. Για την περίπτωση που έχουμε ίσους χρόνους παράδοσης και ανακατασκευής, ο Inderfurth υποστηρίζει ότι η καλύτερη πολιτική βασίζεται σε δυο παραμέτρους,  $L_t$  και  $U_t$ , σε μια περίοδο  $t$  (η ίδια λογική ισχύει όταν οι χρόνοι δεν είναι ίσοι, απλά η πολιτική γίνεται λίγο πιο πολύπλοκη).

Η βέλτιστη πολιτική είναι:

$$p_t = L_t - IP_t \text{ και } d_t = 0 \text{ για } IP_t < L_t$$

$$p_t = 0 \quad \text{και } d_t = 0 \text{ για } L_t \leq IP_t \leq U_t$$

$$p_t = 0 \quad \text{και } d_t = IP_t - U_t \text{ για } IP_t > U_t$$

όπου  $d_t$  = ο αριθμός των μονάδων που θα διατεθούν μέσα στην περίοδο  $t$

$p_t$  = ο αριθμός των μονάδων που θα αγοραστούν μέσα στην περίοδο  $t$

$IP_t$  = η θέση του αποθέματος στην αρχή της περιόδου  $t$ , η οποία θέση ισούται

με το απόθεμα που έχουμε ήδη στην αποθήκη το οποίο περιλαμβάνει

επιστρεφόμενα προϊόντα αυτής της περιόδου και αποθέματα τελικού

προϊόντος), συν τις παραγγελίες που εκκρεμούν, συν τις

ανακατασκευαστικές παραγγελίες που εκκρεμούν, μείον τη ζήτηση για

ανεκπλήρωτες παραγγελίες.

Η άριστη πολιτική περιγραφικά λοιπόν είναι: όταν η θέση του αποθέματος είναι κάτω από το κατώτερο όριο  $L_t$ , πρέπει να δοθεί παραγγελία μέχρι το σημείο  $L_t$  και δεν πρέπει να διαθέσει μονάδες. Στην περίπτωση που η θέση του αποθέματος είναι πάνω από το ανώτατο όριο  $U_t$ , πρέπει να γίνει διάθεση μονάδων μέχρι να φτάσει το απόθεμα στο σημείο  $U_t$  και δεν πρέπει να γίνει παραγγελία άλλων μονάδων. Στην περίπτωση που δεν ισχύει κανένα από τα δυο παραπάνω, δεν πρέπει να γίνει καμία αγορά ούτε διάθεση προϊόντος (οι επιστρεφόμενες μονάδες που δεν έχουν διατεθεί πηγαίνουν για επισκευή).

#### **4. Σε ποια σημεία του συστήματος πρέπει να συγκεντρώνεται το απόθεμα**

Σύμφωνα με τη ντετερμινιστική ανάλυση οι αποθήκες που χρησιμοποιούν συγκεντρωτικό σύστημα είναι προτιμότερες. Ωστόσο έρευνες αναλυτών αναδεικνύουν περιπτώσεις όπου το σύστημα της αποκεντρωτικής αποθήκης είναι προτιμότερο. Κατανοητό γίνεται λοιπόν ότι η κρίσιμη απόφαση που πρέπει να πάρει μια αποθήκη είναι το αν θα κρατάει μεγάλες

ποσότητες αποθέματος, ώστε να το επιμερίζει στους λιανοπωλητές όταν το ζητήσουν, ή αν το περισσότερο μέρος του αποθέματος πρέπει να δίνεται και θα αποθηκεύεται στους λιανοπωλητές.

Υπάρχει η περίπτωση ενός μικρού καταστήματος, το οποίο λόγω χώρου μπορεί να κρατήσει ελάχιστο απόθεμα, με αποτέλεσμα ο καταναλωτής να βρίσκεται κοντά στον αρχικό κατασκευαστή με μικρό κόστος. Τέτοια καταστήματα χαμηλού κόστους έχουν μικρότερο κόστος λειτουργίας από καταστήματα που προσφέρουν ολοκληρωμένο service.

Ας πάρουμε μια άλλη περίπτωση όπου έχουμε να λάβουμε υπόψη και τον παράγοντα της ζήτησης του προϊόντος. Υπάρχει ένα μοντέλο των Cohen και Zheng (1996), στο οποίο υπάρχουν πολύ ακριβά κομμάτια χαμηλής ζήτησης, σε ένα σύστημα με δυο echelons το οποίο αποτελείται από μια κεντρική αποθήκη και πολλαπλές τοποθεσίες – λιανοπωλητές. Το απόθεμα που κρατάνε οι τοποθεσίες είναι είτε μηδενικό είτε μονάδα. Αποδεικνύουν ότι υπάρχει ένα τέτοιο σημείο στη ζήτηση, κάτω του οποίου όταν βρίσκονται οι λιανοπωλητές, δεν κρατάνε απόθεμα αλλά προτιμούν να το προμηθευτούν άμεσα, ακόμη και αν έχουν το υψηλότερο δυνατό κόστος, τη στιγμή που θα δημιουργηθεί η ζήτηση.

Διαφορετική συμπεριφορά φυσικά έχουν οι εταιρείες με προϊόντα μεγαλύτερης ζήτησης. Τέτοιες εταιρείες στέλνουν ολόκληρα φορτηγά με εμπορεύματα, ακόμη και αν γνωρίζουν ότι η ζήτηση είναι μικρότερη. Αυτό γίνεται για δυο λόγους: **α.** για να πιάσουν τα καταστήματα να προωθήσουν μεγαλύτερο όγκο προϊόντων από αυτόν που περίμεναν (και όταν αυτό δε επιτευχθεί, η έξτρα ποσότητα προϊόντων θα πουληθεί στο κοντινό μέλλον, λόγω της μεγάλης ζήτησης που υπάρχει) και **β.** το κέρδος της ναύλωσης ολόκληρου φορτηγού είναι πολύ μεγαλύτερο από το κέρδος που θα αποφέρει αυτή η έξτρα ποσότητα αν κρατηθεί στην κεντρική αποθήκη. Φυσικά τέτοιες εταιρείες πρέπει να κρατάνε και απόθεμα για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και το ακριβή μέγεθος της ποσότητας αυτής εξαρτάται από παράγοντες που έχουν προαναφερθεί, όπως χρόνος παράδοσης, επίπεδα εξυπηρέτησης κλπ.

Μια ακόμη ενδιαφέρουσα περίπτωση είναι η εξέταση της επίδρασης του χρόνου παράδοσης στο κόστος του συστήματος κατασκευαστή / λιανοπωλητή. Οι Bassok, Barnes – Schuster εξέτασαν τρία σενάρια, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει συνεργασία μεταξύ των δυο μερών και ότι χρόνοι παράδοσης είναι διαπραγματεύσιμοι :

A. 1 λιανοπωλητής – 1 κατασκευαστής

B. Πολλοί λιανοπωλητές – 1 κατασκευαστής

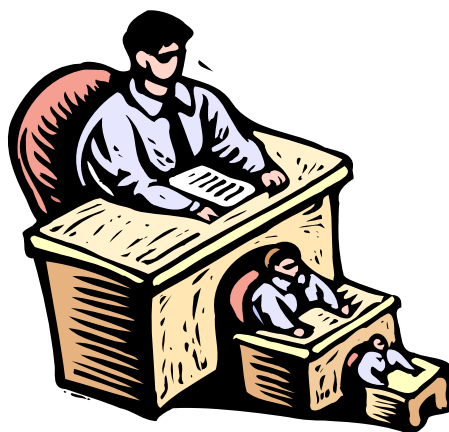
Γ. 1 λιανοπωλητής – Πολλοί κατασκευαστές

Και για τα τρία σενάρια αποδεικνύεται ότι το απόθεμα ασφαλείας του συστήματος δεν πρέπει να επιμερίζεται και στα δυο μέρη του (λιανοπωλητή – κατασκευαστή). Δηλαδή, πρέπει να

διατηρείται είτε στο ένα επίπεδο, είτε στο άλλο. Αν και το αποτέλεσμα της παραπάνω έρευνας η πρακτική πολλές φορές το έχει διαψεύσει, έχει έννοια όταν αναφερόμαστε στις περιπτώσεις που διατηρείται απόθεμα κεντρικά, λόγω του ότι οι χρόνοι παράδοσης είναι μικροί και οι μεταφορικές χρεώσεις είναι αισθητά χαμηλότερες σε αυτό το επίπεδο.

##### **5. Μεταφορές και μεταφορτώσεις «πλευρικά» στο σύστημα, από λιανοπωλητή σε λιανοπωλητή.**

Η πιο κοινή υπόθεση που γίνεται σε όλες τις έρευνες για συστήματα multiechelon είναι ότι οι μεταφορές προϊόντων μεταξύ των λιανοπωλητών (δηλαδή του τελευταίου επιπέδου της αλυσίδας) δεν επιτρέπονται. Ωστόσο οι Karmarkar και Patel (1977) απέδειξαν ότι μπορεί να υπάρχει σημαντική μείωση στα κόστη και ταυτόχρονη βελτίωση της εξυπηρέτησης, όταν οι μεταφορτώσεις μεταξύ των λιανοπωλητών χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις ανάγκης. Στην περίπτωση όμως που οι μεταφορές αυτές χρησιμοποιούνται για να υπάρχει ισορροπία της ποσότητας των αποθεμάτων που κρατάει ο κάθε λιανοπωλητής, τότε έχουμε αύξηση του κόστους, η οποία οφείλεται στην άσκοπη κίνηση των προϊόντων. Θετικό αποτέλεσμα υπάρχει ακόμη και στην περίπτωση που γίνεται μεταφορά εξαρτημάτων και όχι ολόκληρου του προϊόντος από τον έναν λιανοπωλητή στον άλλο και μάλιστα ακόμη και αν η παράδοση γίνει καθυστερημένα, στην περίπτωση που αναφερόμαστε σε εξάρτημα που έχει μόνο ένας συγκεκριμένος λιανοπωλητής. Όπως απέδειξαν οι Sherbrooke (1992) και Robinson (1990) στην έρευνά τους, υπάρχει μείωση στις ανεκπλήρωτες παραγγελίες της τάξεως του 30%-50%, όταν χρησιμοποιείται η μεταφορά προϊόντων μεταξύ των λιανοπωλητών.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### CASE STUDY:

#### OPTIMIZER —————> ΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΣΤΟ MULTI-ECHELON ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ IBM ΓΙΑ ΤΟ ΚΑΛΥΤΕΡΟ ΣΕΡΒΙΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.

#### 1. Εισαγωγή

Η IBM πρόσφατα έθεσε σε εφαρμογή έναν Optimizer (βελτιωτή), ένα σύστημα για ευέλικτο και καλύτερο δυνατό έλεγχο των επιπέδων σέρβις και αποθεμάτων των εξαρτημάτων στο δίκτυο που είχε για την εξυπηρέτηση πελατών της. Το εργαλείο αυτό βασίστηκε στις πρόσφατες έρευνες της θεωρίας των αποθεμάτων κατά κλιμακωτή διάταξη (multiechelon inventory). Η έμφυτη πολυπλοκότητα και η πολύ μεγάλη έκταση του προβλήματος που αντιμετώπιζε η IBM, απαιτούσε την ανάπτυξη εξελιγμένων δομών πληροφοριών και αναβαθμισμένων συστημάτων ένταξης. Η εφαρμογή του εργαλείου αυτού έδωσε στην IBM τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει στρατηγικές αλλαγές στη δομή της εταιρείας και στον έλεγχο του συστήματος διανομής των εξαρτημάτων στο δίκτυό της. Αποτέλεσμα της εφαρμογής του Optimizer ήταν η ταυτόχρονη μείωση της επένδυσης σε αποθέματα και λειτουργικά κόστη και η βελτίωση των επιπέδων εξυπηρέτησης. Το πιο σημαντικό από όλα όμως είναι ότι το εργαλείο αυτό αποδείχθηκε ένα ευέλικτο σύστημα σχεδιασμού και λειτουργικού ελέγχου.

Η βιομηχανία επεξεργασίας πληροφοριών έχει βιώσει αρκετές δεκαετίες διαρκούς και κερδοφόρας ανάπτυξης. Τελευταία ο ανταγωνισμός έχει αυξηθεί και ως αποτέλεσμα υπήρξε γρήγορη πρόοδος στην τεχνολογία των ηλεκτρονικών υπολογιστών, η οποία οδήγησε στον πολλαπλασιασμό και των τελικών προϊόντων και των υπηρεσιών. Αυτές οι τάσεις, που εμπλέκονται σημαντικά σε όλους τους τομείς επιχειρηματικών εφαρμογών, έχουν ιδιαίτερη σχέση με το σέρβις μετά την πώληση. Η ύπαρξη ενός service parts logistics system (σύστημα χειρισμού σέρβις εξαρτημάτων) για την υποστήριξη των προϊόντων που έχουν εγκατασταθεί είναι βασική για τον ανταγωνισμό μέσα στη βιομηχανία.

Η ανάπτυξη τόσο στις πωλήσεις όσο και στο εύρος των προσφερόμενων προϊόντων έχει αυξήσει δραματικά τον αριθμό των ανταλλακτικών που χρειάζονται συντήρηση. Τα ανταλλακτικά για την πληροφορική έχουν γίνει επίσης πιο εξειδικευμένα, πιο ακριβά και η χρήση τους είναι πιο κοινή. Αυτές οι αλλαγές στο σχεδιασμό αποβαίνουν οικονομικές όσον

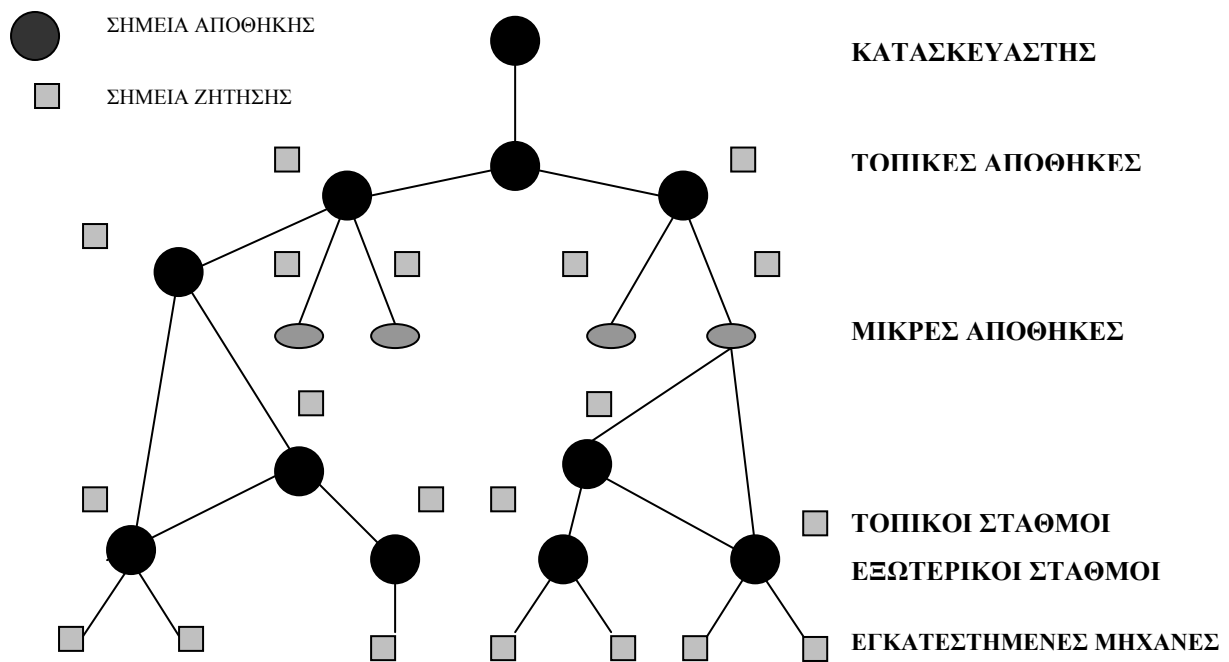
αφορά την εκπαίδευση των τεχνικών εξυπηρέτησης πελατών και απλοποιούν τις διαγνωστικές διαδικασίες.

Για την εταιρεία IBM, ο αριθμός των εγκατεστημένων μηχανημάτων και η ετήσια χρήση ανταλλακτικών έχουν αυξηθεί. Αυτή η ανάπτυξη έχει ασκήσει ανοδική πίεση στην δολαριακή αξία των αποθεμάτων συντήρησης, τα οποία χρησιμεύουν στη διατήρηση του υψηλού επιπέδου σέρβις που απαιτούν οι πελάτες της IBM. Η IBM έχει δημιουργήσει μία εκτεταμένη δομή multiple-echelon για να εξασφαλίσει άμεσο σέρβις στον πολύ μεγάλο αριθμό των εγκατεστημένων συσκευών, που διανέμονται σε όλες τις ΗΠΑ.

Το National Service Division (NSD) της IBM ανέπτυξε ένα εκτεταμένο και πολύπλοκο σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων για να προσφέρει στους πελάτες άμεσο και αξιόπιστο σέρβις. Για πολλά χρόνια θεωρούσαμε αυτό το σύστημα επαρκές για τη διατήρηση του επιπέδου του σέρβις και του ελέγχου των αποθεμάτων. Η γρήγορη αλλαγή του περιβάλλοντος εργασίας του NSD και η πίεση να μειωθούν οι επενδύσεις στα αποθέματα οδήγησε την IBM στην αναζήτηση βελτιώσεων στο σύστημα ελέγχου της. Οι βελτιώσεις που επιδίωξε περιελάμβαναν:

- 1) ευελιξία στη διαχείριση στρατηγικών στόχων όσον αφορά το σέρβις σε διαφορετικά τμήματα της αγοράς
- 2) μεγαλύτερη αποδοτικότητα των αποθεμάτων και έλεγχος του κόστους.

Ως απάντηση σ' αυτές τις νέες ανάγκες η IBM ξεκίνησε τη δημιουργία ενός καινούριου συστήματος σχεδιασμού και ελέγχου για τη διαχείριση της συντήρησης ανταλλακτικών. Αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας ήταν η δημιουργία και εφαρμογή ενός συστήματος που ονομάζεται Optimizer.



**Σχήμα 6.1:** Το δίκτυο διανομής της IBM αποτελείται από εθνικές αποθήκες, κέντρα διανομής, κέντρα εκτάκτων αναγκών εξαρτημάτων και άλλες εξωτερικές τοποθεσίες.

## **2. Μια σύντομη επισκόπηση του service logistics της IBM**

Η NSD, ο τομέας συντήρησης της IBM, ευθύνεται για την προσφορά υψηλής ποιότητας υποστήριξης στους πελάτες της IBM μετά την αγορά. Πρέπει επίσης να υποστηρίζει τις προσπάθειες της IBM στο μάρκετινγκ και να επιτυγχάνει μια κερδοφόρα και ανταγωνιστική επιχείρηση σέρβις (μετά την πώληση). Η αγορά του σέρβις αποτελείται από εμπορικούς και κυβερνητικούς πελάτες και εσωτερικούς λογαριασμούς της IBM, με προϊόντα εγκατεστημένα ή σε παραγγελία, στις ΗΠΑ και σε περιοχές που ανήκουν σ' αυτές. Εκτός από την IBM, ένας αριθμός άλλων συντηρητών συναγωνίζονται σ' αυτό το χώρο που συντηρείται από αυτή την πολυπληθή μερίδα καταναλωτών.

Η γεωγραφική κατανομή των καταναλωτών, σε συνδυασμό με την ανάγκη για ταχύτατη ανταπόκριση και επισκευή, απαιτεί ένα μεγάλο προσωπικό εξυπηρέτησης πελατών. Η IBM απασχολεί επίσης και μια ικανή και έμπειρη ομάδα ανθρώπων και συστημάτων για την υποστήριξη της εξυπηρέτησης πελατών. Η NSD απασχολεί πάνω από 15000 τεχνικούς εξυπηρέτησης πελατών (customer engineers, CEs), ειδικά εκπαιδευμένους για την επιδιόρθωση και συντήρηση όλων των εγκατεστημένων συστημάτων.

Όταν ένα μηχάνημα χαλάει, ένας CE στέλλεται μετά από τηλεφώνημα του πελάτη σε ένα κέντρο σέρβις, ή επικοινωνεί αυτόματα με το χαλασμένο μηχάνημα. Οι περισσότερες κλήσεις

για επισκευή χρειάζονται ανταλλακτικά για αντικατάσταση, διαγνωστικά μέσα ή εργαλεία, οπότε η γρήγορη και αποδοτική διαθεσιμότητα αυτών των ανταλλακτικών είναι πολύ βασική για την επιδιόρθωση και τη λειτουργία της συσκευής. Οι CEs μπορούν να αποκτήσουν τα αναγκαία ανταλλακτικά με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα μπορούν να παραδοθούν στο χώρο του πελάτη πριν την άφιξη του CE, ή να χρησιμοποιήσουν εργαλεία που αποθηκεύονται στις εγκαταστάσεις των πελατών (εξωτερικοί χώροι). Έχουν επίσης μαζί τους ένα περιορισμένο αριθμό εξαρτημάτων στα αυτοκίνητά τους ή στη θήκη με τα εργαλεία τους. Η οργάνωση διανομής του NSD είναι υπεύθυνη για την προμήθεια και την αποθήκευση εξαρτημάτων και τη διάθεσή τους στους CEs ή και απευθείας στους πελάτες. Οι απευθείας πωλήσεις γίνονται στους εμπόρους, σε συντηρητές εκτός της εταιρείας και σ' αυτούς που κάνουν από μόνοι τους συντήρηση. Η γρήγορη διανομή εξαρτημάτων πάντα στήριξε τη στρατηγική ανταγωνισμού της IBM.

Η διανομή αποτελείται από δύο υπό-οργανισμούς, το Distribution Operations (λειτουργίες διανομής) και το Inventory Planning (προγραμματισμός αποθεμάτων). Το Distribution Operations είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά, την αποθήκευση, την καταχώρηση παραγγελιών και άλλες υλικές λειτουργίες διανομής, όπως διατήρηση των αρχείων αποθεμάτων, έλεγχος ποιότητας των εσωτερικών και εξωτερικών τμημάτων και των τμημάτων συσκευασίας. Το Inventory Planning είναι υπεύθυνο για την προμήθεια, τον σχεδιασμό και τη συντήρηση αποθέματος μέσα σ' όλο το δίκτυο των εξαρτημάτων. Εμπλέκεται στην αρχή της ζωής ενός προϊόντος έτσι ώστε να εφοδιάσει και να συντηρήσει την ποσότητα των αποθεμάτων που θα υποστηρίξει το προϊόν κατά τη διάρκεια της ζωής του στο εμπόριο. Το inventory planning συνεργάζεται επίσης στενά με την ομάδα παροχής του σέρβις για να συγκεντρώνει και να χρησιμοποιεί πληροφορίες όπως τον προβαλλόμενο αριθμό εγκαταστάσεων συσκευών, τα ποσοστά ανεπάρκειας των εξαρτημάτων, βασικά εξαρτήματα, μηχανικές αλλαγές, αναβαθμίσεις και στρατηγικές συντήρησης.

Περίπου 1000 προϊόντα της IBM βρίσκονται υπό συντήρηση. Πέρα από αυτά, ο αριθμός των εγκατεστημένων προϊόντων ξεπερνά τις δεκάδες εκατομμύρια.

Το Inventory Planning ελέγχει πάνω από 200.000 κομμάτια εξαρτημάτων, που προορίζονται για τη στήριξη της λειτουργίας αυτών των προϊόντων σε όλα τα εγκατεστημένα μηχανήματα των πελατών. Το κυριότερο καθήκον αυτής της ομάδας είναι να διαχειρίζεται τη ροή του υλικού με τέτοιο τρόπο ώστε να παραμένει το σύστημα εφοδιασμένο, να μειώνεται το κόστος, και να επιτυγχάνει τους αυστηρούς στόχους απόδοσης της IBM.

Το σύστημα διανομής εξαρτημάτων της IBM είναι ένα μεγάλο, πολύπλοκο, Multi-echelon δίκτυο (εικ.1). Πριν την εφαρμογή του συστήματος Optimizer, οι τοποθεσίες ήταν οργανωμένες στα εξής τέσσερα επίπεδα (echelons):

1. Δύο κεντρικές αυτοματοποιημένες αποθήκες συστημάτων
2. 21 Κέντρα διανομής (Field distributions systems FDCs)
3. 64 Σταθμούς εξαρτημάτων (Parts stations PSs)
4. 15000 Εξωτερικές εγκαταστάσεις (outside locations OLs)

Οι κεντρικές αποθήκες βρίσκονται στο Mechanicsburg της Πενσυλβανίας και στο Lexington του Kentucky. Αυτές οι δύο τοποθεσίες λαμβάνουν εξαρτήματα από εργοστάσια και πωλητές της IBM και ανεφοδιάζουν το υπόλοιπο δίκτυο. Οι κεντρικές αποθήκες αναπληρώνουν την προμήθεια στα 21 FDCs και προσφέρουν υποστήριξη έκτακτης ανάγκης για ζήτηση που δεν ικανοποιείται από τα FDCs. Ευθύνονται επίσης για την αποστολή εγχώρια κατασκευασμένων εξαρτημάτων σε οργανισμούς συντήρησης της IBM εκτός ΗΠΑ, και για την διάθεση εξαρτημάτων σε δεκάδες χιλιάδες εξουσιοδοτημένων εμπόρων και εξωτερικών πελατών.

Τοποθετημένα στις πιο πυκνοκατοικημένες μητροπολιτικές περιοχές, τα FDCs δρουν σαν περιφερειακά κέντρα διανομής. Εξασφαλίζουν επείγουσα υποστήριξη στις περιοχές της χώρας που τους ορίζονται, κι επίσης αναπληρώνουν όλα τα PS και OL που βρίσκονται στις περιοχές τους. Το κάθε FDC μπορεί να υποστηρίξει άλλα FDCs μέσα στο δίκτυο.

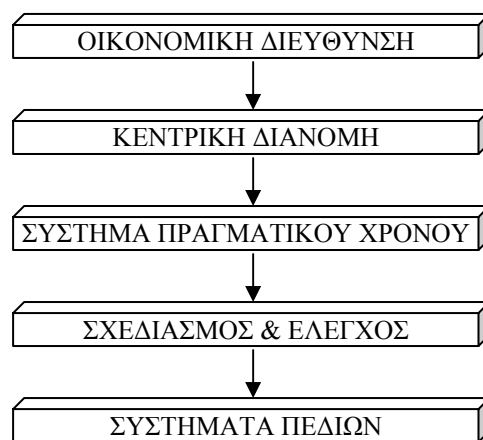
Τα PS είναι βάσεις αποθήκευσης που βρίσκονται στα γραφεία των παραρτημάτων της υπηρεσίας συντήρησης. Είναι υπεύθυνα για να εκπληρώνουν μόνο τις παραγγελίες που προέρχονται από βλάβη (επείγουσες). Τα PS συνήθως είναι τοποθετημένα σε μετρίου με μικρού μεγέθους μητροπολιτικές περιοχές. Οι εξωτερικές εγκαταστάσεις (OL) είναι τοποθεσίες αποθήκευσης που λειτουργούν χωρίς προσωπικό. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι OL:

1. επιτόπου εγκαταστάσεις αποθήκευσης για πελάτες
2. αυτοκίνητα και θήκες εργαλείων των CE
3. κοινόχρηστα σετ εξαρτημάτων αποθηκευμένα σε τοπικά παραρτήματα.

Το σημείο του αποθέματος για το κάθε εξάρτημα μπορεί να ανιχνευθεί σε όλες τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης (εκτός από τα OL, όπου μόνο εξαρτήματα που κοστίζουν πάνω από ένα συγκεκριμένο όριο είναι ανιχνεύσιμα). Ο κάθε συνδυασμός εξαρτήματος/εγκατάστασης που ανιχνεύεται ονομάζεται μονάδα διατήρησης εφοδιασμού (stock – keeping unit SKU). Αυτή τη στιγμή υπάρχουν αρκετά εκατομμύρια SKU στο δίκτυο διανομής εξαρτημάτων NSD.

Το απόθεμα εξαρτημάτων που διατηρείται σ' αυτό το δίκτυο είναι μεγάλο και σε μέγεθος και σε ποικιλία. Η αξία του εκτιμάται σε δισεκατομμύρια δολάρια. Το μεγαλύτερο τμήμα αυτού του αποθέματος βρίσκεται σε μη κεντρικές τοποθεσίες. Το δίκτυο είναι εξαιρετικά ενεργητικό, ιδιαίτερα στα ανώτερα echelons. Εκατομμύρια συναλλαγές εξαρτημάτων βρίσκονται υπό επεξεργασία ετησίως μέσα στο δίκτυο. Αυτές συμπεριλαμβάνουν επιστροφές από CEs καθώς και τις πληρωμές των CEs.

Τα Logistics αυτού του δικτύου διαχειρίζονται από ένα πολύπλοκο σύστημα πληροφοριών και ελέγχου που ονομάζεται PIMS. Το PIMS είναι ένα μεγάλο, σύνθετο σύστημα που περιέχει εκατομμύρια σειρές κώδικα (σχήμα 2).



**Σχήμα 6.2:** Το σύστημα PIMS ως απεικόνιση των 5 μεγαλύτερων κομματιών που το αποτελούν.

## **2. PIMS (Parts inventory management Systems)**

Το πρόγραμμα υπολογισμού PIMS διαχειρίζεται όλες τις πληροφορίες λογιστικών και εξόδων. Η κεντρική διανομή σχεδιάζει και ελέγχει την κυκλοφορία των εξαρτημάτων από εργοστάσια και πωλητές μέσα στο σύστημα διανομής ανταλλακτικών. Για να επεξεργαστεί τον μεγάλο όγκο των συναλλαγών έγκαιρα, η IBM έθεσε σε εφαρμογή ένα σύστημα επεξεργασίας των παραγγελιών πραγματικό χρόνο στις τοποθεσίες FDC και PS. Οι CEs βρίσκονται σε συνεχή επικοινωνία με το σύστημα real time μέσω συσκευών χειρός. Αυτό το πολύπλοκο σύστημα πληροφοριών και επικοινωνίας κάνει το έργο της πραγματοποίησης των παραγγελιών εξαρτημάτων εξαιρετικά αποδοτικό για τους CE, χωρίς την ανάγκη τηλεφώνων και γραφειοκρατικών διαδικασιών.

Το σύστημα των επιπέδων (field systems) του PIMS αποτελούνται από εξειδικευμένα συστήματα πληροφοριών που εντοπίζουν τις εγκαταστάσεις άμεσης και επείγουσας υποστήριξης για την κάθε εγκατεστημένη συσκευή που προσδιορίζεται από τον τύπο, το μοντέλο και τον αύξοντα αριθμό (serial number) του. Μέσα στα field systems, το κάθε ξεχωριστό μηχάνημα είναι συνδεδεμένο με έναν κατάλογο από κομμάτια εξαρτημάτων που περιέχεται μέσα στο ίδιο το μηχάνημα. Η IBM πρέπει να κρατάει αρχεία μέχρι το επίπεδο του αύξοντα αριθμού, λόγω του επιπέδου προσαρμογής που χρησιμοποιείται στην παραγωγή των υψηλής τεχνολογίας συστημάτων. Αυτή η πληροφορία επιτρέπει στο σύστημα σχεδιασμού και ελέγχου του αποθέματος να εξακριβώνει όλα τα εξαρτήματα που μπορεί να χρειαστεί ο κάθε σταθμός αποθήκευσης. Το PIMS επιτρέπει επίσης στην IBM να στέλνει εξαρτήματα που υποστηρίζουν την παρουσίαση νέων προϊόντων.

Πριν την εφαρμογή του Optimizer, οι λειτουργίες σχεδιασμού και ελέγχου του αποθέματος του PIMS εκτελούνταν από 2 συστήματα που λειτουργούσαν σε συνδυασμό, ένα σύστημα πρότασης κατάλληλου εξαρτήματος (recommended spare parts system RSP) και ένα σύστημα ζήτησης. Ένας κατάλογος RSP συνδεόταν με τον κάθε τύπο μηχανήματος. Προσδιόριζε ένα ελάχιστο συμπλήρωμα εξαρτημάτων που θα έπρεπε να αποθηκεύονται σε κάθε echelon. Οι κατάλογοι RSP αρχικά ετοιμάζονταν από τους σχεδιαστές προϊόντων και μετά αναθεωρούνταν περιοδικά ανάλογα με το ιστορικό χρήσης εξαρτημάτων και κατά την κρίση τους. Το PIMS χρησιμοποίησε τον κατάλογο RSP για να θέσει τα ελάχιστα επίπεδα αποθήκευσης για το κάθε εξάρτημα έτσι ώστε να προσφέρει ένα αποδεκτό επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών. Το σύστημα αναζήτησης του PIMS χρησιμοποίησε ένα απλό σημείο παραγγελιών μιας τοποθεσίας, τη λογική παραγγελίας μέχρι το επιτρεπτό επίπεδο σε συνδυασμό με μια πρόβλεψη εκθετικής εξομάλυνσης (exponential smoothing), βασισμένη σε πρότυπα κατανάλωσης που παρατηρούνταν τοπικά και σε συγκεκριμένα σημεία.

### **3. Προοπτικές για βελτίωση**

Οι κύριες απαιτήσεις για ικανοποιητικό σέρβις μετά την πώληση είναι η ελαστικότητα του επιπέδου συντήρησης και η αποδοτικότητα του αποθέματος. Η πρόκληση που αντιμετώπισε η NSD ήταν να καταφέρει χαμηλότερο κόστος ενώ παράλληλα να διατηρεί ή να βελτιώνει την εξυπηρέτηση πελατών.

Ένας αριθμός μέτρων υποστήριξης μπορούν να χρησιμεύσουν στην υποστήριξη προϊόντων της πληροφορικής τεχνολογίας. Το PIMS χρησιμοποίησε το επίπεδο διαθεσιμότητας εξαρτημάτων (parts availability level, PAL) ως μέτρο βασικής εφαρμογής. Το PAL είναι ίσο

με το μέρος της ζήτησης ενός εξαρτήματος που ικανοποιείται από το στοκ που υπάρχει στις τοποθεσίες αποθήκευσης. Εφόσον πολλά εξαρτήματα αποτελούν ένα μηχάνημα, τα PALs για αυτά τα πολλά μέρη επηρεάζουν την αποδοτικότητα του σέρβις όταν χαλάει ένα μηχάνημα. Στο σύστημα Optimizer που αναπτύχθηκε πρόσφατα, οι στόχοι του σέρβις μηχανημάτων διευκρινίζονται για το κάθε στάδιο (echelon). Αυτοί οι στόχοι στη συνέχεια καθορίζουν τις επιθυμητές τιμές του PAL για το κάθε εξάρτημα που χρησιμοποιείται σε κάθε μηχάνημα. Πολλοί διαφορετικοί συνδυασμοί PAL αποδίδουν ένα δεδομένο στόχο για το σέρβις. Οι παλιές διαδικασίες αποθήκευσης του PIMS δεν λάμβαναν υπ' όψη τους όλες τις επιπτώσεις στο κόστος των εναλλακτικών συνδυασμών PAL.

Αυτό το πρόβλημα μεγαλώνει με την εξάπλωση των προϊόντων υψηλής τεχνολογίας. Για τέτοια προϊόντα η IBM έχει ορίσει συγκεκριμένες ομαδοποιήσεις εξαρτημάτων, που λέγονται technology component groups (TCGs). Όταν χαλάει ένα εξάρτημα TCG χαλάει ολόκληρο το μηχάνημα. Σκοπός λοιπόν ήταν η εξασφάλιση της ελαστικότητας και ο προσδιορισμός των αναγκών τεχνικής υποστήριξης όχι μόνο για τα προϊόντα, αλλά και για τα TCG εντός των προϊόντων. Η διοίκηση επιθυμεί επίσης να έχει τη δυνατότητα να θέτει διαφορετικούς στόχους στο σέρβις για διαφορετικές ανάγκες της αγοράς (προϊόντα / εγκαταστάσεις), έτσι ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί στις αλλαγές του ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.

Η υπάρχουσα διαδικασία που εφαρμοζόταν από αναλυτές παροχής σέρβις και σχεδιασμού στρατηγικής αποθεμάτων για να εξασφαλίσει την αποδοτικότητα του σέρβις ήταν πολύπλοκη και επίπονη. Χρησιμοποιούσαν μοντέλα κατάταξης εξαρτημάτων στο δίκτυο και την κρίση τους για να προσδιορίσουν τους καταλόγους RSP. Αυτές οι λίστες έμπαιναν στο PIMS για να καθορίσουν τις παραμέτρους της τακτικής αποθήκευσης. Ήταν δύσκολο να αλλαχθεί μια λίστα RSP και οι σχετικές παράμετροι τακτικής αποθήκευσης ως ανταπόκριση στις αλλαγές των αναγκών τεχνικής υποστήριξης.

Ταυτόχρονα με την ανάγκη να επιτύχει ελαστικότητα στο σέρβις, η IBM αναλαμβάνει επίσης να συγκρατήσει την αύξηση των επενδύσεων στο απόθεμα των εξαρτημάτων και άλλων εξόδων σχετικών με τα αποθέματα. Διευκρινίσαμε ότι το PIMS θα μπορούσε να βελτιωθεί με αρκετούς τρόπους:

- βελτιώνοντας τη μέθοδο πρόβλεψης της ζήτησης
- με τη δυνατότητα ανταπόκρισης στη δομή multi-echelon
- με τη δυνατότητα ανταπόκρισης στη διαδεδομένη χρήση των εξαρτημάτων
- με τη βελτίωση της εξισορρόπησης του κόστους.



Πληροφορίες πάνω στον αριθμό των εγκατεστημένων μηχανημάτων (το καθένα με ένα μοναδικό συμπλήρωμα εξαρτημάτων) σε κάθε γεωγραφική περιοχή, μαζί με τα ποσοστά ανεπάρκειας εξαρτημάτων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση των προβλέψεων για την περιφερειακή ζήτηση εξαρτημάτων. Επιπλέον, η βασισμένη στην τοπική κατανάλωση διαδικασία της εκθετικής εξομάλυνσης που χρησιμοποιείται στο PIMS ήταν προβληματική όταν είχε να κάνει με εξαρτήματα για τα οποία η ζήτηση ήταν ακανόνιστη και σπάνια.

Οι αλγόριθμοι ελέγχου αποθεμάτων στο PIMS χρησιμοποιούσαν τη λογική της μιας τοποθεσίας στον καθορισμό των παραμέτρων για τον έλεγχο ανεφοδιασμού. Σε ένα περιβάλλον multi-echelon, οι αποφάσεις ελέγχου ανεφοδιασμού σε χαμηλότερα στάδια επηρεάζουν τα μοτίβα των απαιτήσεων (ποσότητα, συγχρονισμός, προτεραιότητα) που παρατηρούνται σε σημεία παροχής ανωτέρων επιπέδων. Επιπλέον, η ζήτηση που υπάρχει σε μια δεδομένη τοποθεσία που βρίσκεται σε ανώτερο επίπεδο μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με διαφορετικές προτεραιότητες

- (1) απαιτήσεις που προκαλούνται από ανεπάρκεια εξαρτημάτων σε μηχανήματα πελατών που υποστηρίζονται άμεσα σ' αυτήν την περιοχή
- (2) απαιτήσεις έκτακτης ανάγκης για τις ανάγκες πελατών που δεν έχουν ικανοποιηθεί σε τοποθεσία χαμηλότερου επιπέδου, που χρησιμοποιούν αυτή τη θέση για έκτακτο εφοδιασμό και
- (3) απαιτήσεις ανεφοδιασμού για την αναπλήρωση εγκαταστάσεων χαμηλότερου επιπέδου που χρησιμοποιούν αυτήν τη θέση ως πηγή τους. Αυτές οι διασυνδέσεις και προτεραιότητες στη ζήτηση θα έπρεπε να λαμβάνονται υπ' όψη όταν θέτονται παράμετροι ελέγχου ανεφοδιασμού για όλες τις εγκαταστάσεις μέσα στο δίκτυο.

Προϊόντα της ίδιας οικογένειας έχουν πολλά κοινά εξαρτήματα. Γι' αυτό, οι τακτικές ανεφοδιασμού ενός συνηθισμένου εξαρτήματος επηρεάζουν την εξυπηρέτηση πελατών για όλα τα μηχανήματα που χρησιμοποιούν αυτό το εξάρτημα. Σημαντικός περιορισμός εξόδων για τα inventaποθέματα μπορεί να επιτευχθεί ενσωματώνοντας τη σχέση της διαδεδομένης χρήσης μέσα στις διαδικασίες ελέγχου ανεφοδιασμού.

Το υπάρχον σύστημα (PIMS/ RSP) χρησιμοποιούσε μια απλή κατηγοριοποίηση κόστους όταν έθετε στόχους προτεραιότητας στο σέρβις των εξαρτημάτων. Χρησιμοποιούσε επίσης μία φόρμουλα για να ορίσει τα μέτρα ανεφοδιασμού για μια παρτίδα προϊόντων. Για να βελτιωθεί η αποδοτικότητα του συστήματος ελέγχου των αποθεμάτων, χρειάστηκε να γίνει αξιολόγηση του συνολικού κόστους, που συμπεριλαμβάνει και τα έξοδα έκτακτης μεταφοράς. Η εξισορρόπηση του κόστους έπρεπε επίσης να ληφθεί υπόψη για όλες τις εγκαταστάσεις και για όλα τα εξαρτήματα.

Η πρόκληση που είχε να αντιμετωπίσει το NSD ήταν να ανταποκριθεί στην όλο και μεγαλύτερη ανάγκη για μεγαλύτερη ελαστικότητα στο σέρβις και αποδοτικότητα των αποθεμάτων δημιουργώντας ένα καινούριο σύστημα ελέγχου αποθεμάτων.

#### **4. Εξέλιξη του μοντέλου**

Μια αρχική μελέτη των δυνατοτήτων του PIMS έδειξε ότι δεν θα μπορούσε να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις της IBM για αυξημένη ελαστικότητα στο σέρβις και αποτελεσματικότητα του inventαποθέματος. Το 1983-84, ερευνητές από την IBM και την ακαδημαϊκή ομάδα (εργαζόμενοι ως σύμβουλοι) ξεκίνησαν τη δημιουργία ενός μοντέλου δόμησης και ενός αλγόριθμου λύσεων. Η έκταση αυτού του εγχειρήματος έγινε πιο περίπλοκη εξ αιτίας των ακόλουθων παραγόντων:

- Υπήρχαν πάνω από 15 εκατομμύρια συνδυασμοί εξαρτήματος-τοποθεσίας

- Υπήρχαν πάνω από 50.000 συνδυασμοί προϊόντος-τοποθεσίας

- Οι παράμετροι ελέγχου του συστήματος έπρεπε να ανανεώνονται συχνά (κάθε εβδομάδα) προκειμένου να ανταποκρίνονται στις αλλαγές στο περιβάλλον του σέρβις και στην εγκατεστημένη βάση

- Η επιτυχία του συστήματος είναι ζωτικής σημασίας για τις καθημερινές λειτουργίες της IBM και μπορεί να έχει μεγάλο αντίκτυπο στις μελλοντικές πωλήσεις και στα έσοδα της εταιρείας

- Είναι πιθανό εργαζόμενοι του οργανισμού να αντισταθούν σε όποια αλλαγή. Το υπάρχον σύστημα ελέγχου λειτουργούσε και ήταν σύνθετο, και το γενικό πρόβλημα των logistics των εξαρτημάτων ήταν πολύπλοκο.

Μια μελέτη των σχετικών εγγράφων έδειξε ότι το μεγαλύτερο μέρος της υπάρχουσας σχετικής θεωρίας multi-echelon βασίζεται σε μια δομή ανανέωσης μοντέλων ένα προς ένα. (Feeney and Sherbrooke 1966). Η τακτική ανανέωσης ένα προς ένα είναι η βάση του ελέγχου στρατιωτικού logistics και αντιπροσωπεύει την αφρόκρεμα των συστημάτων ελέγχου ανεφοδιασμού ανταλλακτικών που δεν έχουν μεγάλη ζήτηση. Αυτή η τακτική μπορεί να είναι κατάλληλη για αντικείμενα χαμηλής ζήτησης, αλλά δεν αποδίδει επαρκώς όσον αφορά το κόστος και τη συντήρηση για το ευρύ φάσμα των ποσοστών ζήτησης που υπάρχει στο χώρο εξαρτημάτων της IBM. Επιπλέον, αυτά τα μοντέλα αντιμετωπίζουν το κάθε αντικείμενο ανεξάρτητα οπότε οι σχέσεις του σέρβις του προϊόντος μ' αυτό των εξαρτημάτων δεν γίνονται αντιληπτές. Επίσης, αυτά τα μοντέλα περιορίζονται μόνο σε μία κατηγορία

προτεραιότητας ζήτησης. Το σύστημα του αποθέματος εξαρτημάτων της IBM περιέχει πολλαπλές κατηγορίες προτεραιότητας και ο σαφής χειρισμός τους είναι απαραίτητος.

Το πρόβλημα άρχισε να λύνεται. Ο στόχος ήταν να οριστεί μια τακτική ελέγχου ανεφοδιασμού για κάθε περιοχή και για κάθε εξάρτημα η οποία θα μείωνε στο ελάχιστο το αναμενόμενο κόστος για ολόκληρο το σύστημα και θα βοηθούσε ως προς τους περιορισμούς στο σέρβις προϊόντων και TCGs. Οι λειτουργίες εξόδων που χρησιμοποιήθηκαν συμπεριλάμβανε

- i. το κόστος ανεφοδιασμού
- ii. τα έκτακτα έξοδα
- iii. τα έξοδα διατήρησης αποθέματος.

Το κόστος ανεφοδιασμού περιλαμβάνει τους παράγοντες της μεταφοράς, του χειρισμού και του στησίματος των παραγγελιών. Ένα περιεκτικό σύνολο από αποφάσεις για το χειρισμό των καταλόγων περιλαμβάνει:

- 1) Σημείο νέων παραγγελιών, παραγγελία μέχρι το επιτρεπτό όριο, παραμέτρους ελέγχου ανεφοδιασμού για κάθε εξάρτημα σε κάθε τοποθεσία και κάθε επίπεδο του συστήματος.
- 2) Εναλλακτικές δομές προέλευσης του συστήματος για το κάθε εξάρτημα, για αποθέματα ανεφοδιασμού και έκτακτης ανάγκης.
- 3) Πολιτική κυκλοφορίας προϊόντων σε διαφορετικά επίπεδα ζήτησης όταν εμφανίζονται ελλείψεις.

Αναλύθηκε η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων σε τρία στάδια:

- 1) Μοντέλο μιας τοποθεσίας και ενός εξαρτήματος
- 2) Μοντέλο μιας τοποθεσίας και πολλαπλών προϊόντων,
- 3) Μοντέλο πολλαπλών τοποθεσιών και σε πολλαπλά επίπεδα.

Για το πρόβλημα της μιας τοποθεσίας και ενός εξαρτήματος, δημιουργήθηκε ένα μοντέλο τυχαίας, στοχαστικής, περιοδικής επανάληψης. Αυτό συμπεριλάμβανε κατηγορίες ζήτησης κατά προτεραιότητα, αντιμετώπιση ελλείψεων, συγκεκριμένους χρόνους υλοποίησης προγράμματος, και δύο δομές παροχής και εφοδιασμού του δικτύου (μια για αποθέματα έκτακτης ανάγκης για ζήτηση που προήλθε από μη αποδοτικότητα, και η άλλη για λόγους ανεφοδιασμού). Αναπτύχθηκε ένα γενικό(S,s), τυχαίο μοντέλο ελέγχου των αποθεμάτων για ένα μοναδικό αντικείμενο με κατηγορίες ζήτησης κατά προτεραιότητα για την υποστήριξη της λύσης του προβλήματος της κατανομής του σέρβις ανάλογα με την τοποθεσία. Οι χρόνοι υλοποίησης προγραμμάτων (lead times) ανεφοδιασμού βασίζονται πάνω στην υπόθεση ότι οι πηγές ανεφοδιασμού έχουν αρκετά αποθέματα των εξαρτημάτων που χρειάζονται. Για μια

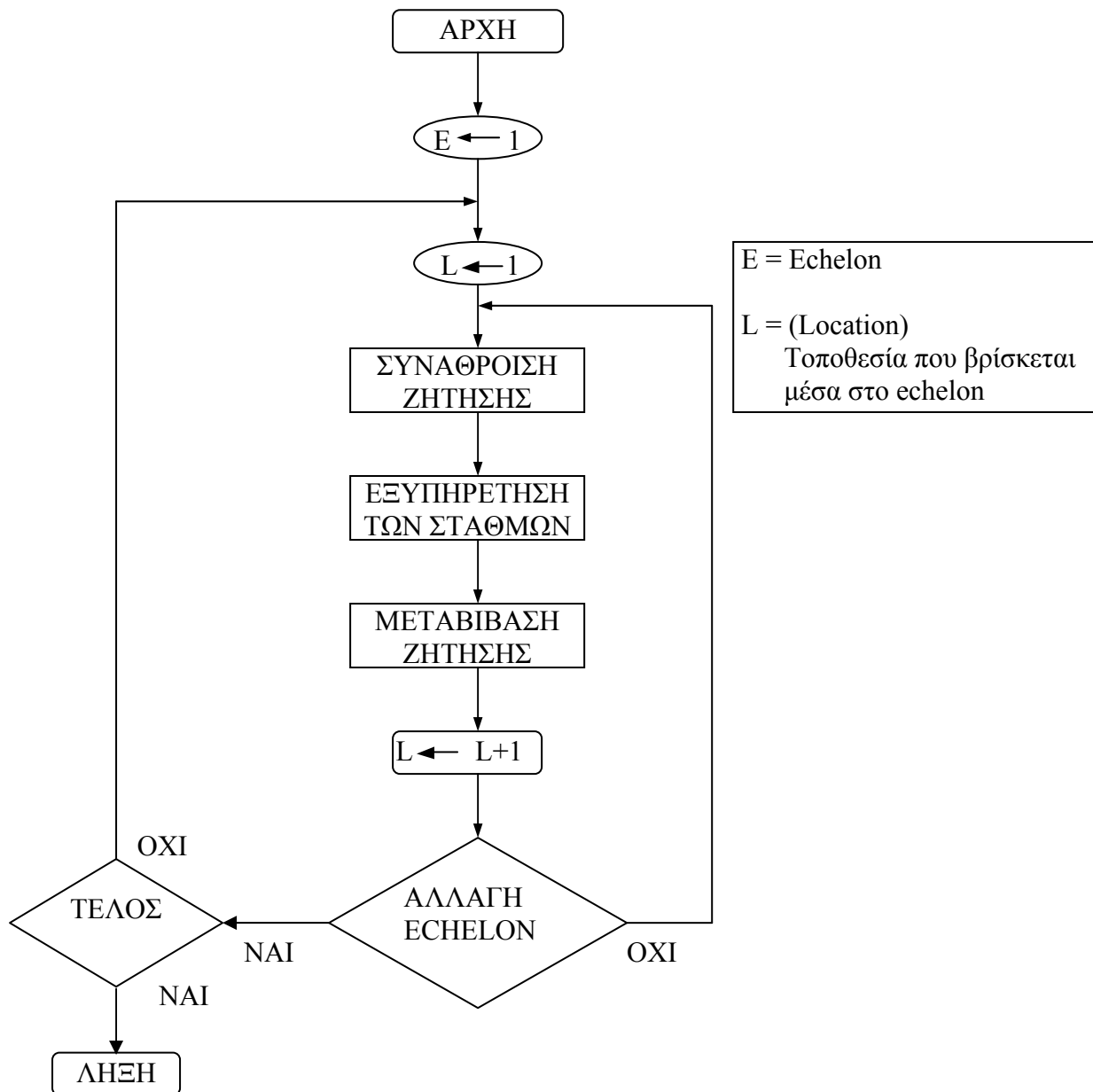
ακριβή αναπαράσταση των τυχαίων διαδικασιών που περιγράφουν τη ροή του υλικού σε τέτοια συστήματα είναι απαραίτητη η λύση μιας Μαρκοβιανής αλυσίδας μεγάλης κλίμακας για κάθε εναλλακτική τακτική. Για υπολογιστική αποδοτικότητα, δημιουργήθηκαν προσεγγίσεις βασισμένες στη θεωρία ανανέωσης και για τα αναμενόμενα έξοδα και για το επίπεδο λειτουργίας του σέρβις.

Ξεχωριστά μοντέλα μπορούν να σχηματιστούν για την περίπτωση όπου το πολύ μία παραγγελία είναι σε αναμονή( $S-s>s$ ), και όπου υπάρχει ανεφοδιασμός ένα προς ένα( $S-1,S$ ). Μια σημαντική βελτίωση στο βασικό μοντέλο του ενός εξαρτήματος περιλάμβανε την παρεμβολή αυτών των δύο ακραίων περιπτώσεων για τον υπολογισμό των ποσοστών πλήρωσης των εξαρτημάτων (Kamesam and Tekerian, 1986). Για την κάθε τοποθεσία μέσα σε ένα επίπεδο, χρησιμοποιήθηκε αυτό το μοντέλο για να ληφθεί υπόψη το πρόβλημα ελαχιστοποίησης των σχετικών με τα αποθέματα εξόδων για όλα τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούν μηχανήματα που υποστηρίζονται από αυτήν την τοποθεσία (άμεσα και έμμεσα), ανάλογα με τους περιορισμούς στο σέρβις των προϊόντων σ' αυτήν την περιοχή. Τα εξαγόμενα αποτελέσματα αυτού του προβλήματος είναι αξίες για όλα τα σχετικά εξαρτήματα. Αναφερόμαστε σ' αυτό το μοντέλο πολλαπλών προϊόντων και μιας τοποθεσίας ως το πρόβλημα κατανομής του σέρβις.

Χρησιμοποιήθηκε μια απαιτητική διαδικασία λύσης χωρίς κρίση (heuristic) στην προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος κατανομής του σέρβις. Στην κάθε επανάληψη του αλγόριθμου, αυξήσεις στα επίπεδα ανεφοδιασμού εξαρτημάτων επιλέγονται βασιζόμενες στην οριακή τους συμβολή στη βελτίωση της επιδιωκόμενης λειτουργίας και στην αντιμετώπιση των ελλείψεων στο σέρβις. Η αποδοτικότητα αυτού του heuristic αναφέρεται στους Cohen, Kleindorfer, and Lee (1988 και έπειτα), και Cohen et al. (1989)

Οι λύσεις του μοντέλου μιας τοποθεσίας και πολλαπλών προϊόντων στη συνέχεια υιοθετούνται από έναν αλγόριθμο λύσεων για το συνολικό πρόβλημα multi-echelon. Αυτός ο αλγόριθμος λύσεων είναι βασισμένος σε μια μέθοδο ανάλυσης από επίπεδο σε επίπεδο. Η ανάλυση ξεκινά με τις εγκαταστάσεις στο χαμηλότερο επίπεδο (OLs), όπου όλες οι απαιτήσεις προέρχονται από χαλασμένα μηχανήματα που είναι εγκατεστημένα στο χώρο των πελατών. Σε κάθε εγκατάσταση σ' αυτό το επίπεδο, ένα πρόβλημα κατανομής του σέρβις για συγκεκριμένη τοποθεσία έχει λυθεί. Οι λύσεις σ' αυτά τα προβλήματα χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για να αποκομιστεί ένας χαρακτηρισμός των απαιτήσεων που έχουν παραμεληθεί και που συναντώνται στο επόμενο επίπεδο. Πετύχαμε κατανομή πιθανοτήτων και για απαιτήσεις αποθεμάτων έκτακτης ανάγκης και για απαιτήσεις ανεφοδιασμού χρησιμοποιώντας μια μέθοδο βασισμένη σε τεχνικές μη γραμμικής παλινδρόμησης. Έχοντας

αυτές τις διακινήσεις της ζήτησης που έχει παραμεληθεί, το σύνολο των προβλημάτων κατανομής σέρβις για συγκεκριμένες τοποθεσίες, μπορεί να λυθεί για όλες τις τοποθεσίες του αμέσως ανώτερου επιπέδου. Στη συνέχεια η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να ελέγχουν όλα τα επίπεδα- echelons (σχήμα 3).



**Σχήμα 6.3: Ο αλγόριθμος αποσυγκρότησης ανά επίπεδο συνδέει τις πολιτικές αποθεμάτων των υψηλότερων echelon με εκείνες των χαμηλότερων.**

Ο αλγόριθμος ανάλυσης επίπεδο ανά επίπεδο σε γενικές γραμμές δεν δίνει τις καταλληλότερες λύσεις στο πρόβλημα multi-echelon. Στην πραγματικότητα, ο χρόνος υλοποίησης προγράμματος ανεφοδιασμού σε κάθε τοποθεσία είναι μια τυχαία μεταβλητή και

εξαρτάται από τις τακτικές ανεφοδιασμού υψηλότερων επιπέδων. Με την επεξεργασία ενός επιπέδου τη φορά, χρησιμοποιείται η υπόθεση ότι αυτός ο χρόνος υλοποίησης προγράμματος είναι σταθερός, ότι δηλαδή υπάρχει πάντα αρκετό απόθεμα εξαρτημάτων στις πηγές ανεφοδιασμού. Μια τέτοια διαδικασία λύσης είναι πιθανό να βρίσκεται πιο κοντά στις ευνοϊκότερες συνθήκες όταν οι απαιτήσεις στο σέρβις σε όλες τις θέσεις είναι υψηλές. Το παράρτημα συμπεριλαμβάνει τις λεπτομέρειες της μαθηματικής διατύπωσης και του αλγόριθμου λύσης.

## **5. Ανάπτυξη και εφαρμογή συστήματος**

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ένας event-driven προσομοιωτής Monte Carlo για να επικυρωθούν οι προσεγγίσεις των ποσοστών πλήρωσης και των εξόδων που είναι ενσωματωμένα στον αλγόριθμο multi-echelon. Αυτά τα πειράματα έδειξαν ότι οι εκτιμήσεις των PAL που προήλθαν από αυτόν τον αλγόριθμο είναι κάπως συντηρητικές. Έγινε σύγκριση της επίδοσης των τακτικών που προήλθαν από τον αλγόριθμο μ' αυτές που δημιουργήθηκαν από το PIMS και από το μοντέλο ανεφοδιασμού ένα προς ένα των Feeney and Sherbrooke (1996) για γίνουν κατανοητές οι σχετικές λειτουργικότητες κόστους / σέρβις. Έγιναν πολυάριθμες δοκιμές βασισμένες σε υποσύνολα των τοποθεσιών του logistics system, σειρών παραγωγής και αριθμού εξαρτημάτων. Μέχρι το τέλος του 1984, είχαν πειστεί ότι αυτές οι μεθοδολογίες είχαν κάποια προοπτική (θα μπορούσαν δηλαδή να προσαρμοστούν σε ένα λειτουργικό σύστημα) αλλά ήταν αυτονόητο ότι θα απαιτούνταν μεγάλη προσπάθεια στην ανάπτυξη και στην εφαρμογή τους. Η ένωση ενός τέτοιου συστήματος με το PIMS θα ήταν μια εξίσου μεγάλη πρόκληση. Κατά την περίοδο 1985-88 ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός, οι δοκιμές και η εγκατάσταση του καινούριου συστήματος, του Optimizer.

Ένα σημαντικό πρώτο βήμα στο εγχείρημα για τη δημιουργία του Optimizer ήταν να σχηματιστεί μια ομάδα με πολλές λειτουργίες. Τα μέλη αυτής της ομάδας χωρίστηκαν στις ακόλουθες ομάδες:

-Την ομάδα χρηστών: Τα μέλη αυτής της ομάδας επιλέχθηκαν από κάθε λειτουργική περιοχή που θα μπορούσε να επηρεαστεί από ένα καινούριο σύστημα ελέγχου των εξαρτημάτων (συμπεριλαμβανομένων και συστημάτων πληροφοριών, καταχώρηση και διανομή, χρησιμότητα προϊόντων, και εξυπηρέτηση πελατών). Τα μέλη αυτής της ομάδας εργάστηκαν πάνω σ' αυτό το εγχείρημα σε μερική απασχόληση παρακολουθώντας συνέδρια σχεδιασμού συστημάτων, αναθεωρώντας δοκιμές αποδοχής από τους χρήστες, και βοηθώντας να γραφούν οι προδιαγραφές του σχεδίου.

-Την ομάδα των πληροφοριακών συστημάτων (I/S): αυτή η ομάδα περιλάμβανε προγραμματιστές I/S που δημιούργησαν κώδικα για να τροφοδοτηθεί το μοντέλο με πληροφορίες και να διασυνδεθεί η παραγωγή του μοντέλου με το PIMS.

-Την ομάδα εξέλιξης του μοντέλου: αυτή η ομάδα περιλάμβανε ένα ερευνητή λειτουργιών και επιστήμονα πληροφορικής, που ήταν επίσης κι ένας από τους επικεφαλής του εγχειρήματος, και έναν μαθηματικό προγραμματιστή. Ο πρώτος έδινε αναφορά στην οργάνωση χρηστών και ο δεύτερος στην ομάδα I/S. Οι ρόλοι τους ήταν να προσδιορίσουν την αρχιτεκτονική του συστήματος, να αναπτύξουν πολύ αποδοτικές και αριθμητικά σταθερές εφαρμογές των αλγορίθμων, και να τις ενσωματώσουν σε ένα ολοκληρωτικής κλίμακας λειτουργικό σύστημα ελέγχου που θα γραφόταν σε PL/1.

Αν και το εγχείρημα αυτό είχε την ισχυρή υποστήριξη της ανώτερης διοίκησης του NSD, έγινε αμέσως φανερό ότι οι άνθρωποι εντός της οργάνωσης είχαν σοβαρές αναστολές σχετικά με τις προοπτικές του για πραγματική βελτίωση. Υπήρχαν επίσης ανησυχίες σχετικά με την πολυπλοκότητα του έργου αυτού. Γι' αυτούς τους λόγους όλοι οι επικεφαλής των ομάδων αποφάσισαν να διεξάγουν μια δοκιμή προ εφαρμογής για να αποδείξουν το πόσο επιτεύξιμος ήταν ο βασισμένος σε multi-echelon αλγόριθμος και η προοπτική του στο να βελτιώσει την αποδοτικότητα του συστήματος, αλλά και να αναγνωριστούν όλα τα προβλήματα του σχεδιασμού εγκαίρως ώστε να διορθωθούν. Οι επικεφαλής των ομάδων ήταν πεπεισμένοι ότι το σύστημα θα μπορούσε να εφαρμοστεί επιτυχώς. Η αισιοδοξία τους έγινε φανερή κι από τα ονόματα που δόθηκαν στις τρεις φάσεις του εγχειρήματος πολύ πριν σιγουρευτεί η υλοποίηση. Όλα τα μέλη των ομάδων πίστευαν ότι οποιοδήποτε πρόβλημα εμφανιζόταν θα είχε μια αποδεκτή λύση, και ότι ήταν το καθήκον τους να τη βρουν. Η δημιουργία του συστήματος για το Optimizer οργανώθηκε στις τρεις παρακάτω φάσεις που συνέπιπταν η μία με την άλλη:

- Η δοκιμή προ εφαρμογής
- Η δοκιμή πρακτικής εφαρμογής και
- Η εφαρμογή σε εθνικό επίπεδο

Το κάθε στάδιο ξεκινούσε με συνεδρίες σχεδίου κοινής εφαρμογής ( Joint Application Design JAD). Οι συνεδριάσεις JAD, οι ομάδες χρηστών και συστημάτων πληροφοριών εργάζονταν μαζί για να αναπτύξουν τις προδιαγραφές του σχεδιασμού. Η κάθε φάση συνεπαγόταν την ανάπτυξη ενός συστήματος που θα εξασφάλιζε κώδικα χρησιμοποιήσιμο στην επόμενη φάση. Στόχος ήταν η ελαχιστοποίηση του άχρηστου κώδικα και η χρήση του συστήματος που δημιουργήθηκε σε κάθε φάση ως βάση για την επόμενη. Η εξέλιξη του συστήματος περιλάμβανε την ταξινόμηση των προδιαγραφών σχεδιασμού έτσι ώστε να

αποκτηθούν οι απαιτούμενοι πόροι του I/S, την ανάπτυξη ενός λεπτομερούς σχεδίου, την κωδικοποίηση, την δοκιμή και την συνένωση των συστημάτων.

Μετά τη δημιουργία ενός συστήματος σε κάθε στάδιο, οι ομάδες χρηστών και I/S διεξήγαγαν δοκιμές διαφόρων τμημάτων, όπως και ολόκληρου του συστήματος. Τα παραδείγματα δοκιμής δημιουργούνταν από πριν, με οδηγίες του προγραμματιστή και αναμενόμενα αποτελέσματα. Το κάθε παράδειγμα εφαρμοζόταν και τα αποτελέσματα καταγράφονταν. Οι περιπτώσεις που δεν κατάφεραν τα αναμενόμενα αποτελέσματα έμεναν σε εκρεμότητα μέχρι να βρεθεί το βασικό αίτιο και η λύση του από μια ομάδα χρηστών και προγραμματιστών.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών αποδοχής χρησιμοποιήθηκαν από χρήστες για τον επαναπροσδιορισμό των προδιαγραφών για το επόμενο στάδιο. Για την επίτευξη της τελικής εφαρμογής, γινόταν διεξαγωγή των σταδίων παράλληλα. Τα μέλη των χρηστών και του I/S αναθεωρούσαν το κάθε σημαντικό σημείο για να επαναπροσδιορίσουν τις προδιαγραφές, τα σχέδια, και την προσέγγιση. Αυτές οι αναθεωρήσεις γίνονταν συχνά και υπήρχε μεγάλη ενθάρρυνση για ανοιχτό διάλογο.

## **6. Η δοκιμή προ εφαρμογής**

Το σύστημα που αναπτύχθηκε σ' αυτή τη φάση περιείχε μια ελάχιστη διασύνδεση για να παρέχει εισαγωγή πληροφοριών και αλγόριθμους multi-echelon χωρίς καθόλου βελτιώσεις. Δεν δημιουργήθηκε σύνδεση εξόδου πληροφοριών για το PIMS. Οι περισσότερες από τις μεγάλες αλλαγές στο πρωτότυπο σχέδιο έγιναν σ' αυτό το στάδιο. Μερικές από αυτές τις αλλαγές έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Κατά τη διάρκεια των συνεδριών JAD, ανακαλύφθηκε ότι η δομή των επιπέδων ήταν στην πραγματικότητα πιο πολύπλοκη από τη δομή που χρησιμοποιήθηκε στο αναλυτικό μοντέλο. Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι δύο εγκαταστάσεις μηχανημάτων ίδιου τύπου και μοντέλου μπορούσαν να έχουν κοινή τοποθεσία αρχικού επιπέδου και διαφορετικές τοποθεσίες έκτακτης υποστήριξης. Αυτό οφειλόταν στο γεγονός ότι στο σύστημα PIMS η δομή της έκτακτης υποστήριξης για την κάθε εγκατάσταση μηχανήματος καθιερωνόταν ανεξάρτητα από τις εγκαταστάσεις άλλων μηχανημάτων. Τα μέλη της ομάδας χρηστών ήταν ανένδοτοι ότι αυτή η ελαστικότητα στον ορισμό τοποθεσιών αρχικής και έκτακτης υποστήριξης έπρεπε να διατηρηθεί. Ως συνέπεια, έπρεπε να δημιουργήσουμε προεκτάσεις στη μεθοδολογία της παραμελημένης ζήτησης και να τις ενσωματώσουμε στο μοντέλο.



Η δοκιμή προ εφαρμογής διεξήχθη στις αρχές του 1986. Αυτή η δοκιμή οδήγησε στην ανακάλυψη ότι η αξία του συνόλου των αποθεμάτων που προέρχονταν από το καινούριο σύστημα ήταν πολύ μικρότερη από το αναμενόμενο. Τα μέλη της ομάδας δοκιμών έψαξαν μέσα στις εφαρμογές των παραγόμενων αποτελεσμάτων και ανακάλυψαν ότι το πρόβλημα οφειλόταν σε διαφορές στην κρισιμότητα των εξαρτημάτων. Η μη αποδοτικότητα των εξαρτημάτων μπορεί να κάνει ένα μηχάνημα να χαλάσει ή να λειτουργεί σε υποβαθμισμένη κατάσταση. Άλλα εξαρτήματα, όπως βίδες, ροδέλες, καλύμματα, εφόδια και φίλτρα καταναλώνονται σε μεγάλο βαθμό αλλά δεν έχουν άμεση επίδραση στην αποδοτικότητα του υπολογιστή. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιούσε εκτεταμένα αυτά τα φτηνά, μη λειτουργικά εξαρτήματα για να επιτύχει τους στόχους σέρβις προϊόντων. Ήταν φανερό ότι μόνο τα λειτουργικά εξαρτήματα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό της επίδρασης των PAL στην επίδοση του σέρβις προϊόντων. Η ομάδα εξέλιξης του μοντέλου μετέτρεψε τη δομή του μοντέλου και των πληροφοριών σ' αυτή τη διχοτομία της κρισιμότητας των εξαρτημάτων. Καθιερώθηκε μια διαδικασία κατηγοριοποίησης εξαρτημάτων για τη συνεχή τους ομαδοποίηση.

Άλλο ένα πρόβλημα που έγινε αντιληπτό σ' αυτό το στάδιο ήταν η αστάθεια στα προτεινόμενα επίπεδα ανεφοδιασμού από βδομάδα σε βδομάδα. Αν και είναι αναμενόμενο να αλλάξουν τα επίπεδα ανεφοδιασμού από καιρό σε καιρό ως ανταπόκριση στα μεταβαλλόμενα ποσοστά μη αποδοτικότητας και στις αλλαγές στην εγκατεστημένη βάση, είναι επιθυμητό να διατηρηθούν τα επίπεδα ανεφοδιασμού σχεδόν σταθερά για να αποφευχθούν σοβαρά προβλήματα στα Logistics και στον εφοδιασμό. Στη συνέχεια αναπτύχθηκαν κατάλληλες μέθοδοι ελέγχου και τροποποιήθηκε το μοντέλο για να επιλυθεί το πρόβλημα της αστάθειας.

## **7. Δοκιμή πρακτικής εφαρμογής**

Σ' αυτή τη φάση ολοκληρώθηκαν όλες οι λειτουργίες που χρειάζονταν για την εφαρμογή, συμπεριλαμβανομένου και του κώδικα για την ενσωμάτωση του αλγόριθμου στο PIMS. Επίσης δημιουργήθηκε ένα διεξοδικό σύστημα μετρήσεων για την παρακολούθηση της δοκιμής πρακτικής εφαρμογής. Είχε ενδιαφέρον ότι μέχρι αυτό το στάδιο όλα τα μέλη των ομάδων έγιναν φανατικοί υποστηρικτές του Optimizer. Όλοι είχαν εμπειρία από πρώτο χέρι με το σύστημα και ήταν ικανοποιημένοι από αυτό. Επίσης είχαν συμβάλει στο σχηματισμό του σχεδιασμού του συστήματος. Ως αποτέλεσμα, όλα τα μέλη του εγχειρήματος είχαν μια ισχυρή αίσθηση ιδιοκτησίας. Αρχισαν να πουλάνε το Optimizer στις περιοχές λειτουργίας του.

Μετά την ολοκλήρωση του κώδικα του συστήματος γι' αυτή τη φάση, διεξήχθη μια πολύ εκτεταμένη δοκιμή αποδοχής χρηστών. Κάθε κομμάτι του προγράμματος δοκιμάστηκε και ξεχωριστά και από κοινού. Περίπου 400 δοκιμές έγιναν γι' αυτό το σκοπό. Στο τέλος, μια εκτεταμένη δοκιμή πρακτικής εφαρμογής έγινε ζωντανά σε 7 είδη μηχανημάτων σε μια δέσμη FDC. Αυτή η δοκιμή ξεκίνησε στις αρχές του 1987. Είναι προφανές ότι ακολούθησαν μεγάλοι πανηγυρισμοί όταν ανακαλύφθηκε ότι το σύστημα δούλευε όπως ήταν αναμενόμενο. Το πεδίο αυτής της δοκιμής σταδιακά επεκτάθηκε. Τα αποτελέσματα βρίσκονταν υπό εβδομαδιαία ( και μετά μηνιαία) παρακολούθηση από το σύστημα μέτρησης.

## **8. Εφαρμογή σε εθνικό επίπεδο**

Σ' αυτό το στάδιο ολοκληρώθηκε η ανάπτυξη και η εγκατάσταση όλων των λειτουργιών που βρίσκονται αυτή τη στιγμή στο Optimizer. Το σύστημα μπορούσε να παρέχει την προσδιορισμένη αποδοτικότητα του σέρβις για όλα τα εξαρτήματα και τις τοποθεσίες ανάλογα με το μηχάνημα, το μοντέλο και το TCG. Ολοκληρώθηκε επίσης κι ένας αριθμός επιπρόσθετων επαυξήσεων σ' αυτό το στάδιο. Οι δοκιμές αποδοχής από χρήστες και η τελική συνένωση του συστήματος έγιναν ομαλά.

Το μεγαλύτερο μέρος της ομάδας του εγχειρήματος διατηρήθηκε ανέπαφο κατά τη διάρκεια και των τριών σταδίων. Αυτό βοήθησε στη διευκόλυνση της παράδοσης του Optimizer κατά το τελικό στάδιο. Ο χωρισμός του εγχειρήματος σε στάδια βοήθησε στο να διατηρηθεί η υποστήριξη σ' αυτό με την επίδειξη πραγματικής προόδου κατά τη διάρκεια όλης της διαδικασίας εφαρμογής. Βοήθησε επίσης στο να αντιμετωπιστούν προβλήματα διατύπωσης και αλγορίθμων και ιοί προγραμματισμού σε αρχική φάση. Ως αποτέλεσμα, πολύ λίγα προβλήματα εμφανίστηκαν όταν το σύστημα παρουσιάστηκε ζωντανά σε εθνικό επίπεδο.

Το τελικό σύστημα Optimizer για εφαρμογή σε εθνικό επίπεδο ήταν ένα σύστημα εφαρμογής βασισμένο στην PL/1 και περιελάμβανε τέσσερα μεγάλα μέρη:

- Μια μονάδα συστήματος προβλέψεων που περιέχει μερικά προγράμματα που υπολογίζουν τα ποσοστά αποτυχίας των ξεχωριστών εξαρτημάτων σε κάθε προϊόν, και προγράμματα που συνδυάζουν αυτά τα ποσοστά αποτυχίας με πληροφορίες σχετικά με τη βάση εγκατάστασης του μηχανήματος για να εκτιμήσει τις δύο πρώτες στιγμές της πιθανότητας αποτυχίας του εξαρτήματος.

- Μια μονάδα συστήματος παράδοσης πληροφοριών που περιέχει περίπου 100 προγράμματα σε PL/1 που επεξεργάζονται πάνω από 15 gigabytes πληροφοριών για να εξασφαλίσει τις βασικές εισαγωγές πληροφοριών για το Optimizer.

- Ένα σύστημα αποφάσεων που λύνει το multi-echelon πρόβλημα ελέγχου ανεφοδιασμού. Είναι σχεδιασμένο ώστε να χειρίζεται τις τεράστιες και ποικίλες απαιτήσεις της εσωτερικής μνήμης των αλγορίθμων, όπως επίσης και να παρέχει υπολογιστική αποδοτικότητα. Αυτή η μονάδα έχει το δικό της πρόγραμμα δυναμικού χειρισμού της μνήμης για να ελέγχει την διανομή και την απελευθέρωση της αποθηκευμένης ποσότητας για όλες τις δομές πληροφοριών. Το προσαρμοσμένο αυτό πρόγραμμα δυναμικού χειρισμού της μνήμης έχει μεγάλη επιρροή στο χρόνο επεξεργασίας. Σήμερα, Το σύστημα αποφάσεων παράγει μια λύση σε λιγότερο από 75 λεπτά χρόνου CPU και σε λιγότερο από πέντε ώρες παρερχόμενου χρόνου σε ένα IBM 3084 CPU (το οποίο είναι πολύ πιο κάτω από την επιθυμητή απαίτηση επεξεργασίας).

- Το σύστημα διασύνδεσης PIMS, το οποίο περιέχει έξι προγράμματα σε PL/1 που χρησιμεύουν ως διασυνδέσεις για την εξαγωγή του συστήματος αποφάσεων και του PIMS. Το Optimizer είναι πλέον αναπόσπαστο μέρος του PIMS και τρέχει κάθε βδομάδα.

## **9. Επίδραση**

Η υλοποίηση του Optimizer απέφερε μια ποικιλία από πλεονεκτήματα.

- 1) Μείωση της απαιτούμενης επένδυσης στα αποθέματα
- 2) Βελτιωμένο σέρβις
- 3) Μεγαλύτερη ελαστικότητα στην ανταπόκριση στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις στο σέρβις
- 4) Εξασφάλιση δυνατότητας προγραμματισμού
- 5) Μεγαλύτερη κατανόηση της επιρροής της λειτουργίας των εξαρτημάτων στην εξυπηρέτηση πελατών
- 6) Αυξημένη ανταπόκριση του συστήματος ελέγχου
- 7) Αυξημένη αποδοτικότητα του ανθρώπινου δυναμικού του NSD.

Αυτά τα οφέλη μπορούν να αποδοθούν στα βασικά πλεονεκτήματα της μεθοδολογίας του Optimizer: βελτιστοποίηση, καλύτερη πρόβλεψη, συνδέσεις multi-echelon, και συσχετισμοί προϊόντος-εξαρτήματος. Γίνεται αντιληπτό ότι μεγάλο μέρος της εξοικονόμησης ήταν απώρροια της βελτιωμένης πρόβλεψης και τη βελτιστοποίηση των επιπέδων ανεφοδιασμού.

Το σύστημα καταμετρήσεων που εγκαταστάθηκε κατά τη φάση της δοκιμής πρακτικής εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση ενός αριθμού από αυτά τα οφέλη σχετικά με μία βασική γραμμή που απορρέει από την υπάρχουσα λογική ανεφοδιασμού του PIMS. Η στρογγυλεμένη, σύμφωνα με το χρόνο, αξία των αποθεμάτων που προτεινόταν από

τις τακτικές ανεφοδιασμού του Optimizer ήταν 20 με 25 τοις εκατό κατώτερη από αυτή του υπάρχοντος συστήματος. Αυτή η διαφορά επιτεύχθηκε μαζί με ισότιμα ή βελτιωμένα επίπεδα σέρβις. Αυτή η διαφορά ξεπερνάει το μισό δισεκατομμύριο δολάρια επενδύσεων σε απόθεμα. Η διοίκηση του NSD αποφάσισε, παρ' όλ' αυτά, να χρησιμοποιήσει τη διαφορά εξόδων για τα αποθέματα για να βελτιώσει τα επίπεδα σέρβις και να μειώσει το κόστος χειρισμού. Παρ' όλ' αυτά, μια συντηρητική εκτίμηση της συνολικής ετήσιας μείωσης των αποθεμάτων από τη λειτουργία του Optimizer μέσα σε ολόκληρο το δίκτυο ξεπερνάει το ένα τέταρτο του δισεκατομμυρίου δολάρια.

Το Σεπτέμβριο του 1988, η NSD άρχισε να θέτει σε εφαρμογή στρατηγικές αλλαγές στο δίκτυο που περιελάμβαναν εγκατάσταση κτιρίων, τροφοδότηση της ροής υλικού αναπλήρωσης και έκτακτης ανάγκης, και στόχους σέρβις για κρίσιμες περιοχές. Αυτές οι αλλαγές συμπεριλάμβαναν μείωση του αριθμού των κέντρων διανομής, αύξηση του αριθμού σταθμών εξαρτημάτων, και αύξηση των ποσοστών πλήρωσης στους σταθμούς εξαρτημάτων και στις εξωτερικές εγκαταστάσεις. Παράλληλα με τη συνολική μείωση της επένδυσης σε απόθεμα, αυτές οι στρατηγικές αλλαγές έχουν αποφέρει

- μία αύξηση κατά 10% στη διαθεσιμότητα των εξαρτημάτων στα χαμηλότερα επίπεδα ενώ διατηρούνται τα επίπεδα διαθεσιμότητας των εξαρτημάτων σε ανώτερα στάδια
- λειτουργική αποδοτικότητα της τάξης των 20 εκατομμυρίων δολαρίων το χρόνο.

Το Optimizer ήταν συντελεστικός παράγοντας στη δημιουργία και την εφαρμογή αυτών των στρατηγικών. Αυτό έγινε επειδή εξασφάλισε ένα εργαλείο προγραμματισμού για την αξιολόγηση της πιθανής επιρροής των αλλαγών στην τακτική του σέρβις για διαφορετικούς σχηματισμούς του δικτύου. Το Optimizer επίσης εξωθεί το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιείται στο να προσαρμόσει τις τακτικές ανεφοδιασμού ανταποκρινόμενο σ' αυτές τις αλλαγές τακτικής. Η αναγνώριση του ρόλου των λειτουργικών εξαρτημάτων στην παροχή του σέρβις προϊόντων είναι ένα παράδειγμα των πλεονεκτημάτων που επέφερε η υλοποίηση του Optimizer. Η κατηγοριοποίηση των εξαρτημάτων ανάλογα με τη λειτουργικότητά τους οδήγησε σε πιο αποτελεσματικό χειρισμό και καταμέτρηση του σέρβις προϊόντων.

Η δυνατότητα να τρέχει το Optimizer κάθε βδομάδα έχει αυξήσει την ανταπόκριση ολόκληρου του συστήματος καταχώρησης εξαρτημάτων. Οι ενημερώσεις των καταλόγων ανεφοδιασμού, οι οποίες εφαρμόζονταν μηνιαία, τώρα αναθεωρούνται κάθε βδομάδα κάθε φορά που τρέχει το Optimizer.

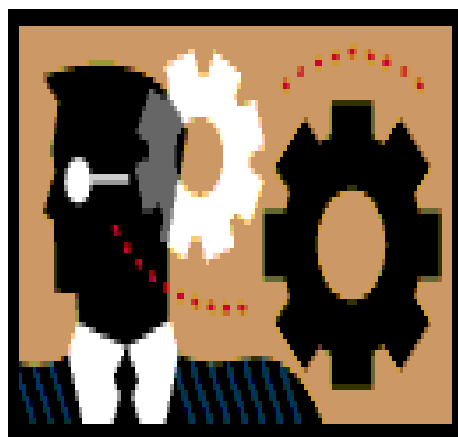
Τελικά, για τα μηχανήματα που ελέγχονται από το Optimizer, οι αναλυτές των αποθεμάτων δεν χρειάζεται πλέον να διευκρινίζουν τους καταλόγους ανεφοδιασμού εξαρτημάτων για το κάθε στάδιο για να εγγυηθούν την επίτευξη των στόχων στο σέρβις. Αυτοί οι αναλυτές

μπορούν πλέον να συγκεντρωθούν σε άλλα κρίσιμα θέματα χειρισμού, όπως η χρήση των inventory για υποστήριξη νέων προϊόντων, και τεχνικές αλλαγές. Το Optimizer αποδείχθηκε ένα εξαιρετικά πολύτιμο μέσο προγραμματισμού και λειτουργικού ελέγχου για την NSD. Έχει αυξήσει την αποδοτικότητα της παροχής σέρβις μετά την πώληση, και, ως αποτέλεσμα, υποστηρίζει την ανταγωνιστικότητα της IBM. Η ολοκληρωτική επίδραση του Optimizer δεν έχει πραγματοποιηθεί ακόμα.



## Επίλογος

Με την παραπάνω ανάλυση δόθηκαν κάποιες ενδιαφέρουσες περιπτώσεις για την δομή και κατανόηση της εφοδιαστικής αλυσίδας όσον αφορά τα αποθέματα και τις αποφάσεις σχετικά με αυτά. Παρουσιάστηκαν αρκετά μοντέλα τόσο σταθερής ζήτησης όσο και στοχαστικής, περίπτωση που θεωρείται πιο πολύπλοκη. Έγινε επίσης κατανοητό ότι η εκάστοτε πολιτική που υιοθετεί κάθε επιχείρηση πρέπει να είναι αποτέλεσμα πολλών παραμέτρων και σίγουρα του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο λειτουργεί και το οποίο πρέπει να γνωρίζει και να έχει τα σωστά κανάλια επικοινωνίας αν θέλει να πετύχει το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος αλλά και να διατηρήσει ένα επίπεδο εξυπηρέτησης που θα της εξασφαλίσει μελλοντική ευημερία και συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών της. Η περίπτωση της IBM που αναλύεται, καθώς και η θέση που έχει η συγκεκριμένη εταιρεία σήμερα στην αγορά δείχνουν ότι τα αποθέματα και η έξυπνη διαχείρισή τους μπορούν να αποδώσουν οφέλη ουσιαστικής σημασίας στην επιχείρηση.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κ. Δερβιτσιώτη, “Διοίκηση Παραγωγής – Σύγχρονες προσεγγίσεις”, Αθήνα, 1995.**
- Κ. Παππή, “Προγραμματισμός Παραγωγής”, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα, 1995.**
- Edward A. Silver & Rein Peterson, “Decision systems for inventory management and production planning”, John Wiley & Sons, New York, 1985.**
- D. Simchi – Levi, P. Kaminsky, E. Simchi – Levi, “Designing and Managing the Supply Chain”, Irwin McGraw-Hill, Boston, 2000.**
- S.Copra, P. Meidl, “Supply Chain Management”, Prentice Hall, New Jersey, 2001.**
- S.C Graves, A.H.G Rinnooy Kan, P.H Zipkin, Handbooks in OR & MS, “Logistics of Production and Inventory”, Elsevier, Science Publishers B.V, 1993.**
- C.D WATERS, The University of Calgary, “Inventory Control and Management”, John Wiley & Sons, New York.**
- K.R.Lavery, W.D Darlington, “Effective Inventory Management”, The Society of Management Accountants of Canada, 1985.**
- Clark, A.J., and H. Scarf (1962). Approximate solutions to a simple multi-echelon inventory problem, Studies in Applied Probability and Management Science, Stanford University Press Stanford, California, pp 88-110.**
- Andrew Cox “Power, value and Supply Chain Management”. An International Journal: Supply Chain Management, MCB University Press, Volume 4, pp. 167-175, 1999.**
- Jonathan Franks, “Supply chain Innovation”, Work study, MCB University Press, Volume 4, pp. 152-155, 2000.**
- M. Eric Johnson, David F. Pyke, “Supply Chain Management”, The Tuck Scholl of Dartmouth College, July 27 1999.**
- Axsäter, S, “Simple solution procedures for a class of two-echelon inventory problems”, Oper. Res 38, pp 64-69, 1990.**
- Woon Kian Ng, Rajesh Piplani, S. Viswanathan, “Simulation workbench for analysing multi – echelon supply chains”, Emerald, MCB UP Limited, Integrated Manufacturing Systems 14/5, pp 449-457, 2003.**
- Ilaria Giannoccaro, Pierpaolo Pontrandolfo, Barbara Scozzi, “A fuzzy echelon approach for inventory management in supply chains”, European Journal of Operation Research, Elsevier Science B.V, vol.149, pp 185-196, 2003.**
- M.Cohen, P.V. Kamesam, P. Kleindorfer, H. Lee, A. Tekerian, “Optimizer: IBM’s Multi-Echelon Inventory System for Managing Service Logistics”, The Institute of Management Science, vol.1, pp 65-82, January – February 1990.**

