

**Ανοιχτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**  
**Σχολή Οικονομικών Επιστημών Και Διοίκησης**  
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών *Διοίκησης, Τεχνολογίας Και*  
*Ποιότητας*

Μεταπτυχιακή Διατριβή



**Διαχείριση Αποθεμάτων Σε Εφοδιαστικό Δίκτυο Σε**  
**Συνθήκες Αβεβαιότητας: Μελέτη Περίπτωσης**

ΟΡΛΑΝΤΟ ΕΛΕΖΙ  
Α.Μ.: 000100004030

Επιβλέπων Καθηγητής  
ΒΙΔΑΛΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2020

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Οικονομικών Επιστημών Και Διοίκησης

*Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διοίκησης, Τεχνολογίας Και  
Ποιότητας*

## Μεταπτυχιακή Διατριβή

*Διαχείριση Αποθεμάτων Σε Εφοδιαστικό Δίκτυο Σε Συνθήκες  
Αβεβαιότητας: Μελέτη Περίπτωσης*

ΟΡΛΑΝΤΟ ΕΛΕΖΙ

Επιβλέπων Καθηγητής  
ΒΙΔΑΛΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στην Διοίκηση, Τεχνολογίας Και Ποιότητας από τη Σχολή Οικονομικών Επιστημών Και Διοίκησης του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Δεκέμβριος, 2020

ΛΕΥΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

## Ευχαριστίες

Αρχικά θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Βιδάλη Μιχαήλ για την αμέριστη και αδιάλειπτη υποστήριξή του. Το χρονικό διάστημα για να μάθω το λογισμικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήσαμε ήταν πολύ λίγο, γι' αυτό και η βοήθειά του ήταν καθοριστική για την ολοκλήρωση της εργασίας εντός των χρονικών πλαισίων.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω τη σύζυγό μου Τσιακμάκη Χρυσούλα και την κόρη μου Πηνελόπη για τη σημαντική βοήθεια και εμπιστοσύνη που μου έδειξαν.

## Περιεχόμενα

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου.....	1
<b>Κεφάλαιο 1.0</b> .....	6
<b>1.1</b> Εισαγωγή.....	6
<b>1.2</b> Σκοπός της Διατριβής.....	6
<b>1.3</b> Δομή της Διατριβής.....	7
<b>Κεφάλαιο 2.0</b> .....	8
<b>2.1</b> Τι είναι εφοδιαστικό δίκτυο.....	8
<b>2.2</b> Τι σημαίνει Διοίκηση Εφοδιαστικού Δικτύου (SCM).....	9
<b>2.3</b> Στάδια αποφάσεων σε ένα Εφοδιαστικό Δίκτυο.....	10
<b>2.4</b> Ποιοι παράγοντες είναι σημαντικοί.....	11
<b>2.4.1</b> Εγκαταστάσεις.....	12
<b>2.4.2</b> Μεταφορές.....	12
<b>2.4.3</b> Πληροφορίες.....	13
<b>2.4.4</b> Απόθεμα.....	14
<b>2.5</b> Διαχείριση Αποθεμάτων.....	15
<b>2.5.1</b> Το πρόβλημα της Διαχείρισης Αποθεμάτων.....	15
<b>2.5.2</b> Κόστος αποθεμάτων.....	15
<b>2.5.3</b> Κριτήρια ταξινόμησης των αποθεμάτων.....	16
<b>2.5.4</b> Συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων.....	17
<b>2.5.5</b> Οικονομική ποσότητα παραγγελίας με σταθερή ζήτηση.....	17
<b>2.6</b> Διοίκηση αποθεμάτων σε συνθήκες αβεβαιότητας.....	19
<b>2.6.1</b> Ο ρόλος του αποθέματος ασφαλείας.....	19
<b>2.6.2</b> Αβεβαιότητα ζήτησης κατά τη διάρκεια υστέρησης (Lead time).....	20
<b>2.6.3</b> Καθορισμός επιπέδου διαθεσιμότητας προϊόντος.....	20
<b>2.6.4</b> Πολιτικές αναπλήρωσης αποθεμάτων.....	22
<b>2.7</b> Βιβλιογραφική Επισκόπηση στα Αποθέματα.....	22
<b>Κεφάλαιο 3.0</b> .....	24
<b>3.1</b> Προσομοίωση (Simulation).....	24
<b>3.2</b> Εφαρμογές της Προσομοίωσης.....	26
<b>3.3</b> Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της Προσομοίωσης.....	27
<b>Κεφάλαιο 4.0</b> .....	28
<b>4.1</b> Εισαγωγή στο φυσικό σύστημα (Τμήμα SP).....	28

4.2	Παρεχόμενες υπηρεσίες της αποθήκης-προϊόν	28
4.3	Διαδικασία παροχής υπηρεσίας	28
4.4	Χαρακτηριστικά προϊόντος:	30
4.5	Περιγραφή της εφοδιαστικής αλυσίδας (EA)	31
4.5.1	Δομή – Τοπολογία της EA	31
4.5.2	Οι διαδικασίες ανά μέλος (processes)	32
4.6	Επιστροφή ελλειψματικών προϊόντων	34
4.7	Ζήτηση της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPU)	34
<b>Κεφάλαιο</b>	<b>5.0</b>	<b>38</b>
5.1	Επεξήγηση του Προσομοιωτικού Μοντέλου	38
5.2	Περιγραφή της ενότητας για την αποθήκη A	38
5.3	Περιγραφή της ενότητας για την αποθήκη B	47
5.4	Περιγραφή της Ενότητας για τον Παραγωγό	54
<b>Κεφάλαιο</b>	<b>6.0</b>	<b>58</b>
6.1	Παραμετροποίηση του μοντέλου	58
6.1.1	Ελέγξιμες μεταβλητές	58
6.1.2	Μη ελέγξιμες μεταβλητές	58
6.1.3	Τιμές των ελέγξιμων μεταβλητών	59
6.1.4	Τιμές των ΜΗ ελέγξιμων μεταβλητών	60
6.2	Αριθμητικά αποτελέσματα	63
6.2.1	Επίδραση του Σημείου επαναπαραγγελίας $r_a$ στα μέτρα απόδοσης	65
6.2.2	Επίδραση της παραγγελλόμενης ποσότητα QA	67
6.2.3	Επίδραση του σημείου επαναπαραγγελίας (Reorder Point) $r_b$ στα μέτρα απόδοσης	68
6.2.4	Επίδραση της παραγγελλόμενης ποσότητας QB	70
6.3	Γενικά συμπεράσματα	72
7.	Περαιτέρω Έρευνα	73
8.	Βιβλιογραφία	73
8.1	Ξένη βιβλιογραφία	73
8.2	Ελληνική βιβλιογραφία	74
8.3	Ιστοσελίδες	75

## Κεφάλαιο 1.0

### 1.1 Εισαγωγή

Η εκπόνηση της μεταπτυχιακής μου εργασίας, πραγματοποιήθηκε παράλληλα με την δουλειά μου, αντλώντας τα δεδομένα από την αποθήκη όπου εργάζομαι στο Λουξεμβούργο. Για λόγους εμπιστευτικότητας, αποφασίστηκε από κοινού με τους ανωτέρους μου να μην αποκαλύψουμε την πραγματική ονομασία της εταιρείας.

Η διαχείριση αποθεμάτων αποτελεί βασικό παράγοντα της πελατειακής εξυπηρέτησης και σημαντικό παράγοντα κόστους. Οι επιχειρήσεις σήμερα, ανταγωνίζονται σε ένα διεθνές περιβάλλον και η απόκτηση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος, προϋποθέτει μία άριστη διαχείριση των αποθεμάτων τους. Ωστόσο η ανάλυσή τους, δεν είναι εύκολη υπόθεση καθώς τα δίκτυα εφοδιασμού γίνονται ολοένα και πιο περίπλοκα.

Αυτό μας οδήγησε στην ανάγκη να ψάξουμε διαφορετικούς τρόπους και εργαλεία ώστε να περιγράψουμε όσο το δυνατό καλύτερα ένα δίκτυο και να βγάλουμε αποτελέσματα τα οποία ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Ένα από αυτά τα εργαλεία είναι και η προσομοίωση με την βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Έτοιμα πακέτα λογισμικών όπως το arena που θα χρησιμοποιήσουμε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, δίνουν εύκολες και αξιόπιστες λύσεις στον ερευνητή, ο οποίος χρειάζεται μόνο να μάθει να χρησιμοποιεί το πρόγραμμα και να είναι θέση να λύνει απορίες και να βελτιώνει το σύστημα.

### 1.2 Σκοπός της Διατριβής

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να γίνει κατανοητό το πρόβλημα της διαχείρισης των αποθεμάτων, να παρουσιάσουμε την τεχνική της προσομοίωσης με την βοήθεια λογισμικού προγράμματος ως ένα πολύ αξιόπιστο εργαλείο για την διαχείριση ενός εφοδιαστικού δικτύου και να περιγράψουμε και αναλύσουμε ένα φυσικό σύστημα με πραγματικά δεδομένα πελατειακής ζήτησης στο προσομοιωτικό πρόγραμμα Arena Simulation.

Μελετάται ένα εφοδιαστικό δίκτυο τριών κόμβων (προμηθευτής, διανομέας, αποθήκη και πελάτες) στο οποίο η πελατειακή ζήτηση και ο χρόνος αναπλήρωσης αποθεμάτων είναι στοχαστικές μεταβλητές. Στόχος είναι η εκτίμηση της απόδοσης του εφοδιαστικού συστήματος βάσει των μέτρων απόδοσης (επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών, ποσοστό ακάλυπτης ζήτησης, μέσα επίπεδα αποθεμάτων αποθήκης A και αποθήκης B, μέσα επίπεδα αποθεμάτων σε μεταφορά αποθήκης A και αποθήκης B—συναρτήσε των μη ελέγξιμων μεταβλητών κατανομή ζήτησης και χρόνος αναπλήρωσης που είναι τυχαίες μεταβλητές. Το υπό μελέτη εφοδιαστικό σύστημα θα μοντελοποιηθεί μέσω του προσομοιωτικού πακέτου ARENA ώστε να αποδοθούν οι υφιστάμενες αβεβαιότητες (εσωτερική: χρόνος αναπλήρωσης μεταξύ των κόμβων και εξωτερική: εξωτερική ζήτηση πελατών) και να προσδιορισθεί η επίδρασή τους στην λειτουργία του όλου συστήματος.

### 1.3 Δομή της Διατριβής

Το 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο εισάγει τον αναγνώστη στην εργασία δίνοντας κάποιες εισαγωγικές πληροφορίες για το τι ακολουθεί. Αναφέρεται επίσης ο σκοπός της Διατριβής και η δομή της.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο, αναπτύσσονται οι ορισμοί του Εφοδιαστικού Δικτύου και της Διοίκησης Εφοδιαστικού Δικτύου, τα στάδια αποφάσεων και αναφέρονται οι παράγοντες που είναι σημαντικοί. Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με έναν από αυτούς και συγκεκριμένα τα αποθέματα. Γι' αυτό λοιπόν στην συνέχεια δίνεται μια πιο λεπτομερής περιγραφή όσον αφορά την διαχείριση των αποθεμάτων και την διοίκηση αποθεμάτων σε συνθήκες αβεβαιότητας.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται μια θεωρητική περιγραφή της προσομοίωσης, δίνεται ο ορισμός της, κάποιες εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιείται και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της προσομοίωσης.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο ξεκινά η περιγραφή του φυσικού συστήματος. Γίνεται μια προσπάθεια να περιγραφεί όσο το δυνατό καλύτερα, προκειμένου να γίνει αντιληπτή η μεταφορά του φυσικού συστήματος στο προσομοιωτικό πρόγραμμα.

Το κεφάλαιο 5 μας εισάγει στο προσομοιωτικό μοντέλο. Η μεταφορά του φυσικού συστήματος στο πρόγραμμα, έχει ολοκληρωθεί και γίνεται μια προσπάθεια με την χρήση πολλών σχημάτων να περιγραφεί όσο το δυνατό πιο αναλυτικά. Τα σχήματα αυτά, είναι τα εικονίδια (modules) τα οποία επιλέγονται από τον πάνελ σχεδίασης και στην συνέχεια τα συνδέουμε μεταξύ τους ώστε να γίνει η αναπαράσταση της φυσικής ή λογικής ροής του συστήματος.

Στο κεφάλαιο 6 γίνεται η παραμετροποίηση του μοντέλου και αναφέρονται οι ελέγξιμες και οι μη ελέγξιμες μεταβλητές. Στην συνέχεια, 'τρέχοντας' το πρόγραμμα πολλές φορές δίνοντας διαφορετικές τιμές (στις ελέγξιμες και μη ελέγξιμες μεταβλητές) κάθε φορά, συγκεντρώνουμε τα αριθμητικά αποτελέσματα στο πρόγραμμα excel της Microsoft και προχωράμε σε κάποια διαγράμματα.

Τέλος, στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο, γίνεται μία βιβλιογραφική επισκόπηση, δίνεται η αντίστοιχη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της εργασίας αλλά και οι ηλεκτρονικές πηγές (ιστοσελίδες).



## Κεφάλαιο 2.0

### 2.1 Τι είναι εφοδιαστικό δίκτυο

Οι επιχειρήσεις σήμερα δρουν σε ένα πολύ ανταγωνιστικό περιβάλλον και αναγκάζονται να προσαρμόζονται στις συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες λειτουργίας. Η απόκτηση διατηρήσιμου ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος, προϋποθέτει την ύπαρξη ενός συντονισμένου δικτύου εφοδιασμού που λειτουργεί αποδοτικά και προσφέρει υψηλής ποιότητας προϊόντα στον τελικό πελάτη.

Εφοδιαστικό Δίκτυο (Supply Network) ορίζουμε την συντονισμένη μεταφορά και αποθήκευση πόρων (υλικών και άυλων) μεταξύ προμηθευτών και πελατών οι οποίοι χρησιμοποιούν τις κατάλληλες υποδομές για την ικανοποίηση του τελικού πελάτη. Υπάρχουν όμως πολλοί ορισμοί που έχουν καταγραφεί τα τελευταία χρόνια και αναφέρουμε ενδεικτικά:

- Εφοδιαστικό δίκτυο είναι ένα δίκτυο οργανισμών που εμπλέκονται μέσω ανοδικών και καθοδικών συνδέσεων στις διαφορετικές διαδικασίες και δραστηριότητες που παράγουν αξία με τη μορφή προϊόντων ή υπηρεσιών στα χέρια του τελικού καταναλωτή (CHRISTOPHER M., 2007),
- Δίκτυο εφοδιασμού είναι η διαδικασία σχεδιασμού, εφαρμογής και ελέγχου μιας αποτελεσματικής και αποδοτικής ροής αλλά και αποθήκευσης αγαθών, υπηρεσιών και σχετικών πληροφοριών, από το σημείο παραγωγής στο σημείο κατανάλωσης, με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών και των απαιτήσεων του πελάτη (Ορισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως διατυπώθηκε το 1991 από το Council of Logistics Management των ΗΠΑ),
- Ενώ ορίζουμε ως αντίστροφη εφοδιαστική, την αλυσίδα διαδικασιών και λειτουργιών που δημιουργείται με σκοπό την επιστροφή και αξιοποίηση υλικών και συσκευασιών μετά από τη χρήση τους στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Αποτελείται από τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα όταν το προϊόν ακολουθεί πορεία από τον καταναλωτή προς τον κατασκευαστή ή, γενικότερα, προς κάποια μονάδα ανάκτησης χρησιμοποιημένων προϊόντων, συσκευασιών, υλικών και εξαρτημάτων, τα οποία διαθέτουν κάποια αξία για επαναχρησιμοποίηση (ΠΑΠΠΗΣ Κ., 2006).

Παραδείγματα εφοδιαστικού δικτύου συναντάμε παντού γύρω μας και παίζουν σημαντικό ρόλο στην ζωή μας, από χαμένους πολέμους όπου το εφοδιαστικό τους δίκτυο ήταν αναποτελεσματικό ή καταστράφηκε από τον αντίπαλο, μέχρι το ψυγείο του σπιτιού μας όταν θέλουμε να μαγειρέψουμε και δεν έχουμε φροντίσει εκ των προτέρων να εφοδιαστούμε με τα κατάλληλα υλικά.

Σε ένα σύνηθες εφοδιαστικό δίκτυο συναντάμε Πελάτες, Εμπόρους λιανικής, Εμπόρους χονδρικής, Κατασκευαστές, Προμηθευτές. Ο κάθε κόμβος εκτελεί τον δικό του ρόλο και ζητούμενο είναι να εφαρμοστεί μια στρατηγική διαχείρισης όλου του δικτύου

ώστε η ροή των πρώτων υλών από τους προμηθευτές μέχρι την παραγωγή, την αποθήκευση, την διανομή και πώληση του προϊόντος στον καταναλωτή, να κυλίσει ομοιόμορφα χωρίς καθυστερήσεις και περιττά κόστη μέσα στον κόμβο.



Εικόνα 2.0

Εφοδιαστικό Δίκτυο (πηγή: <https://www.sigma-consultants.eu>)

## 2.2 Τι σημαίνει Διοίκηση Εφοδιαστικού Δικτύου (SCM)

Μέσα σε ένα Εφοδιαστικό Δίκτυο υπάρχει η ροή των προϊόντων, των πληροφοριών και των κεφαλαίων. Στόχος της διοίκησης του Εφοδιαστικού Δικτύου είναι μεγιστοποίηση του συνολικού πλεονάσματος του Δικτύου, όπου Πλεόνασμα ΕΔ, είναι η διαφορά μεταξύ της αξίας του τελικού προϊόντος στον πελάτη και του κόστους του ΕΔ που προκύπτει κατά την εκπλήρωση της απαίτησης του πελάτη (CHOPRA S. & MEINDL P., 2015).

Ο ορισμός αυτός οδηγεί σε κάποιες αρχικές επισημάνσεις:

Πρώτον, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας λαμβάνει υπόψη της κάθε εγκατάσταση που έχει κάποια επίδραση στο κόστος και διαδραματίζει κάποιο ρόλο στην παραγωγή του προϊόντος προσαρμοσμένου στις απαιτήσεις του καταναλωτή. Πολλές φορές είναι αναγκαίο στην ανάλυση να λάβουμε υπόψη μας τους προμηθευτές των προμηθευτών και τους πελάτες των πελατών (ενδιάμεσος, εσωτερικός πελάτης) γιατί έχουν επίδραση στην απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Δεύτερον, αντικειμενικός στόχος της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η αποτελεσματικότητα και η δραστική μείωση του κόστους στο όλο σύστημα. Κόστη που ενυπάρχουν στο όλο σύστημα όπως μεταφορές, διανομές, αποθέματα ακατέργαστων υλικών, ημιολοκληρωμένα προϊόντα και αποθέματα ολοκληρωμένων προϊόντων πρέπει να μειωθούν. Επομένως η επικέντρωση δεν γίνεται στην ελαχιστοποίηση του κόστους ενός μέρους μόνο, π.χ. των μεταφορών ή τη μείωση των αποθεμάτων αλλά υιοθετείται μια προσέγγιση ανάλυσης της αλυσίδας ως ένα όλο σύστημα.

Τέλος, λόγω του ότι η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιστρέφεται γύρω από την αποτελεσματική διασύνδεση μεταξύ προμηθευτών, παραγωγών, αποθηκών και

σημείων πωλήσεων λαμβάνει υπόψη της τις δραστηριότητες κάθε επιχείρησης σε στρατηγικό επίπεδο, σε τακτικό επίπεδο και σε λειτουργικό επίπεδο. (Βιδάλης Μιχαήλ, 2017).

Τομείς στους οποίους δραστηριοποιούνται τα Logistics:

- Προμήθεια ή αγορά
- Λήψη των προϊόντων
- Εσωτερική Μεταφορά
- Αποθήκευση
- Έλεγχος αποθεμάτων
- Συλλογή παραγγελιών
- Επεξεργασία υλικών
- Επιλογή τοποθεσίας
- Εξωτερική μεταφορά
- Διαχείριση διανομής
- Ανακύκλωση και διαχείριση αποβλήτων
- Επιστροφή προϊόντων (reverse logistics)
- Επικοινωνία εντός και εκτός επιχείρησης

### 2.3 Στάδια αποφάσεων σε ένα Εφοδιαστικό Δίκτυο

Στόχος κάθε επιχείρησης είναι η βελτίωση της θέσης τους στην αγορά έναντι των ανταγωνιστών. Με αυτό το κίνητρο οι επιχειρήσεις προσπαθούν να βελτιωθούν όσο περισσότερο γίνεται σε όσο περισσότερους τομείς αυτό είναι δυνατό. Η σωστή διαχείριση και συντονισμός ενός Εφοδιαστικού Δικτύου, μειώνει δραστικά τα κόστη κάθε επιχείρησης με αποτέλεσμα να εξοικονομούνται κεφάλαια τα οποία μπορούν να επενδυθούν σε άλλους τομείς ή στην ανάπτυξη νέων προϊόντων. Οι αποφάσεις που παίρνονται σε ένα ΕΔ αφορούν την μεταφορά των κεφαλαίων, των προϊόντων και των πληροφοριών και ανάλογα με την συχνότητα και το χρονικό τους πλαίσιο διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες.

#### a. Στρατηγικές αποφάσεις

Οι αποφάσεις αυτές είναι μακροχρόνιες (από ένα μέχρι δέκα έτη) και καθορίζουν την γενική δομή του δικτύου όσον αφορά την διοίκηση, την κατανομή των πόρων και τις διαδικασίες που πρέπει να εκτελούνται σε κάθε τμήμα. Αναλυτικότερα οι στρατηγικές αποφάσεις αφορούν:

- Τον καθορισμό θέσης και δυναμικότητας εγκαταστάσεων παραγωγής ή αποθήκευσης.
- Τι και πόσο θα παραχθεί ή θα αποθηκευτεί σε κάθε μία εγκατάσταση.
- Οι μορφές μεταφοράς που θα υιοθετηθούν.
- Τα πληροφοριακά συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν.

Οι σχέσεις μεταξύ των μελών του δικτύου που θα υιοθετηθούν (Βιδάλης Μιχαήλ, 2017).

#### **b. Τακτικές αποφάσεις**

Το χρονικό πλαίσιο εδώ είναι από τρεις μήνες έως ένα έτος και δίνονται οι οδηγίες λειτουργίας που πρέπει να ακολουθηθούν σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα. Οι αποφάσεις που παίρνονται στην φάση αυτή είναι:

- Με το ποιες αγορές θα εξυπηρετηθούν από ποια κέντρα παραγωγής/αποθήκευσης.
- Με το ύψος αποθεμάτων που θα δημιουργηθούν.
- Με την κατασκευή ή υπεργολαβία προϊόντων.
- Με τις πολιτικές αναπλήρωσης αποθεμάτων.
- Με το χρονικό προσδιορισμό και το μέγεθος προώθησης προϊόντων (Βιδάλης Μιχαήλ, 2017).

#### **c. Λειτουργικές αποφάσεις**

Στην φάση αυτή έχουν καθοριστεί και η γενική στρατηγική που θα ακολουθήσει το δίκτυο αλλά και οι τακτικές αποφάσεις. Το χρονικό πλαίσιο εδώ είναι καθημερινό έως και μίας εβδομάδας και παίρνονται αποφάσεις όπως:

- Το ποιες παραγγελίες θα καλυφθούν από το απόθεμα και ποιες από την παραγωγή.
- Τον καθορισμό ημερομηνίας ολοκλήρωσης συγκεκριμένων παραγγελιών.
- Τον καταμερισμό συγκεκριμένων παραγγελιών σε συγκεκριμένους τρόπους μεταφοράς και συγκεκριμένες αποστολές.
- Τον προγραμματισμό παραδόσεων ανά φορτηγό (Βιδάλης Μιχαήλ, 2017).

### **2.4 Ποιοι παράγοντες είναι σημαντικοί**

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τους τέσσερις σημαντικότερους παράγοντες που ακολουθούν, πρέπει αρχικά να αναλογιστούμε πώς είναι δυνατό ένα ΕΔ να είναι ταυτόχρονα αποδοτικό και αποτελεσματικό σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο επιχειρησιακό περιβάλλον με διακίνηση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων από κάθε κατεύθυνση και με μια καταναλωτική ζήτηση συνεχώς μεταβαλλόμενη και αβέβαιη. Πρέπει επομένως να βρούμε ένα σημείο ισορροπίας ανάμεσα στην αποδοτικότητα και στην ανταποκρισιμότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με την ολοκλήρωση όλων των λειτουργιών του ΕΔ και με την δημιουργία μιας αλυσίδας αξίας<sup>1</sup>. Για αυτόν τον λόγο, πρέπει να αντιμετωπίσουμε ολόκληρο το ΕΔ ως έναν οργανισμό όπου θα υπάρχει ορατότητα σε κάθε σημείο και οι κόμβοι θα συνεργάζονται καλά μεταξύ τους ώστε να αποφεύγονται τα περιττά κόστη. Οι σημαντικότεροι παράγοντες επιτυχούς απόδοσης σε ένα ΕΔ είναι:

---

<sup>1</sup> Αλυσίδα αξίας: Η αλυσίδα αξίας αποτελεί ένα ολοκληρωμένο επιχειρηματικό σύστημα το οποίο συντονίζει με τέτοιο τρόπο τις δραστηριότητες της επιχείρησης, προς τη διεκπεραίωση των στρατηγικών της στόχων.

### 2.4.1 Εγκαταστάσεις

Οι εγκαταστάσεις είναι τα σημεία του κόμβου όπου επεξεργάζεται, συναρμολογείται ή αποθηκεύεται ένα προϊόν ή πρώτη ύλη. Σε ένα ΕΔ συναντάμε δύο ειδών εγκαταστάσεων:

- I. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας και πακετάρισμα προϊόντος.
- II. Εγκαταστάσεις αποθήκευσης.

Οι υποδομές αυτές πρέπει να μπορούν να υποστηρίξουν τους επιχειρηματικούς στόχους της διοίκησης και να έχουν μικρό λειτουργικό κόστος. Η τοποθεσία παίζει σημαντικό ρόλο καθώς οι εταιρίες προτιμούν να προμηθεύονται την πρώτη ύλη από τρίτους και να έχουν τις αποθήκες ή τα κέντρα επεξεργασίας και πακεταρίσματος (packaging) κοντά στα σημεία λιανικής πώλησης. Με αυτό τον τρόπο έχουν μεγαλύτερη ανταποκρισιμότητα και ικανοποίηση των πελατών τους καθώς διατηρούν αποθέματα με αποτέλεσμα ο πελάτης πάντα να έχει αυτό που ζητά καθώς η αναπλήρωση των προϊόντων είναι άμεση. Από την άλλη μεριά αυτό επιβαρύνει την επιχείρηση με μεγαλύτερα κόστη αποθήκευσης του αποθέματος. Επομένως, πριν ένας οργανισμός αποφασίσει που θέλει να βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του, πρέπει πρώτα να απαντήσει στα εξής ερωτήματα: ποια είναι η καταλληλότερη θέση για την δημιουργία νέων εγκαταστάσεων; είναι καλύτερα να αξιοποιήσω υπάρχουσες; ποια η δυναμικότητα και τα λειτουργικά κόστη σε κάθε περίπτωση; τι αποθέματα πρέπει να έχω ώστε να επιτύχω και ανταποκρισιμότητα αλλά και λιγότερα αποθηκευτικά έξοδα; Σίγουρα δεν είναι ερωτήσεις που μπορούν να απαντηθούν εύκολα από τα ανώτερα στελέχη καθώς όπως είπαμε σημαντικό ρόλο παίζει η αβεβαιότητα της ζήτησης των προϊόντων.

### 2.4.2 Μεταφορές

Το κομμάτι του Εφοδιαστικού Δικτύου το οποίο αναφέρεται στις μεταφορές αφορά μόνο την μετακίνηση ενός προϊόντος από ένα σημείο σε ένα άλλο. Ίσως ακούγεται απλό αλλά είναι μία από τις πιο δαπανηρές διαδικασίες σε μια αλυσίδα εφοδιασμού. Η επιχείρηση και σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να πάρει κάποιες αποφάσεις οι οποίες θα επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα και ανταποκρισιμότητα του ΕΔ. Αρχικά πρέπει να επιλέξει με ποιον τρόπο θα μεταφέρει τα προϊόντα του, δηλαδή τι είδος μεταφορικού μέσου θα χρησιμοποιήσει.

Είδη μεταφορικών μέσων:

- Μεταφορά με φορτηγά - οδική
- Μεταφορά με τρένα - σιδηροδρομική
- Μεταφορά με πλοία - ακτοπλοϊκή
- Μεταφορά με αεροπλάνα – αεροπορική
- Μεταφορά μέσω αγωγών (pipelines)

Για την επιλογή του σωστού τύπου μεταφοράς πρέπει να λάβει υπόψη του κάποιους παράγοντες όπως: Χρόνος παράδοσης, κόστος μεταφοράς, ποιότητα μεταφοράς, οικολογικό αποτύπωμα, αξία προϊόντος. Ενδεικτικά αναφέρουμε τα δύο παρακάτω παραδείγματα επιλογής κατάλληλου μεταφορικού μέσου.

- Επιχείρηση η οποία πουλάει ηλεκτρονικά καλώδια στην Ελλάδα τα οποία προμηθεύεται από εργοστάσιο της Κίνας. Σε αυτή την περίπτωση επιλέγεται μεταφορά μέσω εμπορικών πλοίων επειδή το κόστος μεταφοράς είναι χαμηλό, η αξία του προϊόντος είναι χαμηλή, η μεταφορική ικανότητα (loading capacity) είναι πολύ μεγάλη και δεν μας ενδιαφέρει πολύ η ποιότητα μεταφοράς.
- Επιχείρηση η οποία πουλάει κινητά τηλέφωνα Samsung τελευταίας γενιάς στην Αυστραλία και τα προμηθεύεται από εργοστάσιο παραγωγής στην Νότια Κορέα. Επιλέγει την αεροπορική μεταφορά καθώς ο χρόνος παράδοσης είναι πολύ μικρός, η ποιότητα μεταφοράς μεγάλη, μεγάλη μεταφορική ικανότητα και τέλος η αξία του προϊόντος είναι μεγάλη.

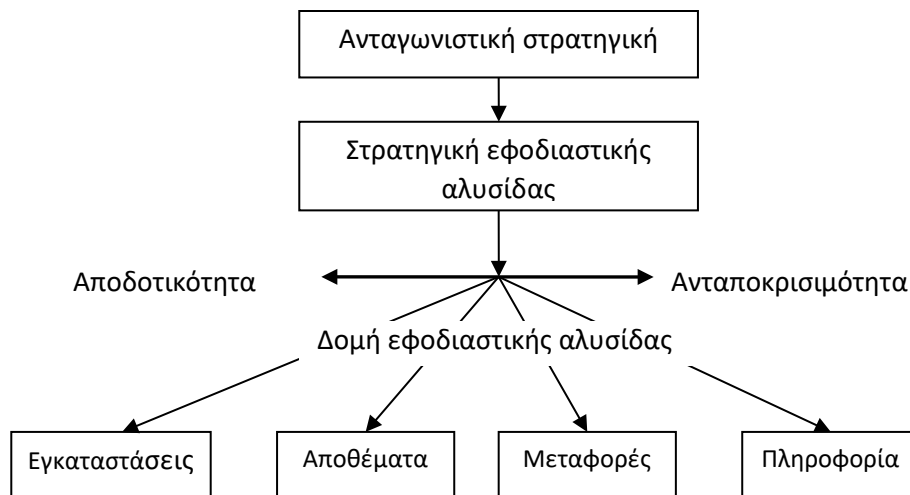
Σημαντικό ρόλο παίζει και η επιλογή της κατάλληλης διαδρομής. Πολλές επιχειρήσεις αναθέτουν σε εξειδικευμένες εταιρείες Logistics την διαδικασία αυτή καθώς έτσι μπορούν να εστιάσουν στην δική τους παραγωγική διαδικασία και παράλληλα να εξοικονομήσουν πόρους.

### 2.4.3 Πληροφορίες

Οι πληροφορίες με την μορφή δεδομένων ή συζητήσεων μεταξύ επιχείρησης, προμηθευτή και πελάτη είναι ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας επιτυχίας ενός ΕΔ. Η ορθή και άμεση πληροφορία για την κατάσταση των αποθεμάτων, των εγκαταστάσεων και των μεταφορών έχει πολλαπλά οφέλη τόσο για την επιχείρηση όσο και για τον πελάτη. Για παράδειγμα, η σωστή χρήση ενός συστήματος ERP<sup>2</sup> ενημερώνει άμεσα τον προμηθευτή για την κατάσταση του αποθέματος της συνεργαζόμενης επιχείρησης με αποτέλεσμα η προμήθεια να γίνει χωρίς καθυστέρηση. Επίσης, η δυνατότητα εντοπισμού της θέσης ενός φορτίου και του προσδοκώμενου χρόνου άφιξης στον τελικό προορισμό, αυξάνει το επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών με αποτέλεσμα την ικανοποίησή τους.

---

<sup>2</sup> Σύστημα ERP: (Enterprise Resource Planning - σύστημα επιχειρησιακού σχεδιασμού) είναι ένα σύστημα λογισμικού, το οποίο είναι επιφορτισμένο με το να διαχειρίζεται όλες τις λειτουργίες της επιχείρησης, με απώτερο σκοπό την αύξηση του business performance.



Εικόνα 2.1 Πλαίσιο αποφάσεων σε ένα ΕΔ (Πηγή: Βιδάλης Μιχαήλ, 2017).

#### 2.4.4 Απόθεμα

Με τον όρο ‘αποθέματα’ αναφερόμαστε σε οποιοδήποτε προϊόν ή υλικό αποκτά η επιχείρηση και το αποθηκεύει έχοντας σκοπό να το χρησιμοποιήσει, είτε ενσωματώνοντάς το στην παραγωγική της διαδικασία, είτε καταναλώνοντάς το προκειμένου να παραχθούν προϊόντα, ή να το μεταπωλήσει στο προσεχές μέλλον. Τα οικονομικά αυτά αγαθά μπορεί να είναι πρώτες ύλες, ημικατεργασμένα ή έτοιμα προϊόντα, μηχανολογικός εξοπλισμός κλπ. Αποτελούν σημαντικό λογιστικό και κοστολογικό εργαλείων των επιχειρήσεων και αποτυπώνονται στις λογιστικές καταστάσεις κάθε εταιρείας (Ιωάννου, 2005).

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

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



## 2.5 Διαχείριση Αποθεμάτων

### 2.5.1 Το πρόβλημα της Διαχείρισης Αποθεμάτων

Το πρόβλημα διαχείρισης των αποθεμάτων ορίζεται ως η εξισορρόπηση – συνήθως μέσα σε συνθήκες αβεβαιότητας – του κόστους έλλειψης και του κόστους πλεονάσματος αποθεμάτων σε ένα εφοδιαστικό σύστημα δηλαδή ο καθορισμός πολιτικών που να μειώνουν το μέσο απόθεμα ανά κύκλο παραγγελίας<sup>3</sup> στην εφοδιαστική αλυσίδα, χωρίς παράλληλα να αυξάνουν το κόστος (Βιδάλης Μιχαήλ, 2017).

Με απλά λόγια οι επιχειρήσεις πρέπει να απαντούν συνεχώς στα ερωτήματα ‘πότε’ και ‘πόσο’ πρέπει να παραγγείλω ή να παράγω ώστε και να μην αυξήσω το πλεόνασμά μου αλλά ούτε να έχω ελλείψεις. Σκοπός όλων των οργανισμών είναι η εξοικονόμηση πόρων και τα οφέλη που προκύπτουν από αυτή τη διαδικασία είναι η (Ζιάκα, 2011):

- παραγωγή και πώληση ποιοτικών προϊόντων
- δημιουργία σχέσης αξιοπιστίας μεταξύ επιχειρηματία – πελάτη
- δημιουργία σχέσης αξιοπιστίας μεταξύ επιχειρηματία – μεσάζοντα
- ανταπόκριση στη ζήτηση αγοράς
- μείωση των ακυρωμένων παραγγελιών
- μικρές ποσότητες απολεσθέντων αντικειμένων
- επαρκής αποθηκευτικός χώρος

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο εάν θέσουμε κάποιους βασικούς στόχους όπως (Σιφνιώτης, 1997):

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

### 2.5.2 Κόστος αποθεμάτων

Όπως αναφέραμε και νωρίτερα, οι επιχειρήσεις προσπαθούν να ισορροπήσουν μεταξύ μεγάλης ποσότητας πλεονάσματος και έλλειψης αποθεμάτων. Ο λόγος ο οποίος προσπαθούν να διατηρήσουν την κατάλληλη ποσότητα πάντα στις αποθήκες τους είναι επειδή μαζί με το απόθεμα συνεπάγονται και κάποια κόστη.

**Κόστος αγοράς πρώτων υλών** (Purchasing cost) είναι το ποσό που δαπανά μία επιχείρηση προκειμένου να αποκτήσει ή να κατασκευάσει το προϊόν παραγγελίας. Υπολογίζεται ως το γινόμενο της ζήτησης R επί το μοναδιαίο κόστος αγοράς C:

Ετήσιο κόστος πρώτων υλών =  $C \cdot R$

<sup>3</sup> Μέσο απόθεμα ανά κύκλο παραγγελίας: (cycle inventory) είναι το μέσο επίπεδο αποθεμάτων που συσσωρεύεται στην εφοδιαστική αλυσίδα επειδή ένα ή περισσότερα στάδια παράγουν ή παραγγέλλουν σε παρτίδες που είναι μεγαλύτερες από την υπάρχουσα ζήτηση.



**Σταθερό κόστος παραγγελίας (Standard cost).** Το κόστος αυτό δεν μεταβάλλεται ανάλογα με την ποσότητα της παραγγελίας αλλά με τον αριθμό των παραγγελιών. Δηλαδή παραμένει σταθερό ανεξάρτητα του μεγέθους της παρτίδας αλλά αυξάνεται όσο αυξάνεται και ο αριθμός των παραγγελιών. Είναι ο λόγος ο οποίος πολλές επιχειρήσεις θέλουν να παραγγέλνουν μεγαλύτερες ποσότητες κάθε φορά ώστε να μειώσουν το κόστος παραγγελίας. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει το κόστος μεταφοράς, τις ανθρωπόωρες που απαιτούνται προκειμένου να ολοκληρωθεί μία παραγγελία, το λειτουργικό σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί κ.α.

**Κόστος διατήρησης αποθεμάτων (Holding cost).** Είναι το κόστος που δαπανά μια επιχείρηση προκειμένου να αποθηκεύσει το απόθεμά της για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Το χρονικό διάστημα είναι συνήθως ένα έτος και οι αποθηκευτικοί χώροι μπορεί να ανήκουν στην επιχείρηση ή σε συνεργαζόμενα μέρη. Το κόστος διατήρησης των αποθεμάτων αποτελείται από:

α) Το κόστος αποθήκευσης. Περιλαμβάνει όλα εκείνα τα κόστη που αφορούν τους αποθηκευτικούς χώρους, όπως ενοίκια, φόρους, ασφάλιστρα, εργατικά, συντήρηση χώρων, θέρμανση και φωτισμός (Θεοδοσίου, 2008).

β) Κόστος δεσμευμένου κεφαλαίου το οποίο αντιστοιχεί με το χρηματικό ποσό το οποίο επένδυσε η εταιρεία προκειμένου να διατηρήσει απόθεμα και το οποίο κεφάλαιο παραμένει δεσμευμένο για όσο χρονικό διάστημα το απόθεμα βρίσκεται στην αποθήκη.

γ) Κόστος απαξίωσης (obsolete cost), το οποίο προκύπτει όταν ένα υλικό χάνει την αρχική του αξία για όσο χρονικό διάστημα η επιχείρηση διατηρεί το απόθεμα λόγω μόδας, νέων τάσεων, τεχνολογικών εξελίξεων κ.α.

Συνεπώς εδώ γεννάται το ερώτημα ποια είναι η κατάλληλη ποσότητα παρτίδων που πρέπει να παραγγείλω ώστε να μειώσω τα κόστη των αποθεμάτων μου. Επιδίωξη κάθε εφοδιαστικού δικτύου είναι να καθορίζεται η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας σε κάθε κόμβο μέσα στο δίκτυο, το οποίο όμως στην πράξη είναι πολύ δύσκολο να υλοποιηθεί.

### 2.5.3 Κριτήρια ταξινόμησης των αποθεμάτων

Τα αποθέματα μπορούν να ταξινομηθούν με κριτήριο:

- Το πόσο συχνά εφαρμόζεται η παραγγελία αναπλήρωσης (μεμονωμένη όταν γίνεται μία φορά και επαναλαμβανόμενη όταν αυτή συμβαίνει πολλές φορές).
- Την πηγή προμήθειας, δηλαδή εάν η πρώτη ύλη παραγγέλλεται από εξωτερικό προμηθευτή ή εάν τα ενδιάμεσα ή τελικά προϊόντα παράγονται από την ίδια την επιχείρηση.
- Εάν η ζήτηση είναι σταθερή ή μεταβαλλόμενη (αβέβαιη).
- Εάν ο χρόνος υστέρησης (Lead time)<sup>4</sup> είναι σταθερός ή μεταβαλλόμενος.
- Το σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων που χρησιμοποιείται.
- Και ο βαθμός παρακολούθησης και ελέγχου του αποθέματος.

---

<sup>4</sup> Χρόνος Υστέρησης (Lead time): το χρονικό διάστημα μεταξύ της τοποθέτησης παραγγελίας και της παράδοσης της ποσότητας που παραγγέλθηκε.

#### 2.5.4 Συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων

Η σωστή διαχείριση των αποθεμάτων πρέπει να καλύπτει την ζήτηση σε ικανοποιητικό επίπεδο, ώστε να είναι σε θέση να παράσχει το κατάλληλο προϊόν, στην κατάλληλη ποσότητα, στην κατάλληλη στιγμή, στον κατάλληλο τόπο. Παράλληλα όμως να μεριμνά και για την μείωση του κόστους αγοράς, του κόστους διατήρησης και κόστους παραγγελίας. Αυτά τα δύο είναι δύο αντίρροπες δυνάμεις και το ένα επιβαρύνει το άλλο.

Ένα σύστημα αποθεμάτων αποτελεί εκείνη τη δομή που υποστηρίζει τη λήψη των παραπάνω αποφάσεων. Ενσωματώνει τα απαραίτητα στοιχεία για να εκτιμηθούν οι παράγοντες που ευνοούν την υψηλή ή τη χαμηλή στάθμη αποθεμάτων. Η παράθεσή τους έχει ως επιδίωξη να αποφασιστεί η βέλτιστη πολιτική. Δηλαδή, η πολιτική εκείνη που αποδίδει το καλύτερο αποτέλεσμα με το μικρότερο δυνατό κόστος (Αλεξανδράκης, 2019). Όταν οι παραγγελίες είναι συχνές και επαναλαμβάνονται, τα κυριότερα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων είναι:

- α) Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας, όπου όταν το απόθεμα φτάσει σε ένα συγκεκριμένο σημείο, πραγματοποιείται καινούρια παραγγελία με σταθερή ποσότητα Q.
- β) Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας, όπου εδώ πραγματοποιούνται παραγγελίες σε σταθερό χρονικό διάστημα η μία από την άλλη.
- γ) Σύστημα επιλεκτικής αναπλήρωσης, είναι συνδυασμός των δύο παραπάνω και οι παραγγελίες πραγματοποιούνται μόνο όταν το ύψος των αποθεμάτων πέφτει κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο.
- δ) Σύστημα προγραμματισμού απαιτήσεων υλικών, όπου εδώ τα υλικά παραγγέλλονται βάση των τελικών προϊόντων που πρόκειται να παραχθούν καθώς αποτελούν εξάρτημα ή πρώτη ύλη για αυτά.

Με κριτήριο τον βαθμό ελέγχου και παρακολούθησης, τα συστήματα αποθεμάτων διακρίνονται σε κατηγορίες ABC όπου το κάθε γράμμα αντιπροσωπεύει μία κατηγορία προϊόντων ανάλογη της αξίας του προϊόντος για την παραγωγική διαδικασία.

#### 2.5.5 Οικονομική ποσότητα παραγγελίας με σταθερή ζήτηση

Η οικονομική ποσότητα παραγγελίας (Economic Order Quantity – EOQ), είναι η ποσότητα εκείνη που παραγγέλλεται κάθε φορά και αντιστοιχεί στο μικρότερο σημείο του συνολικού κόστους στο σχήμα 2.0. Για τον υπολογισμό της πρέπει αρχικά να βρούμε όλα τα κόστη των αποθεμάτων τα οποία είναι:

$$\text{Ετήσιο κόστος πρώτων υλών} = C \cdot R \quad (2.1)$$

Όπου C=κόστος κάθε μονάδας

R= ετήσια ζήτηση

$$\text{Ετήσιο κόστος παραγγελίας} = \left( \frac{R}{Q} \right) S \quad (2.2)$$

Όπου Q=μέγεθος παρτίδας

S=σταθερό κόστος παραγγελίας

$$\text{Ετήσιο κόστος διατήρησης αποθέματος} = \left( \frac{Q}{2} \right) H = \left( \frac{Q}{2} \right) hC \quad (2.3)$$

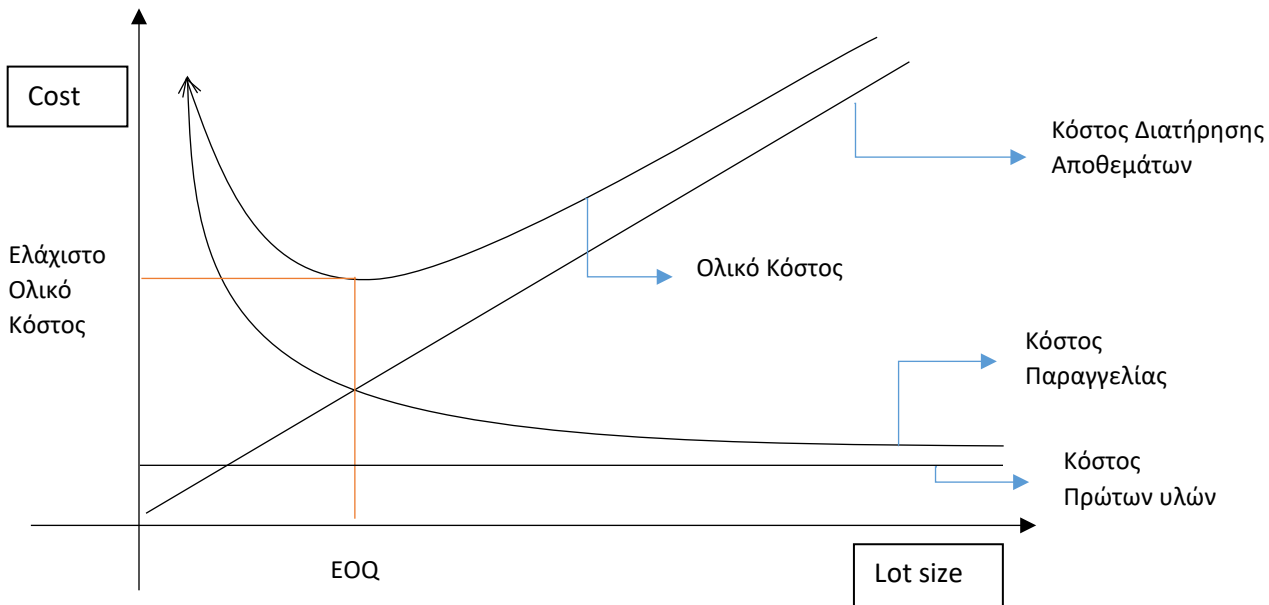
Όπου  $Q / 2 =$  είναι το μέσο επίπεδο αποθέματος

$H =$  το κόστος διατήρησης αποθέματος  $= h C$

$h =$  κόστος διατήρησης αποθέματος ανά έτος ως ποσοστό στο κόστος προϊόντος

Άρα το **Ολικό κόστος των αποθεμάτων** το βρίσκουμε από το άθροισμα των παραπάνω:

$$TC = C \cdot R + \frac{R}{Q} \cdot S + \frac{Q}{2} \cdot h \cdot C \quad (2.4)$$



Σχήμα 2.0 Κόστη αποθεμάτων και Οικονομική Ποσότητα Παραγγελίας (EOQ)

Η **βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας EOQ** είναι αυτή η οποία ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος των αποθεμάτων και προκύπτει από την σχέση (2.5).

$$EOQ = \sqrt{\frac{2RS}{hC}} \quad (2.5)$$

Από το σχήμα 2.0 παρατηρούμε ότι το κόστος διατήρησης των αποθεμάτων αυξάνεται όσο αυξάνεται και η ποσότητα της παραγγελιόμενης παρτίδας, σε αντίθεση με το κόστος της παραγγελίας το οποίο είναι αυξημένο στις μικρές παρτίδες και χαμηλώνει όσο αυτές αυξάνονται. Αυτό συμβαίνει επειδή στις μεγάλες παραγγελίες το κόστος μικραίνει λόγω οικονομίες κλίμακας. Το συνολικό κόστος από την άλλη μειώνεται όσο αυξάνεται ο η ποσότητα της παραγγελίας αλλά μέχρι ένα σημείο γιατί μετά πάλι αρχίζει να αυξάνεται. Το σημείο αυτό αποτελεί την Οικονομική Ποσότητα Παραγγελίας (EOQ) και είναι πολύ σημαντική για την διατήρηση των αποθεμάτων σε ένα ισορροπημένο σημείο.

## 2.6 Διοίκηση αποθεμάτων σε συνθήκες αβεβαιότητας

### 2.6.1 Ο ρόλος του αποθέματος ασφαλείας

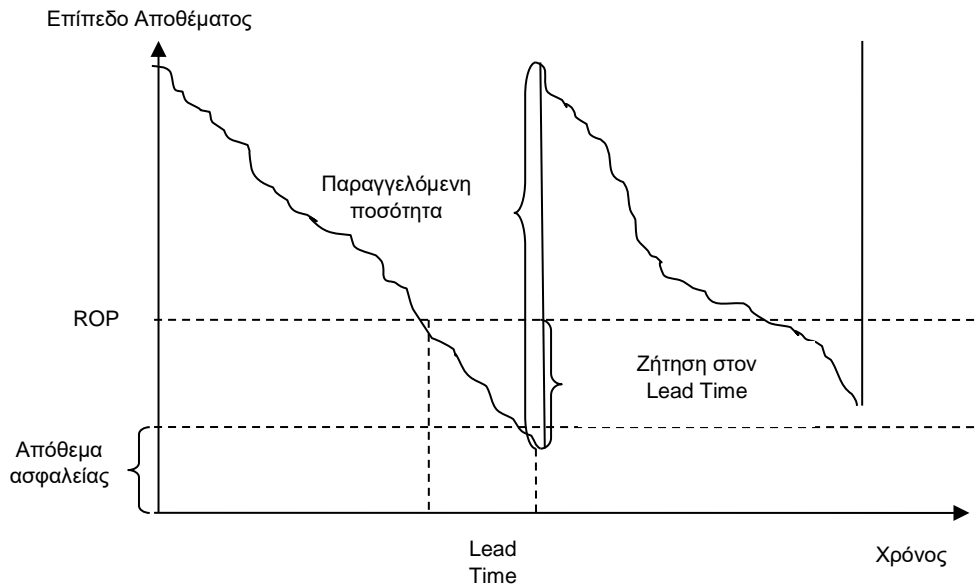
Τις περισσότερες φορές η ζήτηση και ο χρόνος υστέρησης σε ένα Εφοδιαστικό Δίκτυο είναι δύο απρόβλεπτοι παράγοντες με μεγάλες διακυμάνσεις οι οποίοι μεταβάλλονται συνεχώς. Προκειμένου να αντιμετωπίσουν αυτές τις διακυμάνσεις τα μέλη του ΕΔ αναγκάζονται να διατηρούν απόθεμα ασφαλείας το οποίο εξομαλύνει αυτές τις διακυμάνσεις. Οι διακυμάνσεις αυτές αντιπροσωπεύουν την αβεβαιότητα της ζήτησης και του χρόνου υστέρησης και το απόθεμα ασφαλείας είναι αυτό που προφυλάσσει τις επιχειρήσεις από τυχόν έλλειψη του προϊόντος. Στην περίπτωση που οι προμηθευτές αδυνατούν να παραδώσουν τα προϊόντα στην προκαθορισμένη ποσότητα, χρονική στιγμή και ποιότητα ή στην περίπτωση όπου η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από αυτήν που έχει προβλεφθεί για ορισμένη χρονική περίοδο, τα αποθέματα ασφαλείας είναι αυτά τα οποία μας επιτρέπουν να συνεχίσουμε να εξυπηρετούμε τους πελάτες μας (διαθεσιμότητα).

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 2.6 η χρήση του αποθέματος ασφαλείας, ξεκινά από την στιγμή που εξαντλείται η ποσότητα παραγγελίας  $Q$ . Στην περίπτωση όμως καθυστέρησης παραλαβής προϊόντος από τον προμηθευτή ή αύξηση της ζήτησης στην διάρκεια του χρόνου υστέρησης (Lead time), θα υπάρξει πρόβλημα διαθεσιμότητας καθώς η επιχείρηση δεν θα μπορέσει να εξυπηρετήσει τους πελάτες της λόγω έλλειψης προϊόντος.

Ο καθορισμός του κατάλληλου επιπέδου αποθέματος ασφαλείας έχει μεγάλη σημασία για την απόδοση μιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Η αύξηση του επιπέδου του αποθέματος ασφαλείας βελτιώνει τη διαθεσιμότητα των προϊόντων (θετικό). Παράλληλα όμως αυξάνει το μέσο απόθεμα άρα και το κόστος διατήρησης αποθεμάτων σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα (αρνητικό) και τον κίνδυνο απαξίωσης των προϊόντων (Βιδάλης, 2017).

Επομένως, για να καθορίσουμε το βέλτιστο επίπεδο αποθέματος, πρέπει αρχικά να λάβουμε υπόψιν μας δύο σημαντικούς παράγοντες:

- Την αβεβαιότητα της ζήτησης ή της προσφοράς.
- Το επιθυμητό επίπεδο διαθεσιμότητας προϊόντος.



Σχήμα 2.6 Επίπεδο αποθέματος συναρτήσει του χρόνου (Πηγή: Βιδάλης, 2017)

### 2.6.2 Αβεβαιότητα ζήτησης κατά τη διάρκεια υστέρησης (Lead time)

Η τοποθέτηση νέας παραγγελίας, πραγματοποιείται εφόσον το επίπεδο των αποθεμάτων πέσει κάτω από ένα σημείο. Αυτό είναι το σημείο επαναπαραγγελίας (Reorder Point) όπως βλέπουμε στο σχήμα 2.6. Η επιλογή του ROP είναι πολύ σημαντική καθώς η επιχείρηση πρέπει να λάβει υπόψιν της την αβεβαιότητα της ζήτησης που υπάρχει κατά την διάρκεια εκπλήρωσης της νέας παραγγελίας. Κατά την διάρκεια του χρόνου υστέρησης, η επιχείρηση έχει στην διάθεσή της το υπόλοιπο του αποθέματος συν το απόθεμα ασφαλείας. Επομένως στην περίπτωση που η ζήτηση μεταβληθεί σημαντικά, υπάρχει κίνδυνος μη διαθεσιμότητας του προϊόντος με αποτέλεσμα να μην εξυπηρετηθούν οι πελάτες.

### 2.6.3 Καθορισμός επιπέδου διαθεσιμότητας προϊόντος

Με τον όρο διαθεσιμότητα προϊόντος εννοούμε την δυνατότητα μιας επιχείρησης να εξυπηρετήσει την πελατειακή ζήτηση με τα αποθέματα που έχει στην διάθεσή της. Παρακάτω θα αναφέρουμε τα τρία κύρια μέτρα απόδοσης διαθεσιμότητας προϊόντος:

- **Βαθμός κάλυψης προϊόντος (product fill rate)** είναι το ποσοστό της ζήτησης που ικανοποιείται άμεσα από τα αποθέματα της επιχείρησης. Είναι ένας απλός τρόπος μέτρησης των αποθεμάτων έναντι της ζήτησης προϊόντων. Για να υπολογίσουμε τον βαθμό κάλυψης προϊόντος αρκεί να ξέρουμε την ποσότητα που η επιχείρηση προμηθεύτηκε και την ποσότητα του προϊόντος που πουλήθηκε. Ας υποθέσουμε ότι μια επιχείρηση ελαστικών προμηθεύτηκε 1000 χειμερινά λάστιχα αλλά από αυτά μόνο τα 700 πουλήθηκαν. Σε αυτή την περίπτωση ο βαθμός κάλυψης του προϊόντος είναι  $700/1000=0,7$  ή 70%. Εάν το product fill rate ήταν μεγαλύτερο του 100% αυτό θα σήμαινε ότι η επιχείρηση αδυνατεί να ικανοποιήσει την ζήτηση των πελατών. Στόχος κάθε επιχείρησης είναι ένα product fill rate ίσο με 100%, ούτε μεγαλύτερο ούτε μικρότερο, επειδή όμως αυτό στην πράξη είναι αδύνατο, πάντα

οι επιχειρήσεις παραγγέλνουν μεγαλύτερη ποσότητα προϊόντων προκειμένου να μην ξεμείνουν από απόθεμα. Γι' αυτό τον λόγο ένα ποσοστό της τάξεως του 85 με 90% θεωρείται ικανοποιητικό. Ο βαθμός κάλυψης προϊόντος είναι πάντα μεγαλύτερος του βαθμού κάλυψης παραγγελιών.

- **Βαθμός κάλυψης παραγγελιών** (order fill rate) είναι το ποσοστό των παραγγελιών των πελατών που ικανοποιείται άμεσα από τα αποθέματα της επιχείρησης. Οι παραγγελίες πραγματοποιούνται μόνο όταν η επιχείρηση διαθέτει σε απόθεμα όλα τα υπό παραγγελία προϊόντα. Αυτό σημαίνει ότι μια παραγγελία δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί εάν ένα προϊόν δεν υπάρχει σε απόθεμα. Ο βαθμός κάλυψης παραγγελιών είναι πάντα μικρότερος του βαθμού κάλυψης προϊόντος. Μπορούμε να υπολογίσουμε το order fill rate είτε με τα στοιχεία γραμμής στην παραγγελία, είτε με τα SKU ή με μεμονωμένα τιμολόγια όπως παρακάτω:

Τιμολόγιο 1				
	Στοιχεία γραμμής	SKU	Qty Ordered	Qty Shipped
	1	101	20	20
	2	102	40	38
	3	103	50	48
	4	104	10	10
<b>Σύνολο</b>			<b>120</b>	<b>116</b>
<b>Order fill rate</b>	<b>116/ 120 = 0,97</b>			<b>97%</b>

Πίνακας 2.6 Βαθμός κάλυψης παραγγελιών στο τιμολόγιο 1

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 2.6 το order fill rate προκύπτει από το σύνολο των προϊόντων που παραδόθηκαν στον πελάτη (116) προς το σύνολο των προϊόντων που είχαν προμηθευτεί (120).

Τιμολόγιο 2				
	Στοιχεία γραμμής	SKU	Qty Ordered	Qty Shipped
	1	101	30	20
	2	102	40	38
<b>Σύνολο</b>			<b>70</b>	<b>58</b>
<b>Order fill rate</b>	<b>58/ 70 = 0,83</b>			<b>83%</b>

Πίνακας 2.7 Βαθμός κάλυψης παραγγελιών στο τιμολόγιο 2

Για να βρούμε τον συνολικό βαθμό κάλυψης παραγγελιών μιας επιχείρησης, θα πρέπει να προσθέσουμε τις παραγγελίες όλων των τιμολογίων:

$$(116+58)/(120+70)=91,58\%$$

- **Επίπεδο εξυπηρέτησης ανά κύκλο** (Cycle service level, CSL) είναι η αναμενόμενη πιθανότητα να μην παρουσιάσει έλλειψη σε ένα προϊόν (stock out) μέχρι τον επόμενο κύκλο αναπλήρωσης άρα είναι και η πιθανότητα να μην

χάσουμε πωλήσεις. Κύκλος αναπλήρωσης είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών αναπληρώσεων.

#### 2.6.4 Πολιτικές αναπλήρωσης αποθεμάτων

Οι πολιτικές αναπλήρωσης των αποθεμάτων που εφαρμόζει μια επιχείρηση, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το επίπεδο εξυπηρέτησης ανά κύκλο και τον βαθμό κάλυψης προϊόντος και παραγγελιών. Είναι ο τρόπος ελέγχου και λήψης των αποφάσεων σχετικά με την αναπλήρωση των αποθεμάτων και υπάρχουν δύο κύριοι τρόποι:

- **Συνεχούς παρακολούθησης (Continuous review):** Εδώ η ποσότητα του αποθέματος ελέγχεται συστηματικά. Μας ενδιαφέρει να βρούμε το σημείο αναπαραγγελίας (Reorder Point) και την ποσότητα Q της παραγγελίας.
- **Περιοδικής παρακολούθησης (Periodic review):** Εδώ το απόθεμα δεν ελέγχεται συχνά και πρέπει να αποφασίσουμε για το κάθε πότε θα πραγματοποιείται ο έλεγχος. Πρέπει επίσης να αποφασίσουμε ποια θα είναι η μεγαλύτερη ποσότητα ενός υλικού OUL (Order Up Level) που θέλουμε να διατηρήσουμε ως απόθεμα καθώς κάθε φορά η παραγγελία θα γίνεται με σκοπό να αναπληρώνουμε αυτή τη ποσότητα. Όσο μεγαλύτερο είναι το OUL, τόσο μικραίνει η πιθανότητα να παρουσιάσουμε ελλείματα, αλλά ταυτόχρονα αυξάνονται και τα κόστη διατήρησης του αποθέματος.

#### 2.7 Βιβλιογραφική Επισκόπηση στα Αποθέματα

Η βιβλιογραφία σχετική με τη διαχείριση των αποθεμάτων σε εφοδιαστικά δίκτυα είναι τεράστια. Αυτό οφείλεται σε μια σειρά λόγους όπως α) η διαφορετική τοπολογία των δικτύων β) οι διαφορετικές πολιτικές ελέγχου των αποθεμάτων (συνεχής ή περιοδική) γ) στη διαφορετική μορφή της ζήτησης (συνεχής ή διακριτή) δ) στις χαμένες (lost) ή εξυπηρετούμενες με καθυστέρηση (backordered) ζητήσεις ε) στη μεθοδολογία των χρησιμοποιούμενων μοντέλων (ακέραιος γραμμικός προγραμματισμός, προσομοίωση, γενετικοί αλγόριθμοι, δυναμικός προγραμματισμός κα.) για την λήψη συμπερασμάτων.

Εδώ θα περιορισθούμε στην αναφορά άρθρων που σχετίζονται με την διαχείριση των αποθεμάτων σε εφοδιαστικά δίκτυα μέσω της προσομοίωσης. Οι ερευνητές Further, Wyland et. al (2000) παρουσιάζουν μια γενική επισκόπηση των πλεονεκτημάτων της προσομοίωσης στην αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων και στην δυνατότητα της αποτίμησης διαφορετικών αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των μελών μιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι Hung et. al. (2004) δημιουργούν ένα ρεαλιστικό προσομοιωτικό μοντέλο<sup>5</sup> που επιτρέπει την σύγκριση διαφορετικών πολιτικών μεταξύ των μελών. Οι Chan et. al. (2001) επικεντρώνονται στις πολιτικές παραγγελιών για την μέτρηση της απόδοσης μιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Η εργασία των Berger, Tortorella and Frazzon αναλύει μέσω της προσομοίωσης διαφορετικές στρατηγικές αποθεμάτων σε μια λιτή εφοδιαστική αλυσίδα. Οι Olhager, και Person (2006), εστιάζονται στην αναζήτηση μέσω προσομοίωσης των καλύτερων πρακτικών παραγωγής και ελέγχου αποθεμάτων σε ένα σύστημα παραγωγής-αποθεμάτων. Για μια ανασκόπηση των εργασιών σχετικά με την στοχαστική

<sup>5</sup> Μοντέλο (model): είναι είτε η τυπική αναπαράσταση είτε η ερμηνεία μιας θεωρίας που περιγράφει αναλυτικά ένα φυσικό σύστημα ή έναν οργανισμό ή ένα φυσικό φαινόμενο ή ακόμη και μια ιδέα (concept).

μοντελοποίηση αποθεμάτων σε εφοδιαστικά δίκτυα με χαμένες πωλήσεις, αναφέρουμε την εργασία των Bijvank και Vis (2011) .



## Κεφάλαιο 3.0

### 3.1 Προσομοίωση (Simulation)

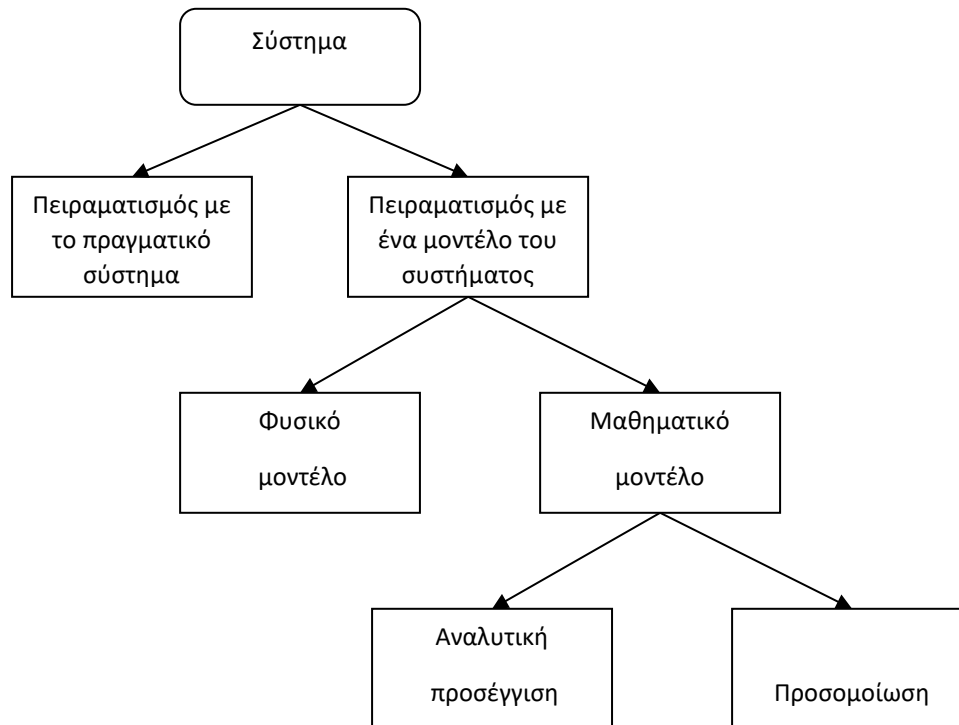
Η μοντελοποίηση και στην συνέχεια η ανάλυση, δηλαδή εξαγωγή συμπερασμάτων-προβλέψεων συστημάτων (παραγωγής ή παροχής υπηρεσιών) αποτελεί τον στόχο του μάνατζμεντ. Συνήθως, σε ένα πρόβλημα υπάρχουν πολλές εναλλακτικές αποφάσεις (λύσεις), εξετάζονται κάποιες ή όλες από αυτές μία προς μία και καταγράφονται τα αποτελέσματά τους. Η καλύτερη απόφαση είναι εκείνη που οδηγεί στο καλύτερο αποτέλεσμα, σύμφωνα με κάποιο κριτήριο.

Για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης ακολουθούνται βασικά δύο μεθοδολογίες :  
**Αναλυτική προσέγγιση:** Η έκφραση της λειτουργίας του συστήματος με ένα μαθηματικό πρότυπο (μοντέλο). Την λύση την επιδιώκουμε άλλοτε αναλυτικά και άλλοτε αριθμητικά. Αν αυτή η διαδικασία μπορεί να καταλήγει ύστερα από ένα λογικό βαθμό αφαίρεσης σε πρότυπα που μπορούμε να τα λύσουμε, είναι προτιμότερη από οποιαδήποτε άλλη. Η μελέτη συστημάτων με μαθηματικές μεθόδους απαιτεί αφενός πλήρη γνώση του υπάρχοντος ή προτεινόμενου συστήματος και αφετέρου δυνατότητα αναπαράστασης του συστήματος με μαθηματικά μοντέλα. Επειδή, όμως, οι δύο αυτές προϋποθέσεις σχεδόν ποτέ δεν πληρούνται σε πολύπλοκα συστήματα, αναπτύχθηκαν άλλες μεθοδολογίες μελέτης και ανάλυσης συστημάτων, οι οποίες αν και δεν είναι τόσο ακριβείς όσο οι μαθηματικές μέθοδοι, προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα.

**Πειραματική προσέγγιση:** Όταν η επίλυση ενός προβλήματος δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω κάποιου μαθηματικού μοντέλου, αλλά ούτε και με πειράματα στο πραγματικό σύστημα, τότε αναπαράγεται τεχνητά η πραγματική κατάσταση με κάποιο πρότυπο που δημιουργείται με τη χρήση Η/Υ και γίνονται δοκιμές σε αυτό. Η διαδικασία αυτή λέγεται προσομοίωση. Η προσομοίωση αποτελεί μία πειραματική μέθοδο που έχει ως σκοπό τη βελτιστοποίηση συστημάτων, την ανάλυση της ευαισθησίας τους και τη μελέτη της λειτουργίας τους.

Προσομοίωση είναι η μίμηση της λειτουργίας μιας πραγματικής διαδικασίας ή ενός συστήματος συναρτήσει του χρόνου. Ανεξάρτητα αν γίνεται με το χέρι ή με υπολογιστή η προσομοίωση συνεπάγεται τη δημιουργία μιας τεχνητής ιστορίας ενός συστήματος και την παρατήρηση αυτού του παρελθόντος με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με τα χαρακτηριστικά των λειτουργιών του πραγματικού συστήματος.

Μπορούμε να μελετήσουμε ένα σύστημα με τους παρακάτω τρόπους:



Σχήμα 3.1: Τρόποι μελέτης ενός συστήματος (Law & Kelton, 2000)

Για να είναι τα παραπάνω αποδοτικά, είναι σημαντικό το μοντέλο μας να ισορροπεί ανάμεσα στα ενσωματωμένα στοιχεία (model details) και στις υποθέσεις ή παραδοχές (assumptions) που κάνουμε. (Γεωργίου Α., Κωνσταντάρας Ι., Καπάρης Κ., 2015). Τα ενσωματωμένα στοιχεία είναι λεπτομέρειες οι οποίες περιγράφουν το πραγματικό σύστημα<sup>6</sup> και όσες περισσότερες από αυτές βάλουμε (inputs) στο μοντέλο μας, τόσο αυτό θα ανταποκρίνεται περισσότερο στην πραγματικότητα. Δίνει δηλαδή την δυνατότητα στον ερευνητή, να πραγματοποιήσει μια σε βάθος προσομοίωση η οποία θα έχει εκροές (outputs) με μεγάλη ακρίβεια. Από την άλλη μεριά, όσες περισσότερες παραδοχές δηλαδή υποθέσεις εισάγουμε στο μοντέλο μας, τόσο αυτό θα είναι αποδοτικό αλλά με λιγότερες λεπτομέρειες στις εκροές μας.

Για να πραγματοποιήσουμε μία προσομοίωση, εκτελούμε τα παρακάτω βήματα:

- Ορίζουμε ποιο είναι το πρόβλημα και ποιοι οι στόχοι που θέλουμε να εκπληρώσουμε / φτάσουμε.
- Συλλέγουμε όσο το δυνατό περισσότερες πληροφορίες και δεδομένα μπορούμε για να τα επεξεργαστούμε.
- Προετοιμάζουμε το μαθηματικό μοντέλο της προσομοίωσης.
- Κάνουμε μια πρώτη εκτίμηση των συνθηκών του μοντέλου.
- Προετοιμασία του λογισμικού που θα χρησιμοποιήσουμε στον Η/Υ.

<sup>6</sup> Σύστημα: ονομάζεται μια συλλογή οντοτήτων/αντικειμένων τα οποία αποτελούν ένα σύνολο στο οποίο κάθε στοιχείο αλληλοεπιδρά ή συσχετίζεται με ένα τουλάχιστον στοιχείο του συνόλου με στόχο την επίτευξη ενός καθορισμένου σκοπού (task).

- Επικύρωση και επαλήθευση του μοντέλου.
- ‘Τρέξιμο’ του μοντέλου πολλές φορές και δοκιμή εναλλακτικών σεναρίων.
- Ανάλυση των αποτελεσμάτων.
- Τεκμηρίωση και συμπεράσματα.

### 3.2 Εφαρμογές της Προσομοίωσης

Η προσομοίωση, γνώρισε μεγάλη εξέλιξη κυρίως λόγω της ανάπτυξης των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ως πειραματική μέθοδος εξαρτάται πολύ από την πιστότητα του μοντέλου του συστήματος που χρησιμοποιείται, καθώς και από την επιλογή εκείνων των παραμέτρων<sup>7</sup> που απαιτούνται για την εξαγωγή αξιόπιστων και χρήσιμων συμπερασμάτων.

**Η προσομοίωση είναι το κατάλληλο εργαλείο για τους εξής σκοπούς :**

1. Η προσομοίωση παρέχει τη δυνατότητα μελέτης και πειραματισμού των εσωτερικών αλληλεπιδράσεων ενός πολύπλοκου συστήματος ή ενός υποσυστήματος μέσα στο πολύπλοκο σύστημα.
2. Η γνώση που αποκτάται κατά το σχεδιασμό ενός προσομοιωτικού μοντέλου, έχει μεγάλη αξία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωσή του υπό μελέτη πραγματικού συστήματος.
3. Μέσω της αλλαγής των δεδομένων εισόδου στη προσομοίωση και τη παρατήρηση των αποτελεσμάτων στην έξοδο του μοντέλου είναι δυνατό να αποκτηθεί καλύτερη γνώση του συστήματος με το προσδιορισμό των σπουδαιότερων μεταβλητών του και του τρόπου που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους.
4. Η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον πειραματισμό νέων σχεδίων ή πολιτικών πριν την πραγμάτωσή τους προετοιμάζοντάς μας με το τι αναμένεται να συμβεί.
5. Η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επαληθεύσει αναλυτικές λύσεις.

Οι εφαρμογές της προσομοίωσης είναι πολυπληθείς. Μπορούν να ταξινομηθούν σε επιχειρήσεις, βιομηχανικά συστήματα, δημόσιους οργανισμούς και άλλα.

#### **Βιομηχανικά συστήματα**

- Σχεδιασμός διαχείρισης υλικού για βιομηχανία κατασκευής ημιαγωγών
- Λειτουργίες συναρμολόγησης αεροσκαφών
- Ευέλικτα βιομηχανικά συστήματα με διαμοιραζόμενα εργαλεία
- Πεπερασμένης χωρητικότητας χρονο-προγραμματιζόμενα συστήματα
- Μοντέλα κόστους αποθήκης για just-in-time συστήματα παραγωγής

#### **Δημόσιοι οργανισμοί**

- Μοντέλα πρόβλεψης φαρμακευτικού κόστους και εξόδων ασθενών
- Μοντέλα μείωσης παραμονής σε μονάδα εντατικής παρακολούθησης
- Προσομοίωση μαχών σωμάτων στρατού
- Μεταφορά φορτίων και χειρωνακτική εκφόρτωση

<sup>7</sup> Παράμετρος προσομοίωσης: είναι ανεξάρτητα μέτρα που διαμορφώνουν τις συνθήκες των εισόδων (inputs).

- Ανάλυση κίνησης σε εστιατόρια άμεσης εξυπηρέτησης

### 3.3 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της Προσομοίωσης

Η προσομοίωση είναι διαισθητικά αρεστή διότι μιμείται το τι συμβαίνει σε ένα πραγματικό σύστημα ή του τι παρατηρείται σε ένα σύστημα που βρίσκεται στο στάδιο του σχεδιασμού. Τα δεδομένα εξόδου από μία προσομοίωση πρέπει να αντιστοιχούν σε εξόδους που μπορούν να καταγραφούν στο πραγματικό σύστημα. Επί πλέον είναι δυνατόν να δημιουργήσουμε ένα προσομοιωτικό μοντέλο ενός συστήματος χωρίς αμφίβολης εγκυρότητας παραδοχές (όπως η ίδια στοχαστική συμπεριφορά για όλες τις τυχαίες μεταβλητές) που συναντώνται στα μαθηματικώς επιλύσιμα μοντέλα. Γι' αυτούς αλλά και για άλλους λόγους η προσομοίωση είναι η συνήθης επιλογή για την επίλυση προβλημάτων. Η προσομοίωση παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα αλλά και μερικά μειονεκτήματα.

#### **Τα πλεονεκτήματα είναι :**

1. Νέες πολιτικές διαδικασίες λειτουργίας κανόνες δράσης οργανωτικοί κανόνες κοκ. μπορούν να διερευνηθούν χωρίς τη διακοπή των εκτελούμενων λειτουργιών του πραγματικού συστήματος.
2. Υποθέσεις για το πώς ή για το γιατί συγκεκριμένα φαινόμενα συμβαίνουν μπορούν να ελεγχθούν αν είναι αληθοφανείς-εφαρμόσιμες
3. Καλύτερη γνώση ως προς τις αλληλεπιδράσεις των μεταβλητών του συστήματος.
4. Επίγνωση για την σπουδαιότητα των μεταβλητών στην απόδοση ενός συστήματος.
5. Ανάλυση συνωστισμού μπορεί να επιτευχθεί υποδεικνύοντας τα σημεία όπου ο χρόνος επεξεργασίας, υλικά καθυστερούν υπέρμετρα.
6. Η προσομοίωση μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση του πως πράγματι το σύστημα λειτουργεί σε αντίθεση με την αντίληψη ξεχωριστών ατόμων
7. Ερωτήσεις του στυλ «τι θα συμβεί αν» μπορούν να απαντηθούν. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο κατά τον σχεδιασμό νέων συστημάτων.

#### **Τα μειονεκτήματα είναι :**

1. Η κατασκευή συστημάτων απαιτεί εκγύμναση. Πρόκειται για μια ικανότητα που αποκτάται με τον χρόνο και την εμπειρία. Επί πλέον αν δύο μοντέλα κατασκευασθούν από δύο ικανά άτομα αυτά πιθανόν να έχουν ομοιότητες αλλά είναι σχεδόν απίθανο να είναι όμοια.
2. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης ίσως είναι δύσκολο να ερμηνευθούν. Επειδή τα δεδομένα εξόδου της προσομοίωσης είναι βασικά τυχαίες μεταβλητές (συνήθως βασίζόμενα σε δεδομένα εισόδου που είναι κι αυτά βασικά τυχαίες μεταβλητές) είναι δύσκολο πολλές φορές να καθορισθεί αν μια παρατήρηση είναι αποτέλεσμα κάποιας σχέσης στοιχείων του συστήματος ή αποτέλεσμα τυχειότητας.
3. Η κατασκευή του μοντέλου προσομοίωσης και η ανάλυση των αποτελεσμάτων απαιτεί χρόνο και χρήμα. Ανεπάρκεια σε μέσα για τη μοντελοποίηση και ανάλυση μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα ένα μοντέλο προσομοίωσης ή ανάλυση που δεν είναι επαρκής στις απαιτήσεις.
4. Προσομοίωση χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου αναλυτικές λύσεις είναι δυνατές ή ακόμη προτιμητέες. Αυτό αληθεύει ειδικά στη προσομοίωση γραμμών αναμονής όπου κλειστού τύπου μοντέλα ουρών αναμονής είναι διαθέσιμα.

## Κεφάλαιο 4.0

### 4.1 Εισαγωγή στο φυσικό σύστημα (Τμήμα SP)

Το SP είναι τμήμα μεγάλης πολυεθνικής εταιρείας ελαστικών . Μετρά μόλις πέντε χρόνια λειτουργίας και στόχος του είναι η αύξηση των πωλήσεων ελαστικών σε φορτηγά και οχήματα ανωμάλου εδάφους. Η αύξηση των ελαστικών επιτυγχάνεται με την βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών στους πελάτες. Όπως βλέπουμε στο σχήμα 4.4 το τμήμα PS είναι ένα αυτόνομο τμήμα το οποίο λειτουργεί κάτω από την ομπρέλα μιας πολυεθνικής εταιρείας.

### 4.2 Παρεχόμενες υπηρεσίες της αποθήκης-προϊόν

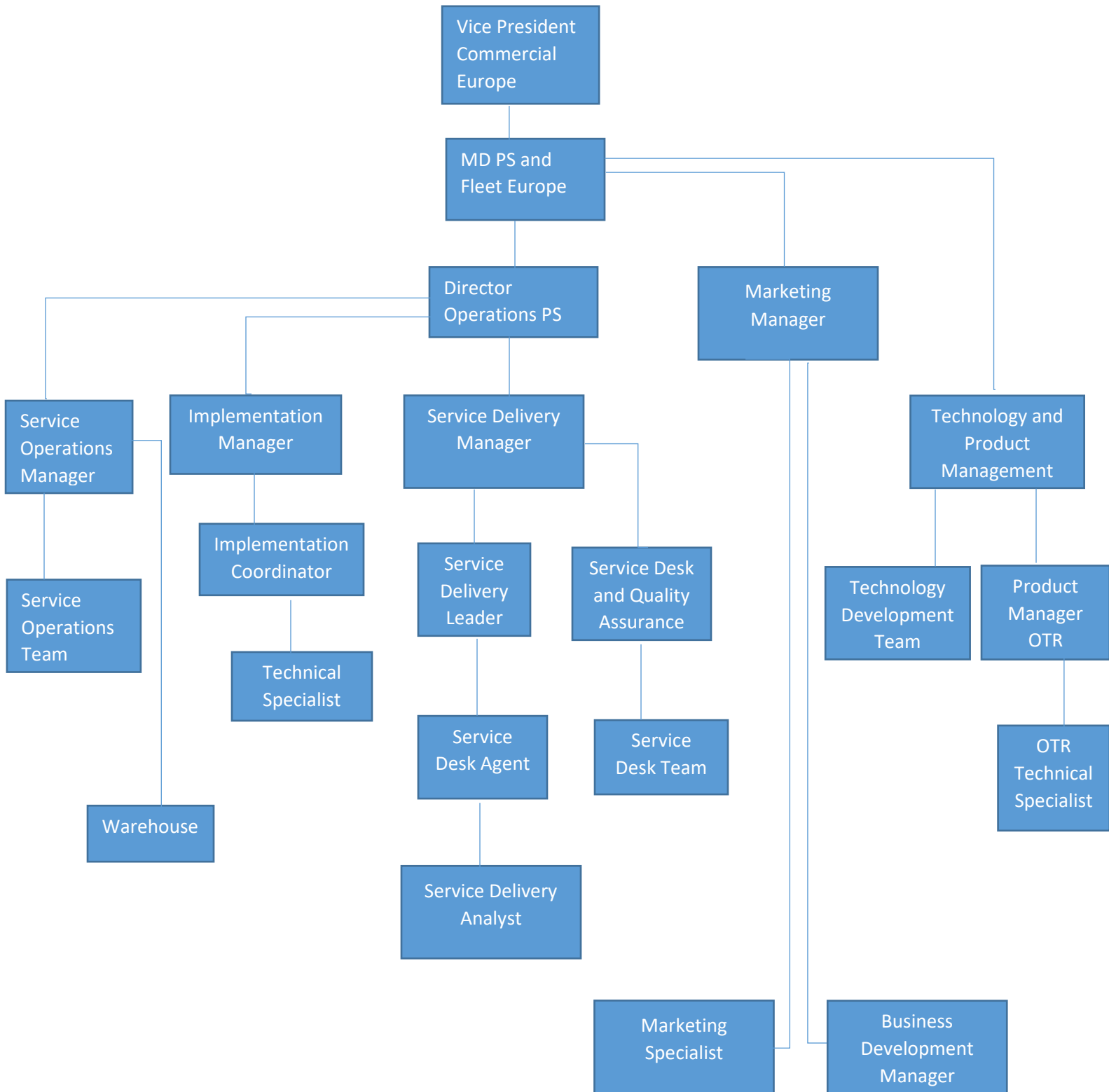
“ Προϊόν” είναι ένα σύνολο χαρακτηριστικών που λαμβάνει ο πελάτης κατά την αγορά. Η διοίκηση μπορεί να καταναίμει πόρους στην ανάπτυξη νέων προϊόντων στην αγορά ή στην βελτίωση της ποιότητας των υπαρχόντων προϊόντων. Η ποιότητα του επηρεάζει την ζήτηση στην αγορά και η επιχείρηση μπορεί να υποχρεωθεί να αλλάξει τιμή. Η μείωση της ποιότητας, σμικρύνει το κόστος κατασκευής και αυξάνει τα βραχυχρόνια οφέλη, με τον τρόπο αυτό ίσως πλήξει την κερδοφορία της επιχείρησης μακροχρόνια. Με αυτές τις συνθήκες η αγορά απλώς διασπάται σε μικρότερα και λιγότερο κερδοφόρα τμήματα, η διοίκηση πρέπει να μελετήσει με προσοχή τις επιπτώσεις των αλλαγών στην προσφορά των προϊόντων. πηγή: ΠΑΝΓ ΚΥΡΙΑΖΟΠΟΥΛΟΣ "ΔΙΟΙΚΗΣΗ LOGISTICS ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΚΔΟΤΟΚΗ ΑΘΗΝΑ 1996 ΣΕΛ48).

### 4.3 Διαδικασία παροχής υπηρεσίας

Αρχικά οι πωλητές που έχουν οριστεί να εκπροσωπούν και να πωλούν τα προϊόντα της εταιρείας, έρχονται σε επαφή με τον πελάτη. Παρουσιάζουν τις υπηρεσίες που προσφέρει το τμήμα και στην συνέχεια περιμένουν την απάντηση του πελάτη. Στην περίπτωση που αυτή είναι θετική, αρχίζει η διαδικασία υπογραφής συμβολαίου. Υπάρχουν τριών ειδών συμβολαίων: a) Συμβόλαιο Leasing όπου ο πελάτης πληρώνει κάθε τέλους του μήνα μόνο τον αριθμό των οχημάτων που έχει ολοκληρωθεί η εγκατάσταση. b) Συμβόλαιο Upfront όπου ο πελάτης πληρώνει στην αρχή για όλα τα υλικά που του απεστάλησαν. c) Χωρίς χρέωση όταν η εταιρεία θέλει να δοκιμάσει νέα προϊόντα και ο πελάτης δέχεται να χρησιμοποιηθούν τα δικά του οχήματα.

Αφού υπογραφεί το συμβόλαιο, ακολουθεί η διαδικασία αποστολής των κατάλληλων υλικών και συναρμολόγησης. Για κάθε χώρα ορίζεται ένας τεχνικός ο οποίος θα πάει στον πελάτη για να δείξει την διαδικασία συναρμολόγησης. Πριν πάει όμως, η αποθήκη έχει στείλει ήδη στον πελάτη τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν κατά την εκπαίδευση. Η παραγγελία στην αποθήκη γίνεται από τον τεχνικό που θα κάνει την εκπαίδευση.

Μετά ο πελάτης αποφασίζει εάν θα συναρμολογήσει αυτός μόνος του τα υλικά ή μπορεί να ζητήσει από την εταιρεία ελαστικών να το κάνει, φυσικά με μεγαλύτερη χρέωση από την αρχική.

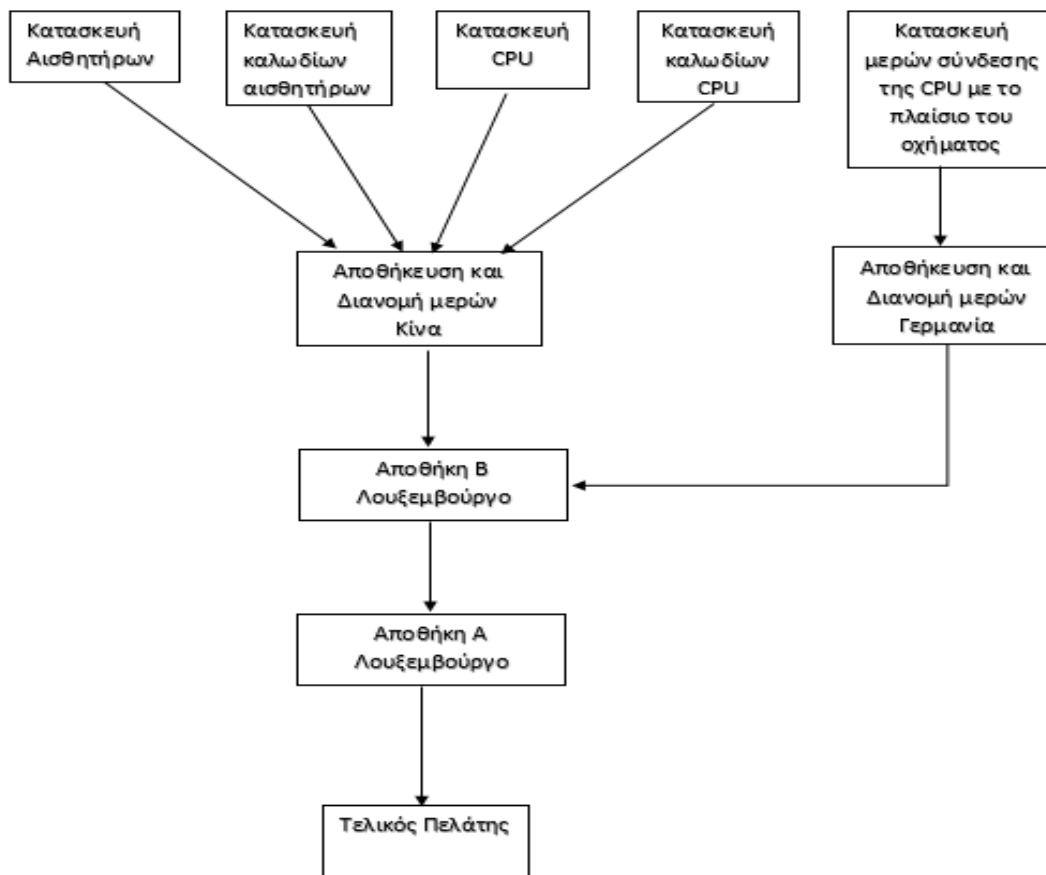


Σχήμα 4.4 Οργανόγραμμα του τμήματος PS

#### 4.4 Χαρακτηριστικά προϊόντος:

Ο μηχανισμός αποτελείται από:

1. Κεντρική μονάδα ελέγχου των αισθητήρων (CPU).
2. Καλώδια σύνδεσης της κεντρικής μονάδας με τον τράκτορα, τρέιλερ, λεωφορείο ή όχημα ανωμάλου εδάφους.
3. Αισθητήρες οι οποίοι τοποθετούνται σε κάθε τροχό του οχήματος και δίνει πληροφορίες στην CPU.
4. Καλώδια σταθεροποίησης των αισθητήρων στην ζάντα.



Σχήμα 4.4 Διάγραμμα Ροής Προϊόντων

Ο μηχανισμός αυτός, ελέγχει την πίεση, την θερμοκρασία και την φθορά του ελαστικού. Αποτελείται από μια CPU και αισθητήρες που τοποθετούνται σε κάθε ελαστικό του οχήματος και δίνουν πληροφορίες στην CPU σχετικά με την κατάσταση του ελαστικού. Ο οδηγός ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο για οποιαδήποτε μεταβολή των παραπάνω παραμέτρων στο κινητό του αφού εγκαταστήσει την αντίστοιχη εφαρμογή της εταιρείας. Η πρόσβαση δίνεται μόνο στον οδηγό του οχήματος και στον υπεύθυνο στόλου που έχει ορίσει ο πελάτης.

## 4.5 Περιγραφή της εφοδιαστικής αλυσίδας (ΕΑ)

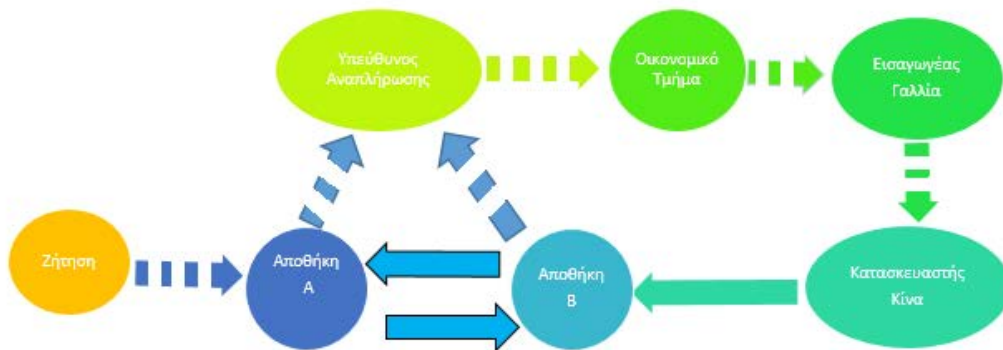
Θα περιγραφούν:

- Η δομή-τοπολογία της (ποιες η συμμετέχουσες επιχειρήσεις και οι σχέσεις μεταξύ τους).
- Οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα ανά κόμβο (εισροές εκροές κάθε μέλους) και
- Περιγραφή της ζήτησης.

### 4.5.1 Δομή – Τοπολογία της ΕΑ

Η δομή της ΕΑ είναι σειριακή. Περιγράφοντας τις επιχειρήσεις από την ζήτηση προς την προμήθεια (ανωφερής κατεύθυνση, upstream) έχουμε τα εξής μέλη (σχήμα 4.6):

1. Την Αποθήκη Α (Λουξεμβούργο) που καλύπτει την εξωτερική ζήτηση.
2. Την Αποθήκη-τροφοδότη Β (Λουξεμβούργο) που καλύπτει την αποθήκη Α.
3. Την εταιρεία παραγωγής του προϊόντος (Κίνα).
4. Την εταιρεία εισαγωγέα - προμηθευτής του προϊόντος (Γαλλία).
5. Το τμήμα Αγορών και οικονομικών που θέτει κι εγκρίνει τις παραγγελίες στην αποθήκη Β έχοντας γνώση των αποθεμάτων στις αποθήκες Α και Β.
6. Ο Υπεύθυνος Αναπλήρωσης των προϊόντων.



Σχήμα 4.5 Δομή της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Περιγράφοντας την δομή της ΕΑ από αριστερά προς τα δεξιά, η ζήτηση είναι αυτή η οποία έλκει την διαδικασία κατασκευής και προμήθειας των προϊόντων. Η αποθήκη Α είναι αυτή η οποία εφοδιάζει τον τελικό πελάτη και προμηθεύεται από την αποθήκη Β. Ο Υπεύθυνος Αναπλήρωσης βλέπει τα αποθέματα των δύο αποθηκών και ξεκινά την διαδικασία αναπλήρωσης των προϊόντων όταν αυτό απαιτείται. Μεταφέρει τις πληροφορίες στο Οικονομικό Τμήμα και αφού εγκριθεί η εντολή αγοράς, το τελευταίο προχωρά στην παραγγελία των προϊόντων. Ο εισαγωγέας θα απαντήσει εάν είναι ή όχι εφικτή η

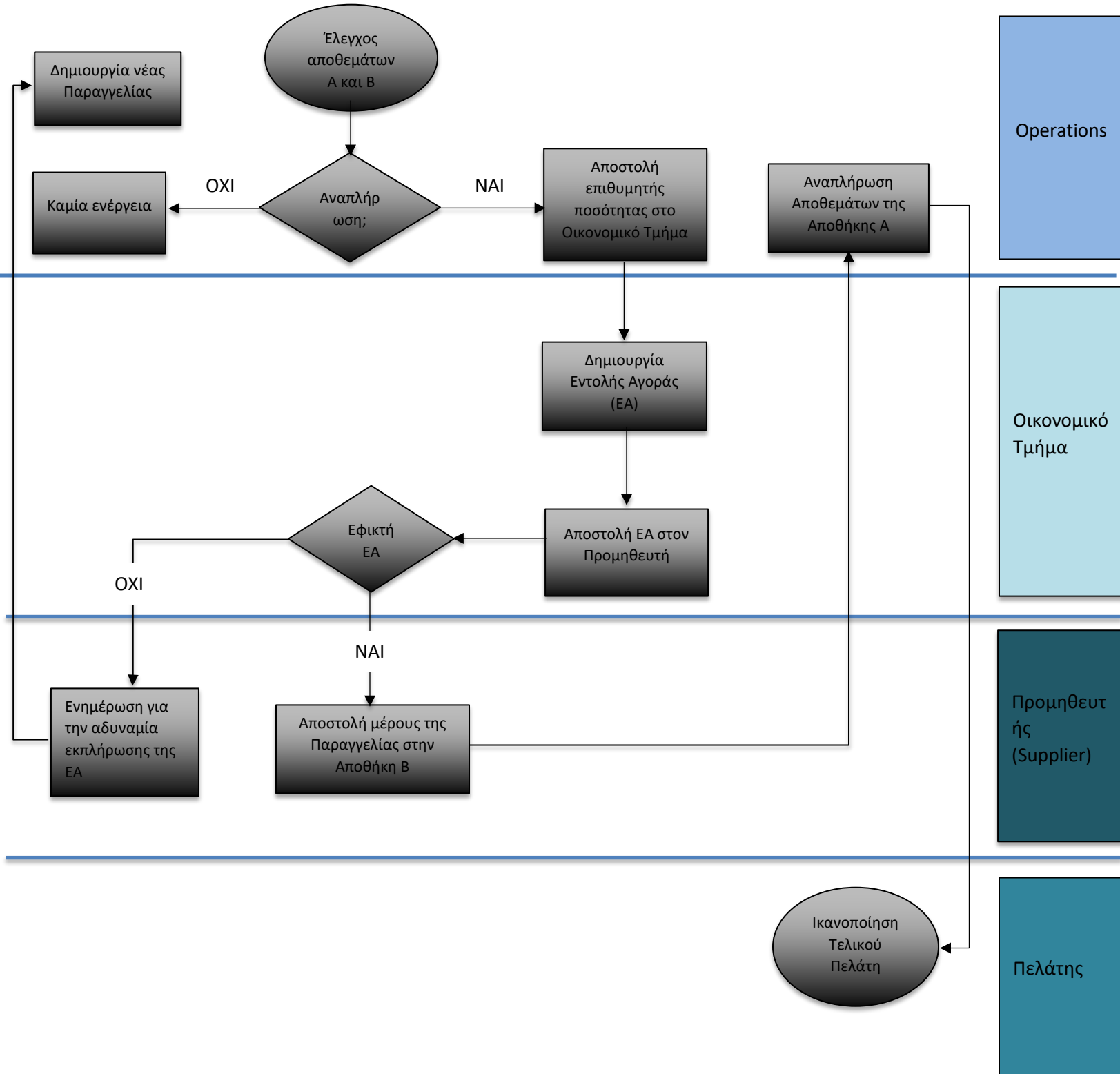


διεκπεραίωση της παραγγελίας. Εάν ναι ξεκινά η κατασκευή και τα προϊόντα μεταφέρονται με τελικό προορισμό την Αποθήκη Α. Εάν όχι, στέλνεται αρνητική απάντηση στο οικονομικό τμήμα για αδυναμία διεκπεραίωσης της παραγγελίας και ξεκινά η διαδικασία νέας παραγγελίας. Μεταφορά προϊόντων μπορεί να προκύψει και από την αποθήκη Α προς την αποθήκη Β όταν δεν υπάρχει αρκετός χώρος αποθήκευσης.

#### 4.5.2 Οι διαδικασίες ανά μέλος (processes)

1. Η αποθήκη Α του τμήματος PS στεγάζεται στο εργοστάσιο κατασκευής καλουπιών (Mold Plant). Είναι μια μικρή αποθήκη περίπου 70τμ. Έχει δύο εργαζόμενους οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τα αποθέματα και στις δύο αποθήκες. Εξυπηρετεί την εξωτερική ζήτηση (τυχαία) που δημιουργούν οι πωλητές (sale leaders). Τροφοδοτείται από την αποθήκη Β. Η Πολιτική αναπλήρωσης της αποθήκης Α γίνεται μέχρι στιγμή εμπειρικά: όταν τα αποθέματα (CPU) μειωθούν κάτω από ένα επίπεδο τότε τίθεται παραγγελία μεγέθους 300 με 400 μονάδων στην αποθήκη Β τα οποία φθάνουν στην Α μέσα σε μία ή δύο εργάσιμες μέρες.
2. Η αποθήκη Β είναι μια δημόσια-κοινή αποθήκη (public warehouse), βρίσκεται σε διαφορετική τοποθεσία και η εταιρεία καταβάλλει μηνιαίο ενοίκιο ανάλογα με τον όγκο που καταλαμβάνουν τα προϊόντα που αποθηκεύονται. Πολιτική αναπλήρωσης αποθήκης Β γίνεται από τον υπεύθυνο στο τμήμα Operations βάσει του συνολικού αποθέματος στις αποθήκες Α και Β που είναι ορατά και των προβλέψεων της εξωτερικής ζήτησης.
3. Η εταιρεία Εισαγωγέας - Προμηθευτής που αντιπροσωπεύει το εργοστάσιο παραγωγής στην Κίνα. Τα προϊόντα φθάνουν στην αποθήκη Β σε διάστημα μεταξύ πέντε με έξι μηνών καθώς ο εισαγωγέας δεν αποθηκεύει καθόλου τα προϊόντα και η κατασκευή των μερών ξεκινά από την στιγμή που δίνεται η παραγγελία.
4. Η εταιρεία παραγωγής του προϊόντος βρίσκεται στην Κίνα και ξεκινά την παραγωγή της έπειτα από την έγκριση της εταιρείας Εισαγωγής. Η μεταφορά των προϊόντων καλύπτεται από τον εισαγωγέα - προμηθευτή.
5. Το τμήμα Αγορών και οικονομικών είναι αυτό που έρχεται σε επικοινωνία με τον προμηθευτή αφού έχει εγκριθεί η αγορά των προϊόντων.
6. Ο Υπεύθυνος Αναπλήρωσης των προϊόντων είναι μέλος του τμήματος των Operations όπου ανήκει και η Αποθήκη Α. Το άτομο αυτό έχει επικοινωνία με την αποθήκη και ξέρει τις ανάγκες της. Έχει ορατότητα σε ζωντανό χρόνο στα αποθέματα και των δύο αποθηκών και μόλις αυτά κατέβουν κάτω από το σημείο αναπλήρωσης επικοινωνεί με το οικονομικό τμήμα και θέτει σε λειτουργία την αναπλήρωση των προϊόντων. Τα προϊόντα μεταφέρονται στην Αποθήκη Β και αποθηκεύονται. Οι αποθηκάριοι της Αποθήκης Α είναι υπεύθυνοι για την αναπλήρωση της αποθήκης τους. Επομένως είναι αυτοί οι οποίοι παραγγέλνουν από την Αποθήκη Β τα προϊόντα που λείπουν στην αποθήκη.

## Διάγραμμα Ροής Αναπλήρωσης Αποθήκης A:



#### 4.6 Επιστροφή ελαττωματικών προϊόντων

Στην περίπτωση που ένα προϊόν είναι ελαττωματικό, ο Sales leader θα ενημερωθεί από τον πελάτη και αυτός με την σειρά του θα ενημερώσει την Εξυπηρέτηση Πελατών η οποία θα ανοίξει ένα Ticket (Συμβάν) και θα ενημερώσει την αποθήκη για την αναπλήρωση του προϊόντος. Στην περίπτωση αυτή, η αποθήκη πρέπει να κανονίσει την παραλαβή των προϊόντων και την αποστολή καινούργιων χωρίς χρέωση στον πελάτη.

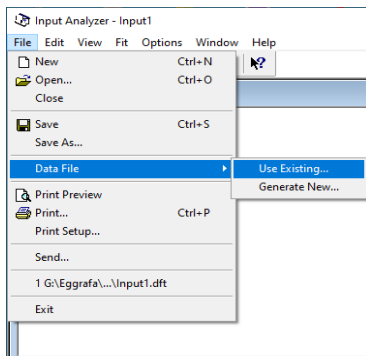
#### 4.7 Ζήτηση της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPU)

Παρακάτω παρουσιάζονται τα στοιχεία ζήτησης για δύο έτη (2018 και 2019) της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPU):

Έτος	Μήνας	Αριθμός CPU
2018	Ιανουάριος	347
2018	Φεβρουάριος	535
2018	Μάρτιος	479
2018	Απρίλιος	304
2018	Μάιος	1283
2018	Ιούνιος	259
2018	Ιούλιος	217
2018	Αύγουστος	355
2018	Σεπτέμβριος	327
2018	Οκτώβριος	934
2018	Νοέμβριος	606
2018	Δεκέμβριος	308
2019	Ιανουάριος	822
2019	Φεβρουάριος	240
2019	Μάρτιος	585
2019	Απρίλιος	940
2019	Μάιος	1051
2019	Ιούνιος	357
2019	Ιούλιος	641
2019	Αύγουστος	513
2019	Σεπτέμβριος	959
2019	Οκτώβριος	528
2019	Νοέμβριος	846
2019	Δεκέμβριος	1175

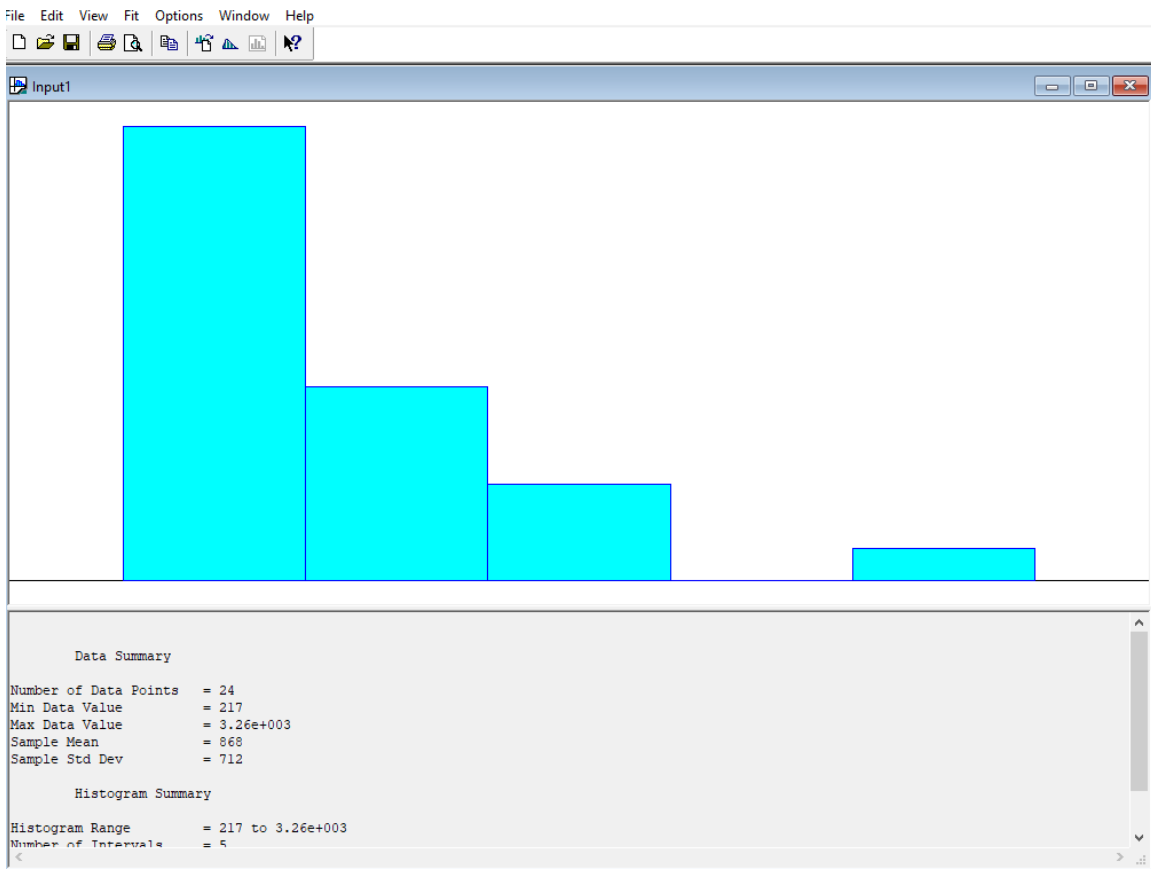
Όπως προκύπτει, η ζήτηση της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας είναι στοχαστική (τυχαία). Επομένως απαιτείται ο προσδιορισμός της κατανομής καθώς και οι παράμετροι

κάθε κατανομής (μέση τιμή και τυπική απόκλιση). Για τον σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθεί το στατιστικό πακέτο Input Analyzer του ARENA.  
Εισάγουμε την χρονοσειρά ζήτησεων της CPU στο Input Analyzer:



Σχήμα 4.7 Εισαγωγή των δεδομένων στο Input Analyzer του Arena

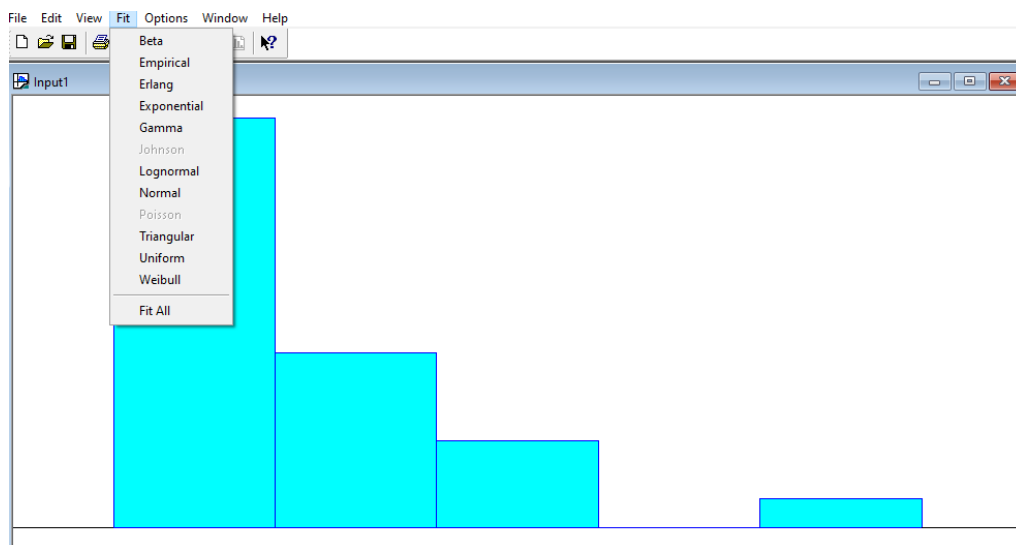
Και έχουμε ως έξοδο το γράφημα των συχνοτήτων της ζήτησης, το εύρος (range) των τιμών, την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των δεδομένων της ζήτησης για το υπό μελέτη προϊόν (CPU).



Σχήμα 4.8 Έξοδος των δεδομένων από το Input Analyzer

Το πακέτο διαχωρίζει τις ζητήσεις του προϊόντος CPU σε πέντε διαστήματα και παρουσιάζει τις συχνότητες εμφάνισης ανά διάστημα μαζί με την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση του δείγματος. Από την ανάλυση του Input Analyzer προκύπτει ότι η μέση μηνιαία ζήτηση CPU είναι ίση με 868 μονάδες ενώ η τυπική απόκλιση είναι ίση με 712 μονάδες. Ο συντελεστής μεταβλητότητας (coefficient of variation, CV) προκύπτει ότι είναι ίσος με 0,82 (ανομοιογενής ζήτηση)

Το πακέτο ανάλυσης μας δίνει την επιπλέον δυνατότητα προσαρμογής μιας θεωρητικής κατανομής με την κατανομή της ζήτησης για το υπό μελέτη προϊόν (CPU) .Μέσω του μενού Fit επιλέγουμε το Fit All και λαμβάνουμε ως έξοδο, την καταλληλότερη θεωρητική κατανομή η οποία προσεγγίζει καλύτερα την κατανομή της ζήτησης για το υπό μελέτη προϊόν (CPU):



Σχήμα 4.9 Διαδικασία προσαρμογής της κατανομής στο Fit all

Στην συγκεκριμένη περίπτωση η καταλληλότερη θεωρητική κατανομή είναι η  $217 + \text{EXPO}(651)$  δηλαδή η εκθετική κατανομή με μέση τιμή 651 μετατοπισμένη κατά 217. Παράλληλα δίνονται και οι δείκτες καταλληλότητας προσαρμογής ( $\chi^2$  test και Kolmogorov-Smirnov test).

```

Distribution Summary

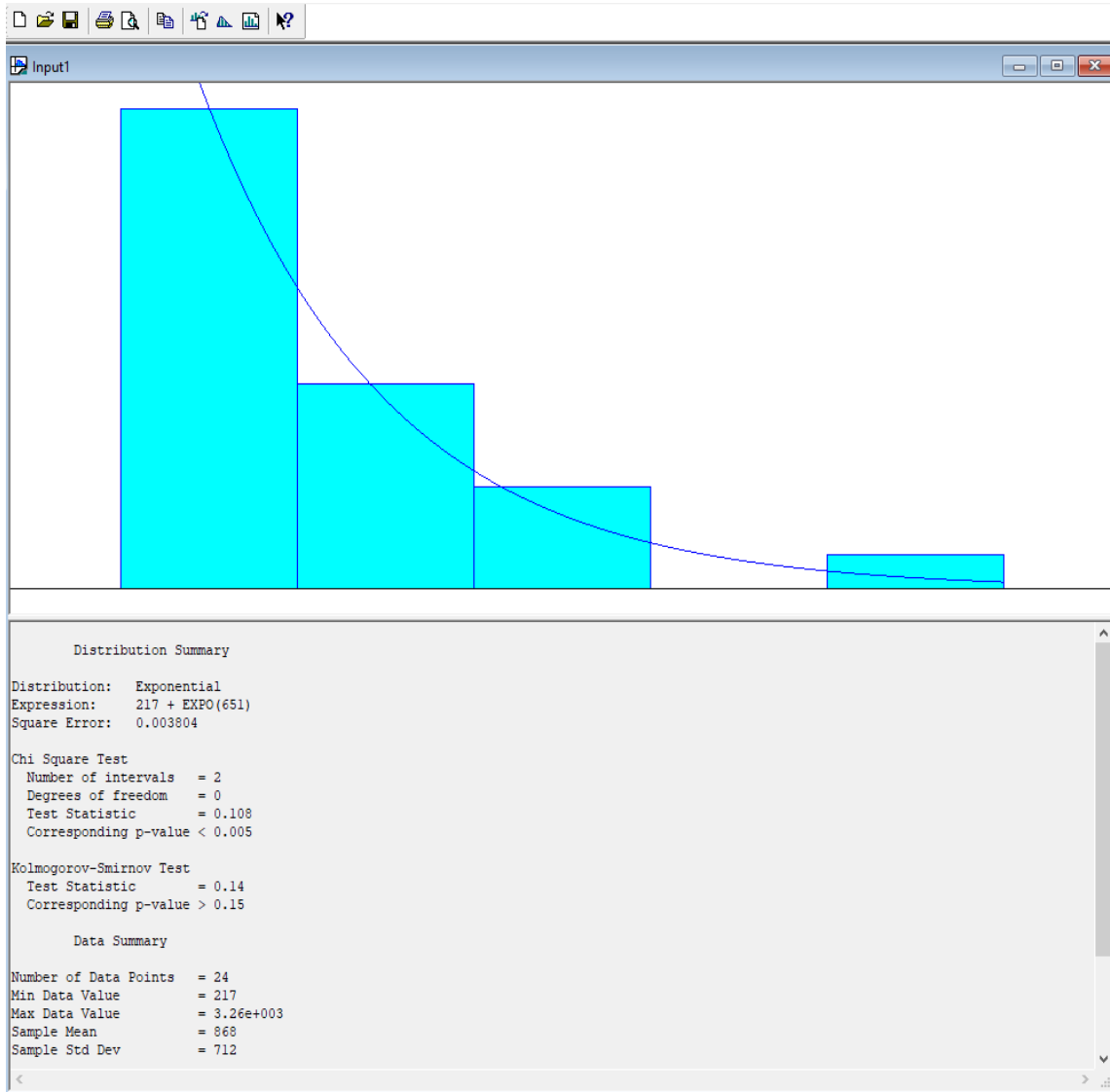
Distribution:    Exponential
Expression:    217 + EXPO(651)
Square Error:  0.003804

Chi Square Test
Number of intervals = 2
Degrees of freedom = 0
Test Statistic = 0.108
Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.14
Corresponding p-value > 0.15

```

Σχήμα 4.10 Outputs του Fit all



Σχήμα 4.11 Γραμμή που απεικονίζει την καταλληλότερη θεωρητική κατανομή

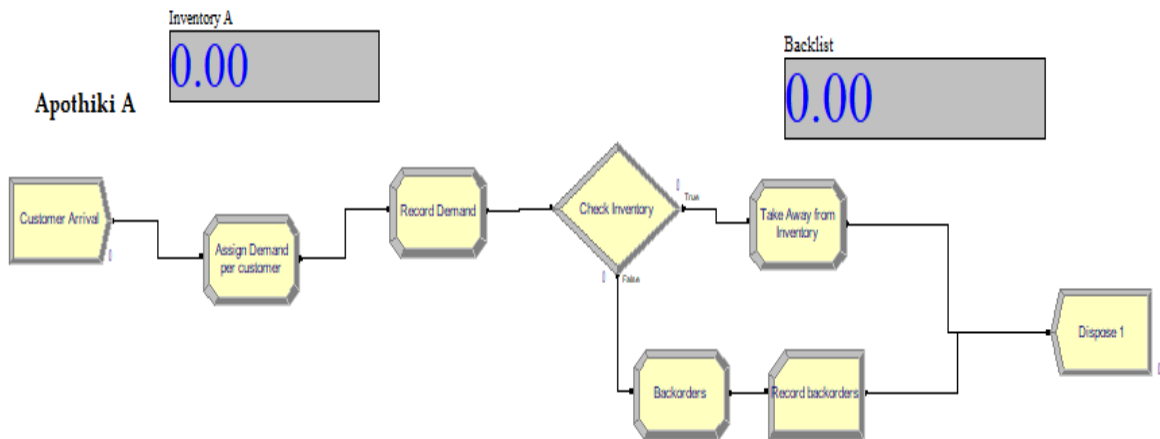
## Κεφάλαιο 5.0

### 5.1 Επεξήγηση του Προσομοιωτικού Μοντέλου

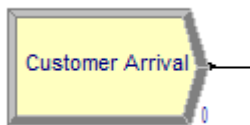
Σε αυτό το κεφάλαιο δίνεται η περιγραφή του προσομοιωτικού μοντέλου για το φυσικό σύστημα που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3. Το προσομοιωτικό μοντέλο δημιουργήθηκε με την βοήθεια του προσομοιωτικού πακέτου ARENA. Ένα μοντέλο στο ARENA αποτελείται από μία ένωση από modules (δομικά στοιχεία) κάθε ένα από τα οποία αναπαριστά μια διεργασία του συστήματος

Το φυσικό μοντέλο αποτελείται από 3 στάδια (echelons). Ξεκινώντας από την εξωτερική ζήτηση το 1ο στάδιο είναι η αποθήκη A, ακολουθεί το 2ο στάδιο η αποθήκη B και τέλος το 3ο στάδιο είναι ο παραγωγός (Κίνα). Το προσομοιωτικό μοντέλο στο ARENA αποτελείται από τρεις ενότητες (modules) που αντιστοιχεί στα 3 στάδια του φυσικού συστήματος. Κάθε ενότητα περιγράφει τις δραστηριότητες που γίνονται σε κάθε στάδιο.

### 5.2 Περιγραφή της ενότητας για την αποθήκη A



Σχήμα 5.1 Απεικόνιση της ροής της Αποθήκης A



Σχήμα 5.2 Module έναρξης- Customer Arrival

Η αλυσίδα δραστηριοτήτων ξεκινά με ένα module Create με το όνομα Customer Arrival που γεννά τις αφίξεις των πελατών. Η πληροφορία που ενσωματώνεται σε αυτό το

module περιγράφεται στο κατωτέρω παράθυρο

Σχήμα 5.3 Περιγραφή του Module έναρξης- Customer Arrival

Οι πελάτες φθάνουν κατά ένας (entities per arrival =1) σε τυχαίους χρόνους που ακολουθούν την εκθετική κατανομή με μέση τιμή ίση  $1/\lambda$  (time between arrivals=EXPO ( $1/\lambda$ )) όπου  $\lambda$  ο μέσος ρυθμός αφίξεων σε μία ημέρα. Στην συνέχεια σε κάθε αφικνούμενο πελάτη καθορίζεται η ποσότητα παραγγελίας που είναι επίσης τυχαία μεταβλητή. Η κατανομή που ακολουθεί η ποσότητα παραγγελίας είναι διακριτή και επιτυγχάνεται μέσω του module Assign με ονομασία Assign Demand per customer.

Σχήμα 5.4 Περιγραφή του module Assign- Assign Demand per customer

Εδώ έχει υιοθετηθεί μια εμπειρική κατανομή με μεγέθη 1 έως 8 και πιθανότητες εμφάνισης κάθε ενδεχομένου ίση με  $dm(i)$ ,  $i=1,2,\dots,8$ . Στην θέση αυτής της κατανομής μπορεί να υιοθετηθεί μια οποιαδήποτε άλλη από τη λίστα επιλογών του ARENA. Στο χαρακτηριστικό demand κάθε φορά που φθάνει ένας πελάτης αποδίδεται μία τιμή (από 1 έως 8).



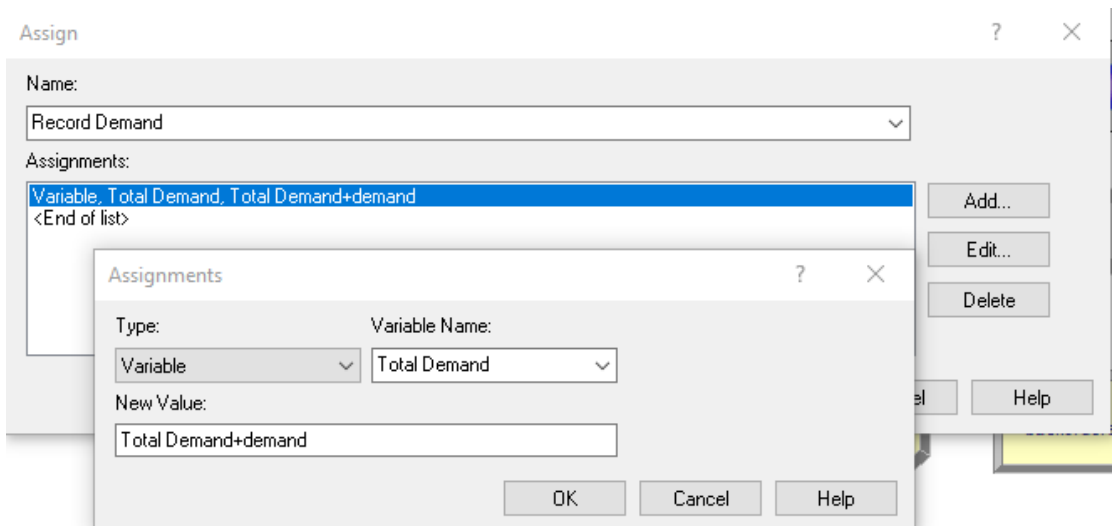
Assignments			
	Type	Attribute Name	New Value
1	Attribute	demand	DISC(dm(1), 1, (dm(1)+dm(2)), 2,(dm(1)+dm(2)+dm(3)),3,

Σχήμα 5.5 Τιμές του Attribute Demand

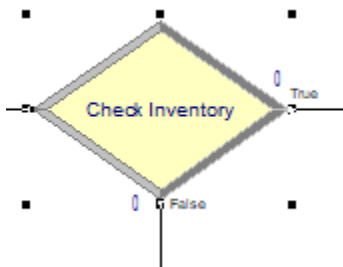


Σχήμα 5.6 Module Record Demand

Στην συνέχεια μέσω του module Assign με ονομασία Record Demand αθροίζεται η ζήτηση demand του μόλις αφιχθέντα πελάτη στην μεταβλητή Total Demand όπου καταγράφεται η συνολική ζήτηση που έχει εκδηλωθεί μέχρι στιγμής.

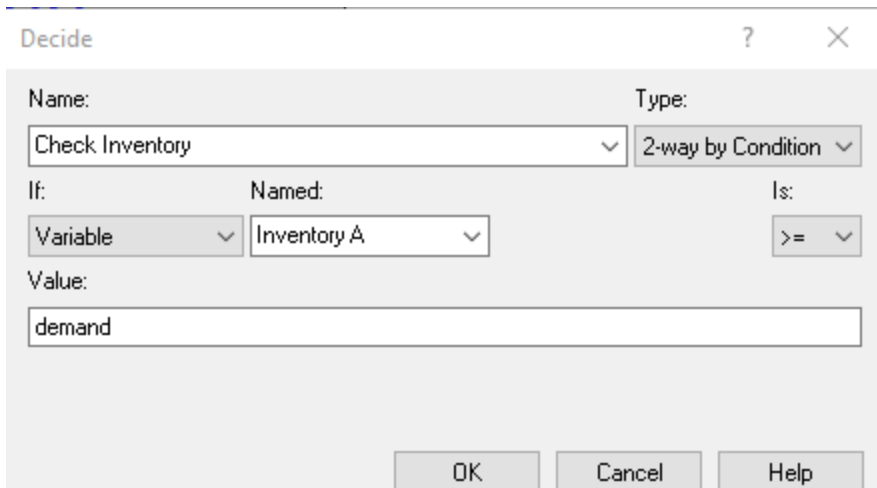


Σχήμα 5.7 Περιγραφή του Module Record Demand



Σχήμα 5.8 Module Check Inventory

Ακολουθεί ένας έλεγχος όπου συγκρίνεται το υπάρχον απόθεμα στην αποθήκη A (inventory A) με την εκδηλωθείσα ζήτηση demand για να διαπιστωθεί αν μπορεί να καλυφθεί πλήρως ή εν μέρει.

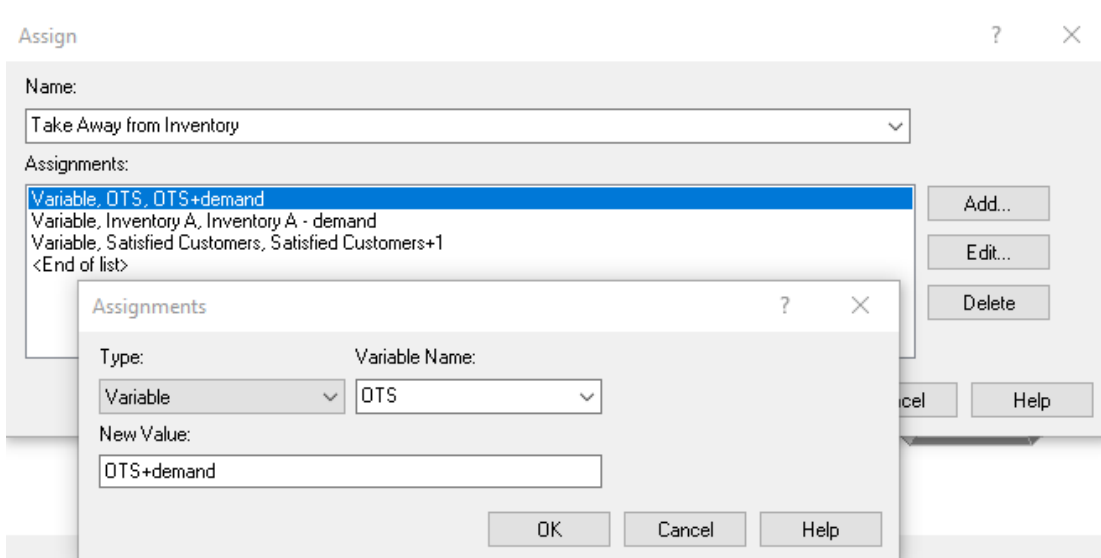


Σχήμα 5.9 Περιγραφή του module Check Inventory

Decide - Basic Process						
	Name	Type	If	Variable Name	Is	Value
1 ▶	Check Inventory	2-way by Condition	Variable	Inventory A	>=	demand

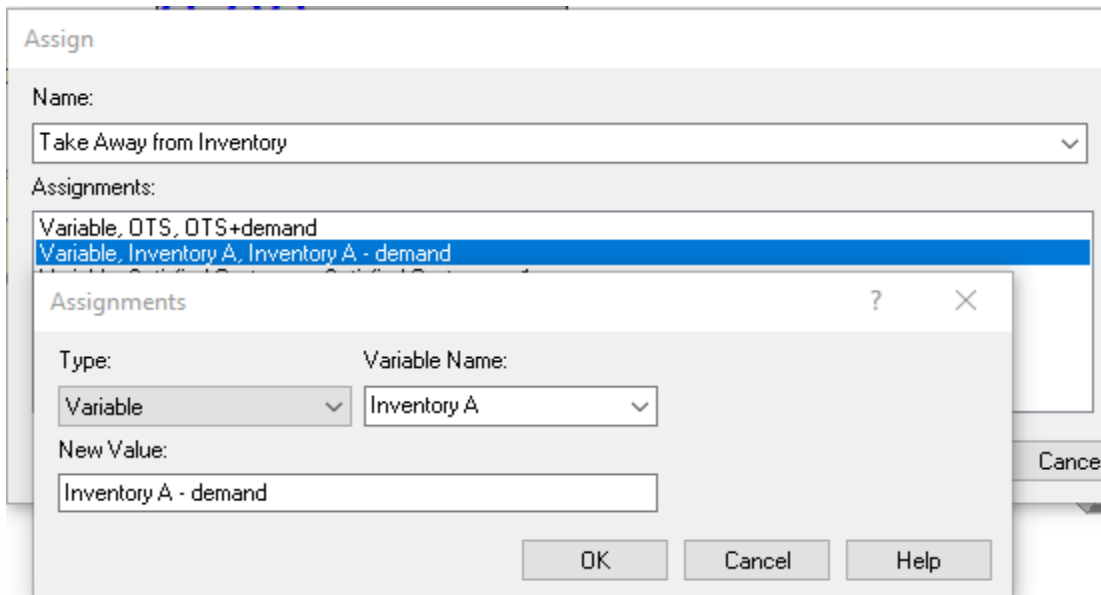
Σχήμα 5.10 Τιμές του module Check Inventory

Στην περίπτωση που το υπάρχον απόθεμα επαρκεί για την εξυπηρέτηση της εκδηλωθείσας ζήτησης (έξοδος True) τότε ακολουθεί το module Assign με ονομασία Take Away from inventory όπου γίνονται οι εξής καταγραφές:



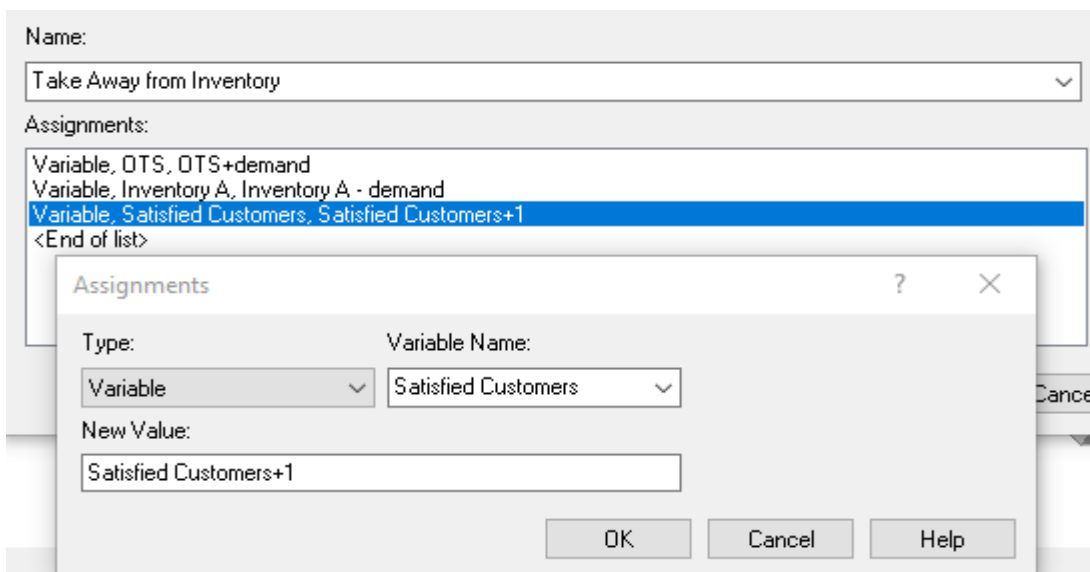
Σχήμα 5.11 Variable OTS του module Check Inventory

A) Προστίθεται στην μεταβλητή OTS (ποσότητα ζήτησης που καλύφθηκε πλήρως) η εξυπηρετηθείσα demand. Η OTS καταγράφει την συνολική ζήτηση που εξυπηρετήθηκε άμεσα. B) Το απόθεμα στην A ενημερώνεται. Νέο απόθεμα = παλιό απόθεμα – demand.

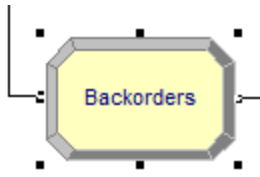


Σχήμα 5.12 Variable Inventory A του module Check Inventory

Γ) Στον μετρητή των πλήρως εξυπηρετηθέντων πελατών satisfied customers προστίθεται ο τελευταίος που μόλις εξυπηρετήθηκε.

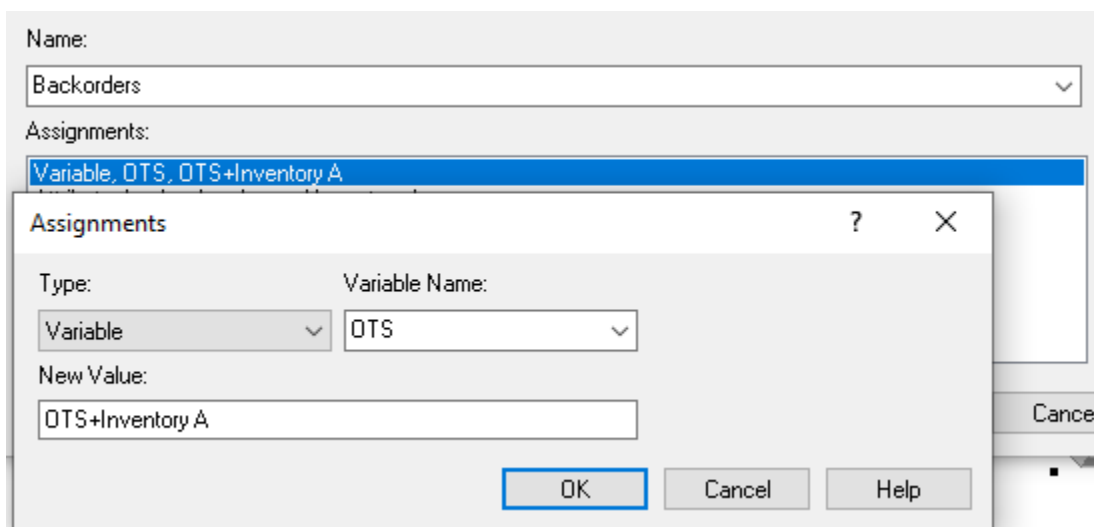


Σχήμα 5.13 Variable Satisfied Customers του module Check Inventory



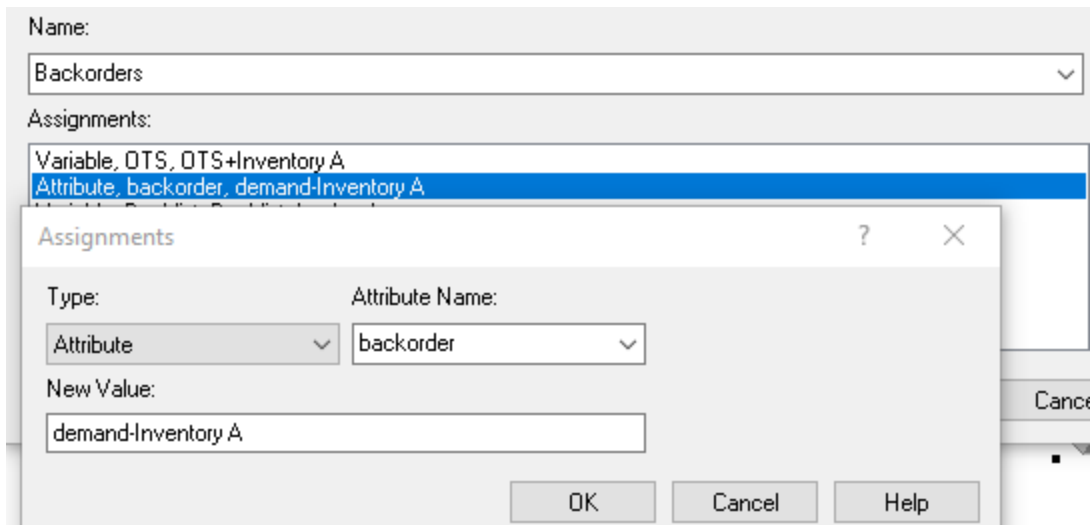
Σχήμα 5.13 Module Backorders

Στην περίπτωση που το υπάρχον απόθεμα ΔΕΝ επαρκεί για την πλήρη εξυπηρέτηση της εκδηλωθείσας ζήτησης (έξοδος False) τότε ακολουθεί το module Assign με ονομασία Backorders όπου γίνονται οι εξής καταγραφές: Α) Καταγράφεται στην μεταβλητή OTS (συνολική ζήτηση που εξυπηρετήθηκε άμεσα) από το υπάρχον απόθεμα της Α.



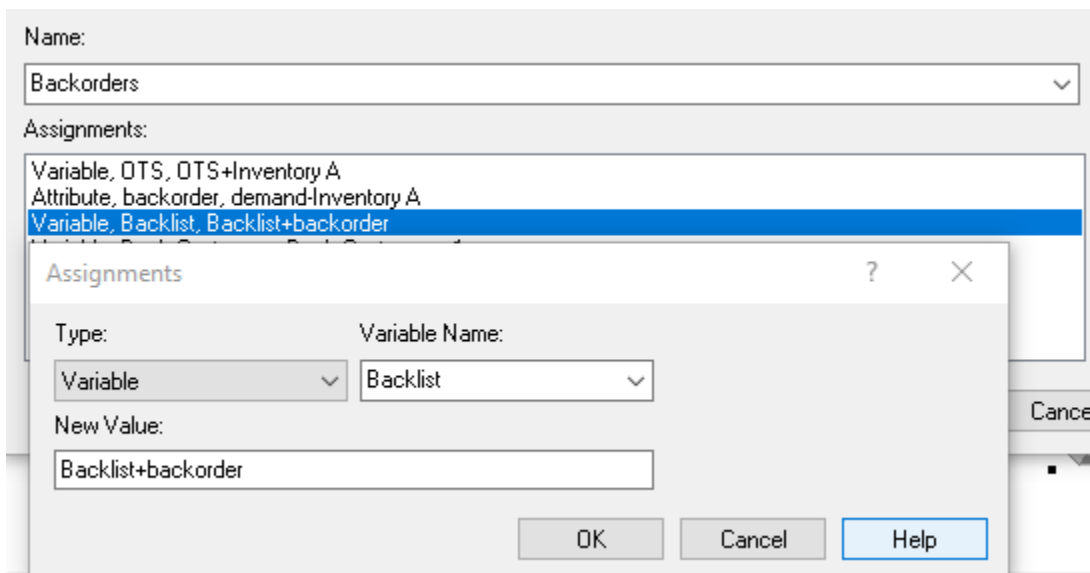
Σχήμα 5.14 Περιγραφή του module Backorders – Variable OTS

Β) Στην μεταβλητή backorder καταγράφεται η ζήτηση που δεν καλύφθηκε (demand - inventory A). Η μεταβλητή backorder καταγράφει την ποσότητα της μη άμεσα εξυπηρετούμενης ζήτησης του τελευταίου πελάτη



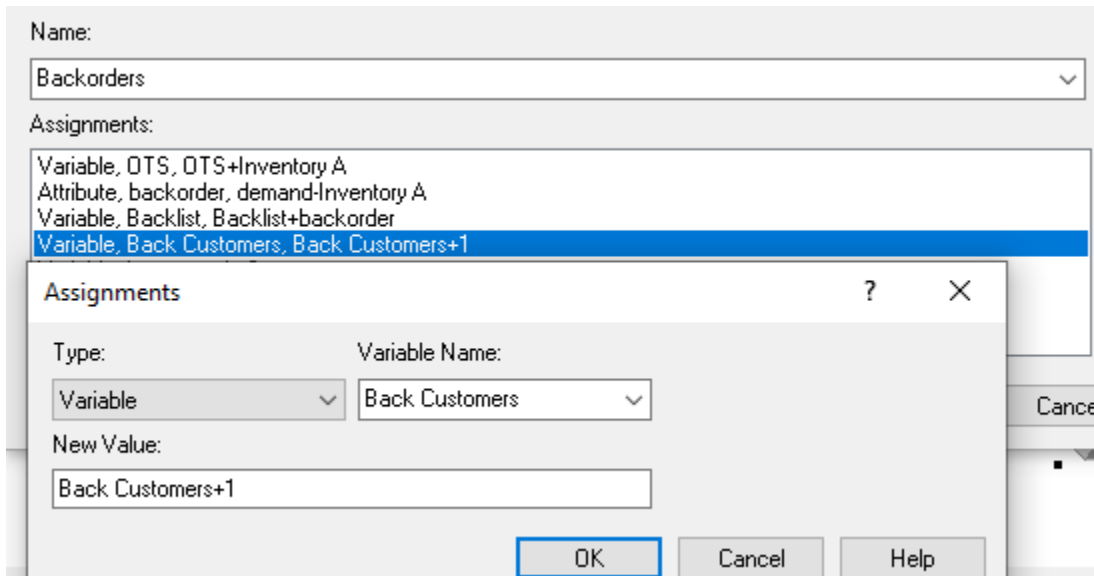
Σχήμα 5.15 Περιγραφή του module Backorders – Attribute Backorder

Γ) Προστίθεται ή μη άμεσα εξυπηρετούμενη ζήτηση του τελευταίου πελάτη στην μεταβλητή Backlist. Η μεταβλητή Backlist καταγράφει την συνολική μη εξυπηρετούμενη ζήτηση όλων των πελατών μέχρι και τον τελευταίο πελάτη.



Σχήμα 5.16 Περιγραφή του module Backorders – Variable Backlist

Δ) Ενημερώνεται ο αθροιστής που καταγράφει το πλήθος των πελατών που η ζήτησή τους δεν εξυπηρετήθηκε όλη άμεσα. Η μεταβλητή Back Customers αυξάνεται κατά 1 (ο τελευταίος πελάτης)



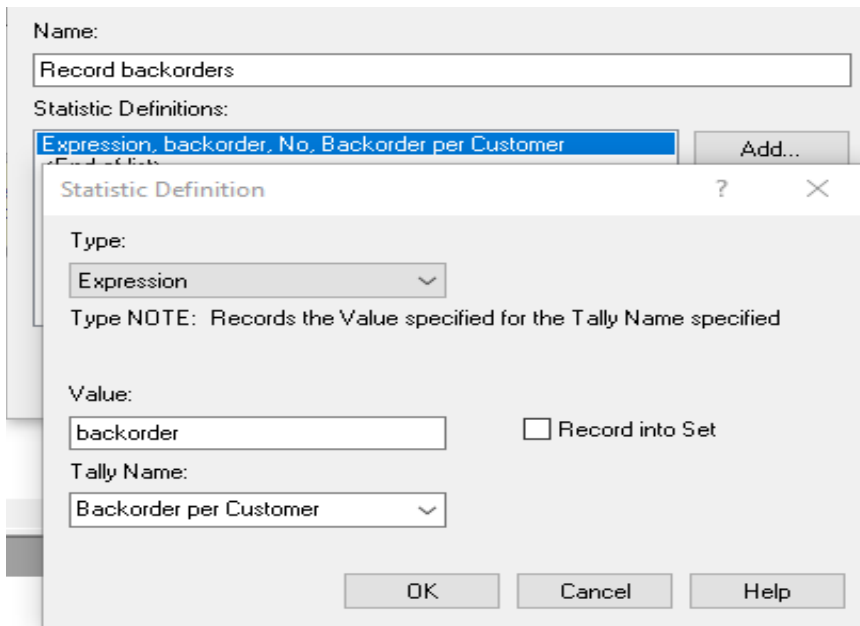
Σχήμα 5.17 Περιγραφή του module Backorders – Variable Back Customers

Ε) Το απόθεμα της αποθήκης Α τίθεται ίσο με μηδέν. Ότι απόθεμα υπήρχε στην Α αναλώθηκε για την μερική εξυπηρέτηση της demand του τελευταίου πελάτη και η υπόλοιπη μη εξυπηρετηθείσα ζήτηση έγινε εν αναμονή (back order).



Σχήμα 5.18 Module Record backorders

Ακολουθεί το module με ονομασία Record Backorders (καταγραφή των μη άμεσα εξυπηρετούμενων ζητήσεων) όπου στον αθροιστή με ονομασία backorder per customer προστίθεται η μη τελευταία εξυπηρετηθείσα ζήτηση με τιμή backorder. Στο τέλος της προσομοίωσης το άθροισμα αυτό θα διαιρεθεί με το σύνολο των πελατών για να προκύψει το μέτρο απόδοσης μέσος όρος μη καλυφθείσας ζήτησης ανά πελάτη (backorder per customer).

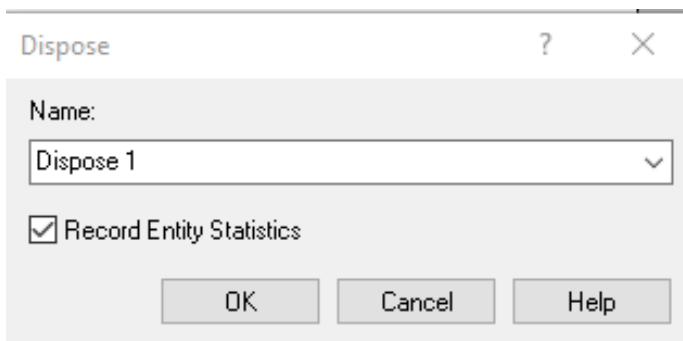


Σχήμα 5.19 Περιγραφή του module Record backorders



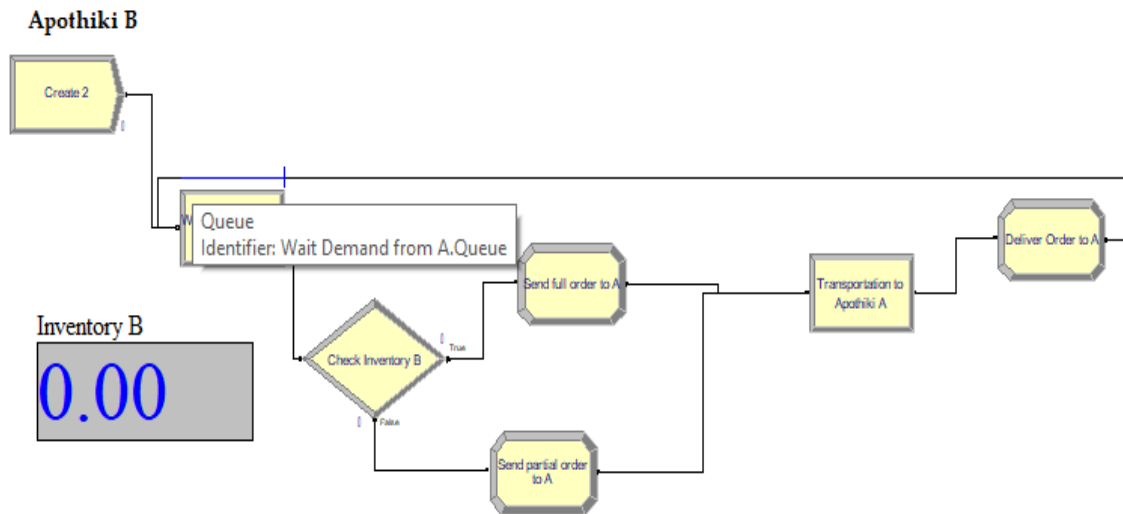
Σχήμα 5.20 Module Dispose 1

Το τέλος της ενότητας για την αποθήκη Α υπάρχει το module Dispose 1 όπου η οντότητα πελάτης εγκαταλείπει το σύστημα και καταγράφονται τα στατιστικά δεδομένα του.



Σχήμα 5.21 Περιγραφή του module Dispose 1

### 5.3 Περιγραφή της ενότητας για την αποθήκη B



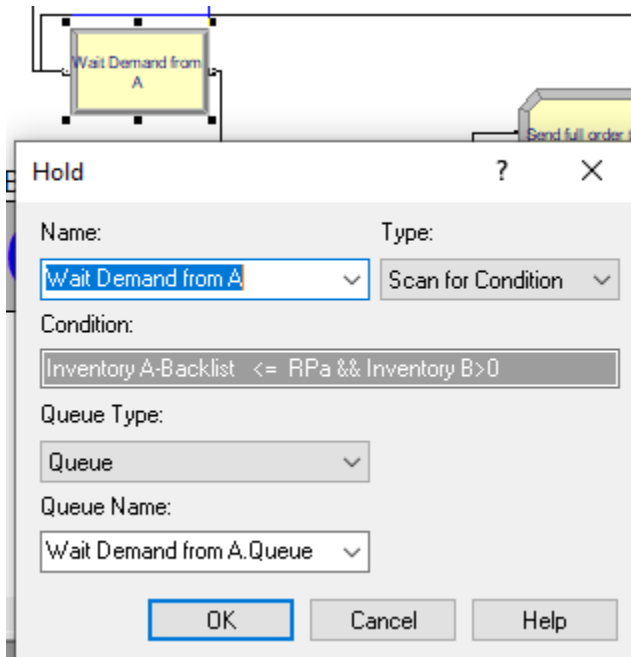
Σχήμα 5.22 Απεικόνιση της ροής της Αποθήκης B



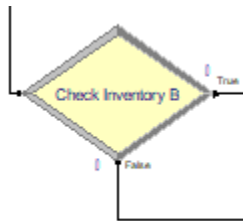
Σχήμα 5.23 Module Create 2

Η αλυσίδα δραστηριοτήτων ξεκινά με ένα module Create με το όνομα Create 2 που δημιουργεί τις παραγγελίες προς την αποθήκη A. Η παραγγελία αυτή μεγέθους  $Q_A$  αναμένει στην B έως ότου το απόθεμα στην A πέσει κάτω του αποθέματος επαναπαραγγελίας  $r_A$  (οπότε δίνεται το έναυσμα στην B να στείλει την ποσότητα  $Q_A$  στην A εφόσον υπάρχει απόθεμα στην B).



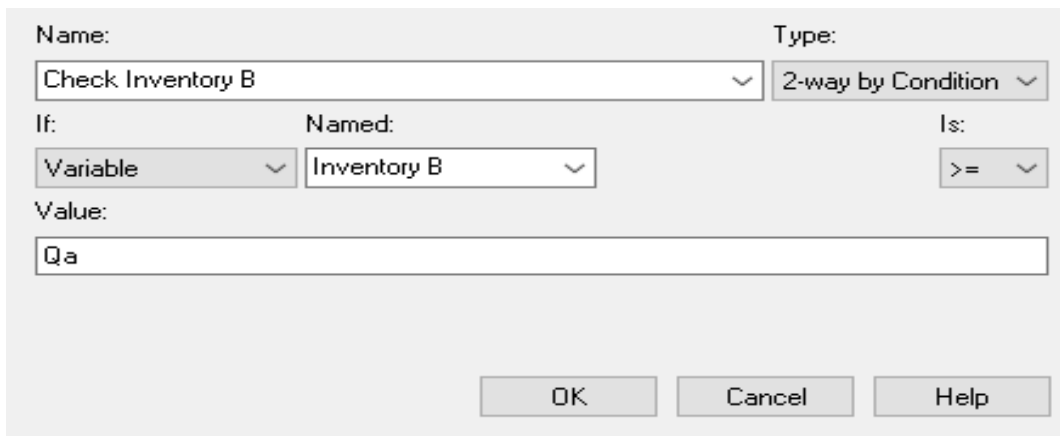


Σχήμα 5.24 Περιγραφή του Module Wait Demand from A



Σχήμα 5.25 Module Check Inventory B

Μόλις δοθεί το έναυσμα αποστολής στην B να στείλει την ποσότητα  $Q_A$  στην A ελέγχεται το απόθεμα στην B για το αν επαρκεί. Συγκρίνονται τα επίπεδα αποθέματος στην B και ζητούμενης ποσότητας  $Q_A$



Σχήμα 5.26 Περιγραφή του Module Check Inventory B



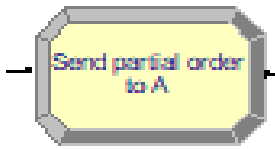
Σχήμα 5.27 Module Send full order to A

Αν  $\text{inventory B} \geq Q_A$  τότε το απόθεμα στη B επαρκεί για πλήρη αποστολή της ποσότητας  $Q_A$  στην A. Τότε στο επόμενο module Assign με όνομα Send full order to A γίνονται οι εξής καταγραφές: A) Ενημερώνεται το νέο επίπεδο αποθέματος στην B. Νέο απόθεμα = Παλιό μείον την ποσότητα  $Q_A$ .

Σχήμα 5.28 Περιγραφή του Module Send full order to A

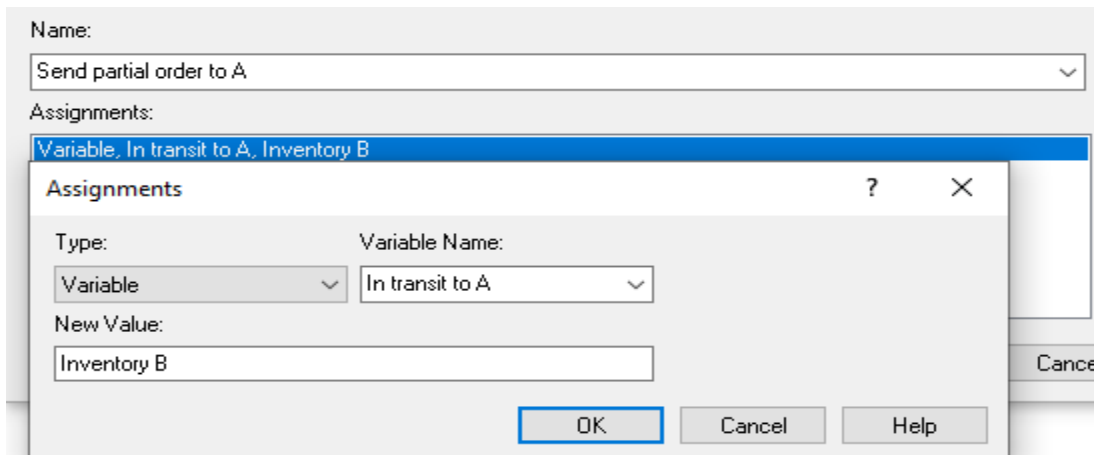
B) Ενημερώνεται η μεταβλητή In Transit to A (σε μεταφορά στην A) με την ποσότητα  $Q_A$ .

Σχήμα 5.29 Περιγραφή του Module Send full order to A – Variable In transit to A



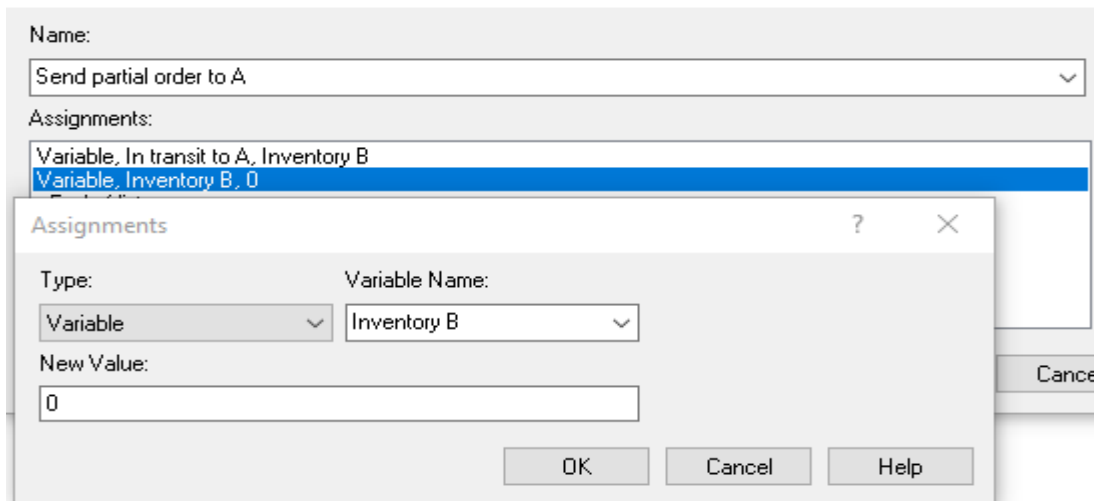
Σχήμα 5.30 Module Send partial order to A

Αν  $\text{inventory B} \leq Q_A$  τότε το απόθεμα στη B ΔΕΝ επαρκεί για την πλήρη αποστολή της ποσότητας  $Q_A$  στην A. Τότε στο επόμενο module Assign με όνομα Send partial order to A γίνονται οι εξής καταγραφές: α) Ενημερώνεται η μεταβλητή In Transit to A (σε μεταφορά στην A) με την ποσότητα inventory B (που δεν επαρκεί για όλο το  $Q_A$ ).



Σχήμα 5.31 Περιγραφή του Module Send partial order to A

Β) Ενημερώνεται το νέο επίπεδο αποθέματος στην B. Νέο απόθεμα ίσο με μηδέν.

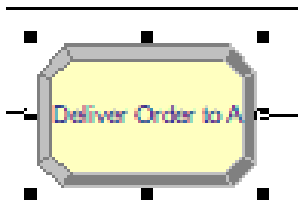


Σχήμα 5.32 Περιγραφή του Module Send partial order to A – Variable Inventory B

Ακολουθεί το module Transportation to αποθήκη A όπου καταγράφεται ο χρόνος παράδοσης της ποσότητας που έχει στείλει η B στην A (μπορεί  $Q_A$  μικρότερη ποσότητα).

Ο χρόνος παράδοσης (Lead time A) είναι τυχαία μεταβλητή με εκθετική κατανομή με μέση τιμή  $1/\mu_A$ .

Σχήμα 5.33 Περιγραφή του Module Transportation to Αποthiki A



Σχήμα 5.34 Module Deliver Order to A

Στο τέλος της ενότητας για την αποθήκη B υπάρχει το module Assign με ονομασία Deliver order to A όπου γίνονται οι εξής καταγραφές: A) Στην μεταβλητή Units delivered (παραδοθείσες μονάδες προϊόντος) προστίθεται η ποσότητα αποστολής από την B (In transit to A).

Σχήμα 5.35 Περιγραφή του Module Deliver Order to A

B) Ενημερώνεται το επίπεδο αποθέματος στην A. Στο ήδη υπάρχον, προστίθεται η ποσότητα In transit A και αφαιρούνται τυχόν εκκρεμούσες παραγγελίες (Backlist). Στην

περίπτωση που οι εκκρεμούσες παραγγελίες είναι περισσότερες από το νέο απόθεμα στην A τότε το απόθεμα τίθεται ίσο με 0.

The screenshot shows a software interface for configuring a module. The main window has a 'Name' dropdown set to 'Deliver Order to A'. Below it, an 'Assignments' list contains three entries: 'Variable, Units Delivered, Units Delivered+In transit to A', 'Variable, Inventory A, max(Inventory A + In transit to A-Backlist,0)', and 'Variable, Backlist, max(Backlist-In transit to A,0)'. The second entry is highlighted. An 'Assignments' dialog box is overlaid, with 'Type' set to 'Variable', 'Variable Name' set to 'Inventory A', and 'New Value' set to 'max(Inventory A + In transit to A-Backlist,0)'. Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are visible at the bottom of the dialog.

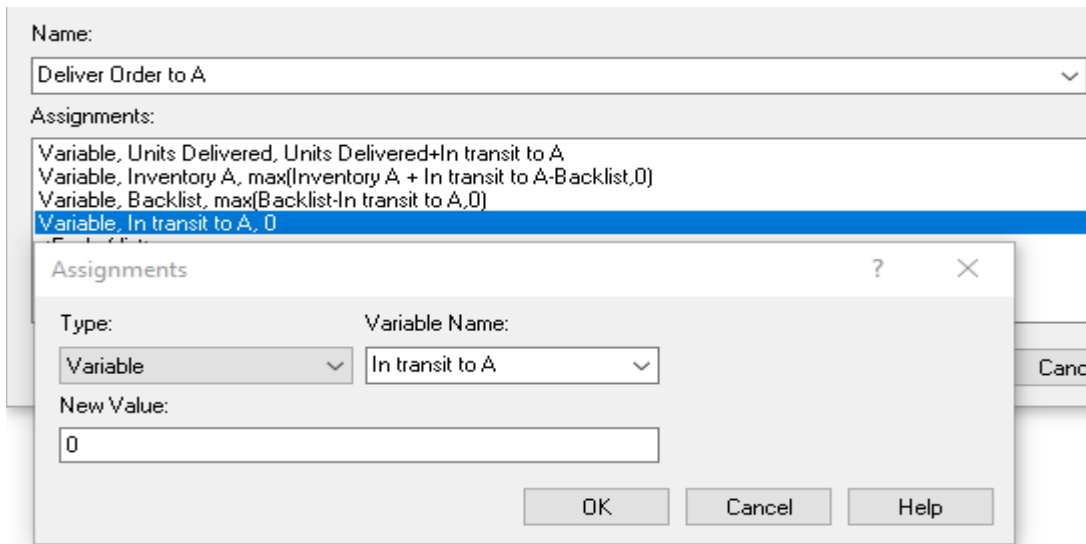
Σχήμα 5.36 Περιγραφή του Module Deliver order to A – Variable Inventory A

This screenshot is similar to the previous one, showing the same 'Deliver Order to A' module configuration. In this instance, the third entry in the 'Assignments' list, 'Variable, Backlist, max(Backlist-In transit to A,0)', is highlighted. The 'Assignments' dialog box is open, showing 'Type: Variable', 'Variable Name: Backlist', and 'New Value: max(Backlist-In transit to A,0)'. The 'OK' button in the dialog is highlighted with a blue border.

Σχήμα 5.37 Περιγραφή του Module Deliver order to A – Variable Backlist

Γ) Η μεταβλητή εκκρεμούσες παραγγελίες (Backlist) ενημερώνεται. Αν η ποσότητα που στάλθηκε (in transit to A) είναι μικρότερη του συνόλου των εκκρεμουσών παραγγελιών, εξυπηρετούνται εκκρεμείς παραγγελίες ίσες με in transit to A και απομένουν ανεκτέλεστες Backlist - in transit to A. Αν η ποσότητα που στάλθηκε (in transit to A) είναι μεγαλύτερη του συνόλου των εκκρεμουσών παραγγελιών, εξυπηρετούνται όλες οι εκκρεμείς παραγγελίες και δεν απομένει καμία εκκρεμής παραγγελία (Backlist = 0).

Δ) Η μεταβλητή ποσότητα σε μεταφορά στην A με την παράδοση της παραγγελίας τίθεται ίση με μηδέν

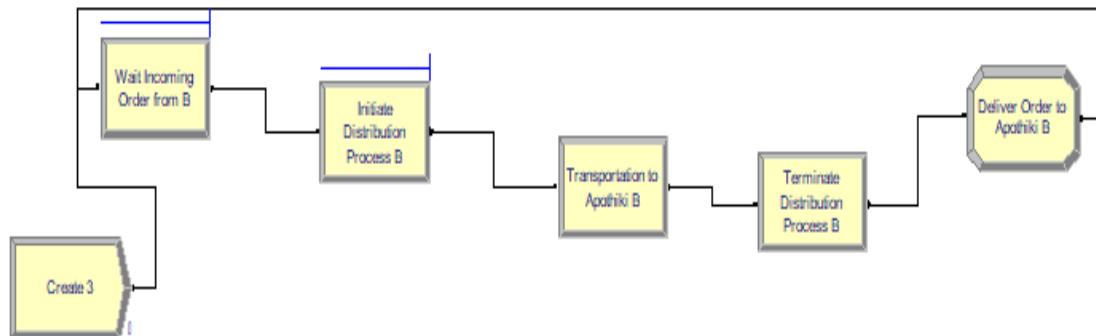


Σχήμα 5.38 Περιγραφή του Module Deliver order to A – Variable In transit to A

Στην συνέχεια το module Deliver order to A συνδέεται με το module Wait Demand for A. Η κάρτα αποστολής στην αποθήκη A (Kanban) αναμένει στο module Wait Demand for A έως ότου σταλεί σήμα από την αποθήκη A για νέα παράδοση παραγγελίας στην A από την B (το απόθεμα στην A πέσει κάτω του αποθέματος επαναπαραγγελίας  $r_A$  κι εφόσον υπάρχει απόθεμα στην B).

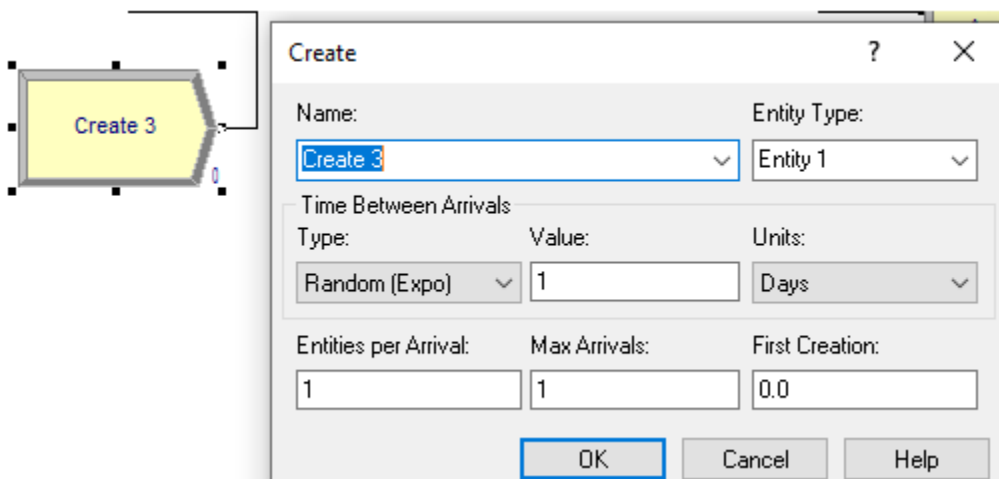
## 5.4 Περιγραφή της Ενότητας για τον Παραγωγό

### Manufacturer

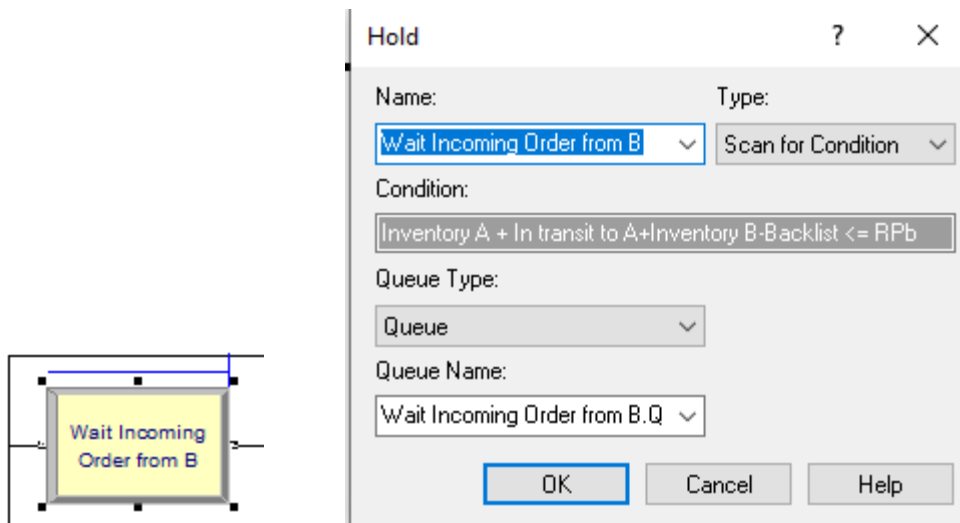


Σχήμα 5.39 Απεικόνιση της ροής του Manufacturer

Η αλυσίδα δραστηριοτήτων ξεκινά με ένα module Create με το όνομα Create 3 που δημιουργεί τις παραγγελίες προς την αποθήκη B. Η παραγγελία αυτή μεγέθους  $Q_B$  αναμένει στον παραγωγό ( module Wait Incoming order from B) έως ότου το απόθεμα στην B πέσει κάτω του αποθέματος επαναπαραγγελίας  $r_B$  (οπότε δίνεται το έναυσμα στον παραγωγό να στείλει την ποσότητα  $Q_B$  στην B)



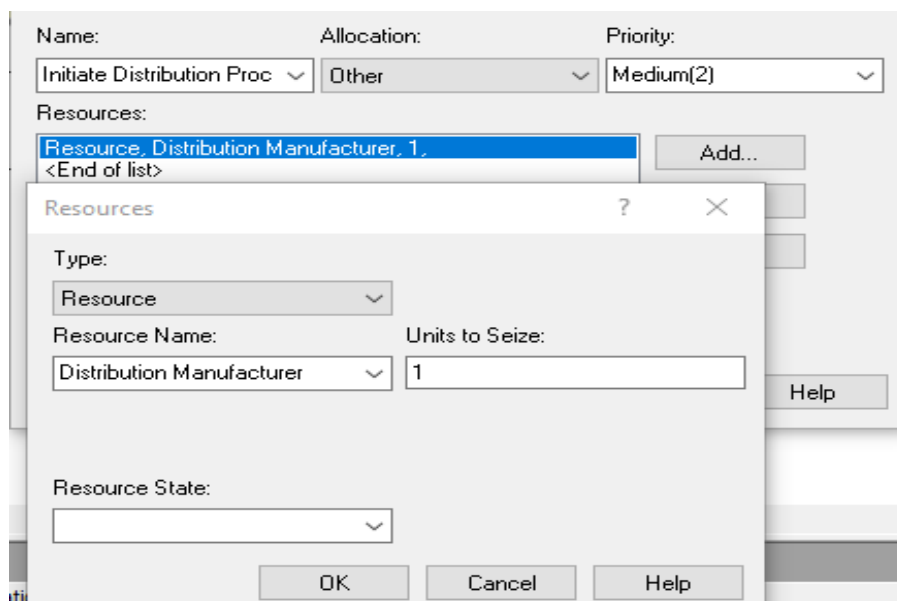
Σχήμα 5.40 Module Create 3



Σχήμα 5.41 Module Wait Incoming Order from B

Ο παραγωγός θεωρείται ότι είναι σε θέση να αποστείλει πάντοτε την ποσότητα  $Q_B$  στην B (saturated, κεκορεσμένος, με απεριόριστο απόθεμα). Το σημείο επαναπαραγγελίας της αποθήκης B το  $r_B$  είναι ίσο με το καθαρό απόθεμα (inventory on hand) και των 2 στοιβάδων (echelon inventory στην αποθήκη A και B).

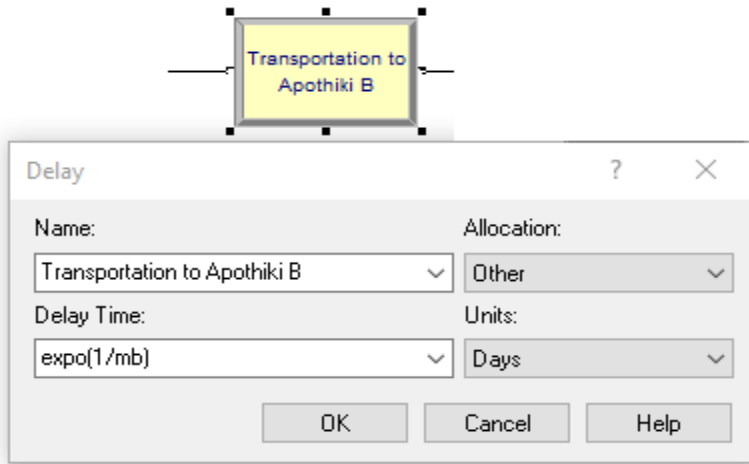
Εφόσον δοθεί το έναυσμα αποστολής παραγγελίας της αποθήκης B, τότε δεσμεύεται μία παραγγελία για την B (module Initiate Distribution Process B).



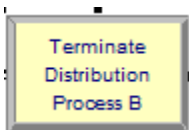
Σχήμα 5.41 Module Initiate Distribution Process B



Στη συνέχεια καθορίζεται ο χρόνος μέχρι την παράδοσή της στην αποθήκη B (Lead time B). Ο χρόνος αυτός είναι τυχαία μεταβλητή εκθετικά κατανομημένη με μέση τιμή 1/μ<sub>B</sub>. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του module με ονομασία Transportation to Apothiki B.

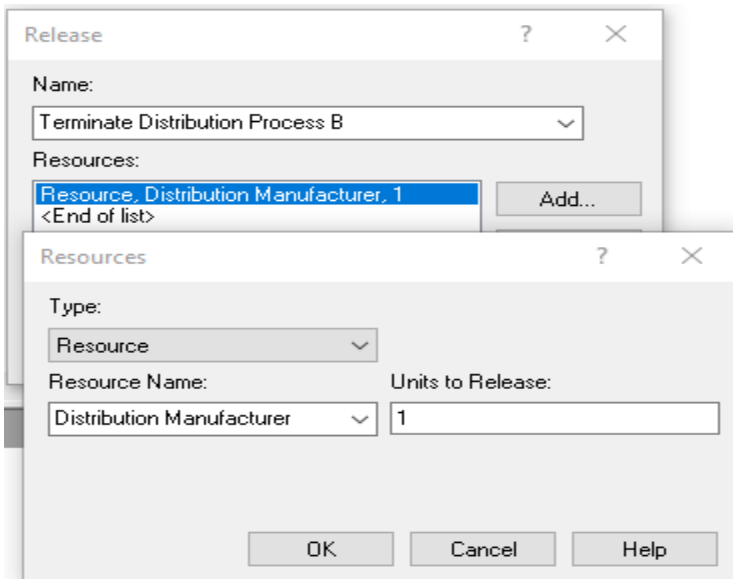


Σχήμα 5.42 Module Transportation to Apothiki B



Σχήμα 5.43 Module Terminate Distribution Process B

Στη συνέχεια αποδεσμεύεται η κάρτα Kanban της παραγγελίας από τον παραγωγό προς την B (ώστε ο παραγωγός να είναι ελεύθερος για την επόμενη παραγγελία, όποτε κληθεί) μέσω του module με ονομασία Terminate Distribution Process B.

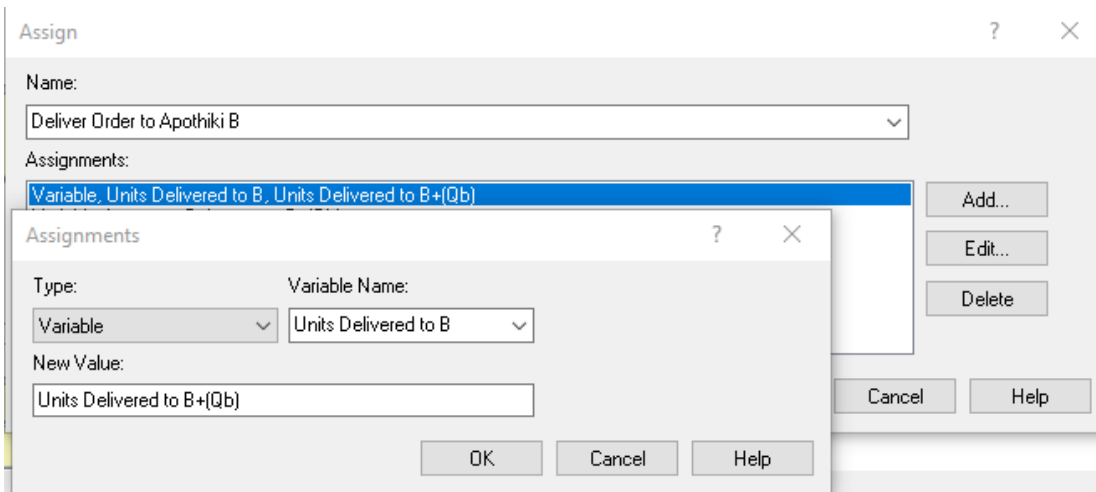


Σχήμα 5.44 Περιγραφή του Module Terminate Distribution Process B



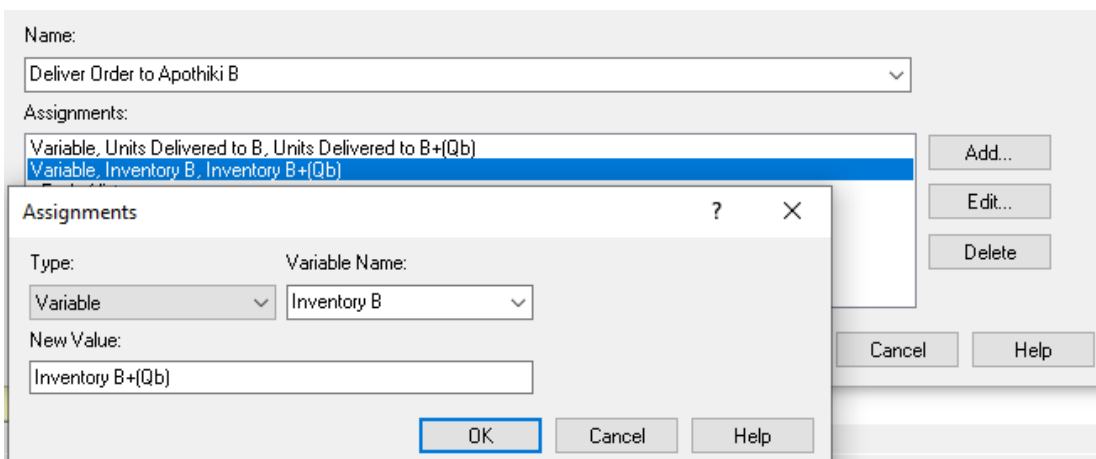
Σχήμα 5.45 Module Deliver Order to Apothiki B

Στο τέλος της ενότητας για τον παραγωγό (Manufacturer) υπάρχει το module Assign με ονομασία Deliver order to Apothiki B όπου γίνονται οι εξής καταγραφές: α) Στην μεταβλητή Units delivered to B (παραδοθείσες μονάδες προϊόντος στην B) προστίθεται η ποσότητα αποστολής από τον παραγωγό (η  $Q_B$ ).



Σχήμα 5.46 Module Terminate Distribution Process B – Variable Delivered to B

β) Ενημερώνεται το επίπεδο αποθέματος στην B. Στο ήδη υπάρχον απόθεμα στη B (inventory B) προστίθεται η ποσότητα  $Q_B$



Σχήμα 5.46 Module Deliver Order to Apothiki B – Variable Inventory B

Στην συνέχεια το module Deliver order to Apothiki B συνδέεται με το module Wait Incoming order from B. Η κάρτα ενεργοποίησης αποστολής στην αποθήκη B (Kanban) αναμένει στο module Deliver order to Apothiki B έως ότου σταλεί σήμα από την αποθήκη

B για νέα παράδοση παραγγελίας στην B από τον παραγωγό (όταν το απόθεμα στην B πέσει κάτω του αποθέματος επαναπαραγγελίας  $r_A$  που είναι το echelon απόθεμα των αποθηκών A και B).

## Κεφάλαιο 6.0

### 6.1 Παραμετροποίηση του μοντέλου

Πρόκειται για την διαδικασία ορισμού των τιμών των μεταβλητών του μοντέλου έτσι ώστε να είναι ακριβής η αναπαράσταση (ισομορφισμός) του μοντέλου με το υπό μελέτη πραγματικό σύστημα. Οι μεταβλητές του συστήματος χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

#### 6.1.1 Ελέγξιμες μεταβλητές

Αυτές είναι που καθορίζονται από τον λήπτη αποφάσεων έτσι ώστε να επιτύχει συγκεκριμένους σκοπούς όπως ελάχιστο επίπεδο εξυπηρέτησης (fill rate), ελάχιστο απόθεμα, ελάχιστο επίπεδο μη άμεσα εξυπηρετούμενων ζητήσεων (back orders) κ.α.. Αυτές οι μεταβλητές είναι:

- Για την αποθήκη A η παραγγελιόμενη ποσότητα  $Q_A$ , και το επίπεδο αναπαραγγελίας  $r_A$
- Για την αποθήκη B η παραγγελιόμενη ποσότητα  $Q_B$ , και το επίπεδο αναπαραγγελίας  $r_B$

#### 6.1.2 Μη ελέγξιμες μεταβλητές

Αυτές οι τιμές, δεν καθορίζονται από τον λήπτη των αποφάσεων αλλά ανήκουν στο σύστημα ή στο περιβάλλον του συστήματος. Τις τιμές των μεταβλητών αυτών ο λήπτης αποφάσεων τις δέχεται ως έχουν. Αυτές οι μεταβλητές είναι:

- Ο χρόνος που μεσολαβεί από την τοποθέτηση μιας παραγγελίας από την αποθήκη A προς την αποθήκη B (lead time A) έως ότου παραδοθεί στην A.
- Ο χρόνος που μεσολαβεί από την τοποθέτηση μιας παραγγελίας από την αποθήκη B προς τον παραγωγό (lead time B) έως ότου παραδοθεί στην B.
- Ο ρυθμός άφιξης των πελατών  $\mu$  (ισοδύναμα ο μέσος χρόνος μεταξύ των αφίξεων δύο διαδοχικών πελατών που είναι ίσος με  $1/\mu$ ). Αυτός μπορεί να είναι είτε σταθερός είτε τυχαίος με συγκεκριμένη κατανομή.
- Η ποσότητα που ζητά κάθε πελάτης. Αυτή μπορεί να είναι είτε σταθερή είτε τυχαία με συγκεκριμένη κατανομή.

### 6.1.3 Τιμές των ελέγξιμων μεταβλητών

Για την αποθήκη A η παραγγελλλόμενη ποσότητα  $Q_A$  είναι ίση με 300 μονάδες. Η τιμή αυτή τοποθετείται στο προσομοιωτικό μοντέλο στο module variables στην γραμμή Qa.

Variable - Basic Process								
	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values
9	RPa				Real	System		1 rows
10 ▶	Qa				Real	System		1 rows

Σχήμα 6.1 Παραγγελλλόμενη ποσότητα  $Q_A$

Initial Values

	300

Σχήμα 6.2 Τιμή της παραγγελλλόμενης ποσότητας  $Q_A$

Το επίπεδο αναπαραγγελίας  $r_A$  για την αποθήκη A παίρνει τιμή ίση με 200. Η τιμή αυτή τοποθετείται στο προσομοιωτικό μοντέλο στο module variables στην γραμμή RPa

Variable - Basic Process								
	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values
8	mb				Real	System		1 rows
9	RPa				Real	System		1 rows

Σχήμα 6.3 Επίπεδο αναπαραγγελίας  $r_A$

Initial Values

	200

6.4 Τιμή του επιπέδου αναπαραγγελίας  $r_A$

Για την αποθήκη B η παραγγελλλόμενη ποσότητα  $Q_B$  είναι ίση με 4000 μονάδες. Η τιμή αυτή τοποθετείται στο προσομοιωτικό μοντέλο στο module variables στην γραμμή Qb

Variable - Basic Process								
	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values
6	RPb				Real	System		1 rows
7 ▶	Qb				Real	System		1 rows

Σχήμα 6.4 Παραγγελλλόμενη ποσότητα  $Q_B$

Initial Values

	4000

Σχήμα 6.5 Τιμή της παραγγελλλόμενης ποσότητας  $Q_B$

Το επίπεδο αναπαραγγελίας  $r_B$  για την αποθήκη B παίρνει τιμή ίση με 2000. Η τιμή αυτή τοποθετείται στο προσομοιωτικό μοντέλο στο module variables στην γραμμή RPb

Variable - Basic Process								
	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values
5	Units Delivered				Real	System		0 rows
6 ▶	RPb				Real	System		1 rows

Σχήμα 6.6 Επίπεδο αναπαρραγγελίας  $r_B$  για την αποθήκη B

Initial Values

	2000

Σχήμα 6.7 Τιμή της αναπαρραγγελίας  $r_B$  για την αποθήκη B

### 6.1.4 Τιμές των ΜΗ ελέγξιμων μεταβλητών

Ο ρυθμός άφιξης των πελατών  $\lambda$  τίθεται ίσος με 1 πελάτη ανά ημέρα (ισοδύναμα ο μέσος χρόνος μεταξύ των αφίξεων δύο διαδοχικών πελατών είναι ίσος με  $1/\lambda = 1$  ημέρα). Ως χρονική μονάδα στο μοντέλο υιοθετείται η ημέρα (day) επομένως ο μέσος χρόνος  $1/\lambda = 1/1 = 1$  ημέρα. Η τιμή αυτή τοποθετείται στο προσομοιωτικό μοντέλο στο module variables στην γραμμή 1. Υπάρχει η δυνατότητα αντί του σταθερού ρυθμού που επιλέχθηκε να υιοθετηθεί μια τυχαία μεταβλητή από τις διαθέσιμες του ARENA ή ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εισάγει μια εμπειρική κατανομή.

Variable - Basic Process								
	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values
1	l				Real	System		1 rows

Σχήμα 6.8 Ο ρυθμός άφιξης των πελατών  $\lambda$

Initial Values

	1

Σχήμα 6.9 Τιμή του ρυθμού άφιξης των πελατών  $\lambda$

Ο χρόνος που μεσολαβεί από την τοποθέτηση μιας παραγγελίας από την αποθήκη A προς την αποθήκη B (lead time A) έως ότου παραδοθεί στην A  $\mu_A$  είναι ίσος με 1 μέρα κατά 70% ή με 2 μέρες με πιθανότητα 30%. Ο μέσος χρόνος παράδοσης είναι ίσος με 1.13 ημέρες. Η τιμή αυτή τοποθετείται στο προσομοιωτικό μοντέλο στο module variables στην γραμμή ma

Variable - Basic Process								
	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values
4	ma				Real	System		1 rows

Σχήμα 6.10 Lead time από την B στην A  $\mu_A$

Initial Values

	1.13

Σχήμα 6.11 Τιμή του Lead time από την A στην B  $\mu_A$

Ο χρόνος που μεσολαβεί από την τοποθέτηση μιας παραγγελίας από την αποθήκη B προς τον παραγωγό (lead time B) έως ότου παραδοθεί στην B είναι ίσος με έξι μήνες ή 150 εργάσιμες ημέρες. Η τιμή αυτή τοποθετείται στο προσομοιωτικό μοντέλο στο module variables στην γραμμή mb

Variable - Basic Process								
	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values
8	mb				Real	System		1 rows

Σχήμα 6.12 Lead time από τον παραγωγό στην B  $\mu_B$

Delay ? X

Name:  Allocation:

Delay Time:  Units:

Σχήμα 6.13 Τιμή του Lead time από τον παραγωγό στην B  $\mu_B$

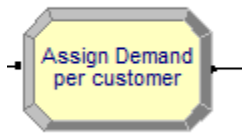
Η ποσότητα που ζητά κάθε πελάτης είναι τυχαία μεταβλητή. Η εμπειρική κατανομή της όπως προκύπτει από την ανάλυση των παραγγελιών ανά μήνα δύο ετών είναι:

# orders	Range	Probability	Cumulative probability	Mean value
9	283-416	37,5%	0.375	350
6	417-626	25,0%	0.625	522
2	627-836	8,3%	0.708	732
4	837-1046	16,7%	0.875	942
3	1046-1283	12,5%	1	1165

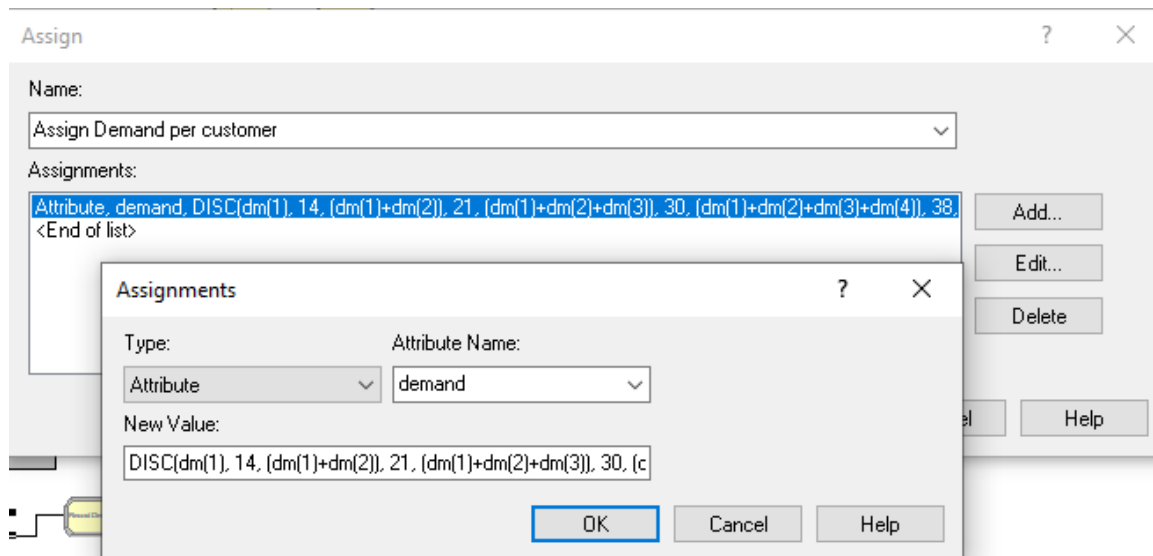
Πίνακας 6.1 Ανάλυση παραγγελιών ανά μήνα

Για κάθε διάστημα τιμών λαμβάνεται με την αντίστοιχη πιθανότητα η τιμή της μέσης τιμής του κάθε ενός διαστήματος (βλ. τελευταία στήλη). Δηλαδή με πιθανότητα 37.5% η παραγγελία θα είναι μεγέθους 350 μονάδες, με πιθανότητα 25% η παραγγελία θα είναι μεγέθους 522 μονάδες κ.ο.κ.

Η εμπειρική αυτή κατανομή καταγράφεται στον κύκλο δραστηριοτήτων της αποθήκης A στο module Assign με τίτλο Assign Demand per customer.



Σχήμα 6.14 Module Assign Demand per customer



Σχήμα 6.15 Περιγραφή του Module Assign Demand per customer

Στο attribute (χαρακτηριστικό) demand γράφουμε: με αθροιστική πιθανότητα  $dm(1)=0.375$  και τιμή  $350 / 25$  ( 25 πελάτες ανά μήνα) έχουμε ποσότητα παραγγελίας ίση με 14 μονάδες, με αθροιστική πιθανότητα  $dm(1)+ dm(2)=0.625$  και τιμή  $522 / 25$  ( 25 πελάτες ανά μήνα) έχουμε ποσότητα παραγγελίας ίση με 20.88 μονάδες, με αθροιστική πιθανότητα  $dm(1)+ dm(2)+ dm(3)=0.708$  και τιμή  $732 / 25$  ( 25 πελάτες ανά μήνα) έχουμε ποσότητα παραγγελίας ίση με 29.28 μονάδες, με αθροιστική πιθανότητα  $dm(1)+ dm(2)+ dm(3)+ dm(4)=0.875$  και τιμή  $942 / 25$  ( 25 πελάτες ανά μήνα) έχουμε ποσότητα παραγγελίας ίση με 37.68 μονάδες, και με αθροιστική πιθανότητα ίση με 1 έχουμε ποσότητα παραγγελίας ίση με  $1165/25 = 46.6$  μονάδες.

## 6.2 Αριθμητικά αποτελέσματα

Προσομοιώνοντας (Τρέχοντας) το μοντέλο για 2.000.000 χρονικές μονάδες (days) με τις προαναφερθείσες τιμές των ελέγξιμων και μη ελέγξιμων μεταβλητών και την ζήτηση να έχει την εξής κατανομή

Initial Values

1	0.375
2	0.25
3	0.083
4	0.167
5	0.125
6	0
7	0
8	0

Ποσότητα	283-416	417-626	627-836	837-1046	1047-1283
Μέση τιμή	350	522	732	942	1165
Πιθανότητα	37,5%	25 %	8,3%	16,7%	12,5%

Πίνακας 6.2 Κατανομή της ζήτησης

Έξοδος του προσομοιωτικού μοντέλου (Report):

Proactive Solutions.out - Notepad					
File Edit Format View Help					
Replication ended at time : 2000000.0 Days					
Base Time Units: Days					
TALLY VARIABLES					
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Backorder per Customer	25.067	.02962	1.0000	47.000	106109E+01

Πίνακας 6.3 Report με τα αντίστοιχα outputs του προσομοιωτικού μοντέλου

Η μέση ποσότητα ανεκτέλεστης ζήτησης είναι ίση με 25 μονάδες. Ελάχιστη ανεκτέλεστη ζήτηση ίση με 1 μονάδα. Μέγιστη ανεκτέλεστη ζήτηση ίση με 47 μονάδες. Τα στατιστικά αυτά αποτελέσματα προέκυψαν από 106109 παρατηρήσεις (πελάτες των οποίων οι ζητήσεις δεν καλύφθηκαν πλήρως)

Ακολουθούν οι αναφορές για τις διακριτές μεταβλητές. Το μέσο απόθεμα σε μεταφορά προς την αποθήκη A είναι ίσο με 25 μονάδες. Η ελάχιστη τιμή είναι ίση με 0 μονάδες και



η μέγιστη τιμή ίση με 300 μονάδες (η ποσότητα παραγγελίας της αποθήκης A προς προς την αποθήκη B) Στο τέλος της προσομοίωσης (την 2000000<sup>η</sup> ημέρα δεν υπήρχε μεταφορά προς την αποθήκη A) Το μέσο απόθεμα σε μεταφορά προς την αποθήκη B είναι ίσο με 3781 μονάδες. Η ελάχιστη τιμή είναι ίση με 0 μονάδες και η μέγιστη τιμή ίση με 4000 μονάδες (η ποσότητα παραγγελίας της αποθήκης B προς τον παραγωγό) Στο τέλος της προσομοίωσης (την 2000000<sup>η</sup> ημέρα υπήρχε σε εξέλιξη μεταφορά προς την αποθήκη B μεγέθους 4000 μονάδων).

DISCRETE-CHANGE VARIABLES					
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
WIP in Transit to A	25.170	.13362	.00000	300.00	.00000
WIP in transit to B	3781.1	7.1334	.00000	4000.0	4000.0
Inventory on hand Apothiki B	458.96	4.8359	.00000	3700.0	.00000
Average Backlist	525.66	9.2629	.00000	4125.0	288.00
Inventory on hand Apothiki A	139.41	1.4487	.00000	500.00	.00000
Entity 1.WIP	2.0000	(Insuf)	.00000	3.0000	2.0000
Distribution Manufacturer.NumberBusy	.94528	.00178	.00000	1.0000	1.0000
Distribution Manufacturer.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Distribution Manufacturer.Utilization	.94528	.00178	.00000	1.0000	1.0000
Initiate Distribution Process B.Queue.Numb	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Wait Demand from A.Queue.NumberInQueue	.91189	4.5744E-04	.00000	1.0000	1.0000
Wait Incoming Order from B.Queue.NumberInQ	.05472	.00178	.00000	1.0000	.00000

Πίνακας 6.4 Report με τα αντίστοιχα outputs του προσομοιωτικού μοντέλου

- Το μέσο απόθεμα στην αποθήκη B είναι ίσο με 459 μονάδες. Η ελάχιστη τιμή είναι ίση με 0 μονάδες και η μέγιστη τιμή ίση με 4000 μονάδες.
- Η μέση συνολική ανεκτέλεστη ζήτηση είναι ίση με 525 μονάδες. Η ελάχιστη τιμή είναι ίση με 0 μονάδες και η μέγιστη τιμή ίση με 4125 μονάδες.
- Το μέσο απόθεμα στην αποθήκη A είναι ίσο με 139 μονάδες. Η ελάχιστη τιμή είναι ίση με 0 μονάδες και η μέγιστη τιμή ίση με 500 μονάδες

Ακολουθούν οι αναφορές για συγκεκριμένα μέτρα απόδοσης.

- Η μέση κάλυψη των παραγγελιών είναι ίση με 46.95 % . Στις 100 παραγγελίες οι 47 καλύφθηκαν πλήρως ενώ το υπόλοιπο 53% δεν καλύφθηκαν πλήρως
- Ο μέση κάλυψη της ζήτησης είναι ίση με 47.23 % Στις 100 μονάδες που ζητήθηκαν οι 47 καλύφθηκαν από το υπάρχον απόθεμα ενώ το υπόλοιπο 53% δεν καλύφθηκε.
- Στη διάρκεια της προσομοίωσης εμφανίστηκαν 2000004 πελάτες και εξήλθαν ίσος αριθμός. Η ολοκλήρωση της προσομοίωσης χρειάστηκε 0.22 λεπτά = 13.2 δευτερόλεπτα για να ολοκληρωθεί.

OUTPUTS	
Identifier	Value
Order Fill Rate	.46956
Service Level II	.47236
Entity 1.NumberIn	2.0004E+06
Entity 1.NumberOut	2.0004E+06
Distribution Manufacturer.NumberSeized	12604.
Distribution Manufacturer.ScheduledUtiliza	.94528
System.NumberOut	2.0004E+06
Simulation run time: 0.22 minutes.	
Simulation run complete.	

Πίνακας 6.5 Report με τα αντίστοιχα outputs του προσομοιωτικού μοντέλου

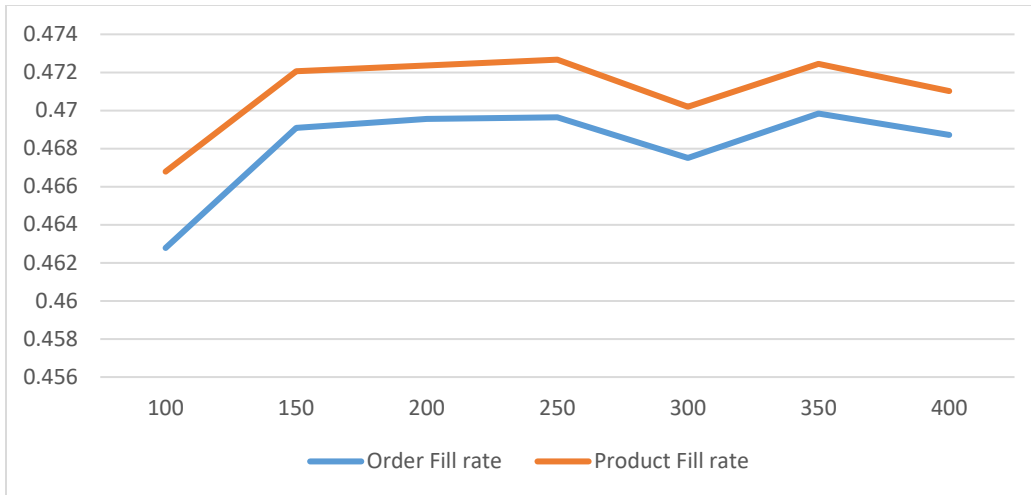
Το σύστημα αυτό θεωρείται σαν **σύστημα αναφοράς**. Δηλαδή ο έλεγχος της επίδρασης των ελέγξιμων και μη ελέγξιμων μεταβλητών πάνω στα μέτρα απόδοσης, θα γίνει έχοντας ως βάση το σύστημα αυτό.

### 6.2.1 Επίδραση του Σημείου επαναπαραγγελίας $r_A$ στα μέτρα απόδοσης

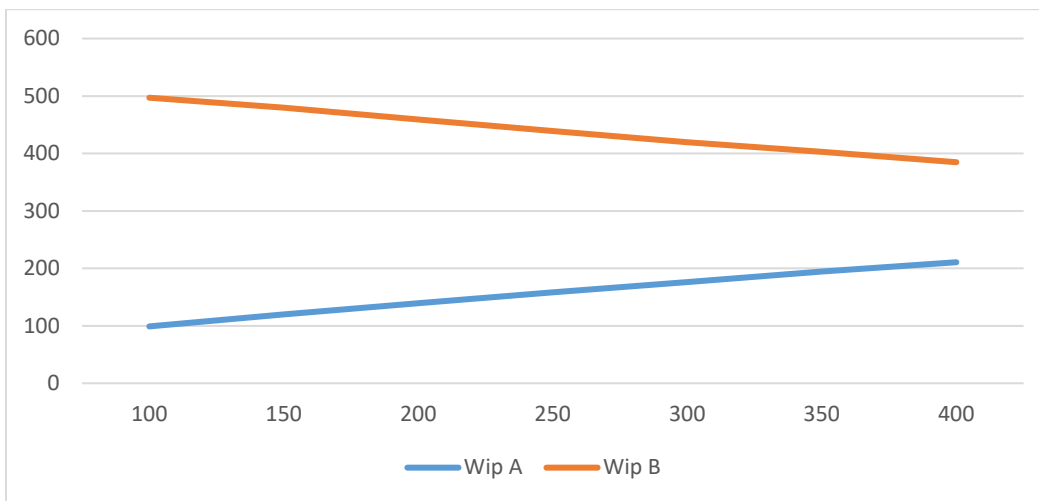
Αρχικά θα εξετάσουμε τι συμβαίνει όταν αλλάζουμε την τιμή της  $r_A$  στα δεδομένα μας. Διατηρώντας τις τιμές για τις υπόλοιπες ελέγξιμες και μη ελέγξιμες μεταβλητές σταθερές (Πίνακας 6.5 και 6.6), αλλάζουμε τις τιμές του  $r_A$  σε 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400.

$r_A$	Order Fill rate	Product Fill rate	AQ/Cust	AQBList	Wip A	Wip B
100	0,46278	0,46679	25,016	528,33	98,995	497,02
150	0,46909	0,47206	25,057	524,67	119,87	479,46
200	0,46956	0,47236	25,067	525,66	139,41	458,96
250	0,46964	0,47267	25,062	525,22	158,24	439,04
300	0,4675	0,4702	25,078	529,58	175,93	419,66
350	0,46984	0,47245	25,077	526,74	194,52	403,05
400	0,46872	0,47102	25,094	528,75	210,67	384,76

Πίνακας 6.6 Τιμές με την επίδραση στην αλλαγή του  $r_A$



Γράφημα 6.1 Επίδραση στην αλλαγή του ra στο Order Fill rate και στο Product Fill rate



Γράφημα 6.2 Επίδραση στην αλλαγή του ra στο Wip A και στο Wip B

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 6.8 και στα γραφήματα 6.1 και 6.2, συμπεραίνουμε ότι:

- Αρχικά υπάρχει μια οριακή αύξηση του Order Fill rate και του Product Fill rate αλλά η οποία στην συνέχεια δείχνει να παραμένει σχετικά σταθερή. Δηλαδή η αλλαγή του ra δεν επηρεάζει σημαντικά τις δύο αυτές μεταβλητές.
- Ο βαθμός κάλυψης προϊόντος (Product Fill rate) είναι πάντα μεγαλύτερος του βαθμού κάλυψης παραγγελιών (Order Fill rate) επιβεβαιώνοντας τα λεγόμενα στο κομμάτι 6.1.3 της εργασίας.
- Η αύξηση του ra μειώνει τα διαθέσιμα αποθέματα της αποθήκης B (Wip B) και αυξάνει τα διαθέσιμα αποθέματα της αποθήκης A (Wip A) όπως βλέπουμε στο γράφημα 6.2.

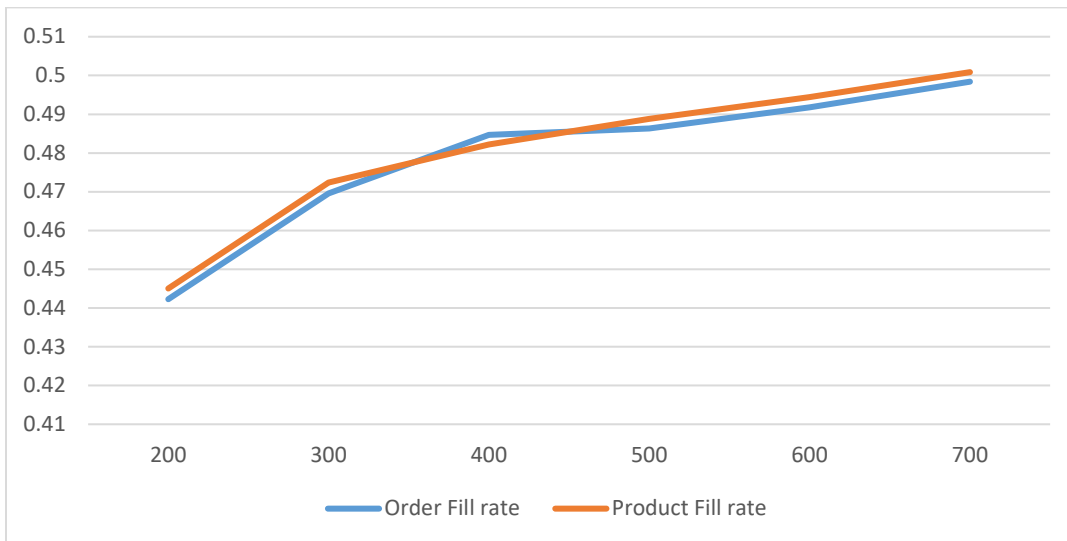
- Το μέσο έλλειμα ανά πελάτη (AQ/Customer) διατηρείται σχεδόν σταθερό με τις μεταβολές του qa και η ακάλυπτη ζήτηση (AQBList) μεταβάλλεται ελάχιστα.

### 6.2.2 Επίδραση της παραγγελόμενης ποσότητα QA

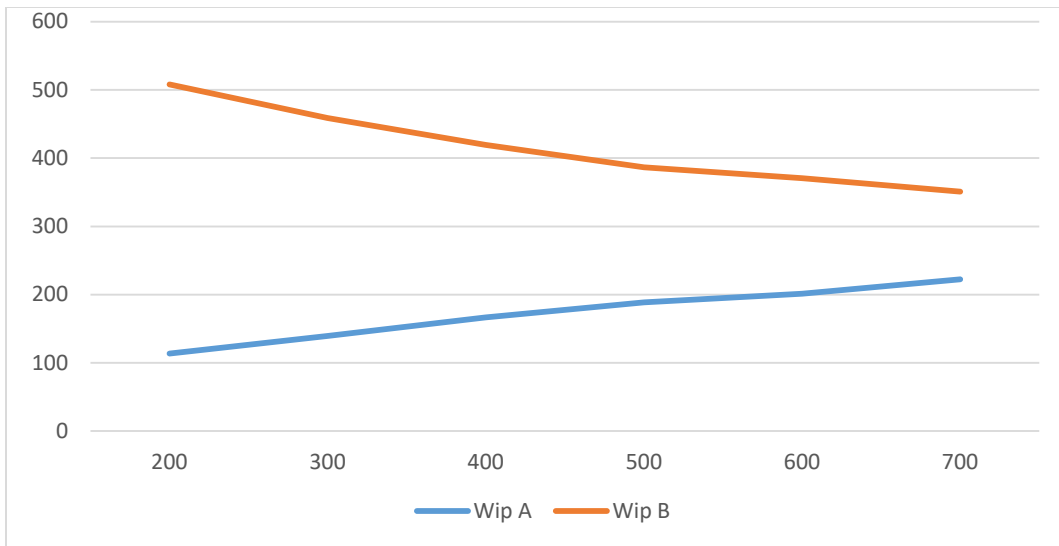
Η ποσότητα που παραγγέλνουμε από την αποθήκη B στην αποθήκη A είναι το QA και στο σύστημα αναφοράς μας ισούται με 300 μονάδες (με μπλε γραμμή). Διατηρώντας τις τιμές για τις υπόλοιπες ελέγξιμες και μη ελέγξιμες μεταβλητές σταθερές (Πίνακας 6.5 και 6.6), αλλάζουμε τις τιμές του QA σε 200, 300, 400, 500, 600, 700 όπως στον πίνακα 6.9.

Qa	Order	Fill	AQ/Cust	AQBList	Wip A	Wip B
200	0,44227	0,44503	25,084	554,52	113,66	507,78
300	0,46956	0,47236	25,067	525,66	139,41	458,96
400	0,48469	0,48223	25,082	514,11	166,57	419,5
500	0,48634	0,48881	25,084	512,71	188,71	386,62
600	0,49178	0,49445	25,075	505,42	201,26	370,6
700	0,4984	0,50086	25,069	494,73	222,53	350,91

Πίνακας 6.9 Τιμές με την επίδραση στην αλλαγή του QA



Γράφημα 6.3 Επίδραση στην αλλαγή του QA στο Order Fill rate και στο Product Fill rate



Γράφημα 6.4 Επίδραση στην αλλαγή του QA στο Wip A και στο Wip B

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 6.9 και στα γραφήματα 6.3 και 6.4, συμπεραίνουμε ότι:

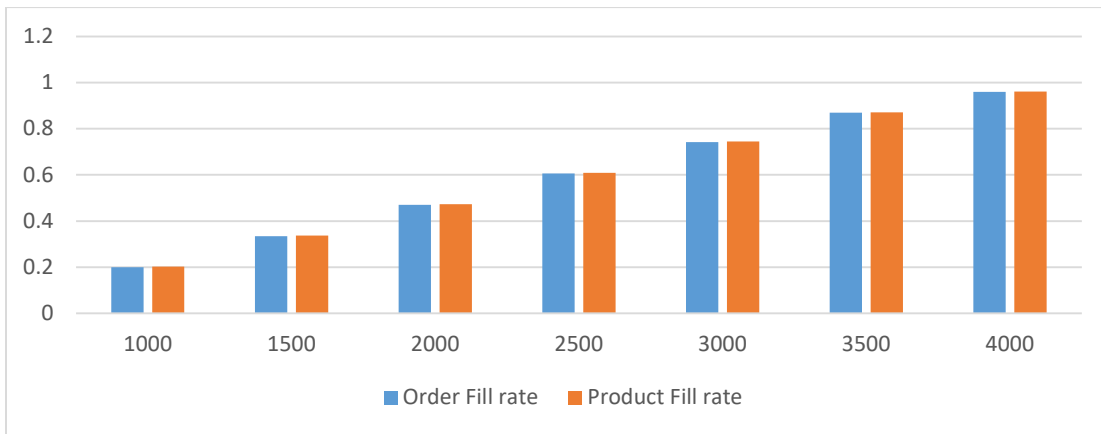
- Η αύξηση της παραγγελλόμενης ποσότητας QA από την αποθήκη B στην αποθήκη A επηρεάζει σημαντικά και το Order Fill rate και το Product Fill rate. Όσο αυξάνεται η QA παρατηρείται σημαντική αύξηση και στις άλλες δύο μεταβλητές που αναφέραμε. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στην περίπτωση που θέλουμε να βελτιώσουμε το σύστημά μας, θα λάβουμε σοβαρά υπόψιν μας την παραγγελλόμενη ποσότητα QA καθώς φαίνεται ότι το επηρεάζει σημαντικά.
- Στην περίπτωση αυτή, το Order Fill rate και το Product Fill rate σχεδόν ταυτίζονται.
- Η αύξηση του QA μειώνει τα διαθέσιμα αποθέματα της αποθήκης B (Wip B) και αυξάνει τα διαθέσιμα αποθέματα της αποθήκης A (Wip A) όπως βλέπουμε στο γράφημα 6.4.
- Παρατηρούμε επίσης ότι όσο αυξάνεται η QA, η ακάλυπτη ζήτηση (AQBList) μειώνεται.

### 6.2.3 Επίδραση του σημείου επαναπαραγγελίας (Reorder Point) $rb$ στα μέτρα απόδοσης

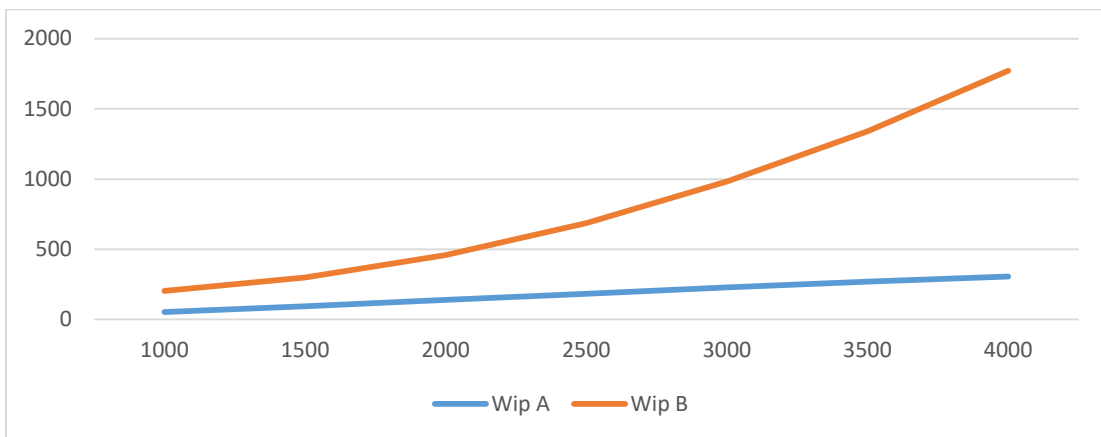
Στην συνέχεια θα εξετάσουμε τι συμβαίνει όταν μεταβάλλεται το σημείο επαναπαραγγελίας (Reorder Point)  $rb$  στην αποθήκη B. Στο σύστημα αναφοράς μας το  $rb$  ισούται με 2000 μονάδες (με μπλε γραμμή). Διατηρώντας τις τιμές για τις υπόλοιπες ελέγξιμες και μη ελέγξιμες μεταβλητές σταθερές (Πίνακας 6.5 και 6.6), αλλάζουμε τις τιμές του  $rb$  σε 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 όπως στον πίνακα 6.10.

rb	Order Fill rate	Product Fill rate	AQ/Cust	AQBList	Wip A	Wip B
1000	0,19948	0,20197	25,13	1191,1	52,685	203,1
1500	0,33479	0,3374	25,099	817,72	95,579	299,22
2000	0,46956	0,47236	25,067	525,66	139,41	458,96
2500	0,60606	0,60861	25,034	298,31	183,7	687,38
3000	0,7419	0,74456	24,94	140,59	228	984,11
3500	0,86921	0,87148	24,772	50,333	270,47	1341
4000	0,95981	0,96112	24,386	12,45	305,41	1770,4

Πίνακας 6.10 Τιμές με την επίδραση στην αλλαγή του rb



Γράφημα 6.5 Επίδραση στην αλλαγή του rb στο Order Fill rate και στο Product Fill rate



Γράφημα 6.6 Επίδραση στην αλλαγή του rb στο Wip A και στο Wip B

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 6.10 και στα γραφήματα 6.5 και 6.6, συμπεραίνουμε ότι:

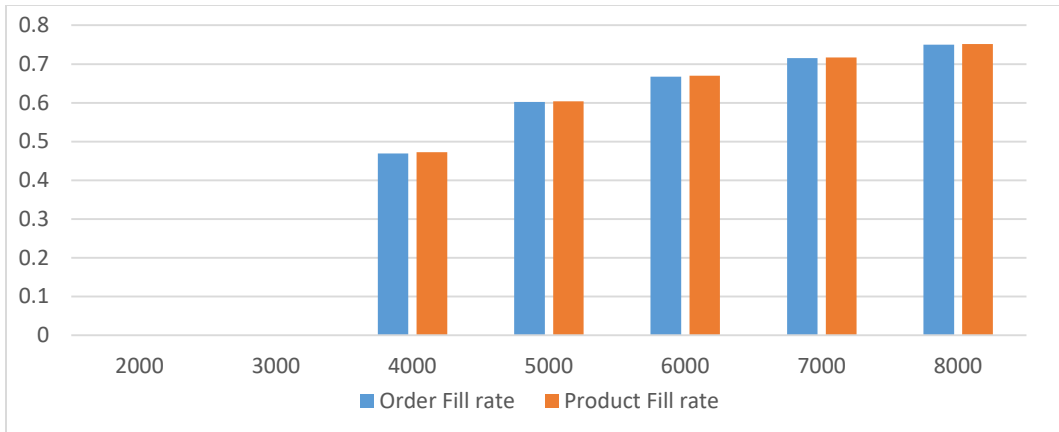
- Η αύξηση του rb επιφέρει σημαντική βελτίωση στο σύστημά μας καθώς το Order fill rate στο Product fill rate αυξάνεται σημαντικά. Στο σύστημα αναφοράς μας το σημείο επαναπαραγωγείας rb της αποθήκης B είναι 2000 μονάδες και το Order Fill rate αντιστοιχεί με 0,46956 (Πίνακας 6.10). Στις 4000 μονάδες το Order Fill rate είναι 0,95981 δηλαδή έχουμε κάλυψη των παραγγελιών μας σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό.
- Η επίδραση της μεταβλητής rb είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την ra καθώς εκεί και το Order fill rate και το Product fill rate δεν παρουσιάζουν μεγάλες αυξομειώσεις. Άρα η αποθήκη B παίζει σημαντικότερο ρόλο από την αποθήκη A στο σύστημά μας.
- Στο γράφημα 6.6 βλέπουμε ότι η αύξηση του rb προκαλεί αύξηση του αποθέματος της αποθήκης B ενώ η επίδραση στην αποθήκη A είναι ελάχιστη. Άρα η αύξηση του σημείου επαναπαραγωγείας στην αποθήκη B να μην βελτιώνει σημαντικά την απόδοση του συστήματός μας αλλά από την άλλη αυξάνονται σημαντικά και τα κόστη διατήρησης του αποθέματος.

#### 6.2.4 Επίδραση της παραγγομένης ποσότητας QB

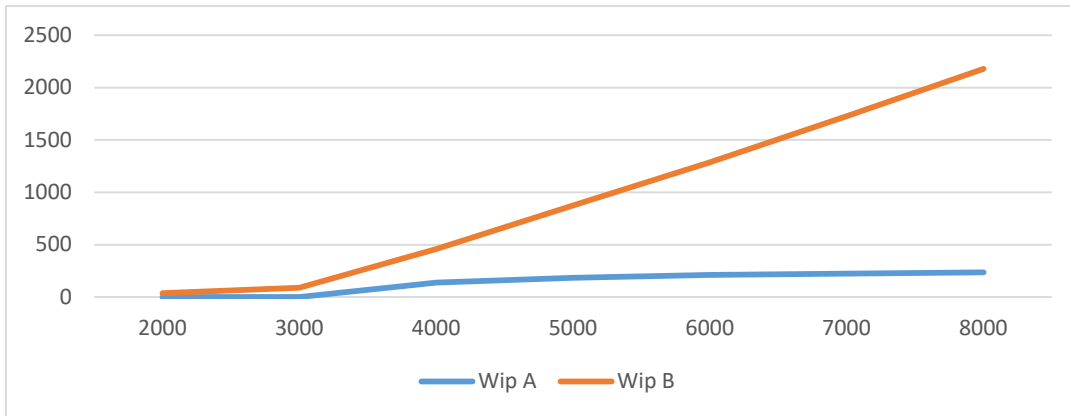
Η ποσότητα που παραγγέλνουμε από τον παραγωγό στην αποθήκη B είναι το QB και στο σύστημα αναφοράς μας ισούται με 4000 μονάδες (με μπλε γραμμή). Διατηρώντας τις τιμές για τις υπόλοιπες ελέγξιμες και μη ελέγξιμες μεταβλητές σταθερές (Πίνακας 6.5 και 6.6), αλλάζουμε τις τιμές του QB σε 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000 και 8000 όπως στον πίνακα 6.11.

Qb	Order Fill rate	Product Fill rate	AQ/Cust	AQBList	Wip A	Wip B
2000	0	0	25,202	11874	0	37,812
3000	0	0	25,208	5219	0	89,773
4000	0,46956	0,47236	25,067	525,66	139,41	458,96
5000	0,60209	0,60425	25,061	365,21	185,17	874,11
6000	0,66773	0,66983	25,048	305,17	210	1286,8
7000	0,71519	0,71656	25,091	262	225,13	1727,7
8000	0,74991	0,75127	25,071	230	237,3	2178,8

Πίνακας 6.11 Τιμές με την επίδραση στην αλλαγή του QB



Γράφημα 6.7 Επίδραση στην αλλαγή του QB στο Order Fill rate και στο Product Fill rate



Γράφημα 6.8 Επίδραση στην αλλαγή του QB στο Wip A και στο Wip B

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 6.11 και στα γραφήματα 6.7 και 6.8, συμπεραίνουμε ότι:

- Στην περίπτωση που μειώσουμε την ποσότητα παραγγελίας QB κάτω από 4000, το σύστημά μας αδυνατεί να ικανοποιήσει την πελατειακή ζήτηση καθώς το Order Fill rate και το Product Fill rate στις 3000 και 2000 μονάδες είναι ίσο με μηδέν. Αυξάνοντας όμως το QB, κατά 1000 μονάδες, το σύστημά παρουσιάζει σημαντική βελτίωση (με QB 8000 το Order Fill rate είναι ίσο με 0,74991 ενώ QB 4000 ίσο με 0,46956).
- Η μέση ακάλυπτη ζήτηση AQBList μειώνεται πάρα πολύ με την αύξηση του QB.
- Η αύξηση του QB επιφέρει πολύ μεγάλη αύξηση στην ποσότητα του αποθέματος στην αποθήκη B με αποτέλεσμα να αυξάνεται και το κόστος διατήρησης του αποθέματος αντίθετα η αποθήκη A δεν επηρεάζεται σχεδόν καθόλου από την μεταβολή αυτή.



### 6.3 Γενικά συμπεράσματα

Μελετήθηκε η επίδραση των ελέγξιμων μεταβλητών:

- επίπεδο αναπαραγωγείας ( $r_a$ )
- ποσότητα παραγωγείας ( $Q_a$ ) της αποθήκης A και
- επίπεδο αναπαραγωγείας ( $r_b$ )
- ποσότητα παραγωγείας ( $Q_b$ ) της αποθήκης B

στα μέτρα απόδοσης

- ποσοστό κάλυψης παραγγελιών
- ποσοστό κάλυψης ζήτησης,
- μέσο έλλειμα ανά πελάτη/ζήτηση,
- μέση συνολική ανεκτέλεστη ζήτηση,
- μέσο απόθεμα στην αποθήκη A και
- μέσο απόθεμα στην αποθήκη B.

Από τα αριθμητικά δεδομένα που προέκυψαν από την σειρά πειραμάτων (σεναρίων) με το προσομοιωτικό μοντέλο προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Η αύξηση επιπέδου αναπαραγωγείας της αποθήκης A έχει οριακά αυξητικά αποτελέσματα στα μεγέθη ποσοστό κάλυψης παραγγελιών (1 τοις χιλίοις) και ποσοστό κάλυψης ζήτησης, αμελητέο στο μέσο έλλειμα ανά πελάτη/ζήτηση, και στη μέση συνολική ανεκτέλεστη ζήτηση αυξάνει το μέσο απόθεμα στην αποθήκη A και μειώνει το μέσο απόθεμα στην αποθήκη B. Συνοψίζοντας το επίπεδο αναπαραγωγείας της αποθήκης A δεν αποτελεί εργαλείο βελτίωσης της απόδοσης του συστήματος
- Η αύξηση της ποσότητας παραγωγείας της αποθήκης A έχει ουσιαστικά αυξητικά αποτελέσματα στα μεγέθη ποσοστό κάλυψης παραγγελιών (12.7 %) και ποσοστό κάλυψης ζήτησης (12.5%), αμελητέο στο μέσο έλλειμα ανά πελάτη/ζήτηση, μειώνει τη μέση συνολική ανεκτέλεστη ζήτηση (-10.8%), αυξάνει το μέσο απόθεμα στην αποθήκη A (95 %) και μειώνει το μέσο απόθεμα στην αποθήκη B (31%). Συνοψίζοντας το επίπεδο παραγωγείας της αποθήκης A δεν είναι εργαλείο βελτίωσης της απόδοσης του συστήματος.
- Η αύξηση επιπέδου αναπαραγωγείας της αποθήκης B έχει σημαντικά αυξητικά αποτελέσματα στα μεγέθη ποσοστό κάλυψης παραγγελιών (104%) και ποσοστό κάλυψης ζήτησης (103%), αμελητέο στο μέσο έλλειμα ανά πελάτη/ζήτηση (-3%), σημαντική μείωση στη μέση συνολική ανεκτέλεστη ζήτηση (-98%) αυξάνει το μέσο απόθεμα στην αποθήκη A (119%) και μειώνει το μέσο απόθεμα στην αποθήκη B (286%). Συνοψίζοντας το επίπεδο αναπαραγωγείας της αποθήκης B αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο βελτίωσης της απόδοσης του συστήματος.
- Η αύξηση της ποσότητας παραγωγείας της αποθήκης B έχει ουσιαστικά αυξητικά αποτελέσματα στα μεγέθη ποσοστό κάλυψης παραγγελιών (60%) και στο ποσοστό κάλυψης ζήτησης (59%), αμελητέο στο μέσο έλλειμα ανά πελάτη/ζήτηση (0%),

μειώνει τη μέση συνολική ανεκτέλεστη ζήτηση (-56%), αυξάνει το μέσο απόθεμα στην αποθήκη A (70 %) και μειώνει το μέσο απόθεμα στην αποθήκη B (375%). Συνοψίζοντας το επίπεδο παραγγελίας της αποθήκης A δεν ένα εργαλείο βελτίωσης της απόδοσης του συστήματος.

- Από τις 4 ελέγξιμες παραμέτρους του συστήματος το πλέον σημαντικό είναι το επίπεδο αναπαραγγελίας της αποθήκης B, ακολουθεί η ποσότητα παραγγελίας της αποθήκης B, στη συνέχεια ποσότητας παραγγελίας της αποθήκης A και τέλος λιγότερο σημαντικό είναι το επίπεδο αναπαραγγελίας της αποθήκης A.

## 7. Περαιτέρω Έρευνα

Το μοντέλο προσομοίωσης που δημιουργήθηκε έχει μεγάλη ευελιξία ως προς την αλλαγή των παραμέτρων του. Αυτό επιτρέπει την υιοθέτηση διαφορετικών σεναρίων για το υπό μελέτη φυσικό σύστημα. Ενδεχόμενοι άξονες έρευνα είναι οι ακόλουθοι

Το μοντέλο να εμπλουτισθεί με τις ζήτησεις περισσότερων από ένα προϊόν

Το μοντέλο να αναδείξει την επίδραση των χρόνων ολοκλήρωσης παραγγελιών (lead times) στην απόδοση του συστήματος. Αντί για σταθεροί να είναι τυχαίες μεταβλητές με διαφορετικούς συντελεστές μεταβλητότητας.

Το κριτήριο απόδοσης να συνδυασθεί με τις οικονομικές επιπτώσεις. Δηλαδή να δημιουργηθεί μια συνάρτηση κόστους που θα περιλαμβάνει τα κέρδη από την βελτίωση της απόδοσης μαζί με τα κόστη από την αύξηση των αποθεμάτων ή των ελλειμματικών παραγγελιών.

## 8. Βιβλιογραφία

### 8.1 Ξένη βιβλιογραφία

- Berger, S.L.T., Tortorella, G.L. and Frazzon. E.M., Simulation based Analysis of inventory strategies in lean supply chains, International Federation of Automatic Control Conference, 2018, pp. 1453-1458.
- Bijvank Marco and Vis F. A. Iris, Lost sales inventory theory A review, European Journal of Operational Research, 2011, Vol. 215, pp. 1-13.
- Chan F.T.S., Tang N.K.H., Lau H.C.W., and Ip, R.W.L., A simulation Approach in Supply Chain Management, Integrated Manufacturing Systems, 2002, Vol. 13, No 2, pp. 117-122
- Hung, W.Y., Kucherenko, S. and Samsatli, N.H., A flexible and generic approach to dynamic modelling of supply chains. J. Op. Res. Soc., 2004, 55, 801–813.

- Olhager J., and Person, F., Simulating production and inventory control systems: a learning approach to operational excellence, *Production Planning and Control*, 2006, Vol. 17 No, 2, pp. 113-127.
- Wyland, B., Buxton, K. and Fuqua, B., Simulating the supply chain. *IIE Solutions*, 2000, 32, 37–41
- Chung, C.A. (2004). *Simulation Modeling Handbook* (1-11, 14). Boca Raton: CRC Press.

## 8.2 Ελληνική βιβλιογραφία

- Βιδάλης Μιχαήλ, 2017. Εφοδιαστική (Logistics) μια ποσοτική προσέγγιση, 2<sup>η</sup> Έκδοση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Chopra S. & Meindl P., 2015. Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας - 5η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα.
- Christopher M., 2007. Logistics και διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας. Εκδόσεις Κριτική.
- Κακούρης Α., 2013. Διοίκηση Επιχειρησιακών Λειτουργιών, Εκδόσεις Προπομπός.
- Παππής Κ., 2006. Προγραμματισμός Παραγωγής - 2η Έκδοση, Εκδόσεις Σταμούλη.
- Γεωργίου Α., Κωνσταντάρας Ι., Καπάρης Κ., 2015. Τεχνικές Προσομοίωσης στη Διοικητική Επιστήμη, Copyright © ΣΕΑΒ.
- Στειακάκης, Ε. και Δριτσάκης, Ν. "Ο ρόλος, τα βασικά χαρακτηριστικά και η εφαρμογή σύγχρονων συστημάτων πληροφορικής και τηλεματικής στο πεδίο των Logistics", *Επιθεώρηση Οικονομικών Επιστημών*, Τεύχος 8, σελ. 119-142, 2005
- Ραπτοδήμου, Α. 2016. Έλεγχος αποθεμάτων με σταθερή ή αβέβαιη ζήτηση. Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Ιωάννου, Γ., 2005. Διοίκηση Παραγωγής και Υπηρεσιών, Εκδόσεις Σταμούλη.
- Σιφνιώτης, Κ., 1997. Logistics Management Θεωρία και Πράξη: Έλεγχος management αποθεμάτων. Εκδόσεις Παπαζήση.
- Ζιάκα, Χ., 2011. Η σημασία της αποτελεσματικής διαχείρισης και του ελέγχου των αποθεμάτων για τις επιχειρήσεις. Τ.Ε.Ι. Καβάλας.
- Θεοδοσίου, Δ., 2008. Μελέτη της οργάνωσης και ανάλυση μεθοδολογίας για την πρόβλεψη ζήτησης προϊόντων στον συνεταιρισμό φαρμακοποιών Πιερίας. Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης.
- Αλεξανδράκης, Κ.,Ε., 2019. Ταξινόμηση και ανάλυση αποθεμάτων σε νοσοκομειακό φαρμακείο, το παράδειγμα του Γ.Ν Χανίων. Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Βαρλάς, Γ., 2010. Προσομοιωτική μοντελοποίηση εφοδιαστικού δικτύου με γενική τοπολογία. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Καραγιάννης, Α., 2015. Ανάλυση Δικτύων Εφοδιασμού. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (2000). *Simulation Modeling and Analysis*, 3rd edition (pp. 1-105, 202-234, 264-291, 402-495, 553-580). New York: McGraw-Hill.

- Rockwell Automation Technologies (2007). Arena User's Guide. PUBLICATION ARENA-UM001D-EN-P–November 2007.

### 8.3 Ιστοσελίδες

- <https://cscmp.org>
- <https://www.sigma-consultants.eu>
- <https://www.lokad.com>