

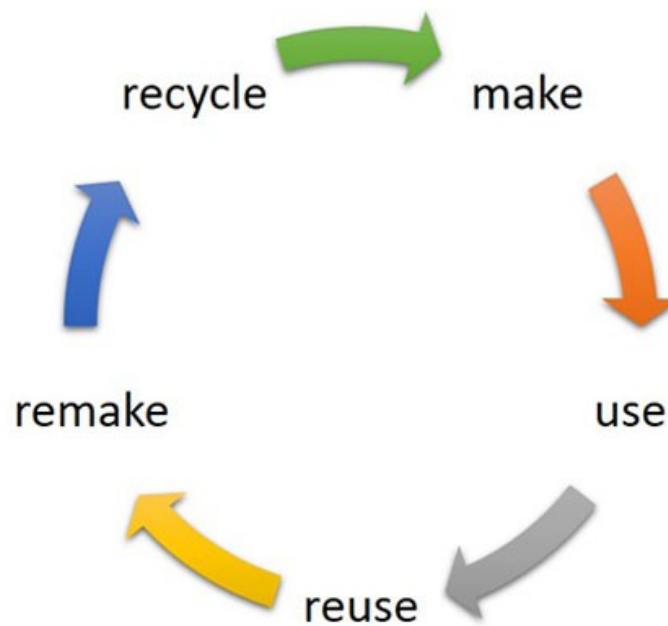


ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Βελτιστοποίηση και Βιωσιμότητα Εφοδιαστικής Αλυσίδας: Η Εφαρμογή της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας – Μελέτες Περίπτωσης”



ΦΟΙΤΗΤΗΣ

Παπακίτσος Χρήστος  
ΑΜ 51204043

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

Δρ. Αιμιλία Κονδύλη

ΑΘΗΝΑ 2021



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Βελτιστοποίηση και Βιωσιμότητα Εφοδιαστικής Αλυσίδας: Η Εφαρμογή της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας – Μελέτες Περίπτωσης”

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή:

A/A	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	Αμιλία Μ. Κονδύλη	Καθηγήτρια	
2	Χριστιάνα Παπαποστόλου	Επίκουρη Καθηγήτρια	
3	Δημήτριος Ζαφειράκης	Επίκουρος Καθηγητής	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Παπακίτσος Χρήστος του Ευαγγέλου, με αριθμό μητρώου 51204043 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά τις εφοδιαστικές αλυσίδες και πιο συγκεκριμένα τη βελτιστοποίηση και τη βιωσιμότητα των εφοδιαστικών αλυσίδων μέσω της εφαρμογής της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας. Σε πρώτη φάση θα αναλυθεί ιστορικά η εξέλιξη των εφοδιαστικών αλυσίδων. Στη συνέχεια θα αναλυθεί η σημασία τους, οι στόχοι, οι λειτουργίες, τα κόστη και οι επιδόσεις τους. Σε δεύτερη φάση αναλύεται ο όρος της βιωσιμότητας και η σχέση που έχει με την εφοδιαστική αλυσίδα. Σε τρίτη φάση αναλύεται η αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα, η ιστορική της πορεία, η έννοιά της, ο σκοπός της, οι διαδικασίες που την απαρτίζουν καθώς και η νομοθεσία στην οποία υπόκειται. Στο τελευταίο μέρος της εργασίας παρουσιάζονται οι μελέτες περίπτωσης που εξετάστηκαν. Μέσω των μελετών και των αποτελεσμάτων τους, φαίνεται πρακτικά η αξία της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας ως “εργαλείου” για τη βελτιστοποίηση και τη βιωσιμότητα των εφοδιαστικών αλυσίδων.

**Λέξεις Κλειδιά:** Εφοδιαστική Αλυσίδα, Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα, Βιωσιμότητα, Βελτιστοποίηση, Μελέτη Περίπτωσης

## ABSTRACT

The present dissertation is referring to supply chains and particularly to the integration of reverse supply chain for optimization and sustainability purposes. The work is structured into four sections. The first section starts as a historical data reference of the supply chains in general and continues by analyzing their purpose, goals, processes, costs and performance. The second section is about the meaning of sustainability and the relation with supply chains. The third section is referring to the reverse supply chain, the historical evolution of it, the meaning and its purpose and also the processes that bind within the chain. There is also reference to the Greek and EU legislation about the reverse supply chain. The last section consists of the case studies that put together all the theory of the previous sections, in order to prove the usefulness of the reverse supply chain in optimizing the supply chain and ensure its sustainability.

**Key Words:** Supply Chain, Reverse Supply Chain, Sustainability, Optimization, Case Study

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ (FORWARD SUPPLY CHAINS)

1.1 Εισαγωγή.....	10
1.2 Ιστορική Εξέλιξη.....	11
1.2.1 Δημιουργική Φάση (Creation Phase).....	12
1.2.2 Φάση Ολοκλήρωσης (Integration Phase).....	12
1.2.3 Φάση της Παγκοσμιοποίησης (Globalization Phase).....	13
1.2.4 Φάση Ειδίκευσης.....	13
1.2.4.1 1η Φάση Ειδίκευσης.....	13
1.2.4.2 2η Φάση Ειδίκευσης.....	13
1.2.5 SCM 2.0 (Supply Chain Management 2.0).....	14
1.2.6 Φάση Ολοκλήρωσης: Αντίστροφη Εφοδιαστική (Reverse Logistics).....	14
1.2.7 Βιώσιμη Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	15
1.3 Η Σημασία.....	15
1.3.1 Σημασία για τους Καταναλωτές.....	16
1.3.2 Σημασία για τις Επιχειρήσεις.....	16
1.3.3 Σημασία για το Περιβάλλον.....	17
1.4 Στόχοι της Εφοδιαστικής/Logistics.....	17
1.4.1 Γενικοί στόχοι της Εφοδιαστικής.....	17
1.4.2 Επιμέρους στόχοι της Εφοδιαστικής.....	18
1.4.2.1 Υψηλό Επίπεδο Εξυπηρέτησης με Βέλτιστη Διαχείριση Αποθεμάτων.....	19
1.4.2.2 Ελαχιστοποίηση Αποκλίσεων από Προβλέψεις και Αβεβαιότητες.....	19
1.4.2.3 Έλεγχος Ποιότητας Υπηρεσιών.....	19
1.5 Καθημερινές λειτουργίες.....	20
1.5.1 Αγορές-Προμήθειες.....	20

1.5.2 Διαχείριση Αποθεμάτων.....	20
1.5.3 Διακίνηση: Μεταφορές-Διανομές.....	21
1.5.4 Αποθήκευση.....	21
1.5.5 Ρόλος της Εφοδιαστικής στις Επιχειρήσεις.....	22
1.6 Κόστος και Επιδόσεις.....	22

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ**

2.1 Βιωσιμότητα και Βιώσιμη Ανάπτυξη.....	24
2.2 Στόχοι Αειφόρου Ανάπτυξης.....	25
2.3 Βιώσιμες Εφοδιαστικές Αλυσίδες.....	25
2.4 Αντίστροφη Εφοδιαστική (Reverse Logistics).....	26
2.5 Διαχείριση Επικίνδυνων Φορτίων.....	27
2.6 Βήματα προς Βιώσιμες Εφοδιαστικές Αλυσίδες.....	28

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ (REVERSE SUPPLY CHAIN)**

3.1 Ιστορική Πορεία.....	29
3.2 Διοίκηση Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Reverse Supply Chain Management).....	31
3.2.1 Τρόποι Έρευνας.....	32
3.2.2 Κλειστού Κύκλου Εφοδιαστικές Αλυσίδες (Closed Loop Supply Chains).....	33
3.2.3 Αντίστροφες Εφοδιαστικές Αλυσίδες (Reverse Supply Chains).....	35
3.2.4 Αντίστροφα Logistics (Reverse Logistics, RL).....	36
3.2.5 Ανακατασκευή (Remanufacturing).....	38
3.2.6 Συστήματα Επιστροφής Προϊόντων (Product Recovery Systems).....	40
3.2.6.1 Refurbishment.....	42
3.2.6.2 Αναβάθμιση (Upgrade).....	42
3.2.6.3 Επαναχρησιμοποίηση (ReUse).....	42

3.2.6.4 Ανακύκλωση (Recycling).....	43
3.2.6.5 Εγγύηση – Ρίσκο.....	43
3.2.7 Outsourcing.....	43
3.2.7.1 Δυσκολίες Εφαρμογής.....	43
3.2.7.2 Ορισμός.....	44
3.2.7.3 Ιστορικά.....	44
3.2.7.4 Λόγοι Εφαρμογής.....	45
3.3 Νομοθεσία.....	45
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ</b>	
4.1 Η Περίπτωση Της AQUA-ASSAINISSEMENT.....	48
4.1.1 Η Εταιρεία.....	48
4.1.2 Σκοπός Δημιουργίας.....	48
4.1.3 Εμπόδια.....	48
4.1.4 Οικονομικό-Επιχειρησιακό Μοντέλο.....	48
4.1.5 Σενάρια και Αποτελέσματα.....	49
4.2 Η Περίπτωση Της Μπαταρίας Του AUDI Q5 HYBRID SYSTEM.....	51
4.2.1 Εισαγωγή.....	51
4.2.2 Το LithoRec Project.....	51
4.2.3 Η Μπαταρία.....	52
4.2.4 Η Διαδικασία της Αποσυναρμολόγησης (Disassembly).....	54
4.2.5 Αποτελέσματα Μελέτης Περίπτωσης.....	58
4.2.6 Σχόλια.....	59
4.3 Η Περίπτωση Κυψέλης Καυσίμου Μεμβράνης Ανταλλαγής Πρωτονίων.....	60
4.3.1 Εισαγωγή.....	60

4.3.2 Η Κυψέλη Καυσίμου.....	60
4.3.2.1 Αρχή Λειτουργίας.....	62
4.3.2.2 Τέλος Ζωής Μπαταρίας Κυψέλης Καυσίμου.....	62
4.3.3 Γεωγραφικά Στοιχεία.....	63
4.3.4 Σχεδιασμός RL Συστήματος και Μαθηματικό Μοντέλο.....	63
4.3.4.1 Σχεδιασμός-Επιχειρησιακή Ανάλυση.....	63
4.3.4.2 Μαθηματικό Μοντέλο.....	65
4.3.4.2.1 Αντικειμενικές Συναρτήσεις.....	65
4.3.4.2.2 Περιορισμοί.....	65
4.3.4.2.3 Περιγραφή Μαθηματικού Μοντέλου.....	66
4.3.5 Τρόπος Προσέγγισης της Λύσης.....	68
4.3.6 Αποτελέσματα.....	71
4.3.6.1 Αισιόδοξο (Optimistic) Σενάριο.....	71
4.3.6.2 Μεσαίο (Mid-range) Σενάριο.....	73
4.3.6.3 Απαισιόδοξο (Pessimistic) Σενάριο.....	75
4.3.6.4 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων.....	77
4.3.7 Συμπεράσματα.....	78
4.4 Η Περίπτωση Μιας Ισπανικής Εταιρείας Μεταλλο-Κατασκευών.....	79
4.4.1 Εισαγωγή.....	79
4.4.2 Γενικές Διαδικασίες Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	79
4.4.3 Η Εταιρεία.....	80
4.4.3.1 Όραμα και Προβληματισμοί.....	81
4.4.3.2 Τρόπος Λειτουργίας Πριν το IMSCM.....	81
4.4.3.3 Κενά Λειτουργίας Πριν το IMSCM.....	83



4.4.4 Το Μοντέλο Διαχείρισης IMSCM.....	85
4.4.5 Αποτελέσματα.....	88
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>91</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>94</b>

# 1. ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ (FORWARD SUPPLY CHAINS)

## 1.1 Εισαγωγή

Μια Εφοδιαστική Αλυσίδα (ΕΑ) ορίζεται ως ένα ολοκληρωμένο δίκτυο ή ένα σύστημα δημιουργίας αξίας, στο οποίο περιλαμβάνονται συνεργαζόμενες επιχειρηματικές μονάδες, παραγωγοί, έμποροι, λιανοπωλητές και καταναλωτές. Με άλλα λόγια δηλαδή, μία Εφοδιαστική Αλυσίδα (ΕΑ) περιλαμβάνει ταυτόχρονα τη ροή υλικών από τον προμηθευτή πρώτων υλών και τον παραγωγό του τελικού προϊόντος μέχρι και τον τελικό καταναλωτή. Παράλληλα σε αυτή τη ροή υπάρχει και η ροή πληροφοριών μεταξύ των μελών της ΕΑ.

Στα πλαίσια δημιουργίας λοιπόν μιας βιώσιμης και βελτιστοποιημένης εφοδιαστικής αλυσίδας, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν ο σχεδιασμός και η συνεχής παρακολούθηση της υλοποίησής της, ο συντονισμός και ο έλεγχος του κόστους της, η ποιότητα αλλά και η ταχύτητα ικανοποίησης των πελατών της.

Ένας γενικά αποδεκτός ορισμός της ΕΑ, ο οποίος αποτυπώθηκε από το Global Supply Chain Forum του πανεπιστημίου The Ohio State University, Η.Π.Α. [1], είναι ο εξής: «Εφοδιαστική/Logistics είναι η ολοκληρωμένη διαδικασία σχεδιασμού, εφαρμογής κι ελέγχου βασικών διαδικασιών που μετατρέπουν τις εισροές από τους προμηθευτές σε προϊόντα και υπηρεσίες που προσθέτουν αξία στους πελάτες».



Σχήμα 1: Μοντέλο διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας [1][2].

Σύμφωνα λοιπόν με τον παραπάνω ορισμό και το Σχήμα 1, οι δύο διαδικασίες οι οποίες ενώνουν και δημιουργούν την εφοδιαστική αλυσίδα είναι η διαχείριση των σχέσεων με τους πελάτες και η διαχείριση των σχέσεων με τους προμηθευτές. Μέσα σε αυτές τις διαδικασίες υπάγονται και οι διαδικασίες της διαχείρισης της ζήτησης, της εξυπηρέτησης των πελατών, της πλήρωσης των παραγγελιών, της διαχείρισης των επιστροφών και της διαχείρισης της παραγωγής. Η διαδικασία η οποία ενώνει τους πελάτες με τους προμηθευτές είναι η ανάπτυξη προϊόντων ή υπηρεσιών, με αρχή τις εισροές από τους προμηθευτές και σύμφωνα με τις ανάγκες και προσδοκίες των πελατών.

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ενοποιεί και ολοκληρώνει τον σχεδιασμό, τις προμήθειες, την παραγωγή, την αποθήκευση, τη μεταφορά και τις πωλήσεις, τόσο εντός των επιχειρήσεων όσο και μεταξύ αυτών. Αντικειμενικό λοιπόν σκοπό αποτελεί η αύξηση της συνολικής κερδοφορίας κατά μήκος της αλυσίδας, η οποία και συνεπάγεται την αύξηση της κερδοφορίας όλων των εταίρων της. Αυτό επιτυγχάνεται με την έγκαιρη κατανόηση και ικανοποίηση των πελατειακών αναγκών και με την προσφορά προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας και ανταγωνιστικού κόστους.

Επομένως η Εφοδιαστική/Logistics βρίσκει εφαρμογή σε δύο επίπεδα:

- Στο πρώτο επίπεδο είναι η επιχείρηση, η οποία πρέπει να οργανώσει την εισροή, την εσωτερική διακίνηση και την εκροή υλικών και προϊόντων κατά τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να εξασφαλίζει τη μέγιστη ικανοποίηση των πελατών της.
- Στο δεύτερο επίπεδο είναι η εφοδιαστική αλυσίδα, η οποία αποτελείται από όλες εκείνες τις επιχειρήσεις και οργανισμούς που είναι απαραίτητοι, έτσι ώστε ένα προϊόν από πρώτες ύλες να καταλήξει στον τελικό πελάτη.

Η αποτελεσματική οργάνωση και διοίκηση της ροής προϊόντων και πληροφοριών σε αυτήν την αλυσίδα είναι ιδιαίτερα σημαντική σε μία παγκοσμιοποιημένη και ψηφιακή οικονομία, όπου ο ανταγωνισμός από ατομικός (επιχείρηση εναντίον επιχείρησης) γίνεται συλλογικός (εφοδιαστική αλυσίδα εναντίον εφοδιαστικής αλυσίδας).

Η ολοκληρωμένη Εφοδιαστική/Logistics, συμπεριλαμβάνοντας ένα νέο μοντέλο διαχείρισης, αποφέρει «συνεργικά οφέλη», ενθαρρύνοντας καινοτόμες ιδέες συμβολής στην ποιοτική αναβάθμιση, με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Παρότι στην παγκόσμια βιβλιογραφία έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις για το περιεχόμενο και τον σκοπό της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Forward Logistics), έχει δοθεί και μεγάλος αριθμός από ορισμούς με σκοπό την αποτελεσματικότερη υλοποίησή της. Οι πιο δημοφιλείς ορισμοί της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Forward Logistics) στη βιβλιογραφία αναφέρονται:

- Στον συστηματικό στρατηγικό συντονισμό των παραδοσιακών επιχειρηματικών λειτουργιών μεταξύ των επιχειρήσεων μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα ως σύνολο [3].
- Στον πελατοκεντρικό ορισμό, όπου η συνολική αποτελεσματικότητα των συνεργασιών σε επίπεδο εφοδιαστικής αλυσίδας συνδέεται με τον στόχο της δημιουργίας ικανοποίησης στον πελάτη και το τελικό στάδιο παράδοσης των προϊόντων σε αυτόν, δηλαδή ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του πελάτη, κατά Heins, 2004 [2].
- Στα βασικά και κρίσιμα στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας, που σχετίζονται με τους προμηθευτές και τους πελάτες, είναι η έμφαση στη συνεργασία που αποφέρει συνέργειες και στο υψηλότερο επίπεδο των κοινών επιτευγμάτων, κατά Bowersox και Closs, 1996 [2].
- Σε ένα μοντέλο με το οποίο εξειδικεύονται οι στόχοι και οι ρόλοι εντός μιας ευρείας διαδικασίας παροχής ικανοποίησης στους πελάτες της επιχείρησης, κατά Porter, 1985 [2].
- Στο ότι η ΕΑ αποτελεί ένα σύστημα συγκλίνουσας διάταξης (echelon) για συγκεκριμένους σκοπούς, αν και το θέμα της ορολογίας της Εφοδιαστικής θα αφήσει ένα εκκρεμές θέμα για τον 21ο αιώνα [4].

## 1.2 Ιστορική Εξέλιξη

Η παγκόσμια βιβλιογραφία για τη Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας έχει καταλήξει σε έξι φάσεις προόδου της Εφοδιαστικής/ Logistics [5]. Οι φάσεις είναι οι εξής:

- 1) Δημιουργική Φάση (Creation Phase)
- 2) Φάση Ολοκλήρωσης (Integration Phase)
- 3) Φάση της Παγκοσμιοποίησης (Globalization Phase)

- 4) Φάση Ειδίκευσης
  - i. 1η Φάση Ειδίκευσης
  - ii. 2η Φάση Ειδίκευσης
- 5) SCM 2.0 (Supply Chain Management 2.0)
- 6) Φάση της Ολοκλήρωσης: Αντίστροφη Εφοδιαστική (Reverse Logistics)
- 7) Βιώσιμη Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

### **1.2.1 Δημιουργική Φάση (Creation Phase)**

Ο όρος «Διοίκηση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας» (ΔΕΑ) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Forrester (1961) [6] σε αναφορά με το λεγόμενο «μεγεθυντικό αποτέλεσμα» (bullwhip effect) ή/και «αποτέλεσμα Forrester» (Forrester effect), ως πολλαπλασιαστή των αποθεμάτων, λόγω διακύμανσης των προβλέψεων της τελικής ζήτησης στα κανάλια διανομής. Ωστόσο, η έννοια της εφοδιαστικής αλυσίδας στον τομέα της επιχειρηματικής διαχείρισης είχε χρησιμοποιηθεί από τις αρχές του 20ου αιώνα, με τη διαμόρφωση «γραμμών συναρμολόγησης» (assembly lines) στα εργοστάσια. Τα χαρακτηριστικά της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η ανάγκη για μεγάλης κλίμακας οικονομίες (economies of scale), ανασχεδιασμό διαδικασιών (re-engineering) και σμικρύνσεις (downsizing), που σηματοδοτήθηκαν με προγράμματα συμπίεσης του κόστους, και ορισμένο δανεισμό, από την ιαπωνική εμπειρία διαχείρισης της ποιότητας.

### **1.2.2 Φάση Ολοκλήρωσης (Integration Phase)**

Στην περίοδο αυτή, η ΔΕΑ έχει σηματοδοτηθεί με την ανάπτυξη συστημάτων ηλεκτρονικής ανταλλαγής δεδομένων (EDI) στη δεκαετία του 1960 και αναπτύχθηκε μέχρι τη δεκαετία του 1990, κατά βάση με την εισαγωγή του «Σχεδιασμού Επιχειρηματικών Πόρων» (ERP: Enterprise Resources Planning). Τα ERP καλύπτουν την εγκατάσταση συστήματος ταχείας πληροφόρησης σε πραγματικό χρόνο εντός της επιχείρησης (real-time software) και συμβάλλουν στην ποιότητα των λειτουργικών αποφάσεων της επιχείρησης, στα πλαίσια της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Είχαν εφαρμογή με διάφορες παραλλαγές σε εταιρείες μεγάλου μεγέθους, ως υποβοηθητικό της ΔΕΑ (όπως η Microsoft, η Oracle, η SAP, κλπ.) [7]. Επίσης, από τις αρχές της δεκαετίας του 1970, αναπτύχθηκε η μέθοδος «Σχεδιασμού των Αναγκών σε Υλικούς Πόρους» (MRP: Material Requirements Planning), με περαιτέρω μετεξέλιξη στον «Σχεδιασμό της Κατανομής των Πόρων» (Distribution Resources Planning: DRP), εκλαμβανόμενος ως τεχνική και φιλοσοφία [8].

Η εποχή αυτή συνέχισε να αναπτύσσεται με την πρόοδο και επέκταση των δικτύων που στηρίζονται σε συνεργατικά σχήματα. Η εποχή αυτή εξέλιξης της εφοδιαστικής αλυσίδας χαρακτηρίζεται από αύξηση της προστιθέμενης αξίας και επικέντρωση στη μείωση του κόστους μέσω συνεργατικών δράσεων.

Η ολοκλήρωση της εφοδιαστικής αλυσίδας θεμελιώνεται σε τρία στάδια:

1. Στο πρώτο στάδιο υπάγονται οι διάφορες επιχειρηματικές λειτουργίες, όπως είναι η διαχείριση των αποθεμάτων, η αποθήκευση, ο έλεγχος υλικών, η παραγωγή κλπ., οι οποίες πλέον προσεγγίζονται με έμφαση στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.
2. Στο δεύτερο στάδιο, οι εν λόγω λειτουργίες ενσωματώνονται στο πλαίσιο ενός πληροφοριακού συστήματος ERP (Enterprise Resource Planning).
3. Στο τρίτο στάδιο επιδιώκεται η κάθετη ολοκλήρωση στην εφοδιαστική αλυσίδα, κοινώς η

επέκταση των δραστηριοτήτων της επιχείρησης υπό τον έλεγχό της.

### **1.2.3 Φάση της Παγκοσμιοποίησης (Globalization Phase)**

Η τρίτη φάση ανάπτυξης της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας αφορά τη λεγόμενη εποχή της παγκοσμιοποίησης, που χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη παγκόσμιων δικτύων συνεργασιών και την επέκταση των αλυσίδων εφοδιασμού πέρα από εθνικά σύνορα σε άλλες χώρες, ακόμη και σε άλλες ηπείρους. Η χρήση παγκόσμιων εφοδιαστικών πόρων από επιχειρήσεις και οργανισμούς έχει εμφανιστεί εδώ και κάποιες δεκαετίες σε ορισμένους κλάδους (όπως π.χ., στον κλάδο των πετρελαιοειδών, ιδιαίτερα μετά τις δύο πετρελαϊκές κρίσεις τη δεκαετία του 1970: 1973 και 1979). Έκτοτε, η εποχή χαρακτηρίζεται από μια αυξητική τάση παγκοσμιοποίησης της ΔΕΑ, με στόχευση την επίτευξη βιώσιμου ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος, μέσω χρήσης παγκόσμιων πόρων, αλλά και νέων πηγών εσόδων (διεύρυνση πελατολογίου).

### **1.2.4 Φάση Ειδίκευσης**

#### **1.2.4.1 1<sup>η</sup> Φάση Ειδίκευσης**

Στη δεκαετία του 1990, αρκετές εταιρείες μεταποίησης άρχισαν να εστιάζονται στις πιο «βασικές ικανότητές» τους, όπου διέθεταν ένα ειδικευμένο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, και να προβαίνουν σε συμφωνίες μακροχρόνιων συνεργασιών και αναθέσεων «μη βασικών δραστηριοτήτων» τους σε τρίτους (outsourcing), εξειδικευμένους στις δραστηριότητες αυτές. Αυτό συνεπαγόταν αλλαγή στις διαχειριστικές απαιτήσεις και πρακτικές, περιλαμβάνοντας επέκταση του ενδιαφέροντος της διοίκησης πέρα από τα στενά όρια της ατομικής επιχείρησης, σε ένα πλέγμα εταιρικών σχέσεων εντός ολόκληρης της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Αυτό το μοντέλο εξειδίκευσης συμπεριλαμβάνει δίκτυα παραγωγής και διανομής, που συνθέτουν πολλές μεμονωμένες εφοδιαστικές αλυσίδες για τις προμήθειες και τους προμηθευτές μέχρι τους πελάτες. Η εταιρεία που αναλαμβάνει την πρωτοβουλία συνεργάζεται με άλλους εταίρους σε ριζικό ανασχεδιασμό, στις κατασκευές, στα κανάλια διανομής, στις προμήθειες, στις πωλήσεις, στο κόστος και στην ποιότητα του προϊόντος και στην ποιοτική εξυπηρέτηση των πελατών. Το σύνολο των εταίρων της συνεργασίας θα αναπροσαρμόζεται κατ' ανάγκη, σύμφωνα με τις αλλαγές που συντελούνται στις σχετικές αγορές, στις περιοχές ενδιαφέροντος ή στα κανάλια διανομής, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες, τα τυχόν μοναδικά χαρακτηριστικά και τις ανάγκες του κάθε εταίρου, κατά περίπτωση.

#### **1.2.4.2 2<sup>η</sup> Φάση Ειδίκευσης**

Η εξειδίκευση συνολικά σε ολοκληρωμένο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας αξίας εξελίχθηκε ιδιαίτερα από τη δεκαετία του 1980, με επέκταση πέρα από τις μεταφορές, τη διαχείριση αποθηκών, κλπ., δηλαδή πέρα από τα όρια του κλασικού πεδίου των Μεταφορών και Logistics της επιχείρησης, στον ευρύτερο χώρο της εφοδιαστικής αλυσίδας αξίας συνολικά, περιλαμβάνοντας τον σχεδιασμό, την εκτέλεση και τη διαχείριση πελατών, προμηθευτών και συνεργατών.

Λόγω της φύσης της αγοράς, η οποία είναι απρόβλεπτα μεταβαλλόμενη, η ανάγκη για ετοιμότητα από όλους στην αλυσίδα με κοινό στόχο την προσαρμογή αποτελεί θεμέλιο της επιτυχίας και βιωσιμότητάς τους. Η εξειδίκευση της εφοδιαστικής αλυσίδας, κατά περίπτωση στις συνθήκες αυτές, παρέχει τη δυνατότητα στις συνεργαζόμενες επιχειρήσεις να διασφαλίσουν διαθεσιμότητα (availability), ετοιμότητα (agility) και ανθεκτικότητα (resilience) στην αντιμετώπιση απροσδόκητων αλλαγών των συνθηκών του περιβάλλοντος.

Η φάση αυτή επικεντρώνεται στην «οχύρωση» των εμπλεκόμενων μερών στην εφοδιαστική αλυσίδα, με αναλυτική σκέψη και σχεδιασμό με έμφαση στους πιθανούς αστάθμητους παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητά της, βασισμένη στην εμπειρία.

### **1.2.5 SCM 2.0 (Supply Chain Management 2.0)**

Ο όρος SCM 2.0 ορίζεται ως μια τάση στη χρήση και αξιοποίηση των δυνατοτήτων επικοινωνίας μέσω του παγκόσμιου πληροφοριακού ιστού (World Wide Web), με σκοπό τη διευκόλυνση της ανταλλαγής πληροφοριών που αποτελούν προϋπόθεση ολοκλήρωσης των καθημερινών λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας, αλλά και την αρχή στρατηγικού ανασχεδιασμού και προσαρμογής στο έντονα μεταβαλλόμενο επιχειρηματικό περιβάλλον, μέσω της συνεργασίας μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών/εταίρων (stakeholders). Συχνά, στη διαδικασία συνεχούς έρευνας και ανάπτυξης (R&D), με σκοπό το να προαχθεί περαιτέρω η δημιουργικότητα και η ανάπτυξη με αποτελεσματικό κόστος (effective cost), χρησιμοποιούνται οι όροι «προσέγγιση από πολλές πλευρές» (multi actor approach), για να τονιστεί η αναγκαιότητα συμμετοχής όλων, και «διάχυση γνώσης» (diffusion of knowledge) με σκοπό την ανοιχτή συζήτηση και διαμοιρασμό των πληροφοριών.

Η διαδικασία αυτή μειώνει τους κινδύνους από την αστάθεια των συνθηκών και ενισχύει ευρύτερα τη συλλογική ικανότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Έτσι, προκύπτουν εποικοδομητικές προτάσεις και καινοτομικές ιδέες, συμβάλλοντας σημαντικά στη βιωσιμότητα των εμπλεκόμενων μερών προς την κατεύθυνση αυτή.

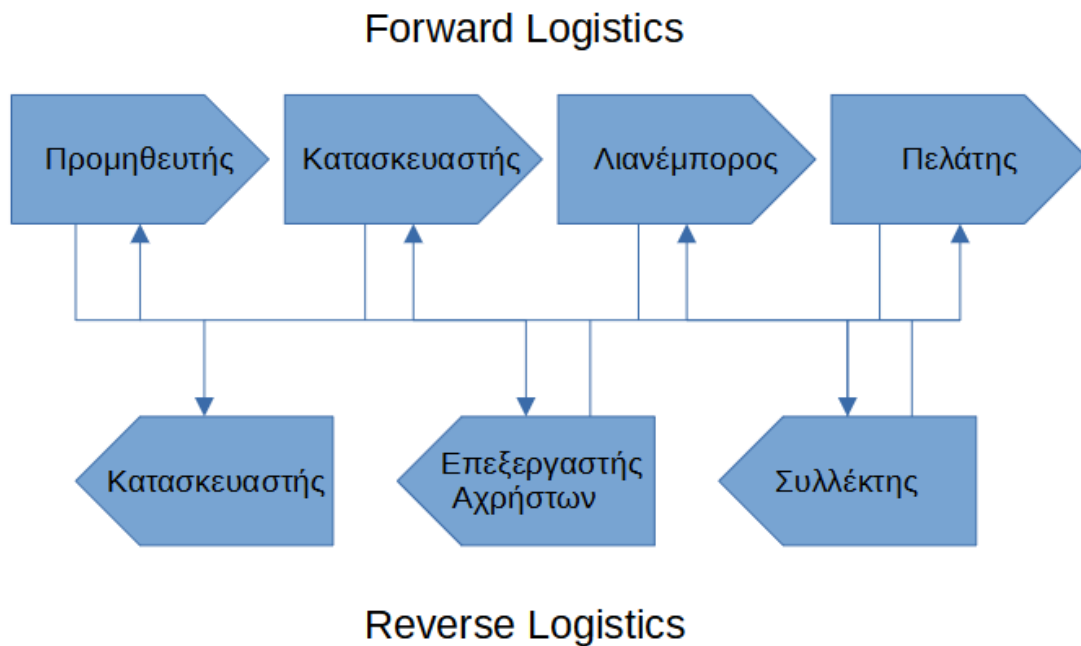
### **1.2.6 Φάση Ολοκλήρωσης: Αντίστροφη Εφοδιαστική (Reverse Logistics)**

Ένα βήμα-σταθμός στην πορεία της προόδου προς ολοκλήρωση της Εφοδιαστικής/Logistics αποτελεί η «Αντίστροφη Εφοδιαστική» (ΑΕ) (Reverse Logistics). Η πρόοδος αυτή προχώρησε σε πλήρη αναστροφή της αφετηρίας του σχεδιασμού και της υλοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας από τους τελικούς χρήστες προϊόντων, ως καταναλωτές ή πολίτες στην περίπτωση δημόσιων αγαθών [9], [10], [11], [12], [13], [14].

Η Αντίστροφη Εφοδιαστική αναγνωρίζει τον καταναλωτή σαν πηγή δημιουργίας αξίας και επίτευξης βιώσιμου ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος, με επέκταση της επιχείρησης σε ολοκληρωμένη εφοδιαστική αλυσίδα. Πιο συγκεκριμένα, το ενδιαφέρον στράφηκε εκτός από τη διάθεση των προϊόντων και στις υπηρεσίες που παρέχονται μετά την πώληση (after sales services), και μάλιστα σε όλη τη διάρκεια της ζωής των προϊόντων. Περιλαμβάνει θέματα όπως είναι η ανακύκλωση (recycling), τα διάφορα θέματα της προστασίας του περιβάλλοντος (environment protection), η αξιολόγηση του κύκλου ζωής των προϊόντων (life cycle assessment) και η βιωσιμότητα σε σχέση με την Εφοδιαστική/Logistics.

Αλλαξε δηλαδή η νοοτροπία των παραγωγικών επιχειρήσεων, όπου εστίαζαν το ενδιαφέρον τους στα νέα προϊόντα, πλέον στη διαχείριση και υποστήριξη των προϊόντων σε όλο το εύρος της διάρκειας ζωής τους, με σκοπό την απόκτηση νέων πελατών σε νέες αγορές (δευτερογενής αγορά), αλλά και τη διατήρηση των ήδη υπαρχόντων.

Η πρόοδος στην ολοκλήρωση της Εφοδιαστικής/Logistics μέσω της ΑΕ περιέχει τεχνικές πλευρές, όπως είναι η στήριξη της ανάπτυξης δευτερογενών αγορών για μεταχειρισμένα προϊόντα (secondary markets) και επιπλέον δυνητικά μεγαλύτερη φροντίδα για την προστασία του περιβάλλοντος, που έχει συμπεριληφθεί και στον ορισμό της Αειφόρου/Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΑΑ) του ΟΗΕ.



Σχήμα 2: Αντιστροφή Ροών & Αντίστροφα logistics (RL) [2]

### 1.2.7 Βιώσιμη Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Παράλληλα με την ανάπτυξη της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας και την ολοκλήρωση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, ως κλειστό σύστημα πλέον, εμφανίστηκε η ανάγκη για τη βιώσιμη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διοίκησης εφοδιαστικής αλυσίδας (ΔΕΑ). Έτσι δημιουργήθηκαν οι έννοιες της Βιώσιμης Διοίκησης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΒΔΕΑ) και η επίσημη αναγνώριση προβλήματος Αειφόρου/Βιώσιμης Ανάπτυξης και Βιωσιμότητας από τον ΟΗΕ (1987) και τη «Λέσχη της Ρώμης» (Club of Rome)(1972).

### 1.3 Η Σημασία

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζονται τα οφέλη και η σημασία της ΕΑ για τον καταναλωτή, τις επιχειρήσεις και την προστασία του περιβάλλοντος.

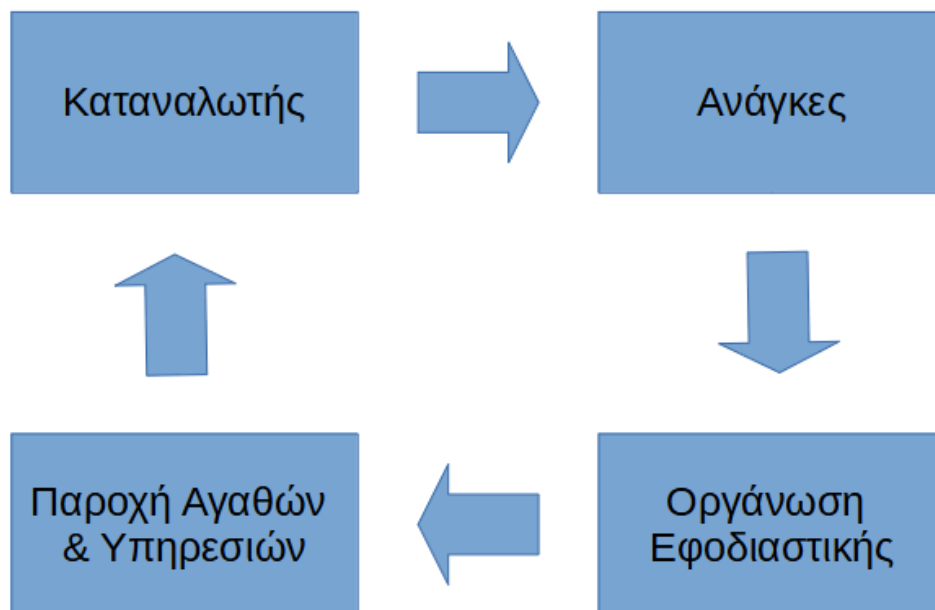
Η αξία που παράγεται από τους προσφέροντες προϊόντα/υπηρεσίες στην αγορά προέρχεται από την ικανοποίηση που παρέχεται στους καταναλωτές ως πελάτες των επιχειρήσεων ή πολίτες ως λήπτες δημόσιων αγαθών από το κράτος.

### 1.3.1 Σημασία για τους καταναλωτές

Η ανάπτυξη της εφοδιαστικής έχει συμβάλει στην ταχεία διακίνηση αγαθών από όλο προς όλο τον κόσμο, συντελώντας στην αναβάθμιση της ποιότητας της ζωής των καταναλωτών, μέσω:

- Αύξησης της ποικιλίας αγαθών.
- Διασφάλισης της διάθεσής τους όταν το επιθυμούν (διαθεσιμότητα αγαθών).
- Διασφάλισης της ποιότητας των αγαθών.
- Προσφοράς αγαθών σε καλύτερες τιμές, μέσω της καλύτερης διαχείρισης των πόρων και της συνεπαγόμενης μείωσης του κόστους.

Σκοπός δηλαδή της Εφοδιαστικής είναι να καλύψει τις ανάγκες για αγαθά/υπηρεσίες, μέσω της βέλτιστης διακίνησης αγαθών/υπηρεσιών. Ο καταναλωτής, λοιπόν, αποτελεί την αρχή του σχεδιασμού και το τέλος της αλυσίδας, με την παροχή σε αυτόν αγαθών και υπηρεσιών.



Σχήμα 3: Ο καταναλωτής αρχή και τέλος της Εφοδιαστικής [2]

### 1.3.2 Σημασία για τις Επιχειρήσεις

Η εμφάνιση και ταχεία πρόοδος της Εφοδιαστικής/Logistics εκφράζει επιχειρηματικές πρωτοβουλίες για την προσαρμογή και βιωσιμότητα της επιχείρησης, μέσα σε ένα εξ' ολοκλήρου νέο οικονομικό, κοινωνικό και οικολογικό περιβάλλον σκληρού ανταγωνισμού σε παγκόσμιο πλέον επίπεδο. Είναι αναγκαίες, λοιπόν, οι δράσεις συνεργασίας και σύμπραξης μεταξύ των επιχειρήσεων σε ολόκληρο το πλέγμα της εφοδιαστικής αλυσίδας, από τις προμήθειες πρώτων υλών μέχρι τους τελικούς καταναλωτές. Με τον τρόπο αυτό θα αποκομίσουν πολλαπλασιαστικά «συνεργικά αποτελέσματα» (π.χ. μέσω αξιοποίησης οικονομιών κλίμακας) από τη συνεργατική δράση σε ολόκληρη την αλυσίδα.

Αυτά συμπεριλαμβάνουν τον προσδιορισμό βέλτιστων λύσεων και πρακτικών σε λειτουργικό επίπεδο, τον εντοπισμό των οικονομικότερων και καλύτερης ποιότητας υλικών σε επίπεδο παγκόσμιων αγορών (παγκοσμιοποίηση πηγών προμηθειών) και παράλληλα την εμφάνιση νέων ιδεών και μετατροπής τους σε εμπορεύσιμες καινοτομίες (innovations). Πρόσθετη θετική επίδραση



ασκεί η παράλληλη ταχεία πρόοδος της διαδικτυακής επικοινωνίας μέσα σε όλο το κύκλωμα των συνεργαζόμενων επιχειρήσεων.

### **1.3.3 Σημασία για το περιβάλλον**

Η σημασία της Εφοδιαστικής Αλυσίδας/Logistics για το περιβάλλον αναφέρεται στην υιοθέτηση της οικολογίας και της προστασίας του περιβάλλοντος στον σχεδιασμό και την οργάνωσή της. Η ενσωμάτωση αυτών βρίσκεται στις Αντίστροφες Εφοδιαστικές και στις Πράσινες Εφοδιαστικές Αλυσίδες, οι οποίες ενσωματώνουν πλήρως την έννοια της βιωσιμότητας (sustainability).

Στη συνέχεια θα αναφερθούν κάποιες πλευρές του θέματος της προστασίας του περιβάλλοντος:

- Η εκδήλωση επίσημου ενδιαφέροντος για την προστασία του περιβάλλοντος υπάρχει για πάνω από δύο αιώνες, μετά τη βιομηχανική επανάσταση.
- Όποια ενασχόληση με το θέμα της προστασίας του περιβάλλοντος ή ορισμένων πλευρών αυτού, συνιστάται να εντάσσεται στα πλαίσια της ολοκληρωμένης ΒΔΕΑ.
- Ο αυξανόμενος επιχειρηματικός ανταγωνισμός, που άσκησε πιέσεις στην ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων, λειτούργησε στην ίδια κατεύθυνση με την ευαισθητοποίηση για το περιβάλλον, συνθέτοντας παράλληλα το πρόβλημα επιχειρήσεων και οργανισμών στο εντελώς νέο περιβάλλον και συνθήκες αλληλεξάρτησης [15].
- Λόγω ευρύτερης ευαισθητοποίησης και θέσπισης νομοθεσίας και ειδικών μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος δυσχεραίνεται η αξιολόγηση του κατά πόσον πρόκειται για ευαισθητοποίηση της διοίκησης των επιχειρήσεων ή επιβολή της νομοθεσίας.
- Παρά την αύξηση της ευαισθητοποίησης και της νομοθεσίας για την προστασία του περιβάλλοντος, τα διάφορα φαινόμενα, όπως η τρύπα του όζοντος, του θερμοκηπίου, η τήξη των πάγων της Αρκτικής και ευρύτερα οι διαγραφόμενοι κίνδυνοι σοβαρής διατάραξης της οικολογικής ισορροπίας και επικίνδυνης «αλλαγής του κλίματος», δυσχεραίνονται.
- Η αξιοποίηση των αποβλήτων αλλά και των επιστρεφόμενων προϊόντων ως πηγή αξίας αποτελεί πλέον ισχυρή κοινωνική επιταγή, μέσω οργανωμένης, ολοκληρωμένης εφοδιαστικής διαχείρισης στην ανάστροφη (αντίστροφη) εφοδιαστική αλυσίδα (Reverse Logistics).

## **1.4 Στόχοι της Εφοδιαστικής/Logistics**

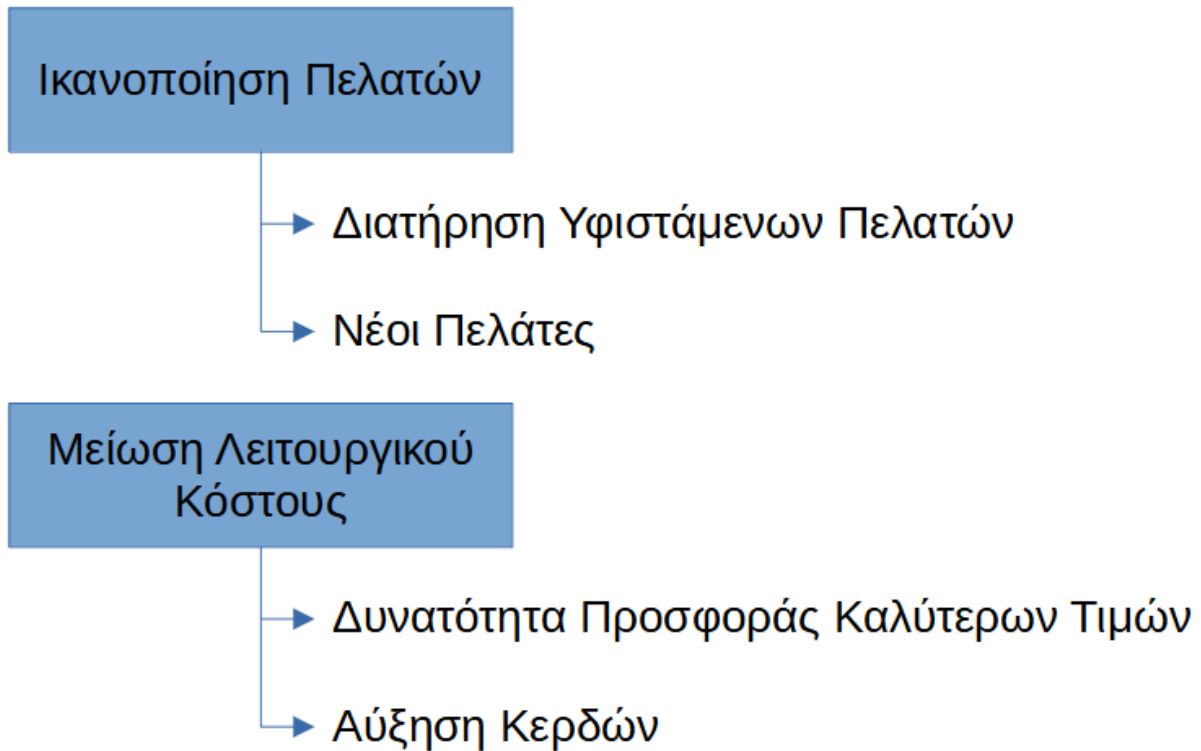
Θα μπορούσαμε να χωρίσουμε τους στόχους της Εφοδιαστικής σε δύο κατηγορίες, στους Γενικούς στόχους και τους Επιμέρους στόχους. Οι Γενικοί στόχοι αφορούν το γενικό πλαίσιο σύμφωνα με το οποίο η Εφοδιαστική λειτουργεί. Οι Επιμέρους στόχοι αφορούν το πώς θα επιτευχθούν οι Γενικοί στόχοι μέσω της βέλτιστης διαχείρισης «λειτουργιών», όπως για παράδειγμα η βέλτιστη διαχείριση αποθεμάτων.

### **1.4.1 Γενικοί στόχοι της Εφοδιαστικής**

Στόχος της Εφοδιαστικής (Logistics) είναι η ικανοποίηση των επιχειρησιακών της στόχων με το μικρότερο δυνατό κόστος. Σύμφωνα με τον Gattorna (1997) [16], η Εφοδιαστική επιδιώκει να

βρίσκεται «το σωστό προϊόν, στη σωστή ποσότητα και ποιότητα, στον σωστό τόπο, στον σωστό χρόνο, με το σωστό (ελάχιστο δυνατό) κόστος».

Η εφοδιαστική λοιπόν καλείται να παρέχει ποιοτικά προϊόντα/υπηρεσίες σε τιμές προσιτές προς τους πελάτες της και παράλληλα να έχει κέρδος από αυτά, ενώ ελαχιστοποιεί τα λειτουργικά κόστη της.



Σχήμα 4: Βασικοί στόχοι της Εφοδιαστικής [2]

Με άλλα λόγια, οι καταναλωτές πρέπει να βρίσκουν αυτό που θέλουν (ποιότητα), όταν το θέλουν (διαθεσιμότητα) και στην τιμή που είναι σε θέση να το αποκτήσουν (εφικτή τιμή αγοράς). Αυτό προϋποθέτει σε όλη την αλυσίδα να ικανοποιείται ο επόμενος κόμβος (πελάτης), ώστε τελικά να ικανοποιείται ο τελικός πελάτης της αλυσίδας, δηλαδή τα νοικοκυριά [2].

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στη φάση που βρίσκονται πλέον οι Εφοδιαστικές Αλυσίδες, η μείωση του κόστους δεν αφορά μόνο τα οικονομικά μεγέθη αλλά τόσο το κοινωνικό όσο και το περιβαλλοντικό κόστος. Αυτό είναι βέβαιο, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το πλαίσιο λειτουργίας της Βιώσιμης Διοίκησης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΒΔΕΑ).

#### 1.4.2 Επιμέρους στόχοι της Εφοδιαστικής

Οι επιμέρους στόχοι της εφοδιαστικής έχουν να κάνουν με:

- το υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης μέσω της βέλτιστης διαχείρισης αποθεμάτων,
- την ελαχιστοποίηση των αποκλίσεων από τις προβλέψεις και τις αβεβαιότητες για τη ζήτηση,
- τον έλεγχο της ποιότητας των υπηρεσιών δηλαδή μέσω της συνέπειας και της αξιοπιστίας.

#### 1.4.2.1 Υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης με βέλτιστη διαχείριση αποθεμάτων

Το απόθεμα είναι ένα σημαντικό κομμάτι για την κάλυψη της ζήτησης μέσα στην αλυσίδα. Απόθεμα δημιουργείται σε όλα τα στάδια της αλυσίδας, από το απόθεμα των πρώτων υλών στα εργοστάσια μέχρι το απόθεμα των τελικών προϊόντων στα αποθηκευτικά κέντρα, στα καταστήματα (είτε σε ράφια είτε στις αποθήκες) μέχρι και στους τελικούς καταναλωτές.



Σχήμα 5: Απόθεμα στις φάσεις μιας Εφοδιαστικής Αλυσίδας [2]

Παρότι όμως τα αποθέματα αποτελούν πολύ σπουδαίο στόχο για την εφοδιαστική, τα υψηλά αποθέματα συνεπάγονται και υψηλά κόστη αποθήκευσης, ενώ τα χαμηλά αυξάνουν τον κίνδυνο η επιχείρηση να μη μπορεί να καλύψει τη ζήτηση. Ο τρόπος με τον οποίο μία επιχείρηση αντιμετωπίζει το παραπάνω φαινόμενο είναι χρησιμοποιώντας εργαλεία για πρόβλεψη της ζήτησης κι έχοντας εξασφαλίσει την αξιοπιστία της εφοδιαστικής αλυσίδας της.

#### 1.4.2.2 Ελαχιστοποίηση αποκλίσεων από προβλέψεις και αβεβαιότητες

Στην πραγματικότητα, ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί η αγορά είναι ο εξής: το απόθεμα πρέπει να υπάρχει ήδη πριν τη ζήτηση, που στην πραγματικότητα είναι άγνωστη. Άρα, μια όσο γίνεται καλύτερη πρόβλεψη της ζήτησης στο μέλλον μπορεί να εξασφαλίσει στην επιχείρηση ότι όταν θα γίνει η ανατροφοδότηση του αποθέματος, αυτό θα καλύψει τη ζήτηση στην πλειοψηφία της.

Καταλήγουμε λοιπόν ότι όσο μικρότερες είναι οι αποκλίσεις από την πραγματική ζήτηση, τόσο ποιοτικότερη είναι και η εξυπηρέτηση των πελατών, αφού από τη μια πλευρά η ζήτηση έχει καλυφθεί και από την άλλη το κόστος αποθήκευσης δεν επιβαρύνει την τελική τιμή πώλησης. Είναι αναγκαίο λοιπόν η επιχείρηση να επενδύσει σε εργαλεία τα οποία με τη χρήση πολλών κριτηρίων είναι σε θέση να προβλέψουν τη μελλοντική ζήτηση και παράλληλα να έχει δημιουργήσει μια εφοδιαστική αλυσίδα η οποία να είναι σε θέση να ανταπεξέλθει στην αβεβαιότητα και τη μεταβλητότητα της αγοράς.

#### 1.4.2.3 Έλεγχος ποιότητας υπηρεσιών

Ο στόχος αυτός αφορά τη διασφάλιση της ποιότητας σε όλη την πορεία του εφοδιασμού της εφοδιαστικής αλυσίδας. Με τον όρο διασφάλιση της ποιότητας αναφερόμαστε στην ελαχιστοποίηση των λαθών που μπορούν να γίνουν σε κάθε φάση της αλυσίδας και επηρεάζουν το χρόνο και την ακρίβεια των ενεργειών της επιχείρησης.

Άρα είναι πολύ σημαντικό να ελέγχεται η συνέπεια προς τους πελάτες και να παρακολουθείται καθημερινά η επίδοση της ποιότητας των υπηρεσιών. Επειδή λοιπόν, το ποιοτικό θέμα έχει μεγάλη σημασία στις επιδόσεις της επιχείρησης, τα κυριότερα στοιχεία είναι τα εξής:

- **Διαθεσιμότητα (availability).** Η διαθεσιμότητα αναφέρεται στην ικανότητα της επιχείρησης να έχει πάντοτε αρκετά διαθέσιμα αποθέματα, προκειμένου να εξυπηρετεί τις ανάγκες της παραγωγής και των πελατών. Επιπλέον, απαραίτητος είναι ο σχεδιασμός που θα εξασφαλίζει συνεχώς τις ζητούμενες ποσότητες των προϊόντων, την ώρα που τις χρειάζεται η αγορά. Ωστόσο, λόγω του ότι η αύξηση της διαθεσιμότητας συνεπάγεται ορισμένο κόστος, ανακύπτει θέμα «αποδοτικού κόστους» και ανάλυσης «κόστους/οφέλους», προκειμένου να γίνει θέμα επιλογής «άριστου επιπέδου διαθεσιμότητας προϊόντος» [7].
- **Δυναμικότητα (capacity).** Η δυναμικότητα αναφέρεται στην ικανότητα του συστήματος να διακινεί, μέσα στο χρονικό διάστημα που του έχουν ορίσει, τις ζητούμενες ή τις παραγόμενες ποσότητες. Η δυναμικότητα αναφέρεται επίσης στην ταχύτητα εκτέλεσης των παραγγελιών και στη συνέπεια, δηλαδή, στην επίτευξη αυτής της ταχύτητας συνεχώς επί καθημερινής βάσεως.
- **Συνέπεια (consistency).** Το τρίτο στοιχείο της ποιότητας είναι η συνέπεια, δηλαδή η δυνατότητα του συστήματος να παραδίδει, συνεχώς και επί καθημερινής βάσεως στους χρήστες του συστήματος, τα προϊόντα που ζητούνται σε καλή κατάσταση, χωρίς λάθη, σωστά επισημασμένα, έτσι ώστε ο χρήστης να είναι βέβαιος ότι τα προϊόντα που παραλαμβάνει είναι αυτά που παρήγγειλε και μάλιστα βρίσκονται στη σωστή κατάσταση και ποιότητα.

## 1.5 Καθημερινές λειτουργίες

Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούν και θα αναλυθούν οι καθημερινές λειτουργίες ή διαδικασίες Logistics και ο ρόλος της Εφοδιαστικής στις επιχειρήσεις.

Οι βασικές λειτουργίες Logistics που λαμβάνουν χώρα επί καθημερινής βάσεως και πραγματοποιούν το κύκλωμα εφοδιασμού σε μία επιχείρηση είναι:

- Αγορές-Προμήθειες
- Διαχείριση αποθεμάτων
- Διακίνηση (μεταφορές/διανομές)
- Αποθήκευση

### 1.5.1 Αγορές-Προμήθειες

Ο όρος αγορές ή προμήθειες αναφέρεται στην εργασία απόκτησης προϊόντων ή υπηρεσιών από τρίτους, από προμηθευτές και από πηγές εκτός της επιχείρησης. Οι αγορές αυτές μπορεί να αναφέρονται σε προϊόντα που θα ενσωματωθούν στο τελικό προϊόν και μπορεί να είναι πρώτες ύλες ή μπορεί να είναι υλικά συσκευασίας, ακόμη και ενέργεια (καύσιμα, ηλεκτρισμός) ή τέλος, να είναι και υπηρεσίες.

### 1.5.2 Διαχείριση αποθεμάτων

Ο όρος αυτός αναφέρεται στην εργασία του υπολογισμού του άριστου επιπέδου των προϊόντων που θα πρέπει να διατηρεί μια επιχείρηση για να διεκπεραιώνει με επιτυχία τις εργασίες της. Με άλλα λόγια, πόσο, ποια ποσότητα και πότε, δηλαδή, σε ποια χρονική στιγμή θα γίνουν οι παραγγελίες προς τον προμηθευτή. Η εξεύρεση του άριστου ύψους αποθεμάτων είναι ένα πολύ δύσκολο

πρόβλημα, το οποίο όμως απαιτεί την άμεση και αποτελεσματική λύση του, διότι επηρεάζει άμεσα το κόστος στην επιχείρηση και την εξυπηρέτηση των πελατών.

### 1.5.3 Διακίνηση: Μεταφορές-Διανομές

Ο όρος διακίνηση συνδέεται με την εργασία εξεύρεσης του άριστου τρόπου της φυσικής μετακίνησης των προϊόντων που έχει παραγγείλει η επιχείρηση, από τις εγκαταστάσεις του προμηθευτή έως τις δικές της εγκαταστάσεις. Το κόστος διακίνησης αποτελεί ένα από τα πιο αξιόλογα στοιχεία του συνολικού κόστους που πρέπει να μελετηθεί με προσοχή, κατά τον σχεδιασμό του συστήματος Logistics. Η εργασία αυτή περιλαμβάνει την προσπάθεια εξεύρεσης των κατάλληλων μέσων μεταφοράς, αν τα μέσα αυτά θα είναι ιδιόκτητα ή όχι και αν όχι, τότε να βρεθεί κάποιος μεταφορέας.

Οι διανομές από τις μεταφορές διαφέρουν στο ότι οι πρώτες έχουν ως αντικείμενο τη διακίνηση των τελικών προϊόντων στους πελάτες της εταιρείας, ενώ οι μεταφορές αναφέρονται στη μεταφορά των προϊόντων από την παραγωγή προς τις αποθήκες ή των πρώτων υλών προς τα εργοστάσια.

Το κόστος μεταφοράς των πρώτων υλών είναι τόσο σημαντικό, που πολλές φορές καθορίζει την επιλογή της τοποθεσίας του εργοστασίου. Οι διανομές παίζουν πολύ μεγάλο ρόλο στις εταιρείες που παράγουν και διακινούν καταναλωτικά προϊόντα και οι οποίες έχουν χιλιάδες πελάτες και έχουν και πάρα πολλά σημεία που χρειάζεται να εξυπηρετήσουν και για αυτό επιβάλλεται να διακρίνονται και να αντιμετωπίζονται διαφορετικά από τις μεταφορές.



Σχήμα 6: Μεταφορές και διανομές στην Εφοδιαστική Αλυσίδα (ΕΑ) [2]

### 1.5.4 Αποθήκευση

Η αποθήκευση αναφέρεται στον σχεδιασμό, την οργάνωση και τη λειτουργία της αποθήκης. Δηλαδή, σχετίζεται με την εκτέλεση της εργασίας παραλαβής, φύλαξης, εξαγωγής και παράδοσης των προϊόντων στους πελάτες.

Οι εργασίες που γίνονται μέσα στην αποθήκη είναι η οργάνωση των χώρων, η επιλογή των μέσων που θα χρησιμοποιηθούν για τη μετακίνηση των προϊόντων, η επιλογή του εξοπλισμού των ραφιών και των άλλων μηχανημάτων, η λογιστική παρακολούθηση των αποθεμάτων, η εξασφάλισή τους από κλοπές ή διαρροές ή ακόμη από φθορές και ζημιές.

Γενικά στην αποθήκη εκτελούνται πολλές εργασίες που βοηθούν να φτάσει το τελικό προϊόν στον τελικό του προορισμό. Στόχος είναι η επίτευξη του επιθυμητού επιπέδου εξυπηρέτησης των πελατών, με το ελάχιστο επενδυτικό και λειτουργικό κόστος.

### 1.5.5 Ρόλος της Εφοδιαστικής στις επιχειρήσεις

Ο ρόλος της Εφοδιαστικής/Logistics ευρύτερα στις επιχειρήσεις απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1):

Πίνακας 1: Λειτουργική Αλληλεξάρτηση Παραγωγής, Logistics και Marketing [2]

Συνεκτικός ρόλος της Εφοδιαστικής/Logistics				
Παραγωγή	Logistics			Marketing
	Σύνδεση (Παραγωγής με Logistics)	Λειτουργίες	Σύνδεση (Logistics με Marketing)	
Ποιοτικός Έλεγχος	Προγραμματισμός Παραγωγής	Μεταφορές	Εξυπηρέτηση Πελατών	Προώθηση
Σχεδιασμός Δυναμικότητας	Προμήθειες α' υλών	Διαχείριση Αποθεμάτων		Έρευνα Αγοράς
Σχεδιασμός Εργασίας	Μεταφορές α' υλών	Αγορές/ Προμήθειες		Μίξη Προϊόντων
Μέτρηση Εργασίας	Αποθήκη α' υλών	Αποθήκευση		Διαχείριση Πωλήσεων

Από τον πίνακα μπορούμε εύκολα να διακρίνουμε ότι η εφοδιαστική όχι μόνο συνδέεται με την παραγωγή, μέσω του προγραμματισμού της παραγωγής, και την πλήρη διαχείριση των πρώτων υλών, αλλά και ότι συνδέεται με το Marketing, μέσω της εξυπηρέτησης των πελατών. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι αποτελεί τον συνδεδετικό κρίκο ο οποίος κρατάει την επιχείρηση ολοκληρωμένη και διασφαλίζει την ομαλή ροή της παραγωγικής διαδικασίας.

Οι επιχειρήσεις εξετάζουν και την εναλλακτική δυνατότητα ανάθεσης ορισμένων διαδικασιών σε τρίτους (outsourcing) κι έχει σκοπό την εστίαση της διοίκησης της εταιρείας στις δραστηριότητες εκείνες της αλυσίδας αξίας στις οποίες αυτή διαθέτει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Εξοικονομείται λοιπόν κεφάλαιο για την αναθέτουσα εφοδιαστική αλυσίδα και ίσως και σχετικά χαμηλό κόστος για την ανατιθέμενη διαδικασία, με την προϋπόθεση ότι θα τηρηθούν οι προδιαγραφές ποιότητας και ταχύτητας. Οι εξωτερικές αναθέσεις μπορεί να περιλάβουν τις προμήθειες υλικών και κατασκευαστικών στοιχείων, αλλά ακόμη και υπηρεσιών που εκτελούνταν παραδοσιακά εντός της επιχείρησης, όπως της αποθήκευσης και των μεταφορών. Στη βιβλιογραφία μπορεί κάποιος να βρεί τη διαδικασία σαν outsourcing ή/και σαν Εφοδιαστική Τρίτων Μερών (Third Party Logistics, 3PL).

### 1.6 Κόστος και Επιδόσεις

Στην παράγραφο αυτή θα αναφερθεί η σχέση κόστους και βραχυπρόθεσμης αποδοτικότητας για την επιχείρηση, οι μακροπρόθεσμες επιδόσεις της και τέλος η σπουδαιότητα της Εφοδιαστικής/Logistics.

Από τη διαθέσιμη εμπειρία έχει δημιουργηθεί ένα τρίπτυχο κινήσεων της επιχειρηματικής ηγεσίας, με σκοπό τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας και τη βιωσιμότητα μέσω επίτευξης των στόχων [17]:

1. Διαφοροποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας και των επιχειρηματικών στρατηγικών για αποτελεσματική υλοποίηση των προγραμματικών στόχων.
2. Ανασχεδιασμός με σκοπό τη δημιουργία μιας σύγχρονης οργάνωσης εφοδιαστικής αλυσίδας.
3. Επιλογή αποδεκτού επιπέδου επιδόσεων για ολόκληρο τον οργανισμό.

Το παραπάνω τρίπτυχο έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς επιτρέπει τον έλεγχο και την αξιολόγηση, με τρόπο ώστε να διασφαλίζονται οι προδιαγραφές κόστους, ποιότητας και χρόνου. Έχει παρατηρηθεί ότι οι επιχειρήσεις που δίνουν προσοχή και προβαίνουν σε ολοκληρωμένη παρακολούθηση και επιμέτρηση των επιδόσεων επιτυγχάνουν σημαντικές βελτιώσεις της συνολικής παραγωγικότητας [2].

Τα πιο συνηθισμένα μεγέθη τα οποία χρησιμοποιούμε για να κάνουμε ανάλυση των επιδόσεων μιας επιχείρησης είναι :

- κόστος
- εξυπηρέτηση των πελατών
- παραγωγικότητα εργασιών
- χρήση υποδομών
- ποιότητα

Γενικά για τις εφοδιαστικές αλυσίδες προκύπτει μια σειρά από επιπλέον προβλήματα, τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη στην κοστολόγηση. Η Εφοδιαστική/ Logistics λαμβάνεται ως μια σειρά από διαδικασίες ή λειτουργίες, κάθε μια από τις οποίες έχει ορισμένη επιβάρυνση σε κόστος, ενώ οι λειτουργίες σαν σύνολο αποσκοπούν στην επίτευξη των επιχειρησιακών στόχων της εφοδιαστικής αλυσίδας, με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Δεδομένου ότι το κόστος και η ποιότητα των υπηρεσιών στους πελάτες αποτελούν τους καθοριστικούς παράγοντες των επιδόσεων και της βιωσιμότητας της ολοκληρωμένης οργάνωσης της εφοδιαστικής αλυσίδας, αυτά θα πρέπει να εξετάζονται σε σχέση με τον σχεδιασμό, την οργάνωση και τον έλεγχο για την επίτευξη των στόχων της επιχείρησης [2].

Το κόστος της Εφοδιαστικής αποτελεί σημαντικό στοιχείο του συνολικού κόστους του προϊόντος που επηρεάζει άμεσα την τιμή πώλησης στους πελάτες/καταναλωτές. Αυτό περιλαμβάνει τις δαπάνες μεταφορών, τις δαπάνες αποθήκης, το κόστος διατήρησης αποθεμάτων, το κόστος ελέγχου και απογραφής των αποθεμάτων, το κόστος της φυσικής διακίνησης των προϊόντων μέσα στους χώρους της αποθήκης και της επιχείρησης γενικά, το κόστος διακίνησης των πληροφοριών σχετικά με τη λήψη παραγγελιών, με τη διεκπεραίωση των παραγγελιών, το κόστος των κτηρίων και των μηχανημάτων, οι αποσβέσεις τους κλπ. Επομένως, η αποτελεσματική διαχείριση της Εφοδιαστικής μπορεί να επιφέρει μείωση του συνολικού κόστους, με συνεπαγόμενη δυνατότητα μείωσης της τιμής πώλησης των προϊόντων της επιχείρησης προς όφελος των νοικοκυριών [2].

## 2. ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Η βιωσιμότητα είναι μία δυναμική διαδικασία η οποία στηρίζεται σε τρεις βασικούς πυλώνες: την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον. Η εξέλιξη της τεχνολογίας, η παγκοσμιοποίηση και η γενικότερη εξέλιξη της κοινωνίας μας τα τελευταία χρόνια δημιούργησαν την ανάγκη στους καταναλωτές για ποιοτικά και οικονομικά προϊόντα. Φυσικά όλο αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη ραγδαία εξέλιξη των εφοδιαστικών αλυσίδων, όμως παράλληλα με την εξέλιξη αυτή, η αυξημένη ζήτηση, η παραγωγή και η διακίνηση αγαθών επιβάρυνε σημαντικά το φυσικό και αστικό περιβάλλον (ρύπανση, θόρυβος κ.ά.). Δημιουργήθηκε έτσι μια οικολογική συμπεριφορά στη κοινωνία, η οποία σαν σκοπό έχει να διασφαλίσει τη βιωσιμότητα του πλανήτη και το μέλλον των επόμενων γενεών.

### 2.1 Βιωσιμότητα και Βιώσιμη Ανάπτυξη

Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης λοιπόν και η σημασία που της αποδίδεται σήμερα διαμορφώθηκε τις τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα. Προέκυψε από την ανησυχία των κοινωνιών για τα περιβαλλοντικά προβλήματα και τις επιπτώσεις αυτών στην υγεία και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων, καθώς και την ανάπτυξη της οικονομίας, αφού η συνεχώς αυξανόμενη παραγωγή έχει άμεσο αντίκτυπο στους περιορισμένους φυσικούς πόρους του πλανήτη.

Ιστορικά, η βιώσιμη ή αειφόρος ανάπτυξη ορίστηκε για πρώτη φορά το 1987 στην Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη από την GroHarlem Brundtland [18], την τότε πρωθυπουργό της Νορβηγίας. Στην τελική έκθεση της επιτροπής με τίτλο «Το Κοινό μας Μέλλον» που ονομάστηκε επίσης και έκθεση Brundtland, η βιώσιμη ανάπτυξη ορίστηκε ως: «Η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να δεσμεύει τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιούν τις δικές τους ανάγκες».

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (World Commission on Environment and Development, WCED), η βιωσιμότητα συνεπάγεται την προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, καθώς και την εξασφάλιση της κοινωνικής και της οικονομικής πρόνοιας για την παρούσα και τις επόμενες γενιές [18]. Ωστόσο η βιώσιμη ανάπτυξη δεν έχει σαν στόχο την εξασφάλιση του μέλλοντος θυσιάζοντας την ανάπτυξη του παρόντος, αλλά τη διασφάλιση ότι η χρήση των πόρων θα γίνεται ορθολογικά. Σήμερα λοιπόν, είναι αποδεκτό ότι η βιωσιμότητα είναι μια δυναμική διαδικασία που στηρίζεται στους τρεις πυλώνες: την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον [2].

- Όταν αναφερόμαστε στον πυλώνα της οικονομίας αναφερόμαστε στην επιχειρηματική βιωσιμότητα, δηλαδή στο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και τα καλύτερα οικονομικά αποτελέσματα.
- Όταν αναφερόμαστε στον πυλώνα της κοινωνίας αναφερόμαστε στα κοινωνικά οφέλη όπως την μείωση της ανεργίας, τις συνθήκες εργασίας και τη στήριξη του τοπικού πληθυσμού.
- Όταν αναφερόμαστε στον πυλώνα του περιβάλλοντος αναφερόμαστε στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα, δηλαδή στα περιβαλλοντικά οφέλη όπως μείωση ρύπων, επαναχρησιμοποίηση υλικών, πρώτων υλών κ.ά.

Η βιωσιμότητα όμως δεν είναι εφικτή χωρίς τη συλλογική προσπάθεια των κοινωνιών, τόσο σε θεσμικό επίπεδο όπως η θέσπιση νόμων για τη διαχείριση των αποβλήτων σε επιχειρήσεις, όσο και σε προσωπικό επίπεδο με τις καθημερινές επιλογές όπως της ανακύκλωσης των προϊόντων και της



αγοράς αγαθών τα οποία χρησιμοποιούν ανακυκλωμένες πρώτες ύλες.

## 2.2 Στόχοι Αειφόρου Ανάπτυξης

Σύμφωνα με τον καθηγητή Δ. Ρόκο [19], στόχους της αειφόρου ανάπτυξης αποτελούν:

- Η αναζωογόνηση της οικονομικής ανάπτυξης, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η φτώχεια μειώνει τις δυνατότητες των ανθρώπων να χρησιμοποιούν συνετά τους φυσικούς πόρους και εντείνει τις πιέσεις στο περιβάλλον.
- Η προώθηση μιας κοινωνικά δίκαιης και λιγότερο ενεργοβόρου ανάπτυξης.
- Η ικανοποίηση των αναγκών του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού στις αναπτυσσόμενες χώρες (σωστή διατροφή, απαραίτητη ενέργεια, στέγαση, καθαρό νερό, υγιεινές συνθήκες διαβίωσης, ιατρική περίθαλψη) και η δημιουργία ευκαιριών απασχόλησης για την εξασφάλιση των αναγκαίων καταναλωτικών αγαθών.
- Η δημογραφική σταθεροποίηση στις μεγάλες πόλεις του Τρίτου Κόσμου, όπου οι ελλείψεις κατοικίας, νερού, υγιεινής και μαζικών μεταφορών είναι ιδιαίτερα οξείες.
- Η διατήρηση και αναβάθμιση των φυσικών πόρων, οι οποίοι πιέζονται από το υψηλό επίπεδο κατανάλωσης των βιομηχανικών χωρών, σε συνδυασμό με τον αυξανόμενο πληθυσμό και την κατανάλωση των αναπτυσσόμενων χωρών. Οι προοπτικές εναλλακτικών λύσεων στην αγροτική παραγωγή, στις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες και στην ενέργεια είναι σημαντικές για τη μείωση της ατμοσφαιρικής και της υδατικής ρύπανσης.
- Ο επαναπροσδιορισμός των τεχνολογιών, μέσω στροφής προς προϊόντα φιλικότερα στο περιβάλλον, με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, με δυνατότητα ανακύκλωσης ή εξοικονόμησης ενέργειας κλπ.
- Η συμφωνία οικονομικών και περιβαλλοντικών στόχων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, με κοινωνική ευθύνη, αναγνώριση των ορίων της επιστήμης και της τεχνολογίας, αναγνώριση των μακροπρόθεσμων συνεπειών που επιφέρουν οι σημερινές αποφάσεις.

Η αειφορία απαιτεί ευρύτερη συμμετοχή στις ευθύνες και στις αποφάσεις και ευρύτερη πρόσβαση των πολιτών στις πηγές πληροφοριών.

## 2.3 Βιώσιμες Εφοδιαστικές Αλυσίδες

Οι Ahi & Searcy (2013) έδωσαν τον ορισμό για τις βιώσιμες εφοδιαστικές αλυσίδες: «Η διαχείριση βιώσιμων αλυσίδων εφοδιασμού αφορά στη δημιουργία συντονισμένων αλυσίδων εφοδιασμού μέσω της εθελοντικής ένταξης οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων μέσω κύριων διεπιχειρησιακών επιχειρηματικών συστημάτων, τα οποία έχουν σχεδιαστεί για την αποδοτική και αποτελεσματική διαχείριση των ροών υλικών, πληροφοριών, και κεφαλαίων που σχετίζονται με την προμήθεια, την παραγωγή και τη διανομή προϊόντων ή υπηρεσιών, προκειμένου να υπάρχει ανταπόκριση στις απαιτήσεις των εταίρων και βελτίωση της κερδοφορίας, της ανταγωνιστικότητας και της συνεκτικότητας του οργανισμού σε βραχυπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο ορίζοντα» [20].

Οι Seuring & Müller (2008) προσπάθησαν να συνδυάσουν τους στόχους της βιωσιμότητας με τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας κι έδωσαν τον ορισμό: «Βιώσιμη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (Sustainable Supply Chain Management) είναι η διαχείριση του υλικού, των πληροφοριών και των ροών κεφαλαίων, καθώς και της συνεργασίας μεταξύ των επιχειρήσεων κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού, λαμβάνοντας παράλληλα τους στόχους από όλες τις διαστάσεις της βιώσιμης ανάπτυξης, δηλαδή, την οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική, τα οποία

προέρχονται από τις απαιτήσεις των πελατών και των ενδιαφερομένων μερών» [15].

Οι Wollmuth & Ivanova (2014) συμπέραναν ότι εφαρμόζοντας πρακτικές βελτιστοποίησης, όπως:

- η ανάπτυξη ακριβέστερων συστημάτων πρόγνωσης και προγραμματισμού,
- η στενή συνεργασία με τους προμηθευτές και τους πελάτες,
- η παρακολούθηση της αλυσίδας σε πραγματικό χρόνο και
- η εξασφάλιση μεγάλου βαθμού ευελιξίας

διευκολύνουν τον εντοπισμό των προβλημάτων έγκαιρα και κατευθύνουν τις διορθωτικές κινήσεις που θα πρέπει να υλοποιηθούν. Επίσης θεωρούν ότι οι συνεργασίες είναι απαραίτητες ώστε να αντιμετωπιστούν οι πολύπλοκες προκλήσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας [21].

## 2.4 Αντίστροφη Εφοδιαστική (Reverse Logistics)

Ένα σημαντικό μέρος της Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι ο τομέας της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας.

Σύμφωνα με τους Chen et al. (2005) [22], η αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα αφορά τον σχεδιασμό, εφαρμογή και έλεγχο της αποτελεσματικής και αποδοτικής ροής των πρώτων υλών, των ημιέτοιμων προϊόντων και τις σχετικές πληροφορίες που σχετίζονται με αυτά, από το σημείο της κατανάλωσης στο σημείο προέλευσης, για να αποκτήσουν εκ νέου αξία ή να απορριφθούν.

Τα επιστρεφόμενα προϊόντα, τα οποία αντιπροσωπεύουν ένα πολύ σημαντικό ποσοστό των προϊόντων που διατίθενται στην αγορά (περίπου το 30%), ανήκουν σε μία από τις επόμενες κατηγορίες:

- Αγαθά που τελείωσε η χρήση τους εξαιτίας της επιθυμίας του καταναλωτή για αλλαγή (end of use, EOU).
- Αγαθά που τελείωσε η διάρκεια ζωής τους (end of life, EOL).
- Ελαττωματικά αγαθά που πρέπει να επιστραφούν για διόρθωση.
- Αγαθά που δεν οδηγήθηκαν ποτέ στους τελικούς καταναλωτές (έμειναν ως απόθεμα στην επιχείρηση).
- Αγαθά που άδειασαν και μπορούν να ξαναγεμιστούν (refillables), όπως για παράδειγμα γυάλινα μπουκάλια και δοχεία μελάνης (cartridges).
- Μεταφορικές μονάδες οι οποίες μετακινούνται προς τις επιχειρήσεις και πρέπει να επιστραφούν πίσω (παλέτες, containers, εμπορευματοκιβώτια).

Η Αντίστροφη Εφοδιαστική λοιπόν έχει ροές οι οποίες είναι αντίθετης κατεύθυνσης της εφοδιαστικής (forward logistics) και περιλαμβάνει ένα σύνολο διαδικασιών για τη διαχείριση των υποπροϊόντων της βιομηχανίας και των επιστρεφόμενων αγαθών από όλους τους κόμβους της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι διαδικασίες αυτές είναι:

- Άμεση επαναχρησιμοποίηση (Reuse): Τα επιστρεφόμενα προϊόντα δεν υπόκεινται σε διαδικασίες επιδιόρθωσης ή αναβάθμισης (παλέτες, δοχεία, κτλ.).
- Ανακύκλωση υλικών: Η διαδικασία αυτή αναφέρεται σε επιστρεφόμενα προϊόντα των οποίων τα υλικά δύναται να χρησιμοποιηθούν στην αυθεντική παραγωγή του ίδιου προϊόντος, αλλά και σε άλλες βιομηχανίες ως πρώτες ύλες.
- Επανόρθωση (Refurbishing): Τα επιστρεφόμενα προϊόντα, μετά από ορισμένες επιδιορθώσεις, επανακτούν τη λειτουργικότητά τους σε βαθμό ικανοποιητικό.
- Αναβάθμιση: Η διαδικασία αυτή αποσκοπεί στην αναβάθμιση της ποιότητας, αλλά και των λειτουργικών δυνατοτήτων, των επιστρεφόμενων προϊόντων.
- Ανακατασκευή (Remanufacturing): Κατά τη διαδικασία αυτή, τα επιστρεφόμενα προϊόντα

αποσυναρμολογούνται διεξοδικά και κάθε τεμάχιο εξετάζεται λεπτομερώς ως προς την ακεραιότητά του.

Η προτεραιότητα που δίνεται είναι στη μείωση των αποβλήτων, στη συνέχεια στην εξάντληση όλων των δυνατοτήτων για επανεπεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση και τέλος στην ανακύκλωση για επαναφορά, σαν πρώτη ύλη, των υλικών των προϊόντων στην αρχή της εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή στην παραγωγική διαδικασία. Αναλυτικότερα για τις Αντίστροφες Εφοδιαστικές Αλυσίδες θα δούμε στο Κεφάλαιο 3 της εργασίας.

## 2.5 Διαχείριση επικίνδυνων φορτίων

Η διαχείριση επικίνδυνων φορτίων μπορεί να φαίνεται, λανθασμένα, ότι δεν ανήκει στον τομέα της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, όμως λόγω νομοθεσίας που υποχρεώνει τις εταιρείες να διαχειρίζονται τα απόβλητά τους (κάθε είδους), μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε ότι όχι μόνον ανήκει σε αυτήν, αλλά είναι κι ένα πολύ σημαντικό μέρος αυτής. Ανήκει στον κλάδο τόσο των εφοδιαστικών αλυσίδων που διαχειρίζονται τις πρώτες μεταφορές/παραδόσεις/(forward logistics), αλλά ταυτόχρονα και στον κλάδο των αντίστροφων εφοδιαστικών αλυσίδων (reverse logistics) που διαχειρίζονται το τελικό μέρος, όπου πλέον το επικίνδυνο φορτίο έχει περάσει από, για παράδειγμα, επικίνδυνη πρώτη ύλη, σε επικίνδυνο απόβλητο προς διαχείριση.

Για τη Διεθνή Οδική Μεταφορά Επικίνδυνων Εμπορευμάτων υπάρχει η Ευρωπαϊκή Συμφωνία ADR, η οποία πήρε το όνομά της από τα αρχικά των λέξεων του γαλλικού κειμένου “Accord europeen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route” (Ευρωπαϊκή Συμφωνία για τις Διεθνείς Οδικές Μεταφορές Επικίνδυνων Εμπορευμάτων). Η συμφωνία αυτή έχει συνταχθεί από την «Οικονομική Επιτροπή για την Ευρώπη» του ΟΗΕ και υπογράφηκε στη Γενεύη στις 30 Σεπτεμβρίου 1957. Έκτοτε, υπόκειται σε συνεχείς αναθεωρήσεις, οι οποίες την τελευταία δεκαετία πραγματοποιούνται ανά διετία. Η συμφωνία ADR, καθώς και:

- οι διεθνείς κανονισμοί που ισχύουν για τη σιδηροδρομική μεταφορά επικίνδυνων φορτίων RID (International Regulations concerning the carriage of Dangerous Goods by rail),
- τις εναέριες μεταφορές επικίνδυνων υλών βάσει των κανονισμών I.A.T.A. και
- τις αντίστοιχες θαλάσσιες βάσει του I.M.O. (International Maritime Organization),

κατατάσσουν τις επικίνδυνες ύλες σε διάφορες κλάσεις [2].

Ως επικίνδυνα φορτία ορίζονται οι ουσίες και τα είδη που, είτε από τη φύση τους είτε από αλληλεπίδραση με άλλα υλικά, εγκυμονούν κινδύνους για το κοινωνικό σύνολο και το περιβάλλον. Ανάλογα, λοιπόν, με τις ιδιότητές τους, τα επικίνδυνα υλικά χωρίζονται ως προς τη φύση τους σε:

1. Υγρά
  1. Εύφλεκτα (ακετόνη, βενζίνη κ.ά.).
  2. Δηλητηριώδη/Τοξικά (τοξικά απόβλητα κ.ά.).
  3. Διαβρωτικά και Καυστικά υγρά (υδροχλωρικό οξύ, θειικό οξύ κ.ά.).
2. Στερεά
  1. Εύφλεκτα (θειάφι, πριονίδι κ.ά.).
  2. Αυτανάφλεκτα (σκόνη/πούδρα αλουμινίου κ.ά.).
  3. Ύλες που σε επαφή με το νερό βγάζουν εύφλεκτο αέριο (ανθρακακασβέστιο κ.ά.).
3. Αέρια
  1. Εύφλεκτα (υδρογόνο, φυσικό αέριο κ.ά.).
  2. Ασφυξιογόνα (άζωτο κ.ά.).
  3. Τοξικά/Δηλητηριώδη (Παρασιτοκτόνα κ.ά.).

Οι επικίνδυνες ύλες υποδιαιρούνται και ανάλογα με την επικινδυνότητά τους σε πολύ επικίνδυνες, μέτρια επικίνδυνες, εξαιρετικά εύφλεκτες, πολύ εύφλεκτες, κτλ. Το κριτήριο πάνω στο οποίο βασίζεται αυτή η διάκριση των εύφλεκτων υγρών είναι το σ.α. - σημείο ανάφλεξης, π.χ., υγρό με σ.α. άνω των 21 βαθμών Κελσίου είναι πολύ εύφλεκτο.

Η ΕΕ θεσμοθέτησε επίσης με την οδηγία 96/35/EC την υποχρεωτική σύσταση και πλήρωση θέσης Συμβούλου Ασφαλείας. Ο σύμβουλος αυτός έχει την εποπτεία του συνόλου των ενεργειών που απαιτούνται από μια μεταφορική εταιρεία για το ADR και είναι αρμόδιος να υποδεικνύει στους διοικούντες ποια μέτρα πρέπει να ληφθούν, ποιες διαδικασίες πρέπει να ακολουθηθούν, ποιο δρομολόγιο είναι ασφαλέστερο, κ.λπ. Από 01.01.2000, η ύπαρξη Συμβούλου στις μεταφορικές εταιρείες ADR εμπορευμάτων είναι υποχρεωτική.

## 2.6 Βήματα προς Βιώσιμες Εφοδιαστικές Αλυσίδες

Οι Wollmuth & Ivanova (2014) προτείνουν έξι βήματα προς την ενίσχυση της βιωσιμότητας των εφοδιαστικών αλυσίδων [21]:

- *Χαρτογράφηση της εφοδιαστικής αλυσίδας:* Πολλές επιχειρήσεις δεν έχουν πλήρη εικόνα των συνδεδεμένων επιχειρήσεων στην ανάπτυξη της εφοδιαστικής τους αλυσίδας. Ένα πρώτο βήμα είναι η απογραφή των προμηθευτών, ο εντοπισμός των σημαντικότερων περιβαλλοντικών και κοινωνικών προκλήσεων που έχουν, καθώς και η ιεράρχηση των προμηθευτών.
- *Επικοινωνιακές προσδοκίες:* Εστιάζοντας στη βιωσιμότητα εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας, ένας πολύ καλός τρόπος για να επικοινωνούνται οι εταιρικές αξίες και η κουλτούρα της επιχείρησης με τους προμηθευτές και τους πελάτες είναι η δημιουργία προσδοκιών μέσω ενός προμηθευτή. Αυτό είναι ένα κρίσιμο βήμα για τη συμμετοχή των προμηθευτών στις προσπάθειες της βιωσιμότητάς τους.
- *Απόδοση προμηθευτών:* Σύμφωνα με τα πρότυπα συμμόρφωσης, η συλλογή δεδομένων από τους προμηθευτές, είτε η αυτο-αξιολόγησή τους, θα είναι ένα σημαντικό βήμα για την απόκτηση της εμπιστοσύνης τους.
- *Συνεχής κατάρτιση και ανάπτυξη ικανοτήτων των στελεχών:* Αυτό είναι ένα σημαντικό βήμα για τη βελτίωση της βιωσιμότητας και την αλλαγή συμπεριφοράς σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα. Πολλοί εξωτερικοί πόροι είναι διαθέσιμοι να υποστηρίξουν τις προσπάθειες αυτές και μερικοί είναι προσαρμοσμένοι στις ανάγκες του κλάδου.
- *Βελτίωση επιδόσεων:* Όταν οι επιδόσεις ενός προμηθευτή είναι εμφανείς, τότε, σύμφωνα με ένα πρόγραμμα ελέγχου, μπορεί να μετρηθεί η βελτίωση των επιδόσεών του. Έτσι με την πάροδο του χρόνου γίνεται εφικτό να αποκαλυφθούν οι τυχόν παραλείψεις και να εφαρμοστούν πρακτικές για περαιτέρω βελτίωση.
- *Συνεργασίες:* Πολλές εταιρείες αναγνωρίζουν ότι οι πολύπλοκες προκλήσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας δεν μπορούν να λυθούν με μεμονωμένες προσπάθειες και ότι οι συνεργασίες είναι απαραίτητες.

### 3. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ (REVERSE SUPPLY CHAIN)

Η αυξανόμενη ανησυχία για τα περιβαλλοντικά προβλήματα και η παγκόσμια ανταγωνιστικότητα προτρέπουν τους παραγωγούς/κατασκευαστές στην υιοθέτηση μεθόδων φιλικότερων προς το περιβάλλον, σε όλη την έκταση των εφοδιαστικών τους αλυσίδων. Τα περιβαλλοντικά θέματα και η βιωσιμότητα της παραγωγής τονίζονται όλο και περισσότερο από τα νομοθετικά σώματα παγκοσμίως και παράλληλα οι ενδιαφερόμενοι των θεμάτων αυτών απαιτούν από τους κατασκευαστές παγκοσμίως να συνειδητοποιήσουν τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις των δραστηριοτήτων των εφοδιαστικών τους αλυσίδων. Προκειμένου λοιπόν οι επιχειρήσεις να αυξήσουν την αποδοτικότητά τους και παράλληλα τη βιωσιμότητά τους είναι απαραίτητο να μελετήσουν λεπτομερώς τις διαδικασίες που απαρτίζουν τις εφοδιαστικές τους αλυσίδες και να τις ανασχεδιάσουν με γνώμονα το περιβάλλον και την κοινωνική ευμάρεια. Κάποιες από τις διαδικασίες αυτές είναι η μεταφορά (distribution), η αποθήκευση (warehousing), οι πρακτικές ασφαλείας, η ανάπτυξη ικανοτήτων ως εκπαίδευση προσωπικού και οι κοινωνικές πρωτοβουλίες. Αυτή η τάση οδήγησε τους παραγωγούς στη συμπερίληψη της Διοίκησης Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Reverse Supply Chain Management) στην ήδη υπάρχουσα Διοίκηση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας τους (Supply Chain Management).

Η Διοίκηση Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (RSCM) γενικά περιλαμβάνει τη μετακίνηση ανακυκλωμένων (recycled), επαναχρησιμοποιημένων (reused) και τέλους-ζωής (End-of-Life, EoL) προϊόντων, μαζί με τις πληροφορίες αυτών, από τους τελικούς χρήστες/καταναλωτές στους προμηθευτές ή/και κατασκευαστές. Η Αντίστροφη Εφοδιαστική (RSC) λοιπόν είναι η συνεργατική ευθύνη που έχουν οι καταναλωτές και οι παραγωγοί στη μείωση των αποβλήτων, με τη χρήση της ανακύκλωσης, της επαναχρησιμοποίησης και της κατάλληλης απόρριψης των μη αποδεκτών προϊόντων, με σκοπό την περιβαλλοντική βιωσιμότητα [23][24].

#### 3.1 Ιστορική Πορεία

Η Αντίστροφες Εφοδιαστικές Αλυσίδες υπήρχαν για τουλάχιστον 170 χρόνια, όμως οι πρώτες συστηματικές καταγραφές του φαινομένου της αντίστροφης εφοδιαστικής γίνονται για πρώτη φορά την περίοδο του εμφυλίου πολέμου των ΗΠΑ, το χρονικό διάστημα μεταξύ 1861-1865.

Με το τέλος του Αμερικανικού Εμφυλίου το 1865, ο Στρατηγός William Sherman αντιμετώπισε ένα μεγάλο φυσικό πρόβλημα: οι ανοιξιάτικες βροχές της Βόρειας Καρολίνας είχαν φουσκώσει τα νερά του ποταμού Neuse, καθιστώντας τη μεταφορά του στρατιωτικού φορτίου εξαιρετικά δύσκολη, κάτι το οποίο οδήγησε στην απόφαση είτε της απόρριψης είτε της επιστροφής του παλαιότερου ή πλεονάζοντος φορτίου.

Η επόμενη καταγραφή που έχουμε είναι το 1872 για την εταιρεία επίπλων Montgomery Ward, η οποία υιοθέτησε την πολιτική ότι σε περίπτωση που ο πελάτης δεν ήταν ευχαριστημένος στο 100%, μπορούσε να επιστρέψει πίσω το έπιπλο και να πάρει τα χρήματά του πίσω.

Η επόμενη εξέλιξη και καταγραφή που έχουμε είναι ξανά σε περίοδο πολέμου και πιο συγκεκριμένα στον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο το 1942. Εκείνη την περίοδο, η έλλειψη σε μέταλλα, πλαστικά και άλλα υλικά ώθησε τους κατασκευαστές στο να επεξεργαστούν το πλεόνασμα των υλικών και των αποβλήτων τους, με σκοπό τη δημιουργία πρώτης ύλης για την παραγωγή. Με τη λήξη του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου, ο στρατός των ΗΠΑ ανακύκλωσε στρατιωτικό εξοπλισμό αξίας 6,3 δισ. Δολαρίων, ως πρώτη ύλη για άλλες εφαρμογές.

Το επόμενο γεγονός που συνέβαλε στη σταδιακή αποδοχή και έστρεψε την προσοχή στην Αντίστροφη Εφοδιαστική ήταν το 1984, όταν ανακοινώθηκε στις ΗΠΑ ότι μία παρτίδα του αναλγητικού Tylenol ήταν μολυσμένη. Τότε με ταχείς ρυθμούς, οι εταιρείες Johnson & Johnson και McNeil Laboratories απέσυραν τα προϊόντα από τα ράφια των καταστημάτων και τα αντικατέστησαν με νέα βελτιωμένη συσκευασία, με προστασία παραβίασης. Το γεγονός και η ταχεία αντιμετώπιση σταδιακά καλλιέργησε την έννοια και την αποδοχή της ΑΕ στον πληθυσμό και έθεσε νέα πρότυπα για την ΑΕ.

Τα έτη 1991-1996 ήταν καθοριστικά για την εδραίωση των Αντίστροφων Εφοδιαστικών Αλυσίδων (Reverse Supply Chains), αφού ήταν η περίοδος όπου θεσπίστηκαν νόμοι που ουσιαστικά έκαναν απαραίτητη την υιοθέτηση μιας ΑΕ από κάποια επιχείρηση ή έκαναν απαραίτητη τη συνεργασία της επιχείρησης αυτής με μια άλλη, η οποία είχε ως σκοπό της την ΑΕ. Το 1991 λοιπόν, η Γερμανία εξέδωσε διάταγμα για το περιβάλλον, σύμφωνα με το οποίο καθιστούσε υποχρεωτικά προγράμματα ανακύκλωσης. Στο διάταγμα αυτό είχαν οριστεί πρόστιμα και δώξεις στους μη συμμορφωθέντες και αυστηρότερες οδηγίες όσων αφορούν τη διαχείριση και τη μεταφορά επικίνδυνων υλικών, καθώς και τις ευθύνες για την ανάκτηση επικίνδυνων αποβλήτων. Η κίνηση αυτή της Γερμανίας ώθησε στη συνέχεια το Ηνωμένο Βασίλειο να εκδώσει νόμο, ο οποίος καθιστούσε τους παραγωγούς και τους μεταφορείς υπεύθυνους για την επιστροφή και ανακύκλωση των υλικών συσκευασίας. Στη συνέχεια η Ευρωπαϊκή Ένωση το 2001, κάνοντας ένα βήμα επιπλέον από το Ηνωμένο Βασίλειο, καθιέρωσε στόχο για την επιστροφή και ανακύκλωση των υλικών συσκευασίας στο 50-65% και απαίτησε από τους συνεργάτες της να συμμορφωθούν σε αυτό, ώστε να συνεχιστεί η συνεργασία τους.

Το 1998-2000 είναι η περίοδος πλέον όπου η Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα (Reverse Supply Chain) αρχίζει να υιοθετείται από τις επιχειρήσεις και όχι πλέον μόνο από τις παραγωγικές διαδικασίες. Έτσι ξεκινάει η έρευνα της στρατηγικής εφαρμογής της ΑΕ στην καθημερινότητα. Το Συμβούλιο των Ειδικών για τις Εφοδιαστικές Αλυσίδες δημοσιεύει δύο ερευνητικά έργα στις ΑΕ. Το πρώτο ήταν του James R. Stocks και είχε ως θέμα τη δημιουργία και τη διαχείριση ενός προγράμματος Αντίστροφης Εφοδιαστικής (Reverse Logistics, RL) και το δεύτερο ήταν των Rogers και Tibben-Lemke, οι οποίοι, μετά από αντίστοιχη έρευνα σε διάφορους κλάδους της βιομηχανίας, παρουσίασαν στατιστικά ανά πεδία εφαρμογής. Επιπλέον, εκείνη την περίοδο εκδόθηκαν και κάποια άρθρα, τα οποία εστίαζαν στη βελτιστοποίηση των RL.

Ένα σημαντικό έργο, το οποίο αξίζει να αναφερθεί από εκείνη την περίοδο, είναι του Shad Dowlatshahi “Developing a Theory of Reverse Logistics” [26], στο οποίο ο συγγραφέας έδωσε μία ολιστική περιγραφή της ΑΕ με 11 παράγοντες. Στη συνέχεια χώρισε τους παράγοντες αυτούς σε 2 κατηγορίες, ως στρατηγικούς και επιχειρησιακούς.

Οι στρατηγικοί (strategic factors) αναλύονται σε:

- Στρατηγικά κόστη (Strategic Costs)
- Γενική ποιότητα (Overall Quality)
- Εξυπηρέτηση Πελατών (Customer Service)
- Περιβαλλοντικά Θέματα (Environmental Concerns)
- Νομικά Θέματα (Legislative Concerns)

Οι επιχειρησιακοί (operational factors) αναλύονται σε:

- Ανάλυση κόστους-κέρδους (Cost-Benefit analysis)
- Μεταφορά (Transportation)
- Αποθήκευση (Warehousing)
- Διαχείριση Προμηθειών (Supply Management)

- Ανακατασκευή (Remanufacturing)
- Ανακύκλωση (Recycling)
- Διαδικασία συσκευάσματος (Packaging)

Από το 2000 και μετά, μετά τη “φούσκα” του .com (dot com bubble), η οποία ήταν ουσιαστικά η περίοδος στην οποία εδραιώθηκε το ηλεκτρονικό εμπόριο, η ΑΕ ήταν πλέον αναγκαία για κάθε επιχείρηση η οποία ήθελε να έχει δραστηριότητα στο internet. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, μία Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα διαχειρίζεται και την πληροφορία η οποία προέρχεται από τον καταναλωτή/τελικό χρήστη και καταλήγει μέχρι τον παραγωγό. Στη χρονολογία που αναφερόμαστε - αναφερόμαστε κυρίως στην πληροφορία αυτή μιας κι ένα σημαντικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε από τις διαδικτυακές εταιρείες εμπορίου, όπως η Amazon και το eBay, γίγαντες της εποχής τότε αλλά και σήμερα - ήταν η δυνατότητα που έδιναν στους χρήστες να γράψουν τα δικά τους σχόλια για τον προϊόν το οποίο είχαν αγοράσει. Άλλοι λόγοι που κατέστησαν αναγκαία τη χρήση της ΑΕ ήταν οι επιστροφές των προϊόντων, οι λάθος αποστολές ή η αδυναμία αποστολής, τα φθαρμένα προϊόντα, τα προϊόντα που υπολειπούν και τέλος τα προγράμματα ανταλλαγής προϊόντων της εκάστοτε επιχείρησης.

Από το 2010 και μετά ξεκίνησε η νέα εποχή της Αντιστροφής Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Η καθιέρωση των διαδικτυακών αγορών (online shopping), των smartphones και η γενική ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας ώθησε τις επιχειρήσεις στη δημιουργία εργαλείων, τα οποία είχαν ως σκοπό τόσο την ανάλυση των επιστρεφόμενων προϊόντων όσο και την ενημέρωση των πελατών για την εξέλιξη της διαδικασίας. Εργαλεία όπως η ιχνηλάτηση του φορτηγού μεταφοράς, η αυτόματη ανάλυση του επιστρεφόμενου προϊόντος μέσω αισθητήρων, οι εφαρμογές των επιχειρήσεων τόσο για τους εργαζομένους όσο και τους πελάτες και η ενοποίηση του δικτύου μεταφοράς τόσο της πρόσθιας εφοδιαστικής (forward logistics) όσο και της αντίστροφης εφοδιαστικής (reverse logistics) είναι μόνο κάποια από αυτά.

### **3.2 Διοίκηση Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Reverse Supply Chain Management)**

Τις τελευταίες δεκαετίες, τα περιβαλλοντικά θέματα, η μείωση του κόστους και οι πιέσεις των καταναλωτών αποτελούν καθημερινά προβλήματα της Διοίκησης Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Λόγω των περιβαλλοντικών προβλημάτων όπως η εξάντληση των φυσικών πόρων, η υπερπλήρωση των Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμάτων (ΧΥΤΑ) και οι συνεχείς πιέσεις από τα νομοθετικά πρόσωπα των χωρών για διαχείριση των προϊόντων τέλους-ζωής (EoL) έχουν ωθήσει πεδία όπως τα reverse logistics, οι επιστροφές προϊόντων (return products), το remanufacturing και η επαναχρησιμοποίηση (reuse) σε ραγδαία ανάπτυξη και εξέλιξη. Η υιοθέτηση ανταγωνιστικών αντίστροφων αλυσίδων από τις επιχειρήσεις-παραγωγούς συμβάλλει στη μείωση κόστους της διαχείρισης αποθεμάτων, στις μεταφορές καθώς και στη διαχείριση αποβλήτων. Παράλληλα με αυτά χτίζονται σχέσεις με νέους πελάτες, λόγω της οικολογικής φήμης που έχει δημιουργηθεί για την επιχείρηση και εξασφαλίζεται μελλοντικό καταναλωτικό κοινό. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι η ΑΕ είναι απαραίτητο στοιχείο για μία βιώσιμη Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΔΕΑ), μιας και μέσω των δραστηριοτήτων της όχι μόνο επιτυγχάνεται μείωση κόστους και μείωση αποβλήτων αλλά δημιουργία εκ νέου αξίας, μέσω της αγοράς μεταχειρισμένων ή ανακατασκευασμένων προϊόντων. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η ΑΕ δεν αποτελεί μόνο εργαλείο μείωσης κόστους μιας ΕΑ, αλλά και σημαντικό εργαλείο βελτιστοποίησης και δημιουργίας κέρδους, γεγονός που εκτόξευσε το ακαδημαϊκό και ερευνητικό ενδιαφέρον των ερευνητών και των ειδικών στους εμπλεκόμενους τομείς.

Στη βιβλιογραφία κατά καιρούς έχουν δοθεί διάφοροι ορισμοί για τη Διοίκηση Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΔΑΕΑ). Κάποιοι από αυτούς είναι των Prahinski και Kocabasoglu (2006) [25], οι οποίοι όρισαν τη ΔΑΕΑ ως εξής: “Διοίκηση Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας ονομάζουμε την αποτελεσματική και βέλτιστη διαχείριση των ενεργειών οι οποίες χρειάζονται για την ανάκτηση ενός προϊόντος από τον καταναλωτή είτε για την κατάλληλη απόρριψη του είτε για ανάκτηση της αξίας του”. Οι Chen et al. (2005) [22] ορίζουν τη ΔΑΕΑ ως “Τον σχεδιασμό, εφαρμογή και έλεγχο της αποτελεσματικής και αποδοτικής ροής των πρώτων υλών, των ημιέτοιμων προϊόντων και τις σχετικές πληροφορίες που σχετίζονται από το σημείο της κατανάλωσης στο σημείο προέλευσης για να αποκτήσουν εκ νέου αξία ή να απορριφθούν”.

Η Διοίκηση Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας χωρίζεται σε βασικά πεδία και σε τομείς ενδιαφέροντος, οι οποίοι μπορούν να ανήκουν σε αρκετά πεδία ταυτόχρονα. Τα βασικά πεδία είναι:

- Αντίστροφα Logistics (Reverse Logistics)
- Κλειστού Κύκλου Εφοδιαστικές Αλυσίδες (Closed Loop Supply Chain)
- Ανακατασκευή (Remanufacturing)
- Αντίστροφες Εφοδιαστικές Αλυσίδες (Reverse Supply Chain)
- Refurbishment
- Επαναχρησιμοποίηση (Reuse)
- Ανακύκλωση (Recycle)

Οι τομείς ενδιαφέροντος είναι:

- Μελέτη και Σχεδιασμός ΑΕΑ (Designing and planning of RSC)
- Εμπειρικές και Αναλυτικές Μελέτες ΑΕΑ (Empirical and analytical study of RSC)
- Σχεδιασμός και Έλεγχος Παραγωγής (Production planning and control of RSC)
- Προσανατολισμός, Λήψη Αποφάσεων και Εκτίμηση Απόδοσης (Coordination and Decision Making and Performance evaluation of RSC)
- Διαχείριση κύκλου ζωής προϊόντος (Product Life-Cycle Management)
- Χρήση-Συνεργασία τρίτων προσώπων στην ΑΕΑ (Outsourcing & Offshoring)

### 3.2.1 Τρόποι Έρευνας

Σε αυτό το σημείο της εργασίας είναι σημαντικό να γίνει μια περιληπτική αναφορά στους τρόπους με τους οποίους η ακαδημαϊκή κοινότητα και οι ειδικοί του χώρου πραγματοποιούν την έρευνα στον τομέα της ΔΑΕΑ. Οι τρόποι λοιπόν είναι:

- Μαθηματικά Μοντέλα (Mathematical Study)
  - Αρθροκριτική (Reviews)
  - Μελέτες Περίπτωσης (Case Studies)
  - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (Survey)
- Τα μαθηματικά μοντέλα είναι μία μέθοδος έρευνας η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για την βελτιστοποίηση των μεθόδων και των διαδικασιών που απαρτίζουν την Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα. Μέσω των μαθηματικών μοντέλων βελτιστοποιούμε τη διαδρομή των μεταφορικών μέσων επιστροφής προϊόντων, την αποθήκευση των προϊόντων αυτών στις αποθήκες(warehouses), τις διαδικασίες ανακατασκευής (remanufacturing), την τιμή μεταπώλησης των προϊόντων (second-hand/reused products) κ.ά.
- Η αρθροκριτική (review) είναι ένας τρόπος έρευνας, τόσο για την ακαδημαϊκή κοινότητα όσο και για τους ενδιαφερόμενους στο πεδίο της ΔΑΕΑ, στην οποία ο αναγνώστης μπορεί



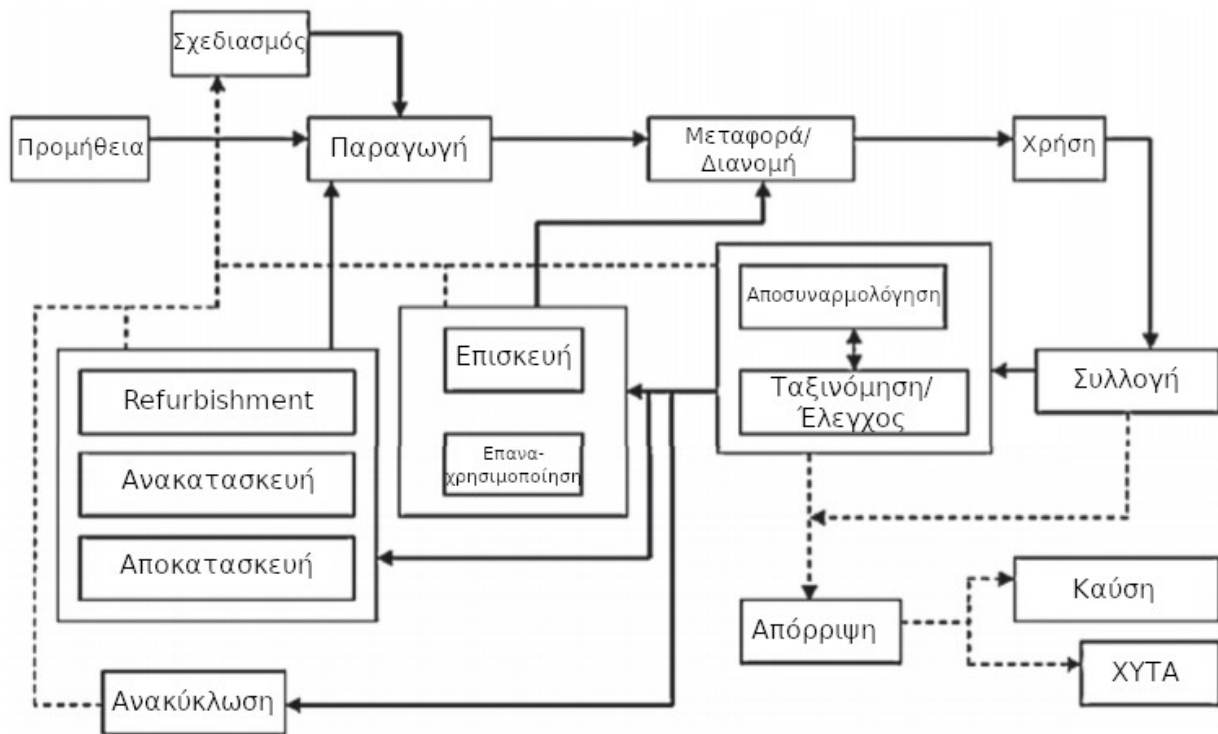
- να διαβάσει την ανάλυση και τα συμπεράσματα ενός ερευνητή στο πεδίο το οποίο μελετά.
- Οι μελέτες περίπτωσης (Case Studies ) είναι οι έρευνες που γίνονται πάνω σε μία συγκεκριμένη εφαρμογή της ΔΑΕΑ, όπως για παράδειγμα μία μελέτη περίπτωσης για τη διαχείριση του αλουμινίου από το στάδιο της συλλογής μέχρι το στάδιο της ανακύκλωσης του.
  - Η βιβλιογραφική ανασκόπηση (survey) γίνεται με σκοπό να συγκεντρωθεί και να αξιολογηθεί η βιβλιογραφία η οποία υπάρχει τη δεδομένη στιγμή για θέμα το οποίο μελετάται, όπως για παράδειγμα μία βιβλιογραφική ανασκόπηση πάνω στη ΔΑΕΑ.

### **3.2.2 Κλειστού Κύκλου Εφοδιαστικές Αλυσίδες (Closed Loop Supply Chains)**

Οι κλειστού κύκλου εφοδιαστικές αλυσίδες συγκέντρωσαν μεγάλο ενδιαφέρον απο τη βιομηχανική και την ακαδημαϊκή κοινότητα τις προηγούμενες δύο δεκαετίες. Οι CLSC περιέχουν ταυτόχρονα και τις πρόσθιες εφοδιαστικές αλυσίδες (forward supply chains) και τις αντίστροφες εφοδιαστικές αλυσίδες (reverse supply chains) [27]. Ο σκοπός μιας CLSC δεν είναι μόνο να ανταπεξέλθει στη ζήτηση των καταναλωτών αλλά να είναι σε θέση να διαχειριστεί την αντίστροφη διαδικασία, έχοντας έναν αποδοτικό χειρισμό στις επιστροφές των προϊόντων από τους πελάτες και να καταφέρει να προσθέσει αξία μέσω της ανακύκλωσης του προϊόντος ή μέρος αυτού [28]. Ένα προϊόν μπορεί να επιστραφεί σε οποιοδήποτε σημείο της διάρκειας ζωής του και αυτό πρέπει να έχει προβλεφθεί από τη διοίκηση της αλυσίδας, μιας κι ένα προϊόν του οποίου υπάρχει η δυνατότητα να ανακτηθεί η αξία του, χωρίς να ανακυκλωθεί πλήρως, προσθέτει αξία στο προϊόν αυτό. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι η χρήση μιας κλειστού κύκλου εφοδιαστικής αλυσίδας παροτρύνει τις παραγωγικές επιχειρήσεις να μειώσουν τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των παραγωγικών τους διαδικασιών [29].

Σύμφωνα με τους Guide και Van Wassenhove [30], ο ορισμός της Κλειστού Κύκλου Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι: “η σχεδίαση, ο έλεγχος και η διαχείριση των διαδικασιών για τη μεγιστοποίηση της δημιουργίας αξίας σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής με δυναμική ανάκτηση αξίας από διάφορες ποσότητες προϊόντων σε διάφορα σημεία του κύκλου ζωής αυτών”. Βέβαια αυτός ο ορισμός είναι καθαρά οικονομικής φύσης και δεν περιέχει στοιχεία όπως οι νομικές υποχρεώσεις της επιχείρησης προς το κράτος, αλλά ούτε και την κοινωνική ή περιβαλλοντική φύση της αλυσίδας αυτής.

Η εικόνα μιας Κλειστού Κύκλου Εφοδιαστικής Αλυσίδας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7):



Σχήμα 7: Πλαίσιο δραστηριοτήτων Εφοδιαστικής Αλυσίδας Κλειστού Κύκλου [31]

Στο σχήμα (Σχήμα 7) βλέπουμε τόσο την πορεία της κλασικής εφοδιαστικής (forward supply chain) όσο και την αντίστροφη πορεία (reverse supply chain), μαζί με τις διαδικασίες που την απαρτίζουν. Βλέπουμε δηλαδή ότι η ΕΑ ξεκινάει από την προμήθεια των πρώτων υλών στον παραγωγό (supply) και συνεχίζει στην παραγωγή του προϊόντος (production) και στη μεταφορά-αποθήκευση-διανομή (distribution), για να καταλήξει στον καταναλωτή προς χρήση (use). Στη συνέχεια ξεκινάει η διαδικασία της αντίστροφης πορείας του προϊόντος για την ανάκτηση της αξίας του, μέσω των διαδικασιών της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας ή την κατάλληλη απόρριψη. Ξεκινάει λοιπόν η ΑΕΑ στο σημείο συλλογής του προϊόντος από τους τελικούς χρήστες (collection), και στη συνέχεια γίνεται διαλογή των προϊόντων αυτών σε αυτά που υπάρχει δυνατότητα ανάκτησης αξίας και σε αυτά που πρέπει να απορριφθούν (disassembly-sorting-testing). Αυτά που θα απορριφθούν θα χωριστούν σε αυτά που θα πάνε σε ΧΥΤΑ (landfills) και σε αυτά που θα αποτεφρωθούν (incineration/incineration). Τα προϊόντα που μπορούν να ανακτήσουν αξία χωρίζονται σε:

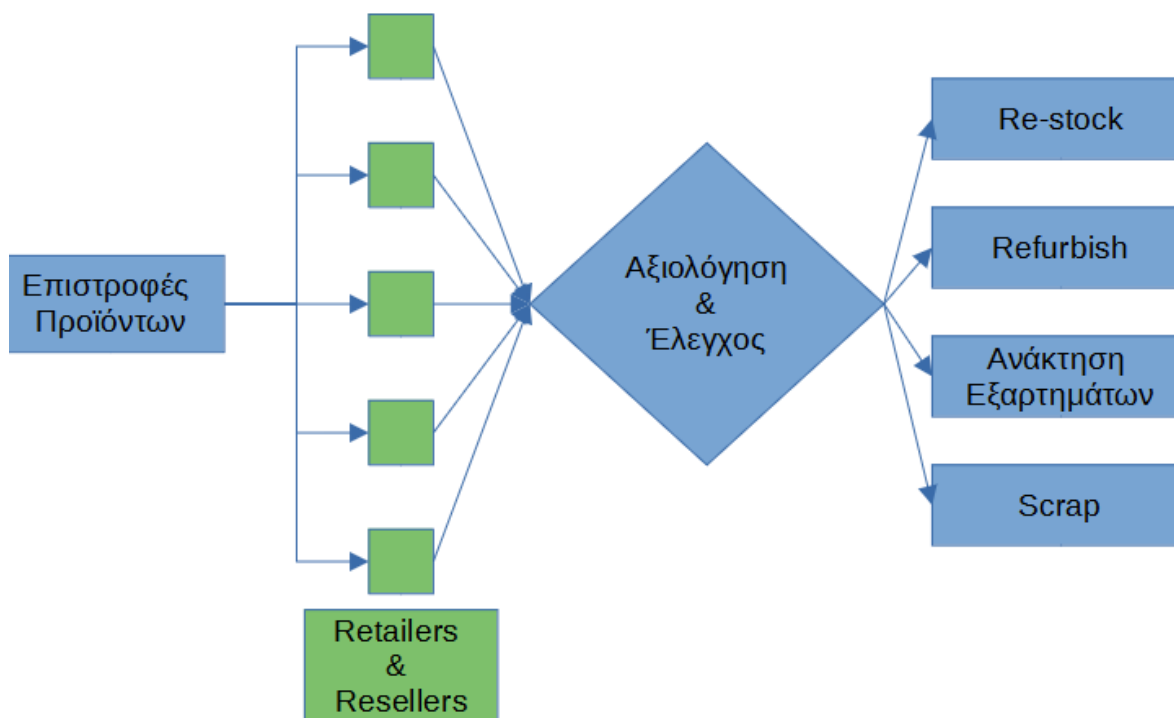
- αυτά που θα επαναχρησιμοποιηθούν-μεταπωληθούν μετά από επισκευή (repair-reuse) και έπειτα θα ανακατευθυνθούν πίσω στη ροή της ΕΑ,
- αυτά που θα περάσουν από τη διαδικασία του refurbishment, της ανακατασκευής (remanufacturing) και της αποκατασκευής (demanufacturing), δηλαδή της διαλογής των μερών που μπορούν να μεταπωληθούν ξεχωριστά, και θα επιστρέψουν και αυτά στη ροή της ΕΑ και,
- αυτά τα οποία θα ανακυκλωθούν και θα επιστρέψουν σαν πρώτη ύλη στην παραγωγή.

Το μέρος του σχεδιασμού (design) βλέπουμε στο σχήμα ότι συνδέεται σχεδόν με όλα τα στάδια, κάτι που συμβαίνει διότι ο σχεδιασμός ενός προϊόντος πρέπει να λαμβάνει υπόψιν του όλον τον κύκλο ζωής του, τόσο κατά τη διάρκεια χρήσης του από τους καταναλωτές όσο και από την επεξεργασία του από την ΑΕΑ. Αυτό ονομάζεται Διαχείριση Κύκλου Ζωής Προϊόντος (Product Life-Cycle Management) [32] και όπως αναφέρθηκε προηγουμένως ανήκει στους τομείς που έχουν μεγάλο ενδιαφέρον στη ΔΑΕΑ.

Βλέπουμε λοιπόν ότι, όταν η επιχείρηση υιοθετήσει το μοντέλο του Κλειστού Κύκλου Εφοδιαστικής Αλυσίδας, τότε έχει μία πλήρη εικόνα τόσο για τη ζωή και τη διαχείριση των προϊόντων της όσο και για τις διαδικασίες που την απαρτίζουν. Επίσης η CLSC παρέχει στην επιχείρηση πληροφορίες για τη βελτίωση των προϊόντων, ώστε να βελτιστοποιηθούν οι διαδικασίες επεξεργασίας του, υπάρχει δηλαδή μια ανάδραση των πληροφοριών. Παρά το γεγονός αυτό όμως, για κάποιες επιχειρήσεις αυτό το μοντέλο δεν είναι κατάλληλο και τους συμφέρει περισσότερο να αναθέσουν τις διαδικασίες της ΑΕΑ σε τρίτους (outsourcing). Αυτός είναι και ο λόγος που οι κλειστού κύκλου ΕΑ αναφέρονται ξεχωριστά από τις γενικές ΑΕΑ.

### 3.2.3 Αντίστροφες Εφοδιαστικές Αλυσίδες (Reverse Supply Chains)

Η αυξανόμενη περιβαλλοντική και βιωσιματική νοοτροπία, τόσο στους καταναλωτές όσο και στους παραγωγούς, καθώς και οι όλο αυστηρότερες περιβαλλοντικές πολιτικές από τα κράτη, αναγκάζουν τους παραγωγούς να επενδύσουν σημαντικά οικονομικά κεφάλαια στη μετατροπή των ήδη υπάρχουσών παραγωγικών διαδικασιών σε περιβαλλοντικά φιλικότερες. Αυτό περιλαμβάνει σε μεγάλο βαθμό την ένταξη της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (RSC) στην επιχείρηση. Η “κυκλική” οικονομία, η οποία στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του αποτυπώματος των αποβλήτων των προϊόντων τέλους-ζωής (EoL), καθιστά απαραίτητη την κατάλληλη διαχείριση των επιστρεφόμενων προϊόντων μέσω της Αντίστροφης Εφοδιαστικής. Ένα γενικό σχεδιάγραμμα της ΑΕ φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 8).



Σχήμα 8: Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα (RSC) [33]

Στο σχεδιάγραμμα (Σχήμα 8) βλέπουμε ότι η ΑΕ ξεκινάει από το σημείο της επιστροφής των προϊόντων, που θα μπορούσε να είναι ένας εξωτερικός κάδος συλλογής ή το ίδιο το σημείο αρχικής πώλησης (retailers), και ακολουθεί πορεία προς τις οντότητες οι οποίες κάνουν τη συλλογή, είτε

αυτές είναι οι μεταπωλητές (resellers) είτε οι αρχικοί πωλητές. Στη συνέχεια τα προϊόντα περνάνε από τη διαδικασία του ελέγχου και της αξιολόγησης, ώστε να χωριστούν σε αυτά τα οποία θα μεταπωληθούν (re-stock), θα περάσουν τη διαδικασία του refurbishment, αυτά τα οποία θα διασπαστούν σε κομμάτια που έχουν αξία και θα ανακτηθούν, και τέλος σε αυτά που δεν έχουν άμεση αξία (scrap) και η ανάκτηση αξίας θα γίνει μετά την ανακύκλωσή τους (recycle). Όλα τα στάδια συνδέονται μεταξύ τους μέσω των καναλιών μεταφοράς των Αντίστροφων Logistics (RL) και των χώρων αποθήκευσης (warehouses) και παραμονής.

Ένα φαινόμενο το οποίο υπάρχει στον χώρο των ΑΕΑ είναι ότι οι μεταπωλητές (resellers) αλλά και οι αρχικοί πωλητές (retailers) είναι και αυτοί οι οποίοι κάνουν τη διαλογή των επιστρεφόμενων προϊόντων. Οι Beh et al. [34] μελέτησαν τη σημασία των επιχειρήσεων οι οποίες εμπλέκονται με τη μεταπώληση (resellers) ένδυσης και κατέληξαν ότι η αγορά των μεταχειρισμένων (second-hand) όχι μόνο συμβάλλει στη μείωση των αποβλήτων αυτών, αλλά, επειδή έχει άμεση επαφή με την κατανάλωση, μπορεί να επιφέρει κέρδη. Οι Tyagi et al. [35] στην έρευνά τους αναγνώρισαν τέσσερεις παράγοντες οι οποίοι συμβάλλουν σημαντικά στην αξιοπιστία και την αποδοτικότητα μιας ΑΕΑ. Οι παράγοντες αυτοί είναι ο χειρισμός των προϊόντων, οι εγκαταστάσεις, η πληροφορία που παρέχουν και η προσβασιμότητά της στους πελάτες. Παράλληλα με αυτά, ένα αποτελεσματικό δίκτυο reverse logistics μαζί με μια εύκολη πολιτική επιστροφών είναι το κλειδί για την αξιόπιστη και αποδοτική ΑΕΑ.

### **3.2.4 Αντίστροφα Logistics (Reverse Logistics, RL)**

Τα Αντίστροφα Logistics σύμφωνα με το Αμερικανικό Συμβούλιο των Αντίστροφων Logistics (American Reverse Logistics Executive Council) ορίζεται ως “Η διαδικασία του σχεδιασμού, της πραγματοποίησης, του ελέγχου απόδοσης, της αποδοτικής διακίνησης πρώτων υλών (των εμπορευμάτων υπό επεξεργασία), των τελικών προϊόντων και της σχετικής πληροφορίας από το σημείο της κατανάλωσης στο σημείο της αρχικής παραγωγής (origin point) για την προσθήκη αξίας ή κατάλληλης απόρριψης” [36][37].

Γενικά τα Αντίστροφα Logistics ξεκινούν από τη συλλογή των χρησιμοποιημένων προϊόντων ή επιστρεφόμενων προϊόντων από τους καταναλωτές/τελικούς χρήστες και καταλήγουν στην απόφαση για τη μετέπειτα διαχείριση αυτών, η οποία μπορεί να είναι η ανακατασκευή (remanufacture), η επιδιόρθωση (repair), η ανακύκλωση (recycle) ή/και η κατάλληλη απόρριψη (scrap) τους. Η σημασία του πεδίου των RL είναι ιδιαίτερα σημαντική και με μεγάλο ενδιαφέρον στην κοινότητα, και αυτό φαίνεται από την πληθώρα των επιστημονικών εργασιών και άρθρων που δημοσιεύονται συνεχώς [38][39][40].

Έρευνα που πραγματοποίησε το statista.com [41] για τα επιστρεφόμενα προϊόντα ηλεκτρονικού εμπορίου (e-commerce) για το 2020 έδειξε ότι το κόστος των επιστρεφόμενων προϊόντων ήταν 550 δισ. Δολάρια, ποσό 1,5 φορές μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος του 2017. Προκειμένου να μειωθεί το κόστος λειτουργίας του δικτύου RL είναι πολύ σημαντικό τα σημεία συλλογής των προϊόντων να βρίσκονται τόσο σε βέλτιστο όσο και σε προσιτό σημείο για τον τελικό χρήστη. Σύμφωνα με τους Guide & Van Wassenhove [30], η φύση των RL πλέον έχει αλλάξει από αμιγώς διαδικασία για ελαχιστοποίηση του κόστους σε κερδοφόρα διαδικασία.

Οι Lai et al. [42] έκαναν έρευνα σε 6 τομείς των RL, οι οποίοι είναι η διαχείριση αποβλήτων (waste management), η ανακύκλωση (recycle), η επαναχρησιμοποίηση (reuse), η ανάκτηση υλικών

(material recovery), επανεπεξεργασία (reprocessing) και σχεδιασμό (design). Ένας ακόμα τομέας των RL είναι και η διαχείριση αποθεμάτων (inventory management). Η μελέτη των τομέων αυτών, η επίλυση των προβλημάτων τους και ο σχεδιασμός γίνεται με τη χρήση διαφόρων προσεγγίσεων, όπως:

- Εννοιολογική και περιγραφική μοντελοποίηση (Conceptual and descriptive types of modeling)
- Γραμμικός και Μικτός Ακέραιος Προγραμματισμός (Linear and mixed integer programming, MIP)
- Μη Γραμμικός Προγραμματισμός (Nonlinear programming methods)
- Κυρτός και Κοίλος Προγραμματισμός (Convex and concave programming)
- Δυναμικός Προγραμματισμός (Dynamic programming)
- Μοντέλα Ουρών (Queuing models)
- Διαδικασία λήψης αποφάσεων Markov (Markov decision process)
- Θεωρία γραφημάτων (Graph theory)
- Θεωρία Παιγνίων (Game theory)
- Ασαφής Λογική (Fuzzy logic)
- Μοντέλα προσομοίωσης (Simulation modeling)
- Πολυκριτηριακή προσέγγιση λήψης αποφάσεων (Multi-criteria decision making (MCDM) approaches)
- Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (Artificial Neural Network, ANN)
- Piecewise Interval programming
- Μοντέλα Δυναμικής Παλινδρόμησης (Dynamic regression models)
- Στατιστικά Μοντέλα (Statistical modeling)
- Δίκτυα Bayesian (Bayesian belief networks with interval probabilities)
- Οικονομοτεχνικές τεχνικές (Engineering economics techniques)
- Συνδυασμός ανάλυσης εσόδων-εξόδων με μετασχηματισμό Laplace (Combining input-output analysis and Laplace transforms)
- Θεωρία Νεκρού Σημείου Παραγωγής (Theory of production frontier)
- Θεσμική Θεωρία (Institutional theory)

Ενδεικτικά, ο Γραμμικός Προγραμματισμός (Linear Programming) χρησιμοποιείται για την επίλυση προβλημάτων σχεδιασμού (design and planning problems) στις RL/CLSC, η Ασαφής Λογική (Fuzzy Logic) για τη λήψη αποφάσεων και η θεωρία παιγνίων για τα προβλήματα κοστολόγησης και προσανατολισμού [42].

Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι οι περισσότερες από αυτές τις μεθόδους επίλυσης προβλημάτων χρησιμοποιούν μια πληθώρα από μεταβλητές. Οι Chopra and Meindl [7] κατέταξαν αυτές τις μεταβλητές σε τρεις κύριες κατηγορίες:

1. Στρατηγικές μεταβλητές απόφασης (strategic decision variable): Οι μεταβλητές αυτές είναι για μακροχρόνιες (long-term) αποφάσεις, όπως αποφάσεις σχεδίασης (designing), τοποθέτησης (locations) και ικανότητας εγκαταστάσεων (capacities of facilities).
2. Μεταβλητές απόφασης σχεδιασμού (planning decision variables): Οι μεταβλητές αυτές είναι για μεσαίου χρόνου (mid-term) αποφάσεις, όπως ποιά αγορά θα προμηθευτεί από κάθε μονάδα/αποθήκη (allocation level) και ποιά θα είναι η ροή στην αλυσίδα εφοδιασμού (flow of supply).
3. Επιχειρησιακές μεταβλητές απόφασης (operational decision variables): Οι μεταβλητές αυτές είναι για βραχυχρόνιες αποφάσεις (short-term), όπως χωροθέτηση εμπορευμάτων (allocating inventory), ατομικές παραγγελίες (individual orders) και ημερομηνίες αποστολής.

Διαβάζοντας τα παραπάνω κατανοούμε ότι τα Αντίστροφα Logistics χρησιμοποιούνται τόσο στις ΑΕΑ, για τη σύνδεση όλων των διαδικασιών, όσο και στις πρόσθιες ΕΑ για να κλείσουν τον κύκλο, πλέον ως CLSC, και να συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση και τη βιωσιμότητά τους.

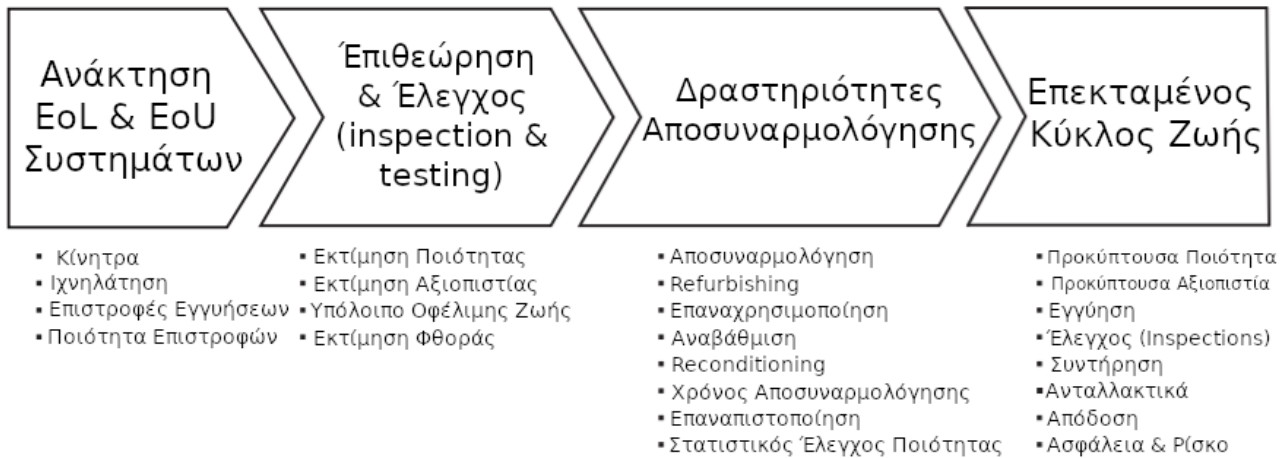
### 3.2.5 Ανακατασκευή (Remanufacturing)

Το ενδιαφέρον για τις δραστηριότητες τέλους-ζωής (EoL activities) στη βιομηχανία και την ακαδημαϊκή κοινότητα αυξάνεται όλο και περισσότερο, λόγω των αυξημένων οικονομικών και νομοθετικών πιέσεων που ωθούν τις επιχειρήσεις στη μεγιστοποίηση της απόδοσης των υλικών και τον έλεγχο των αποβλήτων τους. Μία από αυτές τις διαδικασίες είναι και η Ανακατασκευή (Remanufacturing).

Ορισμοί που έχουν δοθεί στη βιβλιογραφία είναι:

- Η Ανακατασκευή (Remanufacturing) ορίζεται ως “η διαδικασία της μετατροπής χρησιμοποιημένων, φθαρμένων (σκάρτων) και απορριφθέντων προϊόντων στην αρχική τους κατάσταση (like-new) με παρόμοια δυνατότητα εγγύησης [43][44].
- Οι Chari et al. [45] έδωσαν τον εξής ορισμό: “Το Remanufacturing είναι η διαδικασία ανάκτησης αξίας η οποία είναι διαθέσιμη στο τέλος ζωής του προϊόντος με σκοπό την επέκταση της διάρκειας ζωής του. Είναι η διαδικασία της επαναφοράς ενός χρησιμοποιημένου προϊόντος σε κατάσταση “σαν καινούριου” (like-new) μέσω της αποσυναρμολόγησής του (disassembly), του καθαρισμού του (cleaning), της επισκευής (repair) και αντικατάστασης (replace) των τεμαχίων του και στη συνέχεια την επανασυναρμολόγησή του (reassembly)”.
- Σύμφωνα με το πρότυπο BSI BS 8887-2:2009, remanufacturing είναι η διαδικασία της επιστροφής (return) ή επαναφοράς (restore) ενός χρησιμοποιημένου προϊόντος τουλάχιστον στην αρχική του λειτουργική απόδοση, παρέχοντας παράλληλα μία ίση ή καλύτερη εγγύηση ενός καινούριου προϊόντος [46].
- Οι Parkinson and Thompson [47] όρισαν τον στόχο του Remanufacturing ως την επανεπεξεργασία χρησιμοποιημένων προϊόντων με τέτοιον τρόπο ώστε η τελική ποιότητά του να είναι ίση ή καλύτερη, όσον αφορά την εμφάνιση, την αξιοπιστία και την απόδοση ενός καινούριου.

Ένα ιδιαίτερα καλό σχεδιάγραμμα το οποίο συνδέει το Remanufacturing και τις επιμέρους λειτουργίες του με τα Αντίστροφα Logistics (RL) είναι το ακόλουθο (Σχήμα 9):



Σχήμα 9: Θέματα ποιότητας, αξιοπιστίας και συντήρησης στο δίκτυο αντίστροφων logistics [48]

Η Ανακατασκευή (Remanufacturing) διαφέρει από άλλες διαδικασίες επαναχρησιμοποίησης (reuse), όπως η επισκευή (repair) ή η χαμηλότερης ποιότητας επιδιόρθωση (reconditioning), ως προς την τελική ποιότητα του προϊόντος, η οποία είναι στα πρότυπα καινούριου. Το Remanufacturing λοιπόν όχι μόνο επανακτά τα υλικά αλλά διατηρεί την ενέργεια που δαπανήθηκε για τη δημιουργία τους από πρώτες ύλες [49]. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια που δαπανήθηκε για τη μετατροπή πρώτης ύλης σε χρήσιμο υλικό παραμένει στο υλικό, μιας και αυτό δεν επιστρέφει σε πρώτη ύλη αλλά παραμένει όπως έχει. Αυτό έχει τη δυνατότητα να μειώσει το κόστος της παραγωγής και παράλληλα να ελαχιστοποιήσει τον αντίκτυπο στο περιβάλλον, μέσω της μείωσης της κατανάλωσης πρώτης ύλης και της δημιουργίας αποβλήτων. Έρευνα που διεξήχθη από την Global Industry Analysts έδειξε ότι οι παγκόσμιες remanufacturing βιομηχανίες είχαν συνολικά κέρδη της τάξης των 100 δισ. δολαρίων ΗΠΑ το 2010 [50].

Μπορεί το Remanufacturing να φαίνεται ως απλή λύση για τις επιχειρήσεις που θέλουν να ελαχιστοποιήσουν τα οικονομικά κόστη και το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα, ενώ παράλληλα να παραδώσουν προϊόντα υψηλής ποιότητας, αλλά στην πραγματικότητα είναι μια διαδικασία υψηλού επενδυτικού κόστους. Η πραγματοποίηση του Remanufacturing μπορεί να κοστίζει περισσότερο από το αντίστοιχο κόστος της ανακύκλωσης και εξαρτάται από παράγοντες όπως η ζήτηση (demand), η σχεδίαση (design) και η κατάσταση (condition) του επιστρεφόμενου προϊόντος. Αν εντάξουμε και τον παράγοντα της αβεβαιότητας (uncertainty), καταλαβαίνουμε ότι η επιχείρηση πρέπει να μελετήσει αρκετά το μοντέλο αυτό ως προς τη βιωσιμότητά του, τόσο στο επίπεδο του στρατηγικού σχεδιασμού (strategic planning), όσο και στο επιχειρησιακό της στάδιο (operational stage). Τα εργαλεία (tools) τα οποία χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση είναι της ίδιας φύσης με αυτά που χρησιμοποιούνται στα Αντίστροφα Logistics (RL), χρησιμοποιώντας δηλαδή ποιοτικές, ποσοτικές και μικτές μεταβλητές σε μοντέλα απόφασης (decision models).

Οι Parkinson and Thompson [47] έκαναν έρευνα πάνω στις διαδικασίες που απαρτίζουν το Remanufacturing και κατέληξαν σε οκτώ (8) διαδοχικά βήματα:

1. Εισαγωγική Διάγνωση του Συστήματος/Προϊόντος (Entrance diagnosis of the system)
2. Αποσυναρμολόγηση (Disassembly)
3. Καθαρισμός (Cleaning)
4. Επιθεώρηση (Inspection)
5. Επιδιόρθωση (Recondition)
6. Αναβάθμιση (Upgrade)
7. Αντικατάσταση (Replacement)
8. Επανασυναρμολόγηση (Reassembly)

- Την εισαγωγική διάγνωση του συστήματος την έχουμε όταν ένα προϊόν φτάνει για πρώτη φορά στη μονάδα που είναι υπεύθυνη για το Remanufacturing. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιεί τεχνολογίες, όπως μία ενσωματωμένη μνήμη στο προϊόν, για να ανακαλύψει τη λειτουργική πορεία του, έως την ημέρα της παράδοσης. Για παράδειγμα, μπορεί να διαγνωστούν οι ώρες λειτουργίας ενός μηχανήματος και βάσει αυτού να δημιουργηθεί μία αρχική εικόνα για την κατάστασή του.
- Στη συνέχεια η αποσυναρμολόγηση (disassembly) είναι η διαδικασία στην οποία το προϊόν αποσυναρμολογείται σε όλα του τα μέρη και ξεχωρίζονται αυτά τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν στο μέλλον.
- Ακολουθεί ο καθαρισμός (cleaning) των μερών αυτών από ακαθαρσίες και υπολείμματα.
- Του καθαρισμού ακολουθεί η επιθεώρηση (inspection). Στη διαδικασία αυτή, όλα τα μέρη εξετάζονται, ώστε να βρεθούν τα λειτουργικά, αυτά που έχουν αξία ως ανταλλακτικά, αυτά τα οποία χρήζουν επιδιόρθωσης και αυτά τα οποία θα ακολουθήσουν την οδό της απόρριψης.
- Το επόμενο στάδιο είναι οι διαδικασίες 5-6-7, για τις οποίες ο Remanufacturer διαλέγει βάσει των προηγούμενων διαδικασιών ποιές από τις τρεις θα ακολουθήσει. Αν ακολουθήσει την επιδιόρθωση (recondition), θα προβεί σε συντήρηση/επιδιόρθωση του τμήματος του προϊόντος. Αν ακολουθήσει την αναβάθμιση (upgrade), θα αντικαταστήσει το κατεστραμμένο μέρος του προϊόντος με κάποιο το οποίο είναι ανώτερο τεχνολογικά από το προηγούμενο. Αν ακολουθήσει την αντικατάσταση (replacement), θα χρησιμοποιήσει το ίδιο τμήμα του προϊόντος που έχει, είτε το αγοράσει εκ νέου είτε έχει το συλλέξει από άλλα παρόμοια προϊόντα. Έχουμε δηλαδή επιδιόρθωση του προϊόντος.
- Η επανασυναρμολόγηση (reassembly) είναι το τελευταίο στάδιο, όπου το προϊόν αποκτά την αρχική του λειτουργική μορφή και είναι έτοιμο να προωθηθεί πίσω στην αγορά.

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι το Remanufacturing είναι μία ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία για την ΑΕΑ. Μέσω αυτής, η ΕΑ προμηθεύεται όχι μόνο με ανταλλακτικά αλλά και με την πληροφορία για τη χρήση και τον κύκλο ζωής του προϊόντος. Τα λειτουργικά μέρη (parts) τα οποία ανακτώνται από μη λειτουργικά προϊόντα που δεν χρήζουν επιδιόρθωσης επανατροφοδοτούνται στην αγορά μεταχειρισμένων, και μέσω της αξίας τους παρέχουν εκ νέου έσοδα στην επιχείρηση. Ένα παράδειγμα είναι η αυτοκινητοβιομηχανία, όπου η χρήση μεταχειρισμένων (second-hand) ανταλλακτικών είναι ιδιαίτερα συχνή.

Το Remanufacturing διαφέρει από την παραγωγή (manufacturing) ως προς την ικανότητα εύρεσης ανταλλακτικών (parts) και την ικανότητα πρόβλεψης της ζήτησης. Ένα προϊόν το οποίο έχει υποστεί ανακατασκευή δεν μπορεί να προωθηθεί ως καινούριο. Η ζήτηση του καθορίζεται όχι μόνο από την τελική ποιότητα του προϊόντος, αλλά και από την αντίληψη του καταναλωτή ως προς το ρίσκο που θα πάρει αγοράζοντάς το σε τιμή άλλη της υποκειμενικής. Οι Wang and Hazen [51] ερεύνησαν τί μπορεί να επηρεάσει την αντίληψη του καταναλωτή για την αξία και το ρίσκο, και κατέληξαν ότι η υποκειμενική αξία επηρεάζεται από την ποιότητα, το κόστος και την “πράσινη” φύση του προϊόντος, ενώ το υποκειμενικό ρίσκο επηρεάζεται από την ποιότητα και το κόστος αγοράς.

### **3.2.6 Συστήματα Επιστροφής Προϊόντων (Product Recovery Systems)**

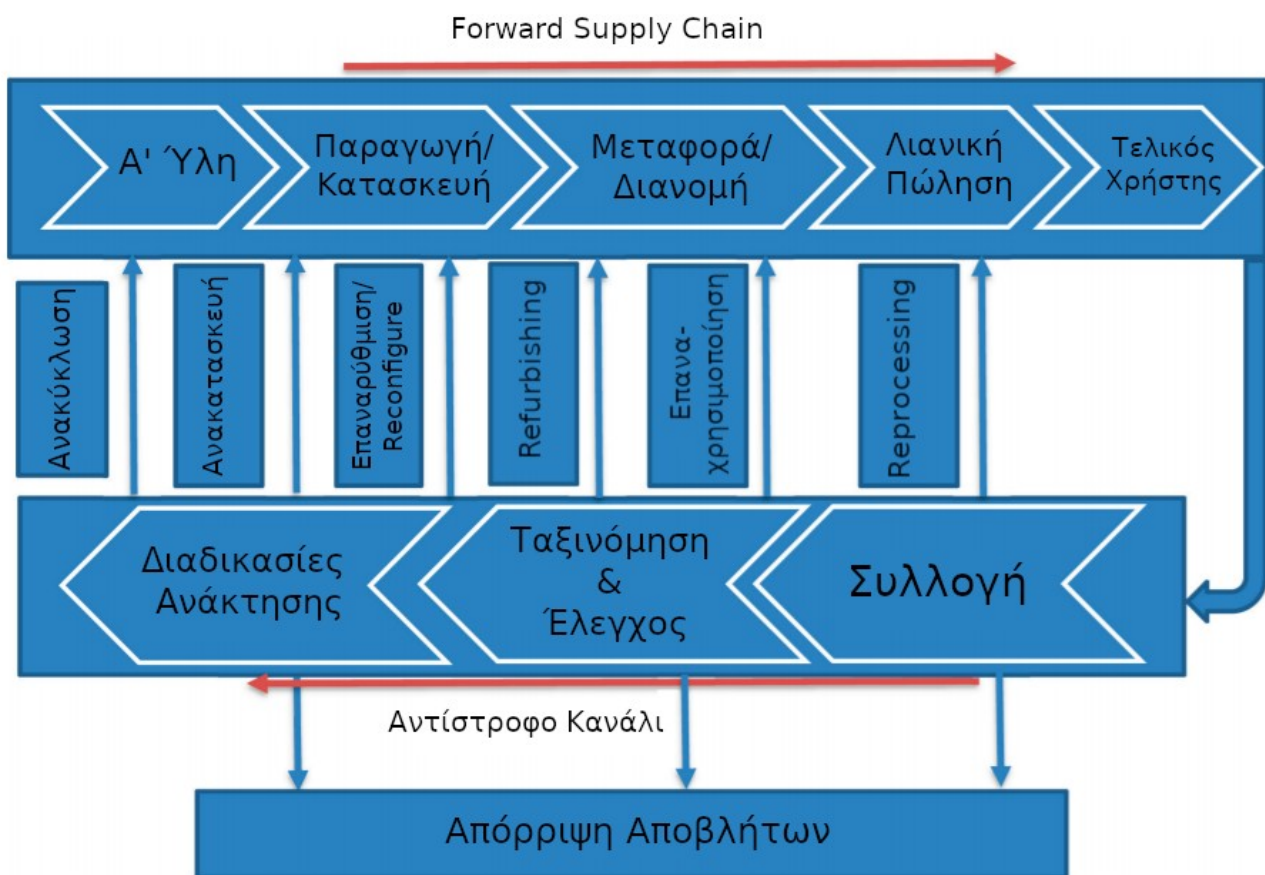
Ως *συστήματα επιστροφής προϊόντων* αναφερόμαστε στις διαδικασίες που υπόκεινται τα επιστρεφόμενα προϊόντα, όπως η επισκευή (repair), η επαναχρησιμοποίηση (reuse), η ανακατασκευή (remanufacturing), η ανακύκλωση (recycle) και της ανακαίνισης (refurbishing),



μετά το τέλος της πρακτικά χρήσιμης ζωής τους. Επειδή η ανακατασκευή (remanufacturing) είναι μεγάλη και πολύπλοκη διαδικασία, αναλύθηκε ξεχωριστά στο προηγούμενο κεφάλαιο. Γενικά η επιστροφή των προϊόντων τέλους-ζωής (EoL) είναι μία πρακτική η οποία εστιάζει στη μείωση των παραγόμενων αποβλήτων, και είναι κύριας σημασίας για μια βιώσιμη ανάπτυξη. Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα (Σχήμα 10) φαίνεται πώς ένα σύστημα επιστροφής προϊόντων εντάσσεται σε μία CLSC.

Τα επιστρεφόμενα προϊόντα μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις (4) κατηγορίες:

- Επιστρεφόμενα προϊόντα τέλους-ζωής (End-of-Life Returns)
- Επιστρεφόμενα προϊόντα τέλους-χρήσης (End-of-Use Returns)
- Εμπορικές επιστροφές (Commercial Returns)
- Επιστροφές επαναχρησιμοποιήσιμων προϊόντων (Re-Usable Components)



Σχήμα 10: Βιώσιμη Εφοδιαστική Αλυσίδα για επιστροφές προϊόντων [52], [33]

- Ως επιστρεφόμενα προϊόντα τέλους-ζωής (EoL) αναγνωρίζονται τα προϊόντα τα οποία έχουν επιστραφεί από την αγορά, με σκοπό την αποφυγή περιβαλλοντικής ή εμπορικής ζημίας. Συνήθως οι επιστροφές αυτές επιβάλλονται από κάποιο νομοθετικό πλαίσιο.
- Ως επιστρεφόμενα προϊόντα τέλους-χρήσης (EoU) αναγνωρίζονται τα προϊόντα τα οποία επιστρέφονται από τον χρήστη, όταν κριθεί ότι δεν υπάρχει περαιτέρω λόγος χρήσης τους από τον ίδιο. Τα EoU προϊόντα δεν είναι κατεστραμμένα προϊόντα κι έτσι μπορούν να μεταπωληθούν, είτε άμεσα στη δευτερεύουσα αγορά (second hand market / aftermarket) είτε να περάσουν από ανακατασκευή (remanufacture) και να ακολουθήσουν την αντίστοιχη πορεία.
- Ως εμπορικές επιστροφές αναγνωρίζονται οι επιστροφές που έχουν άμεση σχέση με τη

διαδικασία των πωλήσεων. Οι επιστροφές αυτές περιλαμβάνουν επιστροφές προϊόντων λόγω εγγύησης, φθοράς κατά τη μεταφορά ή/και ανάκληση από την επιχείρηση.

- Ως επιστροφές επαναχρησιμοποιήσιμων προϊόντων (Re-Usable) αναφερόμαστε στα προϊόντα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη μεταφορά άλλων προϊόντων. Αυτά μπορεί να είναι γυάλινες φιάλες, εμπορευματοκιβώτια, ξύλινες παλέτες κ.ά. Εξαιρώντας αυτά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη μεταφορά τροφίμων ή χημικών ουσιών, καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι αυτή η κατηγορία προϊόντων δεν χρειάζεται ιδιαίτερη επεξεργασία μετά την επιστροφή.

### 3.2.6.1 Refurbishment

Οι Parkinson and Thompson [47] όρισαν το refurbishment ως τη διαδικασία επεξεργασίας παλαιού εξοπλισμού με σκοπό την ενίσχυσή του, ώστε η απόδοσή του να βρίσκεται σε ικανοποιητικό επίπεδο με το λιγότερο δυνατό κόστος. Ένα παράδειγμα το οποίο είναι συχνό στην καθημερινή ζωή είναι η διαφήμιση επιχειρήσεων οι οποίες πωλούν φορητούς υπολογιστές (laptops) σε ιδιαίτερα χαμηλές τιμές, με αρκετά παλιό υλισμικό (hardware) που έχουν προμηθευτεί από την αγορά μεταχειρισμένων (second hand market). Μέσω του refurbishment, η επιχείρηση κερδοφορεί, μιας και η αγορά του μεταχειρισμένου είναι σχετικά χαμηλής αξίας, ενώ η μεταπωλητική του αξία είναι αρκετά μεγαλύτερη.

### 3.2.6.2 Αναβάθμιση (Upgrade)

Οι Parkinson and Thompson [47] όρισαν την αναβάθμιση (upgrade) ως τη διαδικασία με την οποία το προϊόν αποκτά αναβαθμισμένες/ενισχυμένες δυνατότητες. Κάποια παραδείγματα αναβαθμίσεων είναι η αναβάθμιση σταθερών Η/Υ (desktops) και η αναβάθμιση αυτοκινήτων (μηχανής-περιφερειακών), με σκοπό τη μεταπώληση αυτών. Οι Naini and Shafiee [53] πρότειναν ένα μοντέλο αναβάθμισης με τρεις (3) μεταβλητές για την εύρεση της βέλτιστης αναβάθμισης και τιμής πώλησης. Οι μεταβλητές αυτές είναι η ηλικία, η αναβάθμιση που έγινε και η καινούρια εγγύηση. Οι ίδιες μεταβλητές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για την αξιολόγηση του refurbishment.

Ένα ζήτημα το οποίο απασχολεί και χρήζει ιδιαίτερης μελέτης είναι το ζήτημα του κανιβαλισμού (cannibalism) της αγοράς. Με τον όρο *κανιβαλισμός της αγοράς* εννοούμε την προτίμηση των χρηστών να αγοράζουν από τη αγορά μεταχειρισμένων προϊόντων (second hand market). Αυτό εμποδίζει τις πωλήσεις των νέων, ίσως και τεχνολογικά ανώτερων, προϊόντων.

### 3.2.6.3 Επαναχρησιμοποίηση (ReUse)

Οι Parkinson and Thompson [47] όρισαν την επαναχρησιμοποίηση (reuse) ως τη διαδικασία στην οποία το προϊόν διατηρείται στην κατάσταση που αποκτήθηκε. Το προϊόν αυτό δεν θα καταστραφεί ούτε θα ανακυκλωθεί αλλά θα μεταπωληθεί όπως έχει. Έρευνα που έγινε από τους Matsumoto et al. [54] για την αγορά επαναχρησιμοποιημένων της Ιαπωνίας έδειξε ότι λόγω της αρκετά καλής ποιότητας των μεταχειρισμένων, είτε αυτά ήταν EoL είτε EoU, η αγορά μεταχειρισμένων γνώρισε ραγδαία ανάπτυξη, τόσο στην ποιότητα των προϊόντων της όσο και στην απόδοσή της, μιας και οι χρήστες προτιμούσαν την αγορά αυτή έναντι της καινούριας. Σαν αποτέλεσμα μειώθηκαν οι εκπομπές άνθρακα και ο ρυθμός ανάπτυξης των ΧΥΤΑ.

### 3.2.6.4 Ανακύκλωση (Recycling)

Οι Parkinson and Thompson [47] όρισαν την ανακύκλωση ως τη διαδικασία ανάκτησης υλικών / πρώτων υλών από προϊόντα που έχουν απορριφθεί. Η διαδικασία αυτή έρχεται μετά τη φάση της διαλογής σε μία ΑΕΑ και αφορά προϊόντα για τα οποία η μόνη επιλογή ανάκτησης της αξίας τους είναι η χρήση τους ως πρώτης ύλης.

### 3.2.6.5 Εγγύηση – Ρίσκο

Ο χρήστης ο οποίος επιλέγει την αγορά ενός προϊόντος προερχόμενου από την Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα έρχεται αντιμέτωπος με την αβεβαιότητα, τόσο για την κατάσταση του προϊόντος όσο και για το ιστορικό χρήσης του και συντήρησής του από τους προηγούμενους χρήστες. Μπορεί το ιστορικό να μην είναι πάντα άγνωστο, όμως η αβεβαιότητα της αντοχής του προϊόντος πάντα ταλανίζει τον νέο χρήστη. Για αυτό οι πωλητές, ως τρόπο προώθησης και διασφάλισης της ποιότητας, προσφέρουν ιδιαίτερα πλούσιες εγγυήσεις [55]. Όσον αφορά τα προϊόντα τα οποία προέρχονται από την ΑΕΑ κι έχουν άμεση βιομηχανική εφαρμογή, όπως για παράδειγμα οι μεταχειρισμένες εργαλειομηχανές, πρέπει να ελέγχονται και να πιστοποιείται η ασφάλεια τους από επίσημους φορείς (π.χ., Occupational Safety and Health Administration “OSHA” των ΗΠΑ, EU-OSHA για την Ευρωπαϊκή Ένωση, [56]).

### 3.2.7 Outsourcing

Η πρόβλεψη της ζήτησης ενός προϊόντος είναι μία τεχνική που χρησιμοποιείται τόσο στις Πρόσθιες Εφοδιαστικές Αλυσίδες (FSC) όσο και στις Αντίστροφες Εφοδιαστικές Αλυσίδες (RSC), όμως στις FSC είναι συγκριτικά ευκολότερη, μιας και ο ερευνητής δεν έχει να αντιμετωπίσει την αμφίβολη κατάσταση ενός επιστρεφόμενου προϊόντος. Αυτό καθιστά τις ΑΕΑ πιο στοχαστικές, γεγονός που καθιστά με τη σειρά του απαραίτητη την υιοθέτηση και εφαρμογή πολιτικών επιστροφών, οι οποίες είναι προσεκτικά μελετημένες και σχεδιασμένες έτσι ώστε να κάνουν τη συλλογή των επιστρεφόμενων προϊόντων όσο το δυνατόν πιο αποδοτική [57]. Σε αυτό συμβάλλει σημαντικά και ο συντονισμός μεταξύ των εταίρων/συνεργατών κατά μήκος της αλυσίδας [58].

Όμως η χρυσή τομή ανάμεσα στην εξυπηρέτηση πελατών, τις ρυθμιστικές και επιχειρησιακές απαιτήσεις και την ανταγωνιστικότητα στην αγορά είναι δύσκολο να επιτευχθεί. Την ίδια στιγμή που η ΑΕΑ θεωρείται μία δραστηριότητα οδηγούμενη βάσει κόστους, από τις επιχειρήσεις οι οποίες έχουν σαν κύρια δραστηριότητα την πρόσθια εφοδιαστική, αυτή καθίσταται απαραίτητη λόγω των κανονιστικών και περιβαλλοντικών ανησυχιών [59].

#### 3.2.7.1 Δυσκολίες Εφαρμογής

Η υιοθέτηση και η εφαρμογή μιας ΑΕΑ (RSC) αντιμετωπίζει διάφορες δυσκολίες που προκύπτουν κυρίως λόγω άγνοιας της βιομηχανίας. Κάποιες από αυτές είναι:

- Η διάθεση οικονομικών πόρων [60][61].
- Το ρίσκο υιοθέτησης μιας ΑΕΑ [62][63].
- Η απόρριψη των επιστρεφόμενων προϊόντων [64][65].
- Το outsourcing των δραστηριοτήτων της ΑΕΑ [66].

- Η ενσωμάτωση πρόσθιας και αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας [67].
- Η δυσκολία αξιολόγησης της συνολικής απόδοσης [68].
- Η ύπαρξη υποδομών παροχής πληροφοριών (information technology, IT) [69].
- Η πολιτική επιστροφών [70].
- Η διαθεσιμότητα της τεχνολογίας [61].

Λόγω λοιπόν των παραπάνω προκλήσεων που έχουν να αντιμετωπίσουν οι επιχειρήσεις που θέλουν να εντάξουν στις δραστηριότητές τους αυτές των ΑΕΑ, πολλές ερευνούν τη δυνατότητα outsourcing των δραστηριοτήτων αυτών.

Έτσι λοιπόν αρκετές επιχειρήσεις επιλέγουν να αναθέσουν σε τρίτους (outsourcing) μέρος ή ακόμα και ολόκληρη την ΑΕΑ, ανάλογα με το μοντέλο της επιχείρησης [71]. Με αυτόν τον τρόπο, οι επιχειρήσεις έχουν τη δυνατότητα να εστιάσουν περισσότερο στις βασικές τους δραστηριότητες και να μειώσουν το επενδυτικό τους κόστος, ενώ παράλληλα αλληλεπιδρούν με τους πελάτες τους σε ένα δυναμικό επιχειρηματικό περιβάλλον [72]. Έτσι πολλές επιχειρήσεις επιλέγουν να αναθέσουν σε τρίτους τις δραστηριότητες της ΑΕΑ τους, μιας και αυτές δεν αποτελούν μέρος της κύριας επιχείρησής τους.

Επίσης, πολλές επιχειρήσεις επιλέγουν να αναθέσουν σε τρίτους τις δραστηριότητες των logistics τους. Έτσι οι διαχειριστές των ΑΕΑ έχουν να αντιμετωπίσουν προκλήσεις, όπως την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων, τη δημιουργία εγκαταστάσεων επιστροφών και τον έλεγχο του κόστους των διαδικασιών, την ίδια στιγμή που η αβεβαιότητα συλλογής των προϊόντων συμβάλλει σημαντικά στην ποιότητά τους [73].

### 3.2.7.2 Ορισμός

Έτσι λοιπόν, γνωρίζοντας τα παραπάνω μπορούμε να δώσουμε τον ορισμό του outsourcing ως: “Τη χρήση εξωτερικών πηγών για την πραγματοποίηση δραστηριοτήτων” [74].

Οι οργανισμοί οι οποίοι επιλέγουν να υιοθετήσουν την Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα πρέπει να επιλέξουν, ανάλογα με το επιχειρηματικό τους μοντέλο, αν θα αναθέσουν σε τρίτους όλες ή μέρος από τις δραστηριότητες της ΑΕΑ τους [75][71].

### 3.2.7.3 Ιστορικά

Τη δεκαετία του '80, οι οργανισμοί “χρησιμοποιούσαν” το outsourcing ως εργαλείο για τη μείωση του κόστους, μέσω των διαδικασιών που είχαν σχέση με την εξυπηρέτηση [76]. Τη δεκαετία του '90, η ιδέα αυτή εξελίχθηκε και πλέον οι επιχειρήσεις τη χρησιμοποιούσαν για να εστιάσουν στις κεντρικές/βασικές τους διαδικασίες (core activities), αυξάνοντας τα έσοδά τους [77][78].

Είναι πλέον αποδεκτό από τους ερευνητές ότι αν μια επιχείρηση δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε κάποια δραστηριότητα, ενώ αυτή δεν αποτελεί βασική επιχειρηματική δραστηριότητα και παράλληλα δεν της δίνεται προβάδισμα έναντι του ανταγωνισμού, η συγκεκριμένη δραστηριότητα πρέπει να ανατίθεται σε τρίτους, να γίνεται δηλαδή outsourced [79] [80].

### 3.2.7.4 Λόγοι Εφαρμογής

Γενικά, οι λόγοι για τους οποίους επιλέγεται το outsourcing των δραστηριοτήτων μιας ΑΕΑ είναι το κόστος (cost), η ποιότητα (quality), η ευελιξία (flexibility), η αποκριτικότητα (responsiveness) και η πρόσβαση στις νεότερες τεχνολογίες που προσφέρουν οι συνεργαζόμενοι οργανισμοί [81][82][83]. Οι Ko and Evans [84] τόνισαν ότι ένα εξειδικευμένο δίκτυο ΑΕΑ για συλλογή, διαλογή, επιθεώρηση, απόρριψη και επεξεργασία επιστρεφόμενων προϊόντων απαιτεί ένα εξίσου εξειδικευμένο τμήμα ΙΤ, καθώς και εργαζομένων. Ένα τέτοιο outsourced δίκτυο θα προσέφερε όχι μόνο μειωμένα κόστη για την επιχείρηση αλλά και αυξημένη ποιότητα των τελικών επιστρεφόμενων προϊόντων, σε σχέση με τα αντίστοιχα αν τα αναλάμβανε η ίδια [85][23][86][87].

Το outsourcing είναι μια σημαντική απόφαση που έχει να πάρει μια επιχείρηση/οργανισμός, και ειδικά όταν αναφερόμαστε σε επιστρεφόμενα προϊόντα, όπου η διαδικασία γίνεται πολύπλοκότερη όσο εντάσσουμε στοιχεία βιωσιμότητας, που όσο περνάνε τα χρόνια γίνονται όλο και πιο απαραίτητα αλλά και αναγκαία [88][83].

Σε πρόσφατη έρευνα, οι Agrawal και Singh [89] αναφέρουν ότι η ανάθεση δραστηριοτήτων είναι συχνό και παγκόσμιο φαινόμενο στις επιχειρήσεις, και ειδικότερα στις επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στο χώρο των Αντίστροφων Εφοδιαστικών Αλυσίδων. Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό είναι:

1. Η επιχείρηση μπορεί να εστιάσει στις βασικές δραστηριότητές της (core activities).
2. Υπάρχει οικονομικό όφελος από το outsourcing.
3. Οι τρίτες εταιρείες συχνά προσφέρουν καλύτερες υπηρεσίες, αφού έχουν εξειδικευμένα συστήματα και διαδικασίες διαχείρισης.
4. Υπάρχει μείωση του επενδυτικού κόστους για δραστηριότητες ΑΕΑ.
5. Παρέχεται μεγαλύτερη ευελιξία.
6. Παρέχεται καλύτερη εξυπηρέτηση πελατών.
7. Οι εταιρείες που αναλαμβάνουν τις δραστηριότητες αυτές είναι υπεύθυνες για όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος.
8. Οι εταιρείες που αναλαμβάνουν τις δραστηριότητες μπορεί να έχουν καλύτερες περιβαλλοντικές διαχειρίσεις (environmental management), αφού εξειδικεύονται στον τομέα αυτόν.

Τέλος, βρέθηκε ότι υπάρχει η πεποίθηση πως όλα τα παραπάνω συμβάλλουν άμεσα ή έμμεσα στην οικονομική επίδοση της ΑΕΑ (RSC).

### 3.3 Νομοθεσία

Η Ελλάδα άρχισε να ακολουθεί την Ευρωπαϊκή νομοθεσία περί διαχείρισης αποβλήτων μετά το 2001 [90] και βάσει αυτής, η διαχείριση είχε ιεράρχηση από το βέλτιστο προς το χειρίστο, ξεκινώντας από την πρόληψη, στη συνέχεια την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση και τέλος την ανάκτηση ενέργειας [91].

Ο ν. 2939/01 σε συνδυασμό με τα ΠΔ που τον συνοδεύουν, την ΚΥΑ 29407/3508/02 και την Οδηγία 31/99 αποτελούν το κέντρο και τη βάση της περιβαλλοντικής νομοθεσίας της Ελλάδος, αφού θέτουν συγκεκριμένους στόχους και ευθύνες στους διαχειριστές, είτε αυτοί είναι παραγωγοί είτε διακινητές, για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων. Οι οργανισμοί οι οποίοι αναλαμβάνουν τη διαχείριση έχουν να εκτελέσουν με αποτελεσματικό τρόπο διαδικασίες συλλογής

(collection), μεταφοράς, προσωρινής αποθήκευσης (warehousing), επαναχρησιμοποίησης (reuse) και ανακύκλωσης (recycle), με περιβαλλοντικούς όρους, διαφόρων αποβλήτων που δεν συλλέγονταν χωριστά για ανακύκλωση (π.χ., μπαταρίες) ή συλλέγονταν αλλά δεν επεξεργάζονταν με υπεύθυνο τρόπο ή συλλέγονταν αλλά αξιοποιούνταν μόνο τα μέρη που είχαν οικονομική αξία και τα υπόλοιπα κατέληγαν στο περιβάλλον ή προκαλούσαν ρύπανση [91]. Οι στρατηγικοί στόχοι των παραπάνω είναι:

- Η μείωση του όγκου και της επικινδυνότητας των παραγόμενων αποβλήτων, καθώς και ο περιορισμός των συνεπειών τους στο περιβάλλον και την υγεία.
- Ο καθορισμός ποσοτικών στόχων για την ανακύκλωση και τις άλλες εργασίες αξιοποίησης των αποβλήτων, σε συγκεκριμένα χρονικά όρια.
- Ο σχεδιασμός και η καθιέρωση ατομικών ή συλλογικών συστημάτων επιστροφής, συλλογής και αξιοποίησης, με τη συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων μερών, στη βάση της “ευθύνης του παραγωγού/διακινητή για όλο τον κύκλο ζωής των προϊόντων”. Διαχωρισμός των αποβλήτων στην πηγή, ώστε να επιτυγχάνεται υψηλό επίπεδο ανακύκλωσης και ανάκτησης υλικών.
- Πληροφόρηση, ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών.
- Πρόβλεψη μέτρων και όρων (άδειες, πιστοποιητικά κ.ά.) για τη συνεργασία όσων προβαίνουν σε διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων, στο πλαίσιο της αρχής “ο ρυπαίνων πληρώνει” [91].

Η Ελληνική νομοθεσία λοιπόν θέτει συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους που πρέπει να επιτευχθούν σε συγκεκριμένο χρόνο, βάσει των απαιτήσεων της ΕΕ. Η νομοθεσία η οποία υπάρχει αυτή τη στιγμή περιλαμβάνει:

- Τον **ν. 1650/86 (ΦΕΚ 160Α)** για την προστασία του περιβάλλοντος.
- Τον **ν. 3010 (ΦΕΚ 91Α)** για την εναρμόνιση του ν. 1650 με τις Οδηγίες της ΕΕ.
- Την **ΚΥΑ 11014/703/Φ104 (ΦΕΚ 332Β/2003)**, Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ), Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ).
- Τον **ν. 2939/2001 (ΦΕΚ 179Α/6.8.01)**, ο οποίος αναφέρεται στις συσκευασίες και την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων, “Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις”.
- Την **ΚΥΑ 50910/2727/2003 (ΦΕΚ 1909/Β/22.12.03)**, “Μέτρα και όροι για την διαχείριση στερεών αποβλήτων. Εθνικός και περιφερειακός σχεδιασμός διαχείρισης”.
- Την **ΚΥΑ 24944/2006 (ΦΕΚ 791Β/30.6.06)**, “Έγκριση Γενικών Τεχνικών Προδιαγραφών για την διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 5Β της ΚΥΑ 13588/725”.
- Το **ΠΔ 115/2004 (ΦΕΚ 80/Α)** για την αντικατάσταση της ΚΥΑ 73537/1438/95, “Διαχείριση των ηλεκτρικών στηλών και των συσσωρευτών που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες”.
- Το **ΠΔ 117/2004 (ΦΕΚ 82/Α)**, “Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)”.
- Τον **ν. 4042/12 (ΦΕΚ 24Α/13-2-2012)** για την ποινική προστασία του περιβάλλοντος και την εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ, “Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων”.

Άλλες Ευρωπαϊκές Οδηγίες-Αποφάσεις-Κανονισμοί σε ισχύ είναι οι εξής:

- **Απόφαση 1994/3/ΕΚ**
- **Απόφαση 1994/904/ΕΚ**
- **Απόφαση 2000/479/ΕΚ**
- **Απόφαση 2000/532/ΕΚ**
- **Απόφαση 2001/118/ΕΚ**

- **Απόφαση 2001/119/EK**
- **Απόφαση 2003/33/EK**
- **Οδηγία 1975/442/ΕΟΚ**
- **Οδηγία 1989/369/ΕΟΚ**
- **Οδηγία 1991/157/ΕΟΚ**
- **Οδηγία 1991/689/ΕΟΚ**
- **Οδηγία 1993/86/ΕΟΚ**
- **Οδηγία 1994/62/EK**
- **Οδηγία 1994/67/EK**
- **Οδηγία 1996/61/EK**
- **Οδηγία 1997/69/EK**
- **Οδηγία 1998/101/EK**
- **Οδηγία 2000/76/EK**
- **Οδηγία 2001/80/EK**
- **Οδηγία 2002/95/EK**
- **Οδηγία 2002/96/EK**
- **Οδηγία 2003/108/EK**
- **Οδηγία 2004/35/EK**
- **Οδηγία 2008/98/EK**
- **Οδηγία 2012/19/EK**
- **Κανονισμός 1993/259/ΕΟΚ**
- **Κανονισμός 2001/2557/EK**

## 4.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ AQUA-ASSAINISSEMENT

### 4.1.1 Η Εταιρεία

Η AQUA-Assainissement δημιουργήθηκε το 2015 στη Γαλλία, με σκοπό τη διαδικτυακή (online) πώληση προϊόντων και ανταλλακτικών (spare parts) για μικρές μονάδες επεξεργασίας νερού (Micro-Water treatment plant), τόσο για επαγγελματική όσο και για μη επαγγελματική χρήση. Η κύρια επαγγελματική της δραστηριότητα είναι η πώληση αεροσυμπιεστών (air compressors) και ηλεκτρικών κινητήρων (electric motors), καθώς και των ανταλλακτικών αυτών.

### 4.1.2 Σκοπός Δημιουργίας

Η AQUA-Assainissement δημιουργήθηκε την εποχή που οι μικρές μονάδες επεξεργασίας νερού στη Γαλλία είχαν ανάγκη από ανταλλακτικά και καινούργια προϊόντα, μιας και τα ήδη υπάρχοντα είχαν φτάσει στο τέλος ζωής τους. Η εταιρεία όμως δεν είναι η ίδια παραγωγός αυτών των προϊόντων, αλλά τα προμηθεύεται από τους ίδιους τους κατασκευαστές (OEM). Στη λειτουργική της πορεία παρατήρησε ότι τα προϊόντα τα οποία εμπορευόταν κατέληγαν μετά το τέλος ζωής τους σε ΧΥΤΑ και στην καλύτερη περίπτωση μετά ίσως ανακυκλώνονταν (recycled). Η εταιρεία είδε το γεγονός αυτό ως ευκαιρία, ώστε να συλλέξει η ίδια τα προϊόντα στο τέλος ζωής τους, με την προοπτική να προβεί στη συνέχεια στην ανακατασκευή τους (remanufacturing) και μετέπειτα στη μεταπώλησή τους, επεκτείνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής ή αλλιώς τον κύκλο ζωής τους (life-cycle), με τελικό στόχο την αύξηση των εσόδων της.

### 4.1.3 Εμπόδια

Η AQUA-Assainissement μέχρι τότε όμως ήταν ένας απλός έμπορος, χωρίς τις γνώσεις της κατασκευής (manufacture) των προϊόντων που εμπορευόταν και αυτό ήταν το μεγαλύτερο εμπόδιο που έπρεπε να αντιμετωπίσει, αφού θα έπρεπε να χρησιμοποιήσει μεθόδους reverse engineering για να τις αποκτήσει. Ήθελε όμως να εισάγει στην αγορά τη δυνατότητα οι πελάτες να διαλέξουν είτε ένα καινούριο προϊόν/ανταλλακτικό από τους κατασκευαστές (OEM), είτε ένα ανακατασκευασμένο (remanufactured) προϊόν ή μεταχειρισμένο (used) ανταλλακτικό από τους ίδιους, κάτι που θα είχε μικρότερο περιβαλλοντικό κόστος. Ένα ακόμα από τα προβλήματα που είχε να αντιμετωπίσει η εταιρεία και να λάβει σοβαρά υπόψιν της ήταν είναι το πρόβλημα του κανιβαλισμού της αγοράς, για το οποίο έχει γίνει αναφορά σε προηγούμενη ενότητα αυτής της εργασίας.

### 4.1.4 Οικονομικό-Επιχειρησιακό Μοντέλο

Για να υπολογιστούν τα κέρδη της εταιρείας, οι Lahrouer et al. [92], οι οποίοι μελέτησαν την περίπτωση της AQUA-Assainissement, δημιούργησαν ένα απλό μαθηματικό μοντέλο. Τα κέρδη από τα καινούρια προϊόντα ( $\text{Κέρδος}_{\text{new}}$ ) θα υπολογίζονταν αφαιρώντας από την τιμή πώλησης ( $\text{Τιμή}_{\text{new}}$ ) την τιμή αγοράς από τους κατασκευαστές ( $\text{Τιμή}_{\text{OEM}}$ ), δηλαδή:

$$\text{Κέρδος}_{\text{new}} = \text{Τιμή}_{\text{new}} - \text{Τιμή}_{\text{OEM}}$$



Τα κέρδη από τα ανακατασκευασμένα προϊόντα ( $\text{Κέρδος}_{rem}$ ) θα υπολογίζονταν αφαιρώντας από την τιμή πώλησης ( $\text{Τιμή}_{rem}$ ) το κόστος ανακατασκευής ( $\text{Κόστος}_{rem}$ ), δηλαδή:

$$\text{Κέρδος}_{rem} = \text{Τιμή}_{rem} - \text{Κόστος}_{rem}$$

Η τιμή του ανακατασκευασμένου προϊόντος ( $\text{Τιμή}_{rem}$ ) υπολογίστηκε ως η τιμή πώλησης ενός καινούριου ( $\text{Τιμή}_{new}$ ) επί έναν συντελεστή  $\mathcal{E}$ , ο οποίος παίρνει τιμές από 0 έως 0,8, δηλαδή:

$$\text{Τιμή}_{rem} = \mathcal{E} * \text{Τιμή}_{new}, \quad 0 < \mathcal{E} < 0,8$$

Το κόστος ανακατασκευής (remanufacturing cost) όμως δεν είναι το ίδιο για κάθε επιστρεφόμενο προϊόν, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με την κατάστασή του. Η εκτίμηση όμως για την κατάσταση του επιστρεφόμενου προϊόντος μπορούσε να γίνει μόνο μετά την αποσυναρμολόγησή του (disassembly), η οποία προσέθετε επιπλέον κόστη στη διαδικασία.

Για το επιχειρησιακό μοντέλο της εταιρείας, οι Lahrouer et al. [92], πρότειναν ένα μοντέλο Go/No-Go, με το οποίο η εταιρεία θα αξιολογούσε βάσει του μεγαλύτερου κέρδους (better profit) ανά προϊόν εάν θα επιλέξει να πουλήσει ένα καινούριο προϊόν ή να ανακατασκευάσει κάποιο (remanufacture) και στη συνέχεια να προβεί σε πώληση αυτού. Για να κατανοήσουμε καλύτερα αυτό το μοντέλο αρκεί να δούμε τα  $\text{Κέρδος}_{new}$  και  $\text{Κέρδος}_{rem}$  σαν ποσοστό σε σχέση με τα αντίστοιχα κόστη τους. Για παράδειγμα, μπορεί το ποσοστό κέρδους ενός ανακατασκευασμένου προϊόντος να είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό ενός καινούριου, αλλά η τιμή  $\text{Τιμή}_{new}$  να είναι μεγαλύτερη από την  $\text{Τιμή}_{rem}$ . Στην περίπτωση αυτή θα επιλεγεί το ανακατασκευασμένο προϊόν. Το κόστος ανακατασκευής ( $\text{Κόστος}_{rem}$ ) προκύπτει από τις διαδικασίες του επιχειρησιακού μοντέλου και αναλύεται με σειρά διαδικασιών ως εξής:

1. Κόστος αγοράς μεταχειρισμένου προϊόντος (used product/returned core).
2. Κόστος μεταφοράς (1) (transport cost) από τον χρήστη στο εργοστάσιο ανακατασκευής (remanufacturing plant).
3. Κόστος εργασίας (1) για αποσυναρμολόγηση (disassembly) και έλεγχο ποιότητας (quality control).
4. Κόστος νέων ανταλλακτικών.
5. Κόστος εργασίας (2) για καθάρισμα (cleaning) και συναρμολόγηση (assembly).
6. Κόστος μεταφοράς (2) από το εργοστάσιο ανακατασκευής (remanufacturing plant) στον νέο χρήστη (new user).

Στο Σχήμα 11 απεικονίζεται σε διάγραμμα ροής το επιχειρησιακό μοντέλο Go/No-Go.

#### 4.1.5 Σενάρια και Αποτελέσματα

Οι Lahrouer et al. (2019) δημιούργησαν τρία (3) σενάρια για να επαληθεύσουν το Go/No-Go μοντέλο τους, με πραγματικά προϊόντα τα οποία εμπορευόταν η AQUA-Assainissement. Τα προϊόντα ήταν 26 στο σύνολο και τα σενάρια που δημιουργήθηκαν ήταν τα εξής:

1. Μόνο νέα προϊόντα θα ήταν προς πώληση.
2. Μόνο ανακατασκευασμένα (remanufactured) προϊόντα θα ήταν προς πώληση.
3. Μόνο το προϊόν με το μεγαλύτερο κέρδος κάθε φορά θα ήταν προς πώληση.

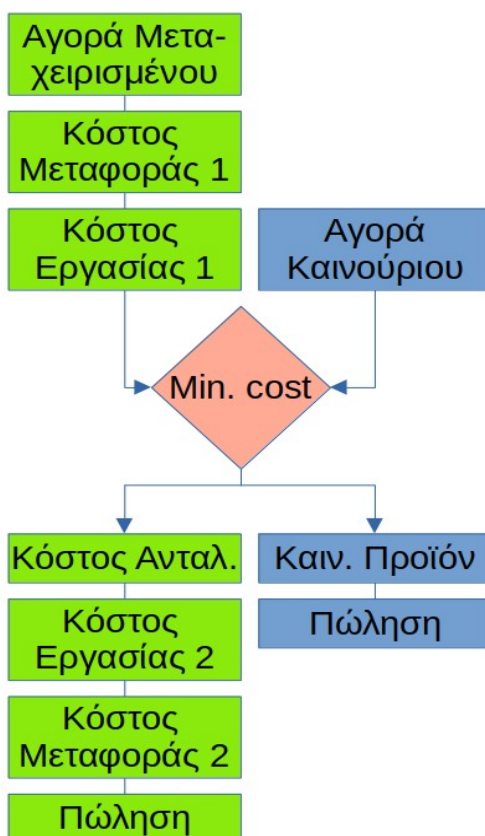
Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2):

Πίνακας 2: Αποτελέσματα Σεναρίων [92]

Σενάρια	Κέρδος (€)	Νέο Προϊόν	Ανακατασκευασμένο Προϊόν
Σενάριο 1	2060.70	26	0
Σενάριο 2	1714.97	0	26
Σενάριο 3	2037.30	12	14

Από τα αποτελέσματα βλέπουμε πως το μεγαλύτερο κέρδος επιτυγχάνεται όταν η εταιρεία εμπορεύεται μόνο νέα προϊόντα (σενάριο 1). Όμως παρατηρούμε ότι το σενάριο 3, στο οποίο εμπορεύονται ταυτόχρονα και τα δύο είδη προϊόντων, δεν έχει μεγάλη διαφορά, η οποία είναι της τάξεως του μόλις 1,13% του σεναρίου 1. Βέβαια αξίζει να σημειωθεί ότι το σενάριο 3 αποτελεί το χειρότερο δυνατό σενάριο, μιας κι έχουμε το φαινόμενο του κανιβαλισμού της αγοράς, αφού τα ανακατασκευασμένα προϊόντα είναι περισσότερα από τα καινούρια, γεγονός που συμβάλλει και στα λιγότερα κέρδη [92]. Όμως ένα τέτοιο σενάριο δεν είναι ιδιαίτερα ρεαλιστικό σε μία κανονική αγορά, αφού το κοινό το οποίο προτιμά καινούρια προϊόντα είναι συγκεκριμένο και το κοινό που προτιμά ανακατασκευασμένα (remanufactured) επίσης, χωρίς απαραίτητα αυτά τα δύο να μοιράζονται κοινά στοιχεία.

Με την υιοθέτηση λοιπόν της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (RSC) στο επιχειρηματικό μοντέλο της, η εταιρεία όχι μόνο βελτίωσε το περιβαλλοντικό της προφίλ και χαρακτήρα (σαν εταιρεία), αλλά μεγάλωσε και το μερίδιό της στην αγορά, καθώς πλέον δεν στοχεύει μόνο στην αγορά η οποία προτιμά καινούρια προϊόντα, αλλά και στην αγορά η οποία είναι πιο ευαίσθητοποιημένη περιβαλλοντικά και διαλέγει προϊόντα της ΑΕΑ. Σαν αποτέλεσμα της επέκτασης αυτής είναι η ενδεχόμενη αύξηση (potential growth) των εσόδων της επιχείρησης, πέρα από τα αποτελέσματα των σεναρίων 1 και 3.



Σχήμα 11: [92]

## 4.2 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΤΟΥ AUDI Q5 HYBRID SYSTEM

### 4.2.1 Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη περίπτωσης, η οποία διεξήχθη από τους Wegener et al. [93], έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, διότι σε αντίθεση με την προηγούμενη της AQUA-Assainissement [92], η οποία μελετά την Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα από την πλευρά ενός Τρίτου Ανακατασκευαστή (3<sup>rd</sup> Party Remanufacturer, 3PR), εδώ η μελέτη γίνεται από την πλευρά ενός OEM (Original Equipment Manufacturer) κατασκευαστή. Το γεγονός ότι το προϊόν επεξεργάζεται από OEM κατασκευαστή παρέχει μεγάλο προβάδισμα έναντι κάποιου 3PR, διότι αυτός γνωρίζει όλες τις διαδικασίες και τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθήσει, προκειμένου να επεξεργαστεί πλήρως ή μερικώς το επιστρεφόμενο προϊόν. Είναι σημαντικό να αναφερθεί όμως ότι ένας 3PR μέσω του reverse engineering θα έφτανε στο ίδιο αποτέλεσμα και θα κατέγραφε τα ίδια βήματα, σε βάθος χρόνου, στο τέλος επεξεργασίας του προϊόντος αυτού.

Η παρούσα μελέτη περίπτωσης αναλύει όλες τις διαδικασίες για την πλήρη αποσυναρμολόγηση (disassembly) του συστήματος μπαταρίας ενός Audi Q5 Hybrid System/VW Jetta Hybrid, ώστε στη συνέχεια να είναι δυνατή η ανακύκλωσή του.

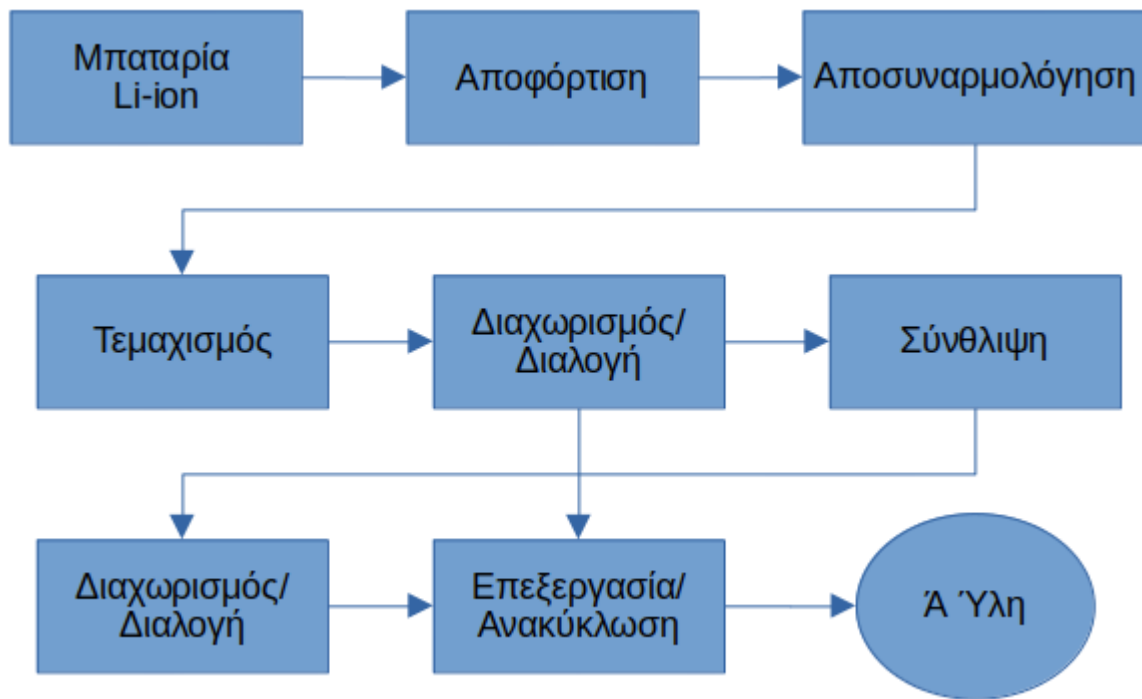
### 4.2.2 Το LithoRec Project

Το LithoRec Project [94] είναι ένα γερμανικό project για την ανακύκλωση των μπαταριών Ιόντων Λιθίου (Lithium-ion, Li-ion), το οποίο μελετά όλες τις πτυχές για την επεξεργασία και τη μετέπειτα ανακύκλωση των μπαταριών της τεχνολογίας αυτής. Έχει αναπτύξει μια σειρά διαδικασιών-βημάτων για την ασφαλή και σωστή επεξεργασία των επιστρεφόμενων μπαταριών, ώστε στο τέλος να είναι δυνατή η ανακύκλωσή τους (Εικόνα 1).

Τα βήματα από την κατοχή μέχρι την τελική ανακύκλωση της μπαταρίας είναι τα εξής:

1. Κατοχή μπαταρίας τεχνολογίας Lithium-ion.
2. Αποφόρτιση (Discharge).
3. Αποσυναρμολόγηση (Disassembly).
4. Χονδροειδής Τεμαχισμός (Coarse Shredding).
5. Διαχωρισμός/Διαλογή (1) (Separation).
6. Σύνθλιψη (Fine Crushing).
7. Διαχωρισμός/Διαλογή (2) (Separation).
8. Επεξεργασία/Ανακύκλωση (Treatment/Recycling).
9. Α΄Υλη (Raw Material).

Αρχικά, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αποφορτίζεται η μπαταρία, έτσι ώστε να αποφεύγεται η εργασία σε αυτήν όταν βρίσκεται στα 400V, μιας και υπάρχει κίνδυνος τόσο από την υψηλή τάση, όσο και από τυχόν χημικές αντιδράσεις. Στη συνέχεια ακολουθεί η αποσυναρμολόγηση του block της μπαταρίας, ώστε να χωριστούν οι συστοιχίες των μπαταριών από τα υπόλοιπα μέρη. Ακολουθεί τεμαχισμός των αποσυναρμολογούμενων μερών και διαχωρισμός/διαλογή των παραγώγων, σε αυτά που θα ανακυκλωθούν για α΄ ύλη και αυτών που θα συνθλιβούν. Τα παράγωγα της σύνθλιψης διαχωρίζονται ξανά και ανακυκλώνονται. Όλη η ανακυκλωμένη α΄ ύλη πλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκ νέου, για τη δημιουργία νέων μπαταριών.

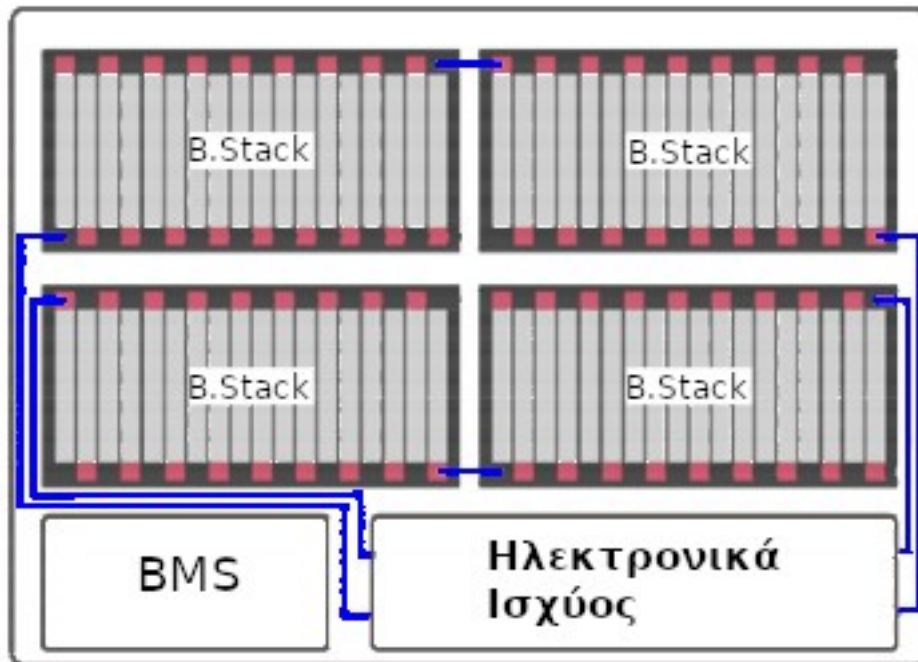


Εικόνα 1: Διαδικασία ανακύκλωσης LithoRec [93]

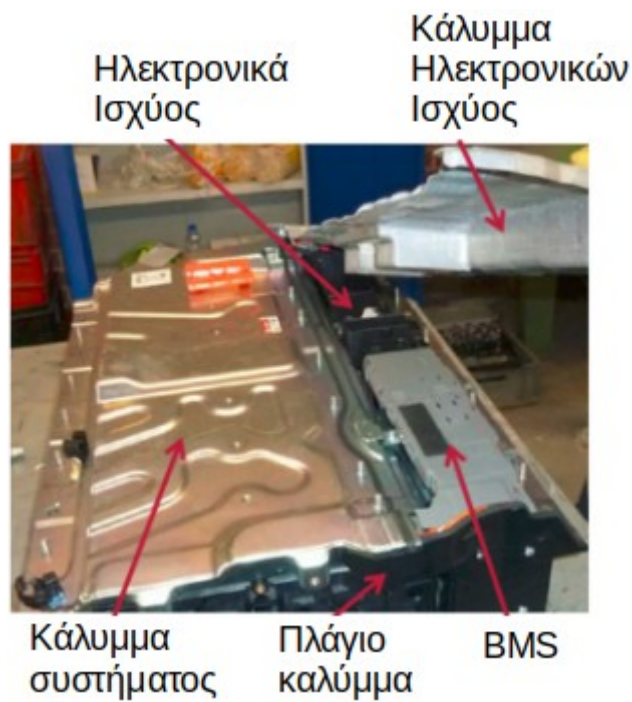
#### 4.2.3 Η Μπαταρία

Γενικά, τα συστήματα μπαταριών των ηλεκτροκίνητων οχημάτων (Electric Vehicles, EV) χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: αυτά που χρησιμοποιούνται σε αποκλειστικά ηλεκτροκίνητα οχήματα και αυτά που χρησιμοποιούνται σε υβριδικά οχήματα, δηλαδή σε αυτά που έχουν και μια μηχανή εσωτερικής καύσης (MEK). Στη γενική του μορφή το σύστημα των μπαταριών και των δύο τύπων είναι παρόμοιο, αν όχι και ίδιο. Και στα δύο είδη, οι μπαταρίες (battery cells) σχηματίζουν συστοιχίες (stacks/modules), οι οποίες είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους δημιουργώντας μεγαλύτερες συστοιχίες, οι οποίες στη συνέχεια συνδέονται με τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης τους (διαφορετικά από το σύστημα κλιματισμού του οχήματος). Όλα μαζί στη συνέχεια συνδέονται με το σύστημα διαχείρισης των μπαταριών (Battery Management System, BMS) κι έπειτα τοποθετούνται σε μία ηλεκτρικά μονωμένη θήκη (insulated case). Στη συνέχεια συνδέονται τα ηλεκτρονικά ισχύος (Power electronics) και πλέον έχουμε το ολοκληρωμένο σύστημα της μπαταρίας του οχήματος (vehicle battery system).

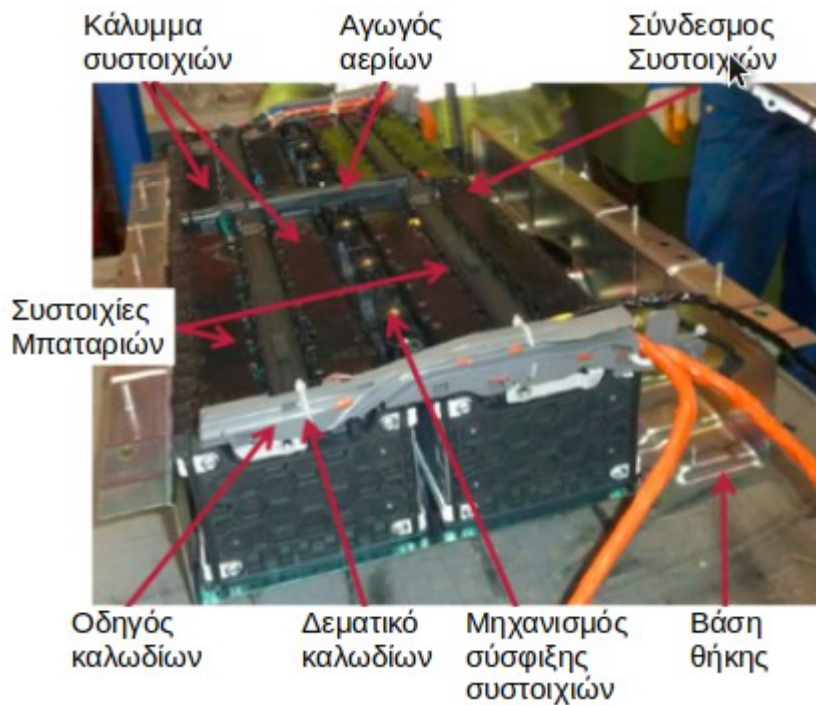
Το σύστημα της μπαταρίας του Audi Q5 Hybrid δεν αποτελεί διαφορετική περίπτωση των παραπάνω. Είναι ένα σύστημα μπαταριών για υβριδικά οχήματα, το οποίο κατασκευάζεται από την Audi AG στο γενικό πλαίσιο της Volkswagen Group, και αυτός είναι και ο λόγος που το συναντάει κανείς και στο μοντέλο VW Jetta Hybrid. Αποτελείται από τέσσερις συστοιχίες μπαταριών (battery modules), ένα σύστημα διαχείρισης μπαταριών (BMS), καθώς και από τα απαραίτητα ηλεκτρονικά ισχύος (Power electronics). Οι διαστάσεις του είναι 50 cm x 70 cm x 15 cm, με συνολικό βάρος περίπου στα 35 kg. Η ονομαστική του χωρητικότητα (nominal capacity) είναι 5 Ah και η ονομαστική του τάση (nominal voltage) 266 V. Οι τέσσερις συστοιχίες περιλαμβάνουν 18 μπαταρίες η κάθε μία (72 σε σύνολο) συνδεδεμένες σε σειρά με ατομική ονομαστική τάση (nominal voltage) 3,7 V. Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται: το σχεδιάγραμμα του συστήματος (Εικ. 2) και το πραγματικό σύστημα με τα επιμέρους υποσυστήματά του (Εικ. 3-4).



Εικόνα 2: Σχεδιάγραμμα Συστήματος Μπαταρίας [93]



Εικόνα 3: Πραγματικό Σύστημα [93]



Εικόνα 4: Πραγματικό Σύστημα [93]

#### 4.2.4 Η Διαδικασία της Αποσυναρμολόγησης (Disassembly)

Η αποσυναρμολόγηση (disassembly) του συστήματος της μπαταρίας ξεκινάει από το επίπεδο του συστήματος και καταλήγει στις συστοιχίες των μπαταριών. Σε βιομηχανικό επίπεδο, η διαλογή των μερών που προκύπτουν από τη συναρμολόγηση δεν είναι απαραίτητο να γίνει για κάθε ένα μέρος ξεχωριστά, αλλά παρά μόνο σε επίπεδο υλικού, δηλαδή μέταλλα, πλαστικά, μπαταρίες κ.ά. Αυτό εξοικονομεί χρόνο κατά τη διαδικασία της ανακύκλωσης, αφού δεν χρειάζεται περαιτέρω διαλογή, καθώς η ανακύκλωση των μετάλλων γίνεται με τον ίδιο τρόπο, των πλαστικών με τον ίδιο τρόπο κτλ. Έτσι δεν χρειάζεται να αποσυναρμολογηθεί τελείως το σύστημα, παρά μόνο τα κύρια μέρη του. Η αποσυναρμολόγηση γίνεται χειροκίνητα, με εργαλεία (power tools) με σκοπό την απόκτηση της συστοιχίας των μπαταριών, ώστε στη συνέχεια να ακολουθήσει ο διβάθμιος (two-step) τεμαχισμός της και η διαλογή των κομματιών για περαιτέρω επεξεργασία και ανακύκλωση.

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται το σύστημα της μπαταρίας και φαίνονται στις Εικόνες 3 και 4 είναι:

1. Κάλυμμα Ηλεκτρονικών Ισχύος (Power electronics cover).
2. Πλάγιο κάλυμμα (Side cover).
3. Δεματικό καλωδίων (cable tie).
4. Σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών (BMS).
5. Ηλεκτρονικά ισχύος (Power electronics).
6. Κάλυμμα συστήματος (system cover).
7. Οδηγός καλωδίων (cable guiding).
8. Αγωγός αερίων (gas venting).
9. Κάλυμμα συστοιχίας (cover of stacks)

10. Σύνδεσμος συστοιχιών (connector between stacks).
11. Μηχανισμός σύσφιξης συστοιχιών (stack fastener).
12. Βάση θήκης (casing bottom).
13. Βάση στήριξης συστοιχιών (stack holder).
14. Συστοιχίες μπαταριών (modules/stacks).

Για να βρεθεί η σειρά με την οποία τα παραπάνω μέρη θα αφαιρεθούν χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του “πίνακα αποσυναρμολόγησης” (disassembly matrix). Ο πίνακας περιλαμβάνει όλα τα μέρη από τα οποία αποτελείται το σύστημα της μπαταρίας, μαζί με τις σχέσεις μεταξύ αυτών. Οι σχέσεις αποτελούν ουσιαστικά μια ένδειξη για το ποιο μέρος προηγείται ή ακολουθεί έναντι κάποιου άλλου. Ο τρόπος με τον οποίο ορίζεται η σειρά αποσυναρμολόγησης είναι ο εξής:

- Τα μέρη που προηγούνται έναντι κάποιου άλλου λαμβάνουν την τιμή 1.
- Τα μέρη που ακολουθούν έναντι κάποιου άλλου λαμβάνουν την τιμή -1.
- Αν δεν υπάρχει εξάρτηση μεταξύ δύο μερών, τότε αυτά λαμβάνουν την τιμή 0.

Στο τέλος και αφού συμπληρωθεί πλήρως ο πίνακας με τις σχέσεις μεταξύ των μερών, τότε γίνεται ανακατάταξη βάσει του άθροισματος των μονάδων, και το μέρος με το μεγαλύτερο άθροισμα λαμβάνει την πρώτη θέση, ενώ ακολουθούν με φθίνουσα σειρά τα υπόλοιπα. Υπάρχει η πιθανότητα δύο ή/και περισσότερα μέρη να έχουν το ίδιο άθροισμα μεταξύ τους, κάτι το οποίο αποτρέπει τη μέθοδο αυτή να θεωρηθεί ως η απόλυτη μέθοδος για τον ορισμό της σειράς των διαδικασιών, όμως αυτό δεν την καθιστά λανθασμένη. Κατά τη διαδικασία της αποσυναρμολόγησης (disassembly), ο χειριστής έχει την ευχέρεια να διαλέξει ποιο από τα κομμάτια με το ίδιο άθροισμα θα αφαιρεθεί πρώτο και στη συνέχεια να τροποποιήσει τον πίνακα.

Βλέπουμε λοιπόν ότι υπάρχει ανάδραση πληροφοριών (feedback) και μέσω του reverse engineering υπάρχει η δυνατότητα βελτιστοποίησης της σειράς των διαδικασιών, τόσο σε επίπεδο OEM όσο και σίγουρα σε επίπεδο Τρίτου (3<sup>rd</sup> Party). Ο Πίνακας 3 αποτελεί τον πίνακα αποσυναρμολόγησης του συστήματος της μπαταρίας του Audi Q5 Hybrid. Εφόσον έχει βρεθεί η σειρά με την οποία θα γίνει η διαδικασία της αποσυναρμολόγησης (disassembly), μπορεί πλέον η ίδια να ξεκινήσει. Στον Πίνακα 4 καταγράφονται με τη σειρά τα βήματα της αποσυναρμολόγησης, καθώς και τα απαραίτητα εργαλεία κάθε βήματος.

Πίνακας 3: Πίνακας Αποσυναρμολόγησης [93]

Μέρη	Προηγούμενο\Επόμενο														Σύνολο	Θέση
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Κάλυμμα Ηλεκτρ. Ισχύος (1)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	1
Πλάγιο κάλυμμα (2)	-1		1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	11	2
Δεματικό καλωδίων (3)	-1	-1		1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	9	3
BMS (4)	-1	-1	-1		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	4
Ηλεκτρ. ισχύος (5)	-1	-1	-1	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	5
Κάλυμμα συστήματος (6)	-1	0	-1	-1	-1		1	1	1	1	1	1	1	1	8	6
Οδηγός καλωδίων (7)	-1	-1	-1	-1	-1	-1		1	1	0	1	1	0	1	5	7
Αγωγός αερίων (8)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		0	0	1	1	1	1	4	8
Κάλυμμα συστοιχίας (9)	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	0		0	0	1	1	1	3	9
Σύνδεσμος συστοιχιών (10)	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0		0	1	1	1	3	10
Μηχ. σύσφιξης συστοιχιών (11)	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0		1	1	1	3	11
Βάση θήκης (12)	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1		1	1	2	1
Βάση στήριξης συστοιχιών (13)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		1	1	13
Συστοιχίες μπαταριών (14)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		0	14



Πίνακας 4: Βήματα Αποσυναρμολόγησης και εργαλεία [93]

Βήμα Αποσυναρμολόγησης	Περιγραφή	Εργαλεία
1	Αφαίρεση των κοχλιών από τα καλύμματα (1),(6) και τη βάση της θήκης (12)	Κατσαβίδι (Screw driver)
2	Αφαίρεση του καλύμματος των ηλεκτρονικών ισχύος (1)	Δεν απαιτείται
3	Έλεγχος της κατάστασης της μπαταρίας	Ειδικό μετρητικό εργαλείο
4	Αφαίρεση του πλάγιου καλύμματος (2)	Δεν απαιτείται
5	Αποσυναρμολόγηση των συνδέσεων (live lines) των συστοιχιών (14)	Κατσαβίδι (Screw driver)
6	Κόψιμο των δεματικών (3)	Κοπτικό εργαλείο
7	Αποσυναρμολόγηση των συνδέσεων των ελεγκτών των μπαταριών (cell controllers) και του BMS (4)	Δεν απαιτείται
8	Αφαίρεση του BMS (4)	Δεν απαιτείται
9	Αφαίρεση των ηλεκτρονικών ισχύος (5)	Δεν απαιτείται
10	Κόψιμο της σύνδεσης των αισθητήρων θερμοκρασίας	Κοπτικό εργαλείο
11	Αποσυναρμολόγηση του καλύμματος του συστήματος (6)	Κατσαβίδι (Screw driver)
12	Αφαίρεση του καλύμματος του συστήματος (6)	Δεν απαιτείται
13	Αφαίρεση των κοχλιών από τον οδηγό καλωδίων (7)	Κατσαβίδι (Screw driver)
14	Αφαίρεση του οδηγού καλωδίων (7)	Δεν απαιτείται
15	Αφαίρεση του αγωγού αερίων (8)	Δεν απαιτείται
16	Αφαίρεση του καλύμματος των συστοιχιών (9)	Δεν απαιτείται
17	Αποσυναρμολόγηση των συνδέσεων μεταξύ των συστοιχιών (10)	Κατσαβίδι (Screw driver)
18	Αφαίρεση των συνδέσεων μεταξύ των συστοιχιών (10)	Δεν απαιτείται
19	Αφαίρεση των κοχλιών του Μηχ. σύσφιξης συστοιχιών (11)	Κατσαβίδι (Screw driver)
20	Αφαίρεση του Μηχ. σύσφιξης συστοιχιών (11)	Δεν απαιτείται
21	Αφαίρεση της βάσης της θήκης (12)	Δεν απαιτείται
22	Αφαίρεση των κοχλιών από τη βάση στήριξης των συστοιχιών (13)	Κατσαβίδι (Screw driver)
23	Αφαίρεση της βάσης στήριξης των συστοιχιών (13)	Δεν απαιτείται
24	Αφαιρούμε τις συστοιχίες (14)	Δεν απαιτείται

#### 4.2.5 Αποτελέσματα Μελέτης Περίπτωσης

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας της αποσυναρμολόγησης και μετά τη λεπτομερή καταγραφή των βημάτων της, οι συγγραφείς [93] κατέληξαν σε συμπεράσματα, τα οποία αφορούσαν τόσο τον σχεδιασμό (design) του συστήματος της μπαταρίας όσο και τα μέτρα ασφαλείας που θα πρέπει να ληφθούν, ώστε η όλη διαδικασία να εκτελείται με ασφάλεια για τον εργαζόμενο. Επίσης σχεδίασαν και πρότειναν το εργασιακό περιβάλλον που θα μπορούσε να υιοθετηθεί στο εργοστάσιο όπου θα γινόταν η διαδικασία της αποσυναρμολόγησης, τόσο σε αρχικό στάδιο, χωρίς αυτοματισμούς, όσο και σε πιο εξελιγμένο στάδιο, με τη χρήση δηλαδή αυτοματισμών και ρομπότ.

Όσον αφορά τον σχεδιασμό (design) του συστήματος της μπαταρίας, η μελέτη έδειξε ότι υπάρχουν στοιχεία τα οποία συμβάλλουν στην αύξηση της πολυπλοκότητας και δυσκολίας, κατά την διαδικασία της αποσυναρμολόγησης (disassembly). Ένα από αυτά είναι ότι στο σύστημα υπάρχουν διαφορετικού τύπου κοχλίες, με αποτέλεσμα να ξοδεύεται επιπλέον χρόνος για την επιλογή του κατάλληλου εργαλείου. Επίσης οι κοχλίες δεν είναι πάντα εύκολα προσβάσιμοι, αλλά απαιτείται μετακίνηση και περιστροφή του συστήματος. Ακόμα ένα ζήτημα είναι αυτό της πρόσβασης σε μέρη τα οποία δεν είναι εύκολα προσβάσιμα μέσω αυτοματοποιημένων συστημάτων, όπως για παράδειγμα των καλωδίων των συνδέσεων του BMS. Αυτό σε πρώτο στάδιο, όπου η επιστροφές είναι λίγες, δεν επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα, όμως όσο η τεχνολογία των υβριδικών και των ηλεκτροκίνητων οχημάτων γίνεται πιο αποδεκτή, ο όγκος των επιστρεφόμενων συστημάτων μπαταρίας που θα πρέπει να επεξεργαστούν θα αυξάνεται συνεχώς, γεγονός που επιβάλλει την ελαχιστοποίηση του χρόνου αποσυναρμολόγησης (disassembly time) και τη δημιουργία μιας όσο το δυνατό πιο αυτοματοποιημένης εργασίας. Οι συγγραφείς πρότειναν είτε δύο ανθρώπους είτε έναν άνθρωπο κι ένα ρομπότ (το KUKA LWR) για την διεκπεραίωση της διαδικασίας της αποσυναρμολόγησης (disassembly).

Όσον αφορά την ασφάλεια κατά την εργασία, τονίζεται ότι ο κύριος κίνδυνος είναι αυτός της τάσης της μπαταρίας και των χημικών τα οποία βρίσκονται στις μπαταρίες (battery cells). Είναι λοιπόν απαραίτητο:

- η μπαταρία να έχει αποφορτιστεί, ώστε να μην υπάρξει το φαινόμενο ανάφλεξης των ηλεκτρολυτών σε περίπτωση φθοράς/βλάβης της μπαταρίας,
- το ανθρώπινο δυναμικό το οποίο εργάζεται στη μπαταρία να έχει εργαλεία, τα οποία να προσφέρουν ασφάλεια από τάσεις, και
- να υπάρχουν στο άμεσο κοντινό εργασιακό περιβάλλον τόσο εργαλεία για την αντιμετώπιση ανάφλεξης όσο και για την αντιμετώπιση τραυματισμών.

Είναι επίσης σημαντικό για την ασφάλεια του ανθρώπινου δυναμικού το ρομπότ να έχει αισθητήρες, ώστε να αποφευχθεί τυχόν ατύχημα κατά την ταυτόχρονη εργασία.

Για το εργασιακό περιβάλλον προτάθηκε ένας σταθμός εργασίας (workstation). Το σύστημα της μπαταρίας θα έφτανε με ταινιόδρομο στον κύριο χώρο αποσυναρμολόγησης και από εκεί θα αναλάμβαναν είτε οι δύο εργάτες είτε ο ένας εργάτης και το ρομπότ. Τα εργαλεία θα πρέπει να είναι σε κοντινή απόσταση, ώστε να αποφεύγονται οι μετακινήσεις, και ο χώρος στον οποίο θα γίνεται η συλλογή των υλικών επίσης. Τα υλικά θα χωρίζονται σε τέσσερεις κατηγορίες:

- Ηλεκτρονικά.
- Σιδηρούχα μέταλλα.
- Συστοιχίες Μπαταριών.
- Άλλα υλικά.

Στη συνέχεια, οι συστοιχίες των μπαταριών θα μεταφέρονται σε δεύτερο σταθμό εργασίας, για επιπλέον επεξεργασία ή προς τεμαχισμό και διαχωρισμό/διαλογή για ανακύκλωση.

#### 4.2.6 Σχόλια

Με το τέλος αυτής της μελέτης περίπτωσης, είμαστε σε θέση να καταλάβουμε τη σημασία που έχει η Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα και το Reverse Engineering στην παραγωγική διαδικασία. Μέσω των λειτουργιών της ΑΕΑ είμαστε σε θέση:

- να ανακτήσουμε υλικά, συνεπώς και να αποφύγουμε νέα αγορά αυτών,
- να μειώσουμε τα παραγόμενα απόβλητα, μέσω της ανακύκλωσης τους,
- να διαχειριστούμε σωστά επικίνδυνα απόβλητα, όπως για παράδειγμα τους ηλεκτρολύτες των μπαταριών,
- να βελτιώσουμε τον σχεδιασμό (design) των παραγόμενων προϊόντων, μέσω του Reverse Engineering, και
- να βελτιστοποιήσουμε τις διαδικασίες και την επεξεργασία των επιστρεφόμενων προϊόντων.

Για το Reverse Engineering πιο συγκεκριμένα, βλέπουμε ότι δεν είναι μόνο μια διαδικασία που χρησιμοποιείται από τους Τρίτους (3<sup>rd</sup> Party) Ανακατασκευαστές, Ανακυκλωτές, Παρόχους Υπηρεσιών (Service Providers), αλλά κάτι που μπορεί να χρησιμοποιήσει και η ίδια η εταιρεία παραγωγής (OEM), προκειμένου να βελτιώσει το προϊόν της και να βελτιστοποιήσει τις υπηρεσίες που παρέχει σε όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, όπως για παράδειγμα συντήρηση (service), επισκευές (repair), ανακατασκευή (remanufacturing), αποσυναρμολόγηση (disassembly) κ.ά. Οι τρίτες (3<sup>rd</sup> Party) εταιρείες χρησιμοποιούν το Reverse Engineering κυρίως για την εκμάθηση των διαδικασιών που απαιτούνται για την παροχή υπηρεσιών τέλους-ζωής (EoL) προϊόντων και ειδικά στην περίπτωση που δεν υπάρχει άμεση συνεργασία με τον OEM.

### 4.3. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΚΥΨΕΛΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΠΡΩΤΟΝΙΩΝ

#### 4.3.1 Εισαγωγή

Σε αυτή τη μελέτη περίπτωσης θα παρουσιαστεί πώς με τη δημιουργία ενός πολυκριτηριακού μοντέλου βελτιστοποίησης είναι δυνατή η σχεδίαση ενός “σχεδόν πλήρους” βελτιστοποιημένου (near-optimal) και βιώσιμου δικτύου ανάκτησης κυψελών καυσίμου για την αυτοκίνηση στην πρωτεύουσα της Σαουδικής Αραβίας, την πόλη Ριάντ (Riyadh).

Όσο ο τομέας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εξελίσσεται και τα κράτη αλλά και οι άνθρωποι ευαισθητοποιούνται περισσότερο περιβαλλοντικά, τεχνολογίες όπως η αυτοκίνηση με τη χρήση υδρογόνου, αλλά και άλλων τεχνολογιών, θα γίνεται όλο και περισσότερο διαδεδομένη. Στο μέλλον η ζήτηση για οχήματα που χρησιμοποιούν υδρογόνο ως καύσιμο αναμένεται να αυξηθεί. Το ίδιο ισχύει και για τα προσφερόμενα μοντέλα οχημάτων προς αγορά [95]. Στην αγορά αυτοκίνησης τη δεδομένη χρονική στιγμή της διεξαγωγής αυτής της μελέτης περίπτωσης, τα διαθέσιμα οχήματα που χρησιμοποιούν υδρογόνο ως καύσιμο είναι: το Toyota Mirai, το Honda Clarity και το Hyundai Tucson.

Η τεχνολογία στην οποία βασίζονται τα οχήματα που χρησιμοποιούν υδρογόνο για την κίνησή τους είναι η τεχνολογία των μπαταριών κυψέλης καυσίμου μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων (proton-exchange membrane fuel cell battery, PEMFC). Οι μπαταρίες αυτές χρησιμοποιούν υδρογόνο για την παροχή ηλεκτρικής ισχύος μέσω ηλεκτροχημικής αντίδρασης. Για την αντίδραση αυτή είναι απαραίτητη η χρήση Λευκόχρυσου (Platinum, Pt) ως καταλύτη. Λόγω όμως της σπανιότητας του στοιχείου, η ανάκτηση των μπαταριών αυτών μετά το τέλος ζωής τους έχει αποδειχθεί εφικτή και πιο συγκεκριμένα η ανακατασκευή (remanufacturing) τους. Η ανάκτηση των μπαταριών αυτών δεν διακινείται μόνο λόγω των περιβαλλοντικών αναγκών, όπως η διατήρηση του Λευκόχρυσου, αλλά και από τα οικονομικά οφέλη που μπορεί να προκύψουν από την ανάκτηση (product recovery) και την ανακατασκευή (remanufacturing) [96]. Επίσης με την εδραίωση της χρήσης οχημάτων υδρογόνου, η μελλοντική νομοθεσία θα επιβάλει στους παραγωγούς να είναι υπεύθυνοι για τη διαχείριση των μελλοντικών τους αποβλήτων (Extended Producer Responsibility, EPR), το οποίο καθιστά την παρούσα μελέτη περίπτωσης ιδιαίτερα σημαντική.

Η παρούσα μελέτη περίπτωσης έχει κάποια χαρακτηριστικά που την καθιστούν διαφορετική από τις ήδη υπάρχουσες. Χρησιμοποιεί παράγοντες οι οποίοι δεν λαμβάνονται υπόψιν σε άλλες μελέτες όπως η ικανοποίηση της κοινωνικής ευθύνης (social responsibility) από την πλευρά της εταιρείας (corporate citizenship) εις βάρος του οικονομικού κέρδους (economic profitability). Επίσης χρησιμοποιούνται πραγματικοί χάρτες (Google Maps) για τον υπολογισμό της πραγματικής απόστασης μεταξύ των σημείων του δικτύου, κάτι το οποίο βοηθάει στην αξιοπιστία της μελέτης [97].

#### 4.3.2 Η Κυψέλη Καυσίμου

Η μπαταρία κυψέλης καυσίμου (fuel cell stack) για την οποία έγινε η μελέτη είναι της General Motors (GM) για τα οχήματα υδρογόνου και πιο συγκεκριμένα αυτή των 80 kW. Τα κύρια μέρη τα οποία είναι απαραίτητα για την παροχή ισχύος σε ένα όχημα υδρογόνου είναι:

- Η παροχή Οξυγόνου (Oxygen supply)
- Η παροχή Υδρογόνου (Hydrogen supply)
- Η μπαταρία κυψέλης καυσίμου (fuel cell stack)

- Το σύστημα ψύξης (Cooling system)

Από τα παραπάνω, αυτό το οποίο έχει τη μεγαλύτερη σημασία και ουσιαστικά συμβάλλει στην “ωφέλιμη ζωή” του συστήματος ισχύος (power system’s useful life) είναι η μπαταρία κυψέλης καυσίμου. Η τεχνολογία της κυψέλης καυσίμου είναι η “μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων” (Proton-Exchange Membrane, PEM), η οποία είναι ιδιαίτερα ελκυστική ως προς τη διαδικασία της ανακατασκευής (remanufacturing). Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5) παρουσιάζονται όλα τα μέρη (parts) από τα οποία αποτελείται ένα στοιχείο (fuel cell) του συνόλου της μπαταρίας κυψέλης καυσίμου (fuel cell stack battery):

Πίνακας 5: Μέρη PEMFC [97][98]

Μέρος	Ποσότητα	Περιγραφή
Πλάκες τοιχώματος (End Plates)	2 ανά μπαταρία (stack)	Φτιαγμένα από ανοξείδωτο χάλυβα (stainless steel). Χρησιμοποιούνται ως βάση για τα υπόλοιπα και για την αποφυγή διαρροής υδρογόνου και άλλων αερίων.
Σύστημα Μεμβράνης Ηλεκτρολύτη (Membrane electrolyte assembly, MEA):	1 ανά στοιχείο (cell)	Το σύστημα αποτελείται από 2 μέρη, ένα PTFE Nafion <sup>®</sup> ιονομερές (ionomer) υπόστρωμα και ένα μακροπορώδες (macroporous) στρώμα άνθρακα (carbon).
1. Στρώμα διάχυσης αερίου (Gas Diffusion Layer, GDL)	2 ανά MEA	Φτιάχνεται από διπλό στρώμα από μακροπορώδες στρώμα (macroporous) άνθρακα πάχους 0,28 mm και μικροπορώδες στρώμα PTFE πάχους 0,04 mm.
2. Καταλύτη Ανόδου και Καθόδου (Anode and Cathode Catalyst)	1 Άνοδο (anode) και 1 Κάθοδο (cathode) ανά MEA	Λευκόχρυσος (platinum) τοποθετείται πάνω στην επιφάνεια ενός στρώματος film (thin film layer).
3. Μεμβράνη (Membrane)	1 ανά MEA	Αποτελείται από ένα PTFE Nafion <sup>®</sup> ιονομερές (ionomer) υπόστρωμα και ένα μακροπορώδες (macroporous) στρώμα άνθρακα (carbon).
Διπολικές πλάκες (bipolar plates)	2 ανά στοιχείο (cell)	Συλλέγει το ρεύμα (current) και στηρίζει τη διαδικασία ψύξης της μπαταρίας (stack). Υλικό: ανοξείδωτος χάλυβας (stainless steel).
Gaskets	2 ανά στοιχείο (cell)	Συνδυασμός σιλικόνης (Silicone) και ελαστικού (rubber) δημιουργούν το στρώμα για την αποφυγή διαρροών ανάμεσα στα στοιχεία (cells).
Συλλέκτες Ρεύματος (Current Collectors)	2 ανά μπαταρία (stack)	Συλλέγουν το ρεύμα που παράγεται από τα στοιχεία (cells). Υλικό: Χαλκός.
Καλώδια Γεφύρωσης (Electrical Jumpers)	2 ανά στοιχείο (cell)	Χάλκινο καλώδιο για τη μεταφορά ρεύματος από τα στοιχεία (cells) στους συλλέκτες ρεύματος.
Κοχλίες (Bolts)	4 ανά μπαταρία (stack)	Επιχρυσωμένοι χαλύβδινοι κοχλίες για την αποφυγή διαρροών.

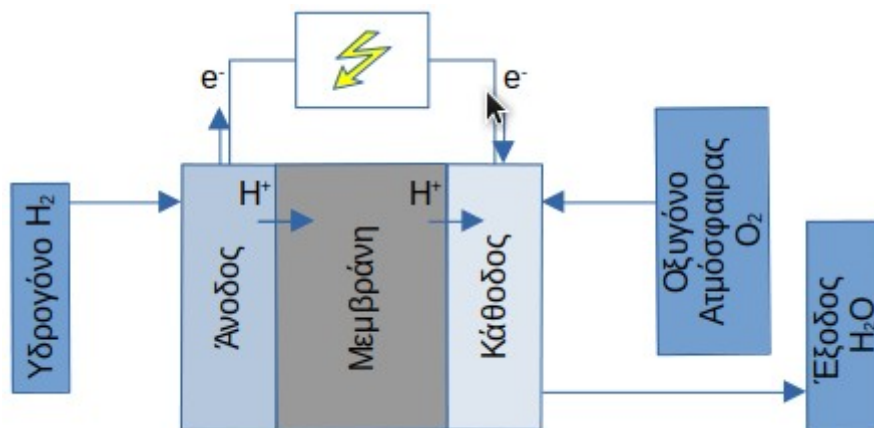
PTFE: πολυτετραφθοροαιθυλένιο (polytetrafluoroethylene)

### 4.3.2.1 Αρχή Λειτουργίας

Μία μπαταρία κυψέλης καυσίμου αποτελείται από πολλά επιμέρους στοιχεία (fuel cells) τα οποία παράγουν ξεχωριστά ρεύμα, το οποίο μεταφέρεται από τα καλώδια γεφύρωσης στους συλλέκτες ρεύματος και στη συνέχεια στον ηλεκτροκινητήρα του οχήματος που παρέχει την απαραίτητη ισχύ. Η απαραίτητη ισχύς ζήτησης είναι αυτή που θα καθορίσει την ποσότητα των κυψελών καυσίμου (fuel cells) της μπαταρίας. Η μπαταρία που εξετάζεται στην παρούσα μελέτη αποτελείται από 200 στοιχεία (cells). Τα στοιχεία (fuel cells) διασπάνε τα άτομα του υδρογόνου σε ένα πρωτόνιο και ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο με τη βοήθεια του λευκόχρυσου (platinum) ως καταλύτη. Οι δύο χημικές αντιδράσεις που αποτελούν την αρχή λειτουργίας μιας κυψέλης καυσίμου (fuel cell) είναι:

1. Αντίδραση Ανόδου (Anode reaction): Το υδρογόνο διασπάται σε ηλεκτρόνιο και πρωτόνιο. Στη συνέχεια το πρωτόνιο περνάει μέσω της μεμβράνης στην Κάθοδο (Cathode) και το ηλεκτρόνιο συλλέγεται από τον συλλέκτη ρεύματος και μεταφέρεται και αυτό στην Κάθοδο (Cathode).
2. Αντίδραση Καθόδου (Cathode reaction): Τα άτομα οξυγόνου, το πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο συνδυάζονται και δημιουργούν ένωση νερού ( $H_2O$ ) με τη βοήθεια του Λευκόχρυσου (platinum) ως καταλύτη.

Το αποτέλεσμα των παραπάνω αντιδράσεων είναι η παραγωγή ρεύματος κατά τη διαδικασία της μεταφοράς του ηλεκτρονίου από την Άνοδο στην Κάθοδο και η παραγωγή νερού ( $H_2O$ ) ως έξοδος. Σε όλη τη διαδικασία χρησιμοποιούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ταυτόχρονα μη βλαβερά υλικά (harmless materials).



Σχήμα 12: Αναπαράσταση Συστήματος [97]

### 4.3.2.2 Τέλος Ζωής Μπαταρίας Κυψέλης Καυσίμου

Θεωρητικά τα συστήματα μπαταριών με κυψέλες καυσίμου έχουν άπειρη διάρκεια ζωής, όμως η χρήσιμη ζωή τους (useful life) εξαρτάται από δυο παράγοντες:

1. Απόδοση του καταλύτη (catalyst performance): Ο Λευκόχρυσος ως καταλύτης αρχίζει να μειώνει την απόδοσή του μετά από δύο χρόνια κανονικής/καθημερινής χρήσης σε οχήματα. Πρακτικά η χρήσιμη ζωή (useful life) ενός τέτοιου καταλύτη σε συστήματα μπαταριών με κυψέλες καυσίμου για οχήματα είναι ανάμεσα στα τέσσερα με έξι χρόνια κανονικής

- χρήσης.
2. Χρήσιμη ζωή (useful life) οχήματος: Η μέση χρήσιμη ζωή ενός οχήματος είναι περίπου δέκα χρόνια. Ως αποτέλεσμα, η χρήσιμη ζωή των μπαταριών με κυψέλες καυσίμου, όσο και αν αναπτυχθεί η τεχνολογία τους, δεν έχουν ουσιαστικό λόγο να ξεπερνούν τα χρόνια αυτά.

Ουσιαστικά οι παραπάνω δύο παράγοντες μαζί με τη σπανιότητα του Λευκόχρυσου (platinum) συμβάλλουν στην ανάγκη για δημιουργία δομών επεξεργασίας των μπαταριών τεχνολογίας κυψέλης καυσίμου.

### 4.3.3 Γεωγραφικά Στοιχεία

Η Σαουδική Αραβία είναι μια από τις μεγαλύτερες πετρελαιοπαραγωγούς χώρες και βασίζεται κυρίως στο πετρέλαιο για να καλύψει τις ανάγκες της. Έχει θέσει σαν στόχο, όμως, μέχρι το 2030 να μειώσει την εξάρτησή της από το πετρέλαιο και να στραφεί σε πιο βιώσιμες τεχνολογίες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η πόλη για την οποία έγινε η μελέτη περίπτωσης [97] είναι η Ριάντ (Riyadh), η πρωτεύουσα της Σαουδικής Αραβίας. Λόγω του αυξημένου πληθυσμού και της έλλειψης επαρκούς υποδομής δημόσιων μεταφορών, ο αριθμός των οχημάτων της πόλης για το έτος 2015 ανερχόταν στα 2.642.504 οχήματα. Συγκρίνοντας τον αριθμό των οχημάτων με τον αριθμό των κατοίκων της πόλης βλέπουμε ότι ο λόγος οχημάτων/κατοίκων είναι 0,46 (για το 2015).

Η πόλη χωρίζεται σε 16 γεωγραφικές περιφέρειες εκ των οποίων και οι 16 θα θεωρηθούν ως πηγή για τη συλλογή τέλους-ζωής (EoL) μπαταριών κυψέλης καυσίμου (PEMFC). Η συλλογή θα γίνεται σε συγκεκριμένες τοποθεσίες και πιο συγκεκριμένα στα καταστήματα SACO, τα οποία συνεργάστηκαν με τους συγγραφείς [97] και τους παρείχαν πληροφορίες όχι μόνο για τις τοποθεσίες αλλά και για την αποθηκευτική τους ικανότητα και τα εμπλεκόμενα κόστη. Τα καταστήματα SACO είναι μια αλυσίδα καταστημάτων για την παροχή προϊόντων γενικής χρήσης (multi-purpose store), η οποία έχει καταστήματα και στις 16 γεωγραφικές περιφέρειες της Ριάντ (Riyadh). Οι τοποθεσίες για την κατασκευή μονάδων ανακατασκευής (remanufacturing plants), λόγω ορισμένων από τη Σαουδική Αρχή Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας (Saudi Industrial Property Authority, MODON), δεν μπορούν να επιλεγούν ελεύθερα, αλλά πρέπει να είναι μέσα στις τρεις βιομηχανικές ζώνες (industrial zones) της πόλης. Η MODON επίσης παρείχε στους συγγραφείς τα κόστη κατασκευής των μονάδων ανακατασκευής ανά περιοχή.

### 4.3.4 Σχεδιασμός RL Συστήματος και Μαθηματικό Μοντέλο

#### 4.3.4.1 Σχεδιασμός-Επιχειρησιακή Ανάλυση

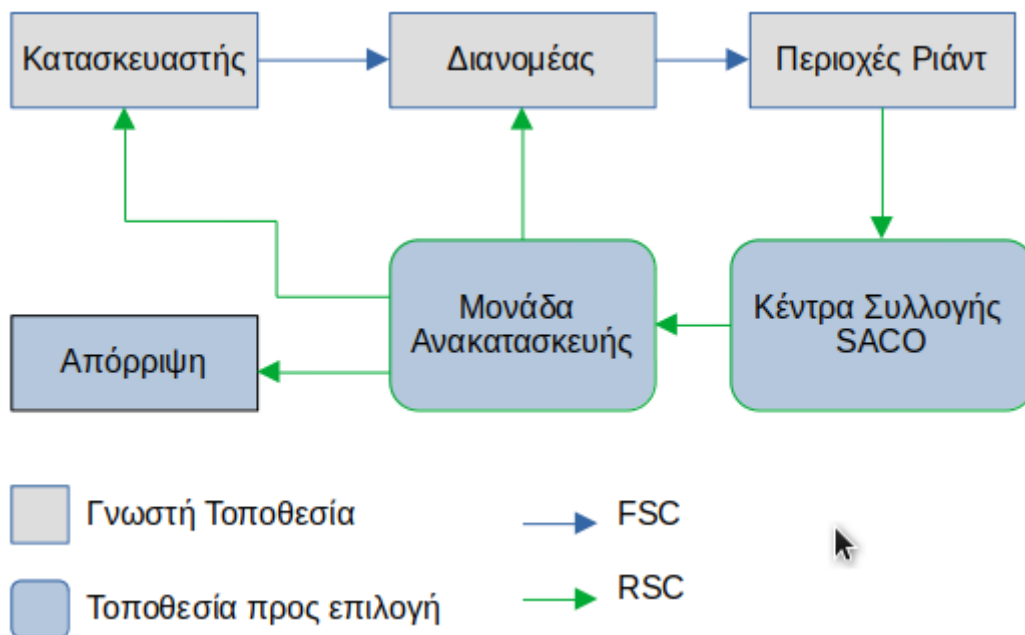
Για τον σχεδιασμό (design) του Αντίστροφου Logistics δικτύου (Reverse Logistics Network) δημιουργήθηκε ένα πολυκριτηριακό μικτό ακέραιο γραμμικό μοντέλο (multi-objective mixed integer linear model) το οποίο αναπαριστά το δίκτυο ανάκτησης (recovery) της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας (RSC) που μελετάται. Σκοπός του μοντέλου είναι να ελαχιστοποιήσει τα κόστη των Αντίστροφων Logistics (RL), των περιβαλλοντικών παραγόντων (environmental factors), όπως οι εκπομπές CO<sub>2</sub>, και των κοινωνικών πτυχών, όπως οι θέσεις εργασίας, και να μεγιστοποιήσει τα κοινωνικά οφέλη.

Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο ελαχιστοποιεί τα:

- Κόστος Συλλογής (collection),
- Κόστος Μεταφοράς (transportation),
- Κόστος Κέντρων Συλλογής (fixed cost for collection centers opening),
- Κόστος Κέντρων Ανακατασκευής (fixed cost for remanufacturing plants opening).

Παράλληλα ελαχιστοποιεί και τις εκπομπές CO<sub>2</sub>.

Το μοντέλο επίσης, προσπαθεί να μεγιστοποιήσει το κοινωνικό όφελος με τη δημιουργία του Αντίστροφου Logistics δικτύου (reverse logistics network) που απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 13).



Σχήμα 13: Δίκτυο Αντίστροφου Logistic [97]

Το μοντέλο αποφασίζει για ποιο από τα κέντρα συλλογής (collection center) θα ανοίξει για να καταλήξουν εκεί τα επιστρεφόμενα προϊόντα και ποια τοποθεσία θα επιλεγεί για τις μονάδες ανακατασκευής (remanufacturing plant). Η απόσταση μεταξύ της πηγαίας αγοράς ζήτησης (demand source market), των πιθανών κέντρων συλλογής (collection centers) και των πιθανών τοποθεσιών των κέντρων ανακατασκευής (remanufacturing plants) είναι γνωστή και συγκεκριμένη κι έχει υπολογιστεί με τη χρήση των Google Maps. Οι εκπομπές CO<sub>2</sub>, δηλαδή η κατανάλωση καυσίμου, είναι ανάλογη της απόστασης που διανύεται κατά τις διαδικασίες της συλλογής (collection) και της μεταφοράς (transportation). Το τελικό δίκτυο RL αποτελείται από 19 σημεία ζήτησης (demand points), 24 κέντρα συλλογής (collection centers) και 2 τοποθεσίες για τις μονάδες ανακατασκευής (remanufacturing plants).

Παράλληλα με το μοντέλο έγιναν και τρεις παραδοχές (assumptions) για τη λειτουργία του δικτύου, οι οποίες είναι:

1. Μόνο μια μονάδα ανακατασκευής χρειάζεται με γνωστή τοποθεσία και χωρητικότητα.
2. Ένα προϊόν (single item).
3. Όλα τα συλλεγμένα προϊόντα θα μεταφέρονται στη μονάδα ανακατασκευής για περαιτέρω επεξεργασία.



#### 4.3.4.2 Μαθηματικό Μοντέλο

##### 4.3.4.2.1 Αντικειμενικές Συναρτήσεις

$$\text{Min}z_1 = \sum_j E_j Z_j + \sum_l E_l Z_l + \sum_i \sum_l C_{il} * TL_{il} * X_{il} + \sum_l \sum_j B_{lj} * TJ_{lj} * Y_{lj}$$

$$\text{Min}z_2 = \sum_i \sum_l CO_2 TF_l * TL_{il} * X_{il} + \sum_l \sum_j CO_2 TF_2 * TJ_{lj} * Y_{lj}$$

$$\text{Max}z_3 = \sum_j M_j * Z_j + \sum_l N_l * W_l$$

##### 4.3.4.2.2 Περιορισμοί

$$1. \sum_l X_{il} = r_i, \quad \forall i$$

$$2. \sum_i X_{il} = \sum_j Y_{lj}, \quad \forall l$$

$$3. \sum_i X_{il} \leq W_l * Q_l, \quad \forall l$$

$$4. \sum_l Y_{lj} = Z_j * CAP_j, \quad \forall j$$

$$5. W_l, Z_j \in (0,1)$$

$$6. X_{il}, Y_{lj} \geq 0, \quad \forall i, l, j$$

#### 4.3.4.2.3 Περιγραφή Μαθηματικού Μοντέλου

Πίνακας 6: Ονοματολογία Μαθηματικού Μοντέλου [97]

<b>Είδος</b>	<b>Περιγραφή</b>
<b>Δείκτης</b>	
$i$	Τοποθεσίες πηγαίας αγοράς (source market)
$l$	Πιθανές τοποθεσίες κέντρων συλλογής (collection centers)
$j$	Πιθανές τοποθεσίες μονάδων ανακατασκευής (remanufacturing plants)
<b>Μεταβλητές</b>	
$X_{il}$	Ποσότητα συλλεγμένων προϊόντων από πηγαία αγορά $i$ σε κέντρο συλλογής $l$
$Y_{lj}$	Ποσότητα μεταφερθέντων προϊόντων από κέντρα συλλογής $l$ σε μονάδες ανακατασκευής $j$
$Z_j$	Δυαδική: 1 αν η μονάδα ανακατασκευής βρίσκεται στην τοποθεσία $j$ , 0 αν όχι
$W_l$	Δυαδική: 1 αν το κέντρο συλλογής βρίσκεται στην τοποθεσία $l$ , 0 αν όχι
<b>Παράμετροι</b>	
$C_{il}$	Κόστος ανά km μετακίνησης (transportation) ανάμεσα σε πηγαία αγορά και κέντρο συλλογής
$B_{lj}$	Κόστος ανά km μετακίνησης (transportation) ανάμεσα σε μονάδα ανακατασκευής και κέντρο συλλογής
$CO_2F_1$	Παράγοντας εκπομπών ανά συλλεγόμενου προϊόντος από πηγαία αγορά σε κέντρο συλλογής
$CO_2F_2$	Παράγοντας εκπομπών ανά μεταφερόμενου προϊόντος από κέντρο συλλογής σε μονάδα ανακατασκευής
$E_j$	Σταθερό κόστος δημιουργίας μονάδας ανακατασκευής $j$
$F_l$	Σταθερό κόστος δημιουργίας κέντρου συλλογής $l$
$CAP_j$	Χωρητικότητα μονάδας ανακατασκευής $j$
$Q_l$	Χωρητικότητα κέντρου συλλογής $l$
$TL_{il}$	Απόσταση ανάμεσα σε πηγαία αγορά $i$ και κέντρο συλλογής $l$ (Βασισμένο σε Google Maps)
$TJ_{lj}$	Απόσταση ανάμεσα σε κέντρο συλλογής $l$ και μονάδα ανακατασκευής $j$ (Βασισμένο σε Google Maps)
$r_i$	Επιστροφή πηγαίας αγοράς $i$
$M_j$	Αριθμός νέων θέσεων εργασίας από δημιουργία κέντρου ανακατασκευής $j$
$N_l$	Αριθμός νέων θέσεων εργασίας από δημιουργία κέντρου συλλογής $l$

Η αντικειμενική συνάρτηση  $z_1$  ελαχιστοποιεί τα κόστη μεταφοράς.

- Ο πρώτος όρος είναι το σταθερό κόστος (fixed cost) για τη δημιουργία μιας μονάδας ανακατασκευής (remanufacturing plant).
- Ο δεύτερος όρος είναι το σταθερό κόστος για τη δημιουργία ενός κέντρου συλλογής (collection center).
- Ο τρίτος όρος είναι το κόστος μεταφοράς των συλλεγμένων προϊόντων από την πηγαία αγορά ζήτησης (demand source market) στα κέντρα συλλογής (collection centers).
- Ο τέταρτος όρος είναι το κόστος μεταφοράς από τα κέντρα συλλογής (collection centers) στις μονάδες ανακατασκευής (remanufacturing plants).

Η αντικειμενική συνάρτηση  $z_2$  ελαχιστοποιεί τα περιβαλλοντικά κόστη.

- Ο πρώτος όρος είναι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια της μεταφοράς της συλλογής προϊόντων από την πηγαία αγορά (source market) στα κέντρα συλλογής (collection centers).
- Ο δεύτερος όρος είναι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια μεταφοράς προϊόντων από τα κέντρα συλλογής (collection centers) στις μονάδες ανακατασκευής (remanufacturing plants).

Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> υπολογίζονται βάσει της απόστασης που διανύθηκε ανά μονάδα (distance per unit) πολλαπλασιασμένη με έναν παράγοντα ο οποίος αναπαριστά τις εκπομπές CO<sub>2</sub> που παράχθηκαν από τη μεταφορά μίας μονάδας σε απόσταση 1 km. Ο παράγοντας αυτός εξαρτάται και από τον τρόπο μεταφοράς.

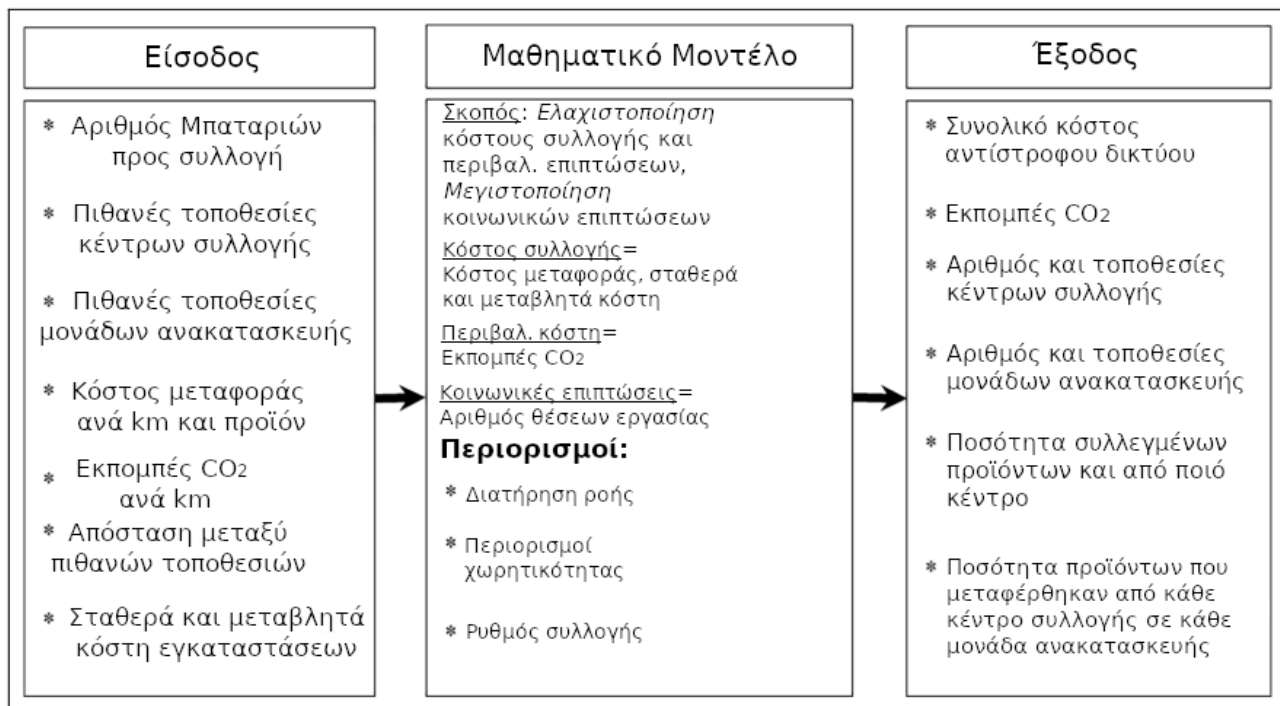
Η αντικειμενική συνάρτηση  $z_3$  μεγιστοποιεί τα κοινωνικά ωφέλη.

- Ο πρώτος όρος είναι ο αριθμός των θέσεων εργασίας που προσφέρονται με τη δημιουργία ενός κέντρου συλλογής (collection center).
- Ο δεύτερος όρος είναι ο αριθμός των θέσεων εργασίας που προσφέρονται με τη δημιουργία μίας μονάδας ανακατασκευής (remanufacturing plant).

Οι περιορισμοί 1 έως 6 αναλύονται ως εξής:

1. Εξασφαλίζει ότι όλες οι διαθέσιμες μονάδες (units) θα συλλεχθούν σε κάθε πηγαία αγορά ζήτησης (demand source market).
2. Εξασφαλίζει ότι όλα τα συλλεγμένα προϊόντα θα μεταφερθούν στις μονάδες ανακατασκευής (remanufacturing plants).
3. Περιγράφει τους περιορισμούς της χωρητικότητας (capacity) κάθε κέντρου συλλογής (collection center).
4. Περιγράφει τους περιορισμούς της χωρητικότητας (capacity) κάθε μονάδας ανακατασκευής (remanufacturing plant).
5. Περιγράφει τη δυαδική φύση των μεταβλητών απόφασης.
6. Εξασφαλίζει τη μη αρνητικότητα των μεταβλητών.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 14) φαίνονται οι είσοδοι (input) του μαθηματικού μοντέλου και οι έξοδοι (output):



Σχήμα 14: Είσοδοι-Μαθηματικό Μοντέλο-Έξοδοι [97]

#### 4.3.5 Τρόπος Προσέγγισης της Λύσης

Για την επίλυση του μοντέλου οι συγγραφείς Alkahtani and Ziout [97] βασίστηκαν στις προβλέψεις της Διεθνούς Οργάνωσης Ενέργειας (International Energy Agency, IEA) για τα οχήματα υδρογόνου για την περίοδο 2015 με 2050. Τα τρία σενάρια στα οποία βασίστηκε η έρευνα είναι τα εξής:

1. Αισιόδοξο (optimistic) σενάριο βάσει του οποίου τα οχήματα υδρογόνου αποτελούν το 10% του συνόλου των οχημάτων της πόλης.
2. Μεσαίο (mid-range) σενάριο βάσει του οποίου τα οχήματα υδρογόνου αποτελούν το 5% του συνόλου των οχημάτων της πόλης.
3. Απαισιόδοξο (pessimistic) σενάριο βάσει του οποίου τα οχήματα υδρογόνου αποτελούν το 0,1% του συνόλου των οχημάτων της πόλης.

Παράλληλα με τα σενάρια, επιπλέον παραδοχές οι οποίες λήφθηκαν υπόψιν είναι οι εξής:

- Το προσδόκιμο ζωής (expected life ) των μπαταριών είναι πέντε (5) χρόνια.
- Συμμετοχή έχουν και οι 16 γεωγραφικές περιοχές της Ριάντ (Riyadh). Ο ετήσιος αναμενόμενος αριθμός επιστροφών μπαταριών τέλους-ζωής (EoL) ανά περιοχή  $r_i$  φαίνεται στον Πίνακα 7.
- Για τη μεταφορά θα χρησιμοποιηθούν τα συνήθη για την πόλη μέσα μεταφοράς φορτίων δηλαδή:
  - Μικρό όχημα μεταφορών (small pickup vehicle) για τη μεταφορά από την πηγαία αγορά (source market) στα κέντρα συλλογής (collection centers).
  - Μικρό φορτηγό μεταφορών (small truck) για τη μεταφορά από τα κέντρα συλλογής (collection centers) στις μονάδες ανακατασκευής (remanufacturing plants).

Τα κόστη μεταφοράς (transportation cost) καθώς και οι παράμετροι εισόδου που αφορούν τις μονάδες ανακατασκευής (remanufacturing plant input parameters) φαίνονται στον Πίνακα 8.

- Οι παράμετροι εισόδου για τα πιθανά κέντρα συλλογής (input parameters for potential collection centers) παρέχονται από την SACO και φαίνονται στον Πίνακα 9.
- Όλες οι αποστάσεις υπολογίστηκαν για πραγματικές διαδρομές μέσω Google Maps και τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες:
  - Πίνακας 10 για αποστάσεις μεταξύ πηγαίας αγοράς (source market) και κέντρου συλλογής (collection center).
  - Πίνακας 11 για αποστάσεις μεταξύ κέντρου συλλογής (collection center) και μονάδας ανακατασκευής (remanufacturing plant).

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι τα πολυκριτηριακά προβλήματα βελτιστοποίησης έχουν αρκετές εφικτές λύσεις, όμως καμία δεν μπορεί ταυτόχρονα να βελτιστοποιεί όλες τις αντικειμενικές συναρτήσεις. Για αυτό χρησιμοποιήθηκε η επίλυση Pareto που σύμφωνα με αυτή, η αποτελεσματικότερη λύση είναι η εφικτή που δεν μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω. Το πρόβλημα αναπαριστάται στην παρακάτω σχέση με πεδίο  $S$  το πεδίο των εφικτών λύσεων:

$$(Min(z_1, z_2) \wedge Max(z_3)) ST \in S$$

Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος  $\varepsilon$ -constraint [99] εκφρασμένη σε:

$$Min(z_1), z_2 \leq \varepsilon_2, z_3 \geq \varepsilon_3$$

Η αποτελεσματική λύση λαμβάνεται από την παραμετρική παραλλαγή του δεξιού μέλους (Right Hand Side, RHS) των συναρτήσεων των περιορισμών  $\varepsilon_2, \varepsilon_3$ . Αρχικά βελτιστοποιείται η  $z_1$  και η λύση της εντάσσεται σαν περιορισμός για τη λύση της  $z_2$  και αυτή για την  $z_3$ . Στη συνέχεια από τον πίνακα των λύσεων που δημιουργείται επιλέγεται η βέλτιστη.

Πίνακας 7: Ετήσια Ζήτηση Πηγαίας Αγοράς (source market) [97]

Γεωγραφική Περιοχή	Ζήτηση $S_1$ : Αισιόδοξη	Ζήτηση $S_2$ : Μεσαία	Ζήτηση $S_1$ : Απαισιόδοξη
Urqaq	1102	551	11
Maathar	1518	759	15
Manfuha	1692	846	17
Shamal	4326	2163	43
Adderah	1548	774	16
Urijah	4218	2109	42
Rawdah	5092	2546	51
Naseem	4282	2141	43
Kashemelan	66	33	1
Sulay	1704	852	17
Janoub	1962	981	20
Malaz and Batha	17796	8898	178
Utaiqah	2144	1072	22
Olaya	3664	1683	34
Dereah	204	102	2
Jenadereah	1828	914	18
Σύνολο	52848	24424	530

Πίνακας 8: Κόστη Μεταφοράς και Παράμετροι Μονάδων Ανακατασκευής [97]

C <sub>il</sub>	B <sub>ij</sub>	CO <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	CO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	CAP <sub>1</sub>	CAP <sub>2</sub>	CAP <sub>3</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>
2.67	0.0 2	203 g/km	231 g/km	20 * 10 <sup>6</sup>	13 * 10 <sup>6</sup>	13 * 10 <sup>6</sup>	30 * 10 <sup>6</sup>	30 * 10 <sup>6</sup>	30 * 10 <sup>6</sup>	100	100	100

Πίνακας 9: Παράμετροι Εισόδου Κέντρων Συλλογής [97]

Κέντρο Συλλογής	F <sub>1</sub>	Q <sub>i</sub>	N <sub>i</sub>
1	43291	42000	1
2	98042	150000	2
3	46417	60000	1
4	42250	36000	1
5	49542	78000	1
6	42250	36000	1
7	92834	12000	2
8	39125	18000	1
9	46417	60000	1

Πίνακας 10: Απόσταση Μεταξύ Πηγαίας Αγοράς και Κέντρου Συλλογής [97]

		Κέντρο Συλλογής								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Πηγαία Αγορά	1	26,9	20,6	32,7	28,5	39,3	15	38,4	25,8	11,6
	2	22,7	20,5	21,9	13,4	19,6	3	21,3	11,6	19
	3	39,1	31,6	38,2	29,7	33,5	23	24	11,9	15
	4	5,8	6,9	19	13,7	25,6	15,7	31,8	25,1	32,1
	5	23,6	19,4	14,1	16,7	18,3	10,3	18,4	5,7	11,5
	6	37,1	27,4	36,6	23,6	27	15	27,3	10,9	5,5
	7	19,5	16,9	5,9	13,9	14,1	26,6	20,2	30,2	38,4
	8	29,1	25,9	3,6	19,4	9,1	21,6	13,9	27,6	37,7
	9	41,4	38,1	33,2	31,6	23,8	34	16	26,7	35,3
	10	29,6	26,4	20,7	19,9	10,8	21,5	7,7	23,6	32,2
	11	42	35,5	33,1	30,7	25,4	24,5	16	13,4	22
	12	17,5	15,9	16,7	8,2	9,8	9,1	11,9	11	23,7
	13	46,5	39,1	51,2	37,1	44,4	32,3	32	19,4	6,9
	14	15,1	9	14,4	2,1	11,3	8,4	16,6	14,5	24,6
	15	15,9	10,7	22,9	17,8	27,9	15,9	34,3	26,6	22,5
	16	27,1	30,8	28,4	35,2	35	44,7	41,2	50,7	57,2

Πίνακας 11: Απόσταση Μεταξύ Κέντρου Συλλογής - Μονάδα Ανακατασκευής [97]

Κέντρο Συλλογής	Μονάδα 1	Μονάδα 2	Μονάδα 3
1	27,1	16,7	15,5
2	22,5	14,5	13,6
3	22,9	22,6	21,7
4	13,4	9,9	5,7
5	17,3	20,3	20,8
6	12,8	4,2	3,9
7	8,6	8,2	6,4
8	7,2	15,4	15,6
9	23,5	22,4	25,2

#### 4.3.6 Αποτελέσματα

Για τα αποτελέσματα του μαθηματικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος  $\epsilon$ -constraint και για την παραγωγή των Pareto λύσεων το σύστημα GAMS (General Algebraic Modeling System). Τα παραγόμενα αποτελέσματα έγιναν για κάθε σενάριο και επιπλέον για δύο περιπτώσεις (case) ανά σενάριο. Οι περιπτώσεις αυτές είναι οι εξής:

1. Πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση και σχεδιασμός δικτύου, όπου στόχος είναι η βελτιστοποίηση ταυτόχρονα των  $z_1$ ,  $z_2$  και  $z_3$ .
2. Βελτιστοποίηση και σχεδιασμός του δικτύου αλλά με βελτιστοποίηση μόνο του  $z_1$ .

##### 4.3.6.1 Αισιόδοξο (Optimistic) Σενάριο

Τα αποτελέσματα του αισιόδοξου σεναρίου στην περίπτωση της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 12. Η βέλτιστη λύση είναι η δημιουργία των κέντρων συλλογής (collection centers) 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 και 9 καθώς και η τοποθεσία 2 για τη δημιουργία της μονάδας ανακατασκευής (remanufacturing plant). Το συνολικό κόστος αυτής της λύσης είναι τα 14.552.183 SAR (Saudi Arabian Riyal).

Για την περίπτωση της βελτιστοποίησης μόνο βάσει του  $z_1$  τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 13. Η λύση Pareto είναι η δημιουργία των κέντρων συλλογής 1, 3, 4, 8 και 9 καθώς και η δημιουργία της μονάδας ανακατασκευής στην τοποθεσία 3, με συνολικό κόστος 13.818.836 SAR.

Πίνακας 12: Συλλεγμένα Προϊόντα από Πηγαία Αγορά σε Κέντρα Συλλογής [97]

Πηγαία Αγορά	Κέντρο Συλλογής									Σύνολο
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1									1102	1102
2						1518				1518
3								1692		1692
4	4326									4326
5								1548		1548
6									4218	4218
7			5092							5092
8			4282							4282
9							66			66
10							1704			1704
11								1962		1962
12				10110		7686				17796
13									2144	2144
14				3366						3366
15		204								204
16	1828									1828
Σύνολο	6154	204	9374	13476	0	9204	1770	5202	7464	52848



Πίνακας 13: Συλλεγμένα Προϊόντα από Πηγαία Αγορά σε Κέντρα Συλλογής [97]

Πηγαία Αγορά	Κέντρο Συλλογής									Σύνολο
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0								1102	1102
2								1518		1518
3								1692		1692
4	4326									4326
5								1548		1548
6									4218	4218
7			5092							5092
8			4282							4282
9								66		66
10				1704						1704
11								1962		1962
12				17769						17796
13									2144	2144
14				3366						3366
15	204									204
16	1828									1828
Σύνολο	6358	0	9374	22866	0	0	0	6786	7464	52848

#### 4.3.6.2 Μεσαίο (Mid-range) Σενάριο

Τα αποτελέσματα του μεσαίου σεναρίου στην περίπτωση της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 14. Η βέλτιστη λύση είναι η δημιουργία των κέντρων συλλογής (collection centers) 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 και 9 καθώς και η τοποθεσία 2 για τη δημιουργία της μονάδας ανακατασκευής (remanufacturing plant). Το συνολικό κόστος αυτής της λύσης είναι τα 14.184.907 SAR (Saudi Arabian Riyal).

Για την περίπτωση της βελτιστοποίησης μόνο βάσει του  $z_1$  τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 15. Η λύση Pareto είναι η δημιουργία των κέντρων συλλογής 3, 4 και 9 καθώς και η δημιουργία της μονάδας ανακατασκευής στην τοποθεσία 3, με συνολικό κόστος 13.818.836 SAR.

Πίνακας 14: Συλλεγμένα Προϊόντα από Πηγαία Αγορά σε Κέντρα Συλλογής [97]

Πηγαία Αγορά	Κέντρο Συλλογής									Σύνολο
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1									551	551
2						759				759
3								846		846
4	2163									2163
5								774		774
6									2109	2109
7			2546							2546
8			2141							2141
9							33			33
10							852			852
11								981		981
12				2860		6038				8898
13									1072	1072
14				1683						1683
15		102								102
16	914									914
Σύνολο	3077	102	4687	4543	0	6797	885	2601	3732	26424

Πίνακας 15: Συλλεγμένα Προϊόντα από Πηγαία Αγορά σε Κέντρα Συλλογής [97]

Πηγαία Αγορά	Κέντρο Συλλογής									Σύνολο
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1									551	551
2				759						759
3									846	846
4				2163						2163
5									774	774
6									2109	2109
7			2546							2546
8			2141							2141
9				33						33
10				852						852
11									981	981
12				8898						8898
13									1072	1072
14				1683						1683
15				102						102
16			914							914
Σύνολο	0	0	5601	14490	0	0	0	0	6333	26424

#### 4.3.6.3 Απαισιόδοξο (Pessimistic) Σενάριο

Τα αποτελέσματα του απαισιόδοξου σεναρίου στην περίπτωση της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 16. Η βέλτιστη λύση είναι η δημιουργία των κέντρων συλλογής (collection centers) 1, 3, 4, 6, 7 και 8 καθώς και η τοποθεσία 2 για τη δημιουργία της μονάδας ανακατασκευής (remanufacturing plant). Το συνολικό κόστος αυτής της λύσης είναι τα 13.318.930 SAR (Saudi Arabian Riyal).

Για την περίπτωση της βελτιστοποίησης μόνο βάσει του  $z_1$  τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 17. Η λύση Pareto είναι η δημιουργία του κέντρου συλλογής 4 καθώς και η δημιουργία της μονάδας ανακατασκευής στην τοποθεσία 3, με συνολικό κόστος 13.064.770 SAR.

Πίνακας 16: Συλλεγμένα Προϊόντα από Πηγαία Αγορά σε Κέντρα Συλλογής [97]

Πηγαία Αγορά	Κέντρο Συλλογής									Σύνολο
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1						11				11
2						15				15
3								17		17
4	43									43
5								16		16
6								42		42
7			51							51
8			43							43
9							1			1
10							17			17
11							6	14		20
12						178				178
13								22		22
14				34						34
15						2				2
16	18									18
Σύνολο	61	0	94	34	0	206	24	111	0	530

Πίνακας 17: Συλλεγμένα Προϊόντα από Πηγαία Αγορά σε Κέντρα Συλλογής [97]

Πηγαία Αγορά	Κέντρο Συλλογής									Σύνολο
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1				11						11
2				15						15
3				17						17
4				43						43
5				16						16
6				42						42
7				51						51
8				43						43
9				1						1
10				17						17
11				20						20
12				178						178
13				22						22
14				34						34
15				2						2
16				18						18
Σύνολο	0	0	0	530	0	0	0	0	0	530

#### 4.3.6.4 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Οι συγγραφείς της μελέτης Alkahtani and Ziout [97], εξετάζοντας τα αποτελέσματα ανά περίπτωση κατέληξαν ότι:

- Το ποσοστό της διαφοράς του κόστους του αισιόδοξου σεναρίου ανάμεσα στην πρώτη και τη δεύτερη περίπτωση δεν είναι αρκετά μεγάλο ώστε να αποτρέψει την επιχείρηση να μη λάβει υπόψιν της τους περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς παράγοντες.
- Στο αισιόδοξο σενάριο το μοντέλο έδειξε ότι όλα τα κέντρα συλλογής θα ανοιχτούν εκτός από το 5 (για την περίπτωση 1). Αυτό το αποδίδουν στην κοντινή απόσταση που έχει με το κέντρο συλλογής 4.
- Για το μεσαίο σενάριο το δίκτυο το οποίο διαμορφώθηκε δείχνει ότι για την περίπτωση 1 οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι 122.456 kg ενώ για την περίπτωση 2 είναι 135.454 kg. Όμως η περίπτωση 2 έχει χαμηλότερα κόστη. Είναι λοιπόν απόφαση της επιχείρησης αν η απόφαση που θα λάβει θα είναι καθαρά βάσει κέρδους ή αν θα ληφθεί υπόψιν και ο περιβαλλοντικός παράγοντας αλλά και ο κοινωνικός, μιας και τα κέντρα συλλογής στην περίπτωση 1 είναι περισσότερα και συνεπώς δημιουργούνται περισσότερες θέσεις εργασίας.
- Για το απαισιόδοξο σενάριο λόγω του χαμηλού αριθμού των προϊόντων χρειάζεται μόνο ένα

κέντρο συλλογής να είναι ενεργό για να καλύψει τη ζήτηση. Σε αυτό το σημείο οι συγγραφείς θεωρούν πως η επιβίωση της επιχείρησης είναι αμφιλεγόμενη.

- Υπάρχει σχέση μεταξύ εκπομπών CO<sub>2</sub> και ζήτησης προϊόντων.
- Το κόστος δικτύου έχει άμεση σχέση με τα σταθερά κόστη (fixed costs) και τα κόστη κεφαλαίου (capital costs).

#### 4.3.7 Συμπεράσματα

Μετά από ανάλυση των αποτελεσμάτων, οι συγγραφείς Alkahtani and Ziout [97] κατέληξαν για τη μελέτη περίπτωσης της ανακατασκευής των μπαταριών κυψέλης καυσίμου (PEMFC battery) ότι:

1. Η εισαγωγή ενός μοντέλου ανακατασκευής μπαταριών PEMFC και η βελτιστοποίηση του μοντέλου αυτού μέσω των διαδικασιών που αναφέρθηκαν στην παρούσα εργασία είναι εφικτή.
2. Χρειάζεται η θέσπιση ενός ορίου εκπομπών CO<sub>2</sub> ώστε να δρα σαν κίνητρο για την επιχείρηση να λάβει υπόψην της τους περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς παράγοντες.
3. Αφού το κόστος του δικτύου προκύπτει κυρίως από σταθερά κόστη και κόστη κεφαλαίου, η επιβίωση της επιχείρησης βασίζεται κυρίως στις επιλογές που θα κάνει ως προς τα κόστη αυτά (π.χ., κόστος μονάδας ανακατασκευής).
4. Το μοντέλο είναι ικανό να βελτιστοποιήσει το δίκτυο ανάλογα με τα αρχικά δεδομένα και να το τροποποιήσει όσο αυτά μεταβάλλονται.
5. Μελλοντικά το ίδιο μοντέλο θα μπορούσε να τροποποιηθεί και να χρησιμοποιηθεί ξανά με πραγματικές συνθήκες ζήτησης και απαιτούμενης ποσότητας ανακατασκευής.

## 4.4 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΙΑΣ ΙΣΠΑΝΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΟ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

### 4.4.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα μελέτη περίπτωσης εξετάζεται η εφαρμογή ενός Integrated Model for Supply Chain Management (IMSCM), δηλαδή ενός μοντέλου διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας (Supply Chain Management) που συνδυάζει ταυτόχρονα την Πρόσθια Εφοδιαστική (Forward Supply Chain) και την Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα (Reverse Supply Chain) με σκοπό τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών της εκάστοτε επιχείρησης. Επιπλέον, η εφαρμογή του μοντέλου αυτού οδηγεί στη διαχείριση των αποβλήτων της εκάστοτε επιχείρησης καθώς και στην περαιτέρω αξιοποίηση τους. Ταυτόχρονα επιτρέπει στην επιχείρηση να συμμορφωθεί με τις εγχώριες περιβαλλοντικές πολιτικές-νομοθεσίες.

Οι συγγραφείς της μελέτης Fuente et al. [100] συγκέντρωσαν όλες τις διαδικασίες που απαρτίζουν μια Πρόσθια και μια Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα και τις κατέταξαν σε ομάδες διαχείρισης (management groups). Αυτές οι ομάδες διαχείρισης αποτελούν τις Γενικές Διαδικασίες (General Processes) από τις οποίες αποτελείται μια πλήρης Εφοδιαστική Αλυσίδα (Supply Chain). Ουσιαστικά οι διαδικασίες αυτές αποτελούν τη “Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας” (Supply Chain Management).

### 4.4.2 Γενικές Διαδικασίες Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Οι γενικές διαδικασίες διαχείρισης μιας εφοδιαστικής αλυσίδας καθώς και οι επιμέρους λειτουργίες τους αποτελούνται από:

- Διαχείριση Ζήτησης (Demand Management)
  - Πρόβλεψη πωλήσεων (Sales Forecasting)
  - Δημιουργία Συνολικού Πλάνου για Παραγωγή, Αγορές και Πόρους (Aggregated Planning generation for Manufacturing, Purchasing and Resources)
  - Περιοδική Επανεξέταση του Συνολικού Πλάνου (Periodical Revision of Aggregated Planning)
- Διαχείριση Παραγγελιών (Order Management)
  - Λήψη Παραγγελιών: Τελικό προϊόν σε πελάτη (Order Reception: finished product to customer)
  - Λήψη Επιστροφών και Ταξινόμηση: προϊόντα και υλικά από πελάτες (Return reception and classification: products and materials from clients)
- Διαχείριση Παραγωγής (Manufacturing Management)
  - Παραγωγή προϊόντος: Από το Πλάνο στην επιβεβαιωμένη παραγγελία (Product Manufacturing: from Aggregated Plan to validated order)
  - Εδραίωση δυναμικότητας: ανθρώπινο δυναμικό και υλικά (Capacity establishing: human and material resources)
  - Επανεπεξεργασία επιστρεφόμενων προϊόντων και υλικών (Re-processing of returned products and materials)
- Διαχείριση Προμηθειών (Procurement Management)
  - Προμήθεια πρώτων υλών και υπηρεσιών για την παραγωγή και τις παραγγελίες (Raw material and services procurement for manufacturing and orders)
  - Διαχείριση Αποθεμάτων, Αποθηκών και Αποθήκευσης (Stock, Warehousing and

- Warehouses management)
  - Διαχείριση υλικών προς αποστολή σε διαδικασίες ανάκτησης (material management for shipping to a selected recovery operation)
- Διαχείριση Διανομών (Distribution Management)
  - Διανομή τελικών προϊόντων και πρώτων υλών στους σωστούς πελάτες (Delivery of finished products and raw materials to the right client)
  - Επιλογή Διαχειριστή Logistics και μέσο μεταφορών βάσει της κατάστασης των υλικών (Selection of Logistics Operator and means of transport related to material's condition)
- Διαχείριση Εξυπηρέτησης Πελατών (Customer Service Management)
  - Σημεία επαφής με τον πελάτη (point of contact with customer)
  - Συλλογή πληροφοριών πελατείας: παραγγελίες, υπηρεσίες, προβλήματα και παράπονα (Customer information capturing: orders, services, problems and complaints)
- Διαχείριση Πελατών (Client Management)
  - Επιλογή πελάτη, αποδοχή και ταξινόμηση (Client selection, acceptance and classification)
  - Διαχείριση συμβολαιογραφικής σχέσης με πελάτη (Client contractual relationship)
  - Στατιστικά υπηρεσιών (service metrics)
  - Ανάλυση πληροφοριών Εξυπηρέτησης Πελατών (Customer service: information analysis)
- Διαχείριση Προμηθευτών (Supplier Management)
  - Αναγνώριση προμηθευτών, επικύρωση και ταξινόμηση (Supplier identification, validation and classification)
  - Διαχείριση σχέσης υπηρεσιών Προμηθευτή-Παραγωγής (Supplier-Manufacturer service relationship)
  - Παρακολούθηση υπηρεσιών Προμηθευτή (Supplier's service monitoring)
  - Ανάλυση πληροφοριών Προμηθευτή (Supplier's information analysis)

#### 4.4.3 Η Εταιρεία

Η εταιρεία στην οποία πραγματοποιήθηκε η μελέτη περίπτωσης είναι μια μικρο-μεσαία επιχείρηση (Small and Medium size Enterprise, SME) στην περιοχή Μούρθια της Ισπανίας, η οποία δραστηριοποιείται στον χώρο των μεταλλο-κατασκευών τόσο στην εγχώρια αγορά όσο και στην αγορά της Ευρώπης. Πιο συγκεκριμένα, παράγει αρμούς διαστολής (expansion joints) και εναλλάκτες θερμότητας (heat exchangers) οι οποίοι παράγονται στις εγκαταστάσεις της επιχείρησης και στη συνέχεια μεταφέρονται εκτός των εγκαταστάσεων για συναρμολόγηση (off-site assembly).

Το μοντέλο λειτουργίας της επιχείρησης είναι η πραγματοποίηση ειδικών παραγγελιών (custom order) για κάθε πελάτη (client) ξεχωριστά. Τα προϊόντα αυτά πρέπει να είναι ειδικά κατασκευασμένα για την εφαρμογή του εκάστοτε πελάτη (client), πράγμα το οποίο απαιτεί υψηλά μηχανικά πρότυπα (engineering standards) και συμμόρφωση με τις εκάστοτε προδιαγραφές (strict specifications) της εφαρμογής. Ως αποτέλεσμα οι συνθήκες αυτές οδηγούν την τιμή του προϊόντος να είναι ιδιαίτερα υψηλή.

Οι επιχείρηση επενδύει για χρόνια στον τομέα της Έρευνας & Ανάπτυξης (Research & Development, R&D) της και έχει καταφέρει να βελτιώσει σημαντικά τον σχεδιασμό (design) και τις παραγωγικές της διαδικασίες (manufacturing processes) που με τη σειρά τους, της έδωσε τη δυνατότητα να επεκταθεί σε άλλες αγορές/τομείς όπως της ναυτιλίας (naval), της ενέργειας (energy), των πετροχημικών (petrochemical) και της βιομηχανίας τροφίμων (food industry).



#### 4.4.3.1 Όραμα και Προβληματισμοί

Η επέκταση αυτή έχει αποδειχθεί μείζονος σημασίας για την επιχείρηση και η Διαχείριση σκοπεύει να επιμείνει στο ενδιαφέρον της για αυτές τις αγορές/τομείς, καθώς αποσκοπεί να ξεπεράσει τον ανταγωνισμό βασιζόμενη στην ευέλικτη παραγωγική διαδικασία (flexible manufacturing process) και στην απόκτηση όλων των απαραίτητων πιστοποιήσεων (certifications) σχετικά με την ασφάλεια και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Παράλληλα με αυτό όμως, η Διαχείριση ευελπιστεί να μειώσει την ποικιλία των παραγόμενων προϊόντων της και να εστιάσει τις προσπάθειές της σε αγορές υψηλής προστιθέμενης αξίας (high added value), σε αγορές/τομείς “κλειδιά” (για τη Διαχείριση), όπως ο τομέας των πυρηνικών (nuclear) και της αεροναυτικής (aeronautical), με σκοπό τη μείωση της ανταγωνιστικότητας της (competitive range) και τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητάς της (efficiency).

Κάποιοι επιπλέον στόχοι αλλά και προβληματισμοί είναι:

- Η διατήρηση και η βελτίωση της “πίστης” (loyalty) των πελατών (clients) τόσο για την εταιρεία όσο και για τα προϊόντα της.
- Η υιοθέτηση διαδικασιών που καθιστούν εφικτή τη διαπραγμάτευση των τιμών με τους προμηθευτές (suppliers) και τους προνομιακούς πελάτες (preferential customers).
- Ο διπλασιασμός της παραγωγής στα επόμενα δέκα χρόνια.
- Η βελτίωση των συστημάτων παραγωγής μέσω της βελτιστοποίησης των διαδικασιών.
- Η βελτίωση του τμήματος Έρευνας & Ανάπτυξης (R&D) με σκοπό την απόκτηση πλεονεκτημάτων μέσω των προκείμενων καινοτομιών.
- Η συνεχής εκπαίδευση και ανάπτυξη του ανθρώπινου δυναμικού της επιχείρησης με σκοπό την ανάπτυξη της (growth).
- Η ανησυχία για την ικανότητα της επιχείρησης να συμμορφωθεί με την περιβαλλοντική νομοθεσία, τόσο την εγχώρια όσο και την Ευρωπαϊκή (EC Directives), όσων αφορά τις διαδικασίες και τα υλικά που χρησιμοποιεί η επιχείρηση.

#### 4.4.3.2 Τρόπος Λειτουργίας Πριν το IMSCM

Μέχρι και πριν την υιοθέτηση του IMSCM μοντέλου η επιχείρηση προσπαθούσε συνεχώς να βελτιώσει τις τεχνικές και διαχειριστικές της ικανότητες μέσω της αύξησης της παραγωγικότητας, ενώ παράλληλα αναγνώριζε ως σημαντικούς παράγοντες την ευελιξία, την τιμολόγηση και την “πίστη” των πελατών της. Ταυτόχρονα διατηρούσε τον οικογενειακό και χαλαρό χαρακτήρα της, εστιάζοντας κυρίως στις παραγγελίες των πελατών (client orders) κάτι που επηρέαζε την επιχείρηση τόσο σε επιχειρησιακό επίπεδο όσο και σε στρατηγικό.

Οι γενικές διαδικασίες καθώς και οι επιμέρους λειτουργίες (επιγραμματικά) που ασκούσε η επιχείρηση αποτελούνται από:

- Διαχείριση Ζήτησης (Demand Management)
  - Οργάνωση Προβλέψεων (Forecast Planning)
  - Μεσοπρόθεσμη Οργάνωση (Medium-term Planning)
- Διαχείριση Παραγγελιών (Order Management)
  - Αναγνώριση Παραγγελιών (Order Acknowledgment)
  - Διαπραγμάτευση (Negotiation)
  - Καταγραφή Έργου (Project Record)
  - Κατάταξη Παραγγελιών βάσει προτεραιότητας (Order Prioritisation)

- Σχεδιασμός Πλάνων και Εμπορευματοκιβωτίου (Plans and Packaging Design)
- Έγκριση Πλάνων (Plans approval)
- Προετοιμασία Παραγγελιών (Order Preparation)
- Οριστικοποίηση Παραγγελιών (Closing of the Order)
- Διαχείριση Παραγωγής (Manufacturing Management)
  - Οργάνωση Απαιτούμενων Υλικών (Material Requirement Planning)
  - Παραμετροποίηση Δυναμικότητας (Capacities Adjustment)
  - Προγραμματισμός Παραγωγής (Scheduling)
  - Έλεγχος (Control)
- Διαχείριση Προμηθειών (Procurement Management)
  - Αναγνώριση Παραγγελίας Αγοράς (Purchase Order Acknowledgment)
  - Επιβεβαίωση και Προώθηση Παραγγελίας Αγοράς (Purchase orders validation and acknowledgment)
  - Αποδοχή Παραγγελίας (Order Acceptance)
  - Αδειοδότηση και Επιθεώρηση Υλικών (Material admission and inspection)
- Διαχείριση Διανομών (Distribution Management)
  - Παρασκευή Φορτίου (Load Preparation)
  - Διανομή Παραγγελίας (Order Delivery)
  - Παρακολούθηση Πορείας (On-route monitoring)
  - Επιβεβαίωση Απόδειξης Παραγγελίας (Order acknowledgment of receipt)
- Διαχείριση Εξυπηρέτησης Πελατών (Customer Service Management)
  - Αναγνώριση Τύπου Παραπόνου (Identifying Type of Somplaint)
  - Εκτίμηση και Πρόταση Λύσης (Valuation and Proposed Solution)
  - Υλοποίηση Λύσης (Solution Implementation)
  - Καταγραφή και Αποθήκευση Περιστατικού (File Record)
- Διαχείριση Πελατών (Client Management)
  - Επικύρωση Πελατών (Client Validation)
  - Ταξινόμηση/Κατηγοριοποίηση Πελατών (Client Classification)
  - Εποπτεία Πελατών (Client Supervision)
- Διαχείριση Προμηθευτών (Supplier Management)
  - Επιλογή Προμηθευτών (Supplier Selection)
  - Επιλογή Απαιτούμενων Προσόντων Προμηθευτών (Supplier Qualification)
  - Απαιτήσεις Υπηρεσιών (Service Requirements)
  - Επανεξέταση Συμβολαίου (Contract Revision)

Μια περιγραφή της εφαρμογής των γενικών διαδικασιών της επιχείρησης είναι η ακόλουθη:

- *Διαχείριση Ζήτησης (Demand Management)*: Μία από τις βασικές διαδικασίες της επιχείρησης, που της επιτρέπει μέσω του σχεδιασμού (planning) να οργανώσει τόσο την απόδοση των παραγγελιών όσο και της ίδιας, καθώς και να συντονίζει (coordinate) τις προμήθειες των υλικών (procurement of materials) από τους προμηθευτές (suppliers).
- *Διαχείριση Παραγγελιών (Order Management)*: Λόγω της τεχνολογικής πολυπλοκότητας και των απαιτούμενων ανοχών των προϊόντων, η επιχείρηση αναλαμβάνει συγκεκριμένες παραγγελίες πελατών (client orders), οι οποίες απαιτούν ιδιαίτερα λεπτομερή περιγραφή των προϊόντων. Το προϊόν πρέπει να περιγράφεται πλήρως τόσο στο επίπεδο του σχεδιασμού του (product design drawings) όσο και στις λεπτομέρειες του εμπορευματοκιβωτίου/συσσκευασίας μεταφοράς (packaging details). Όλες αυτές οι πληροφορίες πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στο συμβόλαιο και κατόπιν υπογραφής του, η παραγγελία μπορεί να συμπεριληφθεί στη διαδικασία της διαχείρισης παραγωγής

- (Manufacturing management).
- *Διαχείριση Παραγωγής (Manufacturing Management)*: Μέσω του σχεδιασμού (planning) της διαδικασίας Διαχείρισης Ζήτησης (*Demand Management*), η Διαχείριση Παραγωγής (Manufacturing Management) δημιουργεί βραχυπρόθεσμα σχέδια (Short-term Planning), που αφορούν τα υλικά και τη δυναμικότητα (Material and Capacity Requirement Planning, MRP and CRP), που επιτρέπουν/οδηγούν την έναρξη των παραγγελιών για προμήθειες, παραγωγή (procurement and manufacturing orders) και εκτέλεση των προγραμμάτων γραμμών παραγωγής (work centers). Μετά την παραγωγική διαδικασία (manufacturing), τα προϊόντα συσκευάζονται (packaged) και ελέγχονται (quality control) για να διαπιστωθεί η συμμόρφωσή τους με τις προδιαγραφές (specifications) των συμβολαίων (contracts).
  - *Διαχείριση Προμηθειών (Procurement Management)*: Η επιχείρηση λόγω του ότι ξεκινούσε τις διαδικασίες παραγωγής μόνον αφότου είχε υπογραφεί το συμβόλαιο (contract), κρατούσε απόθεμα προμηθειών μόνο από βασικά υλικά (basic materials and items) και προμηθευόταν τα επιπλέον απαραίτητα όταν αναλάμβανε την παραγγελία. Δηλαδή οι παραγγελίες για αγορά (purchase orders) ήταν ανάλογες της αναμενόμενης κατανάλωσης των προϊόντων.
  - *Διαχείριση Διανομών (Distribution Management)*: Τα έτοιμα και συσκευασμένα προϊόντα προωθούνται (forwarding) στους πελάτες (clients) μέσω των προκαθορισμένων μέσων/τρόπων μεταφοράς. Την μεταφορά ακολουθεί μια πλήρης ανασκόπηση (survey) της διαδικασίας.
  - *Διαχείριση Εξυπηρέτησης Πελατών (Customer Service Management)*: Την εξυπηρέτηση των πελατών διαχειριζόταν το Τμήμα Ποιότητα (Quality Department). Η επιχείρηση είχε πιστοποίηση ISO 9001, η οποία της εξασφάλιζε έναν συγκεκριμένο τρόπο διαχείρισης των παραπόνων των πελατών βάσει πολιτικών της εταιρείας.
  - *Διαχείριση Πελατών (Client Management)*: Η επιχείρηση έχει δημιουργήσει ένα σύστημα διαχείρισης πελατών για να ελαχιστοποιήσει τα προβλήματα που θα μπορούσαν να προκύψουν, όπως σύγχυση παραγγελιών, καθυστερήσεις παράδοσης κ.ά., κατανέμοντας το πελατολόγιο τους σε ξεχωριστές κατηγορίες βάσει οικονομικής σημαντικότητας, όπως διανομείς (distributors), εγκαταστάτες/μηχανικοί (installers) και εργολάβοι (engineering firms). Επιπλέον τους κατανέμει βάσει αξιοπιστίας-“πίστης” (reliability-loyalty) όπως συμπεριφορά (behavior), τρόπος διαπραγμάτευσης (negotiations) και πληρωμές (payments).
  - *Διαχείριση Προμηθευτών (Supplier Management)*: Η διαχείριση των προμηθευτών γίνεται βάσει του ISO 9001 που εξασφαλίζει ότι οι προμηθευτές κατέχουν όλα τα απαραίτητα κριτήρια που έχει θέσει η εταιρεία. Έτσι εξασφαλίζεται η ύπαρξη μίας ομάδας αξιόπιστων προμηθευτών που δεν θα έθεταν σε κίνδυνο την παραγωγική διαδικασία και την διαδικασία παραδόσεων κτλ.

#### 4.4.3.3 Κενά Λειτουργίας Πριν το IMSCM

Μετά από εκτενή έρευνα στον τρόπο λειτουργίας της επιχείρησης όσον αφορά τις βασικές και επιμέρους λειτουργίες της, οι συγγραφείς διαπίστωσαν κάποια κενά στην ήδη υπάρχουσα εφοδιαστική αλυσίδα τα οποία αφορούσαν σε:

- Έλλειψη διαδικασιών Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας,
- Έλλειψη οργάνωσης στη Διαδικασία Παραγωγής (Manufacturing Process),
- Ελλιπή βελτιστοποίηση της Διαδικασίας Παραγωγής (Manufacturing Process),
- Ελλιπή οργάνωση των πελατών (clients),
- Ελλιπή οργάνωση των προμηθευτών (suppliers),
- Έλλειψη σχεδιασμού και οργάνωσης του Συστήματος Διανομής (Distribution System).

Τα παραπάνω κενά δεν εμπόδιζαν την ουσιαστική λειτουργία της επιχείρησης αλλά έθεταν εμπόδια στην ομαλή λειτουργία της. Επίσης η επιχείρηση μέσω αυτών των κενών δεν εκμεταλλευόταν πλήρως τα ήδη υπάρχοντα συστήματά της. Αναλυτικότερα τα κενά:

- *Έλλειψη διαδικασιών Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας:* Η επιχείρηση θεωρούσε τις επιστροφές προϊόντων ως προβληματική πολιτική λόγω του ότι η παραγωγή της (manufacturing) δεν ήταν σταθερή αλλά εξαρτιόταν από τις εκάστοτε παραγγελίες του κάθε πελάτη (client), μαζί με το γεγονός ότι τα προϊόντα που κατασκεύαζε δεν ήταν τα ίδια ανά πελάτη (client). Η επιχείρηση για να αντιμετωπίσει την έλλειψη διαδικασιών αντίστροφης εφοδιαστικής ενσωμάτωνε τα κόστη συσκευασιών/συσκευάσματος (packaging), απαιτούμενων υλικών (necessary materials), όπως εργαλεία (tools) και έλαια (oils), και περισευούμενων πρώτων υλών (unused raw materials) στο αρχικό συμβόλαιο (contract).
- *Έλλειψη οργάνωσης στη Διαδικασία Παραγωγής:* Λόγω έλλειψης μακροπρόθεσμου σχεδιασμού (long-term planning) η διαδικασία της δημιουργίας εβδομαδιαίων και μηνιαίων σχεδίων παραγωγής (manufacturing plans) είχε αποδειχθεί ιδιαίτερα δύσκολη. Η επιχείρηση προσπάθησε να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα μέσω τροποποιήσεων και ανασχεδιασμού των παραγωγικών σχεδίων της (production plans), το οποίο με τη σειρά του οδήγησε στην βελτίωση της απόδοσής της. Όμως η αναγνώριση της αξίας του σχεδιασμού προγραμμάτων (schedule planning) και της επιρροής αυτού στη Διαχείριση Παραγωγής (Manufacturing Management) ώθησε την επιχείρηση στην υιοθέτηση του IMSCM.
- *Έλλιπή βελτιστοποίηση της Διαδικασίας Παραγωγής:* Η έλλιπής βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην παράδοση των προϊόντων (product delivery), στην ημερομηνία διεκπεραίωσης (delivery dates) και στη διαθεσιμότητα τόσο των υλικών (materials) όσο και των εργαλείων (tools). Με τη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας λύνονται τα παραπάνω προβλήματα και βελτιώνεται σημαντικά η αξιοποίηση των μηχανών (machinery) και του ανθρώπινου δυναμικού καθώς και η διαχείριση των αποθεμάτων και των αγορών της επιχείρησης.
- *Έλλιπή οργάνωση των πελατών:* Είναι ιδιαίτερα σημαντική η κατηγοριοποίηση του μεγάλου αριθμού των πελατών (clients) της επιχείρησης βάσει των πληροφοριών που σχετίζονται με την επαγγελματική συμπεριφορά τους. Οι καλές σχέσεις με τους πελάτες (clients) θα οδηγήσουν στο μέλλον στην ανανέωση συμβολαίων (contracts) και στη δημιουργία νέων, στη λύση προβλημάτων που ενδέχεται να προκύψουν (problem solving), στην καλύτερη παράδοση προϊόντων (product delivery) και στη συνεργασία (cooperation) στις διαδικασίες της αντίστροφης εφοδιαστικής που αφορούν την ανάκτηση αποβλήτων (retrieval of waste) και περισσίων υλικών και μερών (residue materials and parts).
- *Έλλιπή οργάνωση των προμηθευτών:* Λόγω της έλλειψης καλών προμηθευτών στην περιοχή της επιχείρησης, αυτή είναι αναγκασμένη να συνάψει συνεργασίες με προμηθευτές από άλλες περιοχές ή ακόμα και χώρες, κάτι το οποίο οδηγεί στη δυσκολία εύρεσης πρώτων υλών. Παράλληλα επειδή η επιχείρηση λόγω της φύσης των παραγγελιών που αναλαμβάνει δεν γίνεται να μειώσει την ποιότητα των προϊόντων της ή των υλικών της πρέπει να διαλέγει πολύ προσεκτικά τους προμηθευτές της, ώστε ταυτόχρονα να προμηθεύεται άριστα υλικά σε αρκετά καλές τιμές. Η εύρεση περισσότερων τοπικών προμηθευτών καθώς και η υιοθέτηση διαδικασιών αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας για την ανάκτηση αξίας μέσω της ανάκτησης αποβλήτων και περισσίων υλικών και μερών θα μπορούσε να λύσει εν μέρει το πρόβλημα.
- *Έλλειψη σχεδιασμού και οργάνωσης του Συστήματος Διανομής:* Λόγω των τεχνικών χαρακτηριστικών των παραγόμενων προϊόντων, η μεταφορά αυτών χρίζει ειδικών μέσων μεταφοράς, τα οποία η επιχείρηση προσπαθούσε να ορίσει υπεύθυνους για αυτά τους πελάτες (clients) εξαιρουμένων κάποιων ειδικών περιπτώσεων. Η έλλειψη ενός ενιαίου σχεδίου για τη μεταφορά των προϊόντων της επιχείρησης καλεί στον σχεδιασμό ενός συστήματος ικανού να καλύψει τη δυναμικότητα (capacity) των παραγγελιών αλλά και την

ανάκτηση των εμπορευματοκιβωτίων (retrieval of packaging) και των πλεοναζόντων προϊόντων και υλικών (redundant products and materials) προς ανακύκλωση.

#### 4.4.4 Το Μοντέλο Διαχείρισης IMSCM

Γνωρίζοντας πλέον το μοντέλο με το οποίο η επιχείρηση λειτουργούσε και αναγνωρίζοντας τα κενά τα οποία υπήρχαν στον τρόπο λειτουργίας της, οι συγγραφείς Fuente et al. [100], ανέπτυξαν ένα νέο μοντέλο διαδικασιών/λειτουργίας για την επιχείρηση, βάσει του οποίου (IMSCM) η Πρόσθια Εφοδιαστική Αλυσίδα (Forward Supply Chain) λειτουργεί παράλληλα με τη νέα Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα (Reverse Supply Chain) της επιχείρησης και καλύπτει όλα τα κενά τα οποία είχαν αναγνωριστεί προηγουμένως. Το νέο μοντέλο παρέχει λύσεις σε όλα τα επίπεδα της εφοδιαστικής αλυσίδας, στρατηγικό (strategic), τακτικό (tactical) και επιχειρησιακό (operational).

Το νέο IMSCM μοντέλο στοχεύει στην ενοποιημένη διαχείριση διαδικασιών, την κοινή χρήση των υλικών και του ανθρώπινου δυναμικού μέσω:

- Του επανασχεδιασμού των ήδη υπάρχοντων διαδικασιών logistics διατηρώντας την υπάρχουσα τεχνογνωσία (know-how) της επιχείρησης.
- Της ανασκόπησης (review) των διαδικασιών (processes) με στόχο την αύξηση των πραγματοποιήσιμων διαδικασιών (tasks) ώστε η επιχείρηση να είναι σε θέση να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της νέα εφοδιαστικής αλυσίδας της (πρόσθιας και αντίστροφης).

Για το νέο μοντέλο (IMSCM) εξετάστηκαν και αναλύθηκαν οι σχέσεις μεταξύ των κατασκευαστών, των προμηθευτών και των πελατών. Σκοπός του μοντέλου είναι ο συντονισμός (coordination) των διαδικασιών (operations) των δύο αλυσίδων μέσω ορισμού των διαδικασιών της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (RSC) βάσει των διαδικασιών της Πρόσθιας Εφοδιαστικής Αλυσίδας (FSC). Οι βασικές λειτουργίες της αντίστροφης εφοδιαστικής θα περιλαμβάνουν την αποδοχή (acceptance), την ανάκτηση (recovery) και την εμποροποίηση (commercialization) των ανακτημένων προϊόντων.

Στο σύνολό τους, οι διαδικασίες την νέας εφοδιαστικής αλυσίδας του IMSCM μοντέλου βασίζονται στις γενικές διαδικασίες διαχείρισης μιας εφοδιαστικής αλυσίδας που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο. Αποφεύχθηκε η εισαγωγή εντελώς νέων διαδικασιών σε στρατηγικό επίπεδο για τη διαχείριση των επιστρεφόμενων προϊόντων, με σκοπό να μη γίνει ιδιαίτερα πολύπλοκη η διαχείριση (management) και η λήψη αποφάσεων (decision making) στο εκάστοτε επίπεδο (level), διαδικασία (process) και αλυσίδα (chain). Όμως, για την επιτυχή ενσωμάτωση των δυο αλυσίδων είναι απαραίτητη η προσθήκη κάποιων επιμέρους λειτουργιών (sub-processes) και η ανατοποθέτηση (allocation) του ανθρώπινου δυναμικού (human resources) και εγκαταστάσεων (facilities) με σκοπό την επιτυχή επεξεργασία των επιστρεφόμενων υλικών (materials) και προϊόντων (products). Σημαντικό στοιχείο του νέου μοντέλου είναι ότι τα υλικά (materials) και τα προϊόντα (products) προερχόμενα από την αντίστροφη αλυσίδα μοιράζονται τους ίδιους πόρους με την πρόσθια αλυσίδα, όπως για παράδειγμα εργαλεία (tools), μηχανήματα (machines), μέσα μεταφοράς (transportation), ανθρώπινο δυναμικό κ.ά.

Ένα παράδειγμα του νέου μοντέλου στη Διαχείριση Διανομών (Distribution Management) είναι η δυνατότητα να μειωθούν τα κόστη μεταφοράς (transportation costs), μέσω της συλλογής των επιστρεφόμενων προϊόντων ή υλικών με το ίδιο μέσο μεταφοράς, την ίδια στιγμή που πραγματοποιείται η διανομή των νέων προϊόντων. Η εφαρμογή αυτή δεν απαιτεί ο πελάτης που έχει

παραγγείλει νέα προϊόντα να είναι ο ίδιος που θα παραδώσει τα επιστρεφόμενα. Είναι δυνατό να σχεδιαστεί η διαδρομή του δρομολογίου ώστε η παράδοση των νέων προϊόντων να περιλαμβάνει και την ανάκτηση προϊόντων από διαφορετικό σημείο. Έτσι η ροή των δύο αλυσίδων γίνεται ταυτόχρονη. Σημαντικό για την πραγματοποίηση του μοντέλου όσον αφορά τις διανομές είναι τα μέσα μεταφοράς (means of transport) να είναι ικανά τόσο σε θέμα δυναμικότητας (capacity) όσο και σε θέμα τεχνολογίας να αποθηκεύσουν τα επιστρεφόμενα υλικά είτε αυτά είναι προϊόντα είτε απόβλητα/υπολείμματα (residues) μη στερεάς μορφής, όπως για παράδειγμα τα έλαια (oils). Με τη σωστή επιλογή λοιπόν των μέσων μεταφοράς, η επιχείρηση θα είναι σε θέση να σχεδιάσει το βέλτιστο πρόγραμμα διαδρομών τόσο σε επίπεδο φορτίου (load) όσο και διαδρομής (routes).

Παρόμοιες τροποποιήσεις έλαβε και ο τομέας της Διαχείρισης Ζήτησης (Demand Management) όπου με το νέο μοντέλο πρέπει να περιλαμβάνονται και στοιχεία για τα επανεπεξεργασμένα (reprocessed) προϊόντα, υλικά (materials) και αποθέματα (inventories). Έτσι η πρόβλεψη (forecast) και τα Συνολικά Πλάνα (Aggregated Plans) που αφορούν τις επιστροφές γίνονται εφικτά και ενσωματώνονται στη συνολική λειτουργία.

Όσον αφορά τη Διαχείριση Παραγωγής (Manufacturing Management), στο νέο μοντέλο IMSCM, και τα επιστρεφόμενα προϊόντα, αυτά κατηγοριοποιούνται και αντιμετωπίζονται σαν “διαδικασίες προς ανάκτηση” (processes to be recovered) και λαμβάνονται υπόψη στα συνολικά σχέδια της παραγωγικής διαδικασίας (manufacturing process) και στις παραγγελίες παραγωγής (manufacturing orders). Οι παραγγελίες για παραγωγή (manufacturing orders) που χρησιμοποιούν ανακτημένα υλικά (returned materials) δεν προγραμματίζονται (scheduled) βάσει της φύσης του υλικού, ανακτημένο ή όχι, αλλά καθαρά βάσει τελικού προϊόντος (product) και πελάτη (client).

Η υλοποίηση του IMSCM μοντέλου αποδείχθηκε ιδιαίτερη πρόκληση για την επιχείρηση, μιας και δεν υπήρχε προηγουμένως καμία διαδικασία (process) η οποία να αφορά την Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα. Επίσης δεν υπήρχαν σχέδια για ένταξη μιας τέτοιας αλυσίδας, ή ακόμα και κάποιων διαδικασιών αυτής στον τρόπο λειτουργίας της επιχείρησης και αυτό φαίνεται από την έλλειψη σχεδιασμού (planning) για τυχόν επιστρεφόμενα υλικά, όπως για παράδειγμα, επιστρεφόμενα εμπορευματοκιβώτια (packages). Επίσης η επιχείρηση δεν είχε κάποιο σχέδιο για ανακατασκευή (remanufacture) των προϊόντων τα οποία είχαν εμφανίσει αστοχίες (errors) κατά τη διαδικασία της παραγωγής ή ακόμα και συντήρησης ή και επέκτασης της ζωής των ήδη κατασκευασμένων προϊόντων της.

Μέχρι πριν και το IMSCM η επιχείρηση πραγματοποιούσε μόνο παραγωγές νέων προϊόντων βάσει παραγγελιών (orders) και συμβολαίων (contracts). Πλέον με το IMSCM παράγει προϊόντα τα οποία περιέχουν υλικά τα οποία έχουν προέλθει από επιστροφές ή ακόμα και ανακτημένα μέρη (recovered parts). Τα προϊόντα αυτά, αν και δεν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σαν εντελώς καινούρια όσον αφορά την προώθηση στους πελάτες (clients), προκύπτουν από τις ίδιες παραγωγικές διαδικασίες, π.χ. συναρμολόγηση (assembly), που προκύπτουν και τα “καινούρια”. Έτσι η επιχείρηση, με τις δύο αλυσίδες, κάνει καλύτερη κατανομή των πόρων της, κάτι που θα έχει σημαντικά αποτελέσματα, μιας και ως μικρο-μεσαία επιχείρηση οι τροποποιήσεις αυτές θα επιφέρουν σημαντικά αποτελέσματα.

Μία γενική περιγραφή του νέου τρόπου λειτουργίας της επιχείρησης με τις γενικές διαδικασίες και τις επιμέρους λειτουργίες καθώς και τα στοιχεία κλειδιά του IMSCM φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 18):

Πίνακας 18: Διαδικασίες που συνεισφέρουν στην ενσωμάτωση RL στην επιχείρηση [100]

<b>Γενικές Διαδικασίες</b>		
<i>Κατάσταση</i>	Επιμέρους Λειτουργίες IMSCM	Στοιχεία Κλειδιά του IMSCM
<b>Διαχείριση Ζήτησης</b>		
<i>Τροποποιημένα (Modified)</i>	Επιλογή Στοιχείων Πρόβλεψης Πραγματοποίηση Πρόβλεψης Αναθεώρηση Πρόβλεψης Ανάλυση Πρόβλεψης	Ανάκτηση Προϊόντων Πρόβλεψης Ανάλυση Ανακτημένων Προϊόντων Εκτίμηση Έργου (Project)
<i>Αμετάβλητα (Unchanged)</i>	Ανάλυση Πρόβλεψης	
<b>Διαχείριση Παραγγελιών</b>		
<i>Αμετάβλητα (Unchanged)</i>	Διαχείριση Παραγγελιών Διαχείριση Ανακτημένων Προϊόντων Σχεδίαση Έργου (Project Engineering)	
<b>Διαχείριση Παραγωγής</b>		
<i>Νέα</i>	Διαχείριση Ανακτημένων Υλικών	Αναγνώριση και Επεξεργασία Ανακτημένων Υλικών
<i>Τροποποιημένα (Modified)</i>	Σχεδιασμός και Προγραμματισμός Παραγωγής (Planning and Scheduling)	Δημιουργία Παραγγελιών για Ανακτημένα Υλικά
<i>Αμετάβλητα (Unchanged)</i>	Ανάλυση Δυναμικότητας Έλεγχος Παραγωγής	
<b>Διαχείριση Προμηθειών</b>		
<i>Αμετάβλητα (Unchanged)</i>	Σχεδιασμός Προμηθειών Διαχείριση Παραγγελιών Αγοράς	
<b>Διαχείριση Διανομών</b>		
<i>Αμετάβλητα (Unchanged)</i>	Παράδοση Παραγγελιών	
<i>Νέα</i>	Διαχείριση Μεταφοράς Ανακτημένων Υλικών	Μεταφορά Ανακτημένων Υλικών από Εγκαταστάσεις (Facilities)
<b>Διαχείριση Εξυπηρέτησης Πελατών</b>		
<i>Αμετάβλητα (Unchanged)</i>	Διαχείριση Παραπόνων	
<b>Διαχείριση Πελατών</b>		
<i>Αμετάβλητα (Unchanged)</i>	Ανάλυση Πελατών Παρακολούθηση Επιδόσεων Πελατών	
<b>Διαχείριση Προμηθευτών</b>		
<i>Αμετάβλητα (Unchanged)</i>	Ανάλυση Προμηθευτών Παρακολούθηση Επιδόσεων Προμηθευτών	

#### 4.4.5 Αποτελέσματα

Η υιοθέτηση του IMSCM μοντέλου έδωσε τη δυνατότητα στην επιχείρηση να επεκτείνει τις επιχειρηματικές της δραστηριότητες και να εντάξει στον τρόπο λειτουργίας της τις διαδικασίες που αφορούν την Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα, οι οποίες λόγω της φύσης και της μορφής της επιχείρησης έχουν ιδιαίτερη αξία και βαρύτητα.

Η ένταξη των Αντίστροφων Logistics στην Εφοδιαστική Αλυσίδα της επιχείρησης άλλαξε και τον τρόπο που αντιμετωπίζεται το προϊόν τόσο από την πλευρά του παραγωγού-κατασκευαστή (manufacturer) όσο και από τους προμηθευτές (suppliers) και τους πελάτες (clients). Πλέον και σύμφωνα με τη δομή του IMSCM τα περισσευόμενα υλικά (waste materials), τα απόβλητα (wastes) και τα υπολείμματα (residues) πρέπει να επεξεργάζονται. Τα ελάχιστα ποσοστά των “προϊόντων” της αντίστροφης εφοδιαστικής που πρέπει η επιχείρηση να επεξεργαστεί είναι:

- Ανάκτηση συσκευασιών (packages) 20%.
- Χρήση περισσευόμενων υλικών (remainder raw materials) 12%.
- Ανακύκλωση άλλων υλικών όπως έλαια (oils) και ψυκτικά υγρά (coolant liquids) (residues) 5%.

Επιπλέον, η επιχείρηση υποχρεούται πλέον να συμμορφωθεί και με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες (EU Directives) που αφορούν την Αντίστροφη Εφοδιαστική.

Η επιχείρηση επωφελείται από τις προσθήκες που αναφέρθηκαν προηγουμένως τόσο σε ποιοτικό (quality) όσο και σε ποσοτικό (quantity) επίπεδο.

- Σε *ποιοτικό επίπεδο* η επιχείρηση επωφελείται μέσω της βελτιωμένης υποστήριξης των πελατών (customer service), της βελτιωμένης παράδοσης και συλλογής των προϊόντων (product delivery and collection).
- Σε *ποσοτικό επίπεδο* η επιχείρηση επωφελείται μέσω της ανάκτησης των υλικών (recovery of materials) που οδηγεί στην αγορά λιγότερων νέων πρώτων υλών (raw materials).

Επιπλέον, με το να αναλαμβάνει η επιχείρηση την υποστήριξη των προϊόντων της μετά την αγορά, όπως για παράδειγμα επισκευές (repairs) ή αντικατάσταση ελαττωματικού προϊόντος (recovery of redundant product), λαμβάνει περισσότερες παραγγελίες πελατών.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα που είχε το IMSCM στον τρόπο λειτουργίας και διαχείρισης των λειτουργιών την επιχείρησης, μέσω της εξέτασης του προηγούμενου τρόπου λειτουργίας και διαχείρισης της επιχείρησης, βρέθηκε ότι υπάρχει η δυνατότητα, μέσω της ένταξης αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας, να βελτιωθεί σημαντικά η απόδοσή της. Όμως για να γίνει αυτό έπρεπε να ενταχθούν λειτουργίες και διαδικασίες που δεν υπήρχαν προηγουμένως ή ακόμα και να τροποποιηθούν οι υπάρχουσες.

Μέσω της τροποποίησης των ήδη γνωστών λειτουργιών και διατηρώντας, ουσιαστικά, το μεγαλύτερο μέρος του ήδη εδραιωμένου επιχειρησιακού δικτύου της επιχείρησης, η ένταξη της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας πραγματοποιήθηκε, αναγκάζοντας την υπάρχουσα διοίκηση να προσαρμοστεί στον νέο τρόπο διαχείρισης δύο Αλυσίδων. Σαν αποτέλεσμα βελτιώθηκε η συνεργασία μεταξύ των διαφόρων τμημάτων και λύθηκαν καθημερινά προβλήματα παραγωγής και λειτουργίας.

Πιο συγκεκριμένα, λύθηκαν προβλήματα στον σχεδιασμό της παραγωγής (manufacturing planning) λόγω των διαδικασιών και των ροών της αντίστροφης εφοδιαστικής, είτε σε επίπεδο υλικών (materials) είτε πληροφοριών (information). Αυτό βοήθησε σημαντικά σε όλα τα επίπεδα του σχεδιασμού, σύντομου (short term), μεσοπρόθεσμου (medium term) και μακροπρόθεσμου (long term).



Στον τομέα των σχέσεων με τους προμηθευτές, η υιοθέτηση του IMSCM βοήθησε στην καλύτερη επιλογή και κατηγοριοποίηση των προμηθευτών της επιχείρησης. Ανάμεσα στους προμηθευτές επιλέχθηκαν (ή διατηρήθηκαν) αυτοί οι οποίοι είχαν σημαντική οικονομική σχέση με την επιχείρηση, αυτοί οι οποίοι συμμορφώνονταν με το πρότυπο ISO 9001 (όπως η επιχείρηση) και αυτοί με τους οποίους είναι δυνατή η ύπαρξη ενός μοντέλου Αντίστροφων Logistics (RL).

Τέλος, η αύξηση των περιβαλλοντικών κανονισμών όσον αφορά την ανάκτηση και διαχείριση αποβλήτων, μαζί με τις επιρροές των βιομηχανιών τροφίμων και φαρμάκων, με τις οποίες η επιχείρηση έχει στενή σχέση, έδωσε στην επιχείρηση την ευκαιρία να συμμορφωθεί με τους νομικούς κανονισμούς (κράτους, ΕΕ) και ταυτόχρονα να αυξήσει την οικονομική της δραστηριότητα και τα κέρδη της, αξιοποιώντας την Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με το τέλος της παρούσας εργασίας, ο αναγνώστης είναι σε θέση να καταλάβει τι είναι μια Εφοδιαστική Αλυσίδα, από τι αποτελείται, ποιος είναι ο σκοπός της, οι στόχοι της, η έκτασή της και το ιστορικό πλαίσιο στο οποίο αναπτύχθηκε, καθώς και η ανάγκη ύπαρξής της.

Όσον αφορά τις Πρόσθιες Εφοδιαστικές Αλυσίδες, γνωρίζουμε πλέον από την ιστορική τους εξέλιξη τους λόγους για τους οποίους η ύπαρξη μιας ΕΑ ήταν αναγκαία. Γνωρίζουμε ότι μια Πρόσθια Εφοδιαστική Αλυσίδα δεν περιορίζεται μόνο στον ανεφοδιασμό των προϊόντων ενός καταστήματος αλλά εκτείνεται σε όλες τις δραστηριότητες μιας επιχείρησης, από την εύρεση της ποσότητας των πρώτων υλών που θα χρειαστούν για την παραγωγική διαδικασία, μέχρι την εύρεση του καταλληλότερου προμηθευτή για τα υλικά αυτά. Επιπλέον, η ΕΑ συμμετέχει στη μεταφορά των πρώτων υλών για την παραγωγική διαδικασία, στην ίδια την παραγωγική διαδικασία, στη μεταφορά των παραγόμενων προϊόντων και στην αποθήκευση των προϊόντων αυτών. Ακόμα, διαχειρίζεται τις αποθήκες, τα αποθέματα και τη μετέπειτα διανομή τους στα κέντρα και τις τοποθεσίες που θα είναι προσβάσιμες από τους καταναλωτές προς αγορά των προϊόντων ή υπηρεσιών. Παρατηρούμε δηλαδή ότι, η Πρόσθια Εφοδιαστική Αλυσίδα συμμετέχει σε όλες τις διαδικασίες που πραγματοποιούνται για τη δημιουργία ενός προϊόντος ή υπηρεσίας, από το στάδιο της υλοποίησης μέχρι το στάδιο της παράδοσης.

Αν διασπάσουμε τη συνολική εικόνα της Πρόσθιας Εφοδιαστικής Αλυσίδας σε επιμέρους μικρότερες Εφοδιαστικές Αλυσίδες, τότε είμαστε σε θέση να αξιολογήσουμε την αποτελεσματικότητα και τα κόστη της ξεχωριστά. Αυτό μας επιτρέπει να εστιάσουμε σε συγκεκριμένες διαδικασίες της αλυσίδας και να προβούμε σε ενέργειες οι οποίες ελαχιστοποιούν τα κόστη και μεγιστοποιούν την απόδοση. Άλλωστε εκτός από το κόστος κατασκευής το οποίο επηρεάζει την τελική τιμή ενός προϊόντος, αυτή επηρεάζεται και από τα επιμέρους κόστη που αφορούν τη μεταφορά και την αποθήκευση σε όλο τον παραγωγικό κύκλο του. Βελτιστοποιώντας την ΕΑ λοιπόν η επιχείρηση μειώνει τις τιμές των προϊόντων της, αποκτά ανταγωνιστικό προβάδισμα έναντι των “αντιπάλων” επιχειρήσεων και ελαχιστοποιεί τα εμπλεκόμενα κόστη, το οποίο οδηγεί, εν τέλει, σε αύξηση των κερδών της.

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες του 20ου και 21ου αιώνα δημιούργησαν την ανάγκη για τη μελέτη των επιπτώσεων της ΕΑ στο περιβάλλον και την κοινωνία. Δημιουργήθηκε τότε η έννοια της Βιωσιμότητας της Εφοδιαστικής Αλυσίδας και της Βιώσιμης Ανάπτυξης, που σκοπό είχαν την εξέλιξη της οικονομίας με την ταυτόχρονη ανάπτυξη της οικολογικής και κοινωνικής συνείδησης. Αυτό σήμαινε ότι πλέον η βελτιστοποίηση μιας ΕΑ δεν είχε να κάνει αμιγώς με οικονομικά οφέλη αλλά και με τον αντίκτυπο που θα είχε στο περιβάλλον και την κοινωνία. Από πλευράς του περιβάλλοντος, η ΕΑ όφειλε να κάνει όσο το δυνατόν καλύτερη χρήση των πρώτων υλών της αλλά να είναι σε θέση να διαχειριστεί και τα ίδια της τα απόβλητα στο μέγιστο δυνατό. Από πλευράς της κοινωνίας, η ΕΑ όφειλε να λαμβάνει υπόψιν το κοινωνικό σύνολο, με εξασφάλιση νέων θέσεων εργασίας και στήριξη του τοπικού πληθυσμού. Φυσικά όμως διατηρούσε τον στόχο της που ήταν η οικονομική ευημερία της εκάστοτε επιχείρησης.

Αποτέλεσμα της σκέψης για μια Βιώσιμη Εφοδιαστική Αλυσίδα και της σκέψης της Αειφόρου Ανάπτυξης ήταν εν μέρη η δημιουργία της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Άλλοι λόγοι για τη δημιουργία μιας Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας ήταν η ανάγκη για ανάδραση πληροφοριών από τους καταναλωτές ως προς τα προϊόντα της εκάστοτε επιχείρησης και η υποστήριξη αυτών από την επιχείρηση.

Η Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα αναλαμβάνει την αντίστροφη πορεία των προϊόντων και των πληροφοριών, δηλαδή από τους καταναλωτές προς τις επιχειρήσεις. Όσον αφορά τις πληροφορίες από τους καταναλωτές, η επιχείρηση κερδίζει σημαντικές πληροφορίες που αφορούν τα εκάστοτε προϊόντα, τόσο από τον τρόπο χρήσης αυτών όσο και από τις βλάβες που εμφανίζουν κατά τη διάρκεια ζωής τους. Όσον αφορά τα προϊόντα, η ΑΕΑ αναλαμβάνει τη διαχείριση αυτών μετά το τέλος ζωής τους ή μετά το τέλος χρήσης τους. Μέσω των διαδικασιών της ΑΕΑ, η επιχείρηση επεκτείνει τις επιχειρηματικές δραστηριότητές της μέσω της εισαγωγής της στη δευτερεύουσα αγορά. Η ΑΕΑ προσφέρει οικονομικά οφέλη στην επιχείρηση, μιας και δημιουργείται αξία από τα επιστρεφόμενα προϊόντα τα οποία μεταπουλά στη δευτερεύουσα αγορά, αφού πρώτα τα επεξεργαστεί κατάλληλα. Τα προϊόντα τα οποία δεν θα καταλήξουν στη δευτερεύουσα αγορά θα ανακυκλωθούν και θα γίνουν πρώτη ύλη για την παραγωγική διαδικασία της επιχείρησης. Αυτό έχει σημαντικά οικονομικά οφέλη μιας και δεν θα χρειαστεί η αγορά πρώτης ύλης εκ νέου από πλευράς της επιχείρησης. Επιπλέον η ΑΕΑ διαχειρίζεται και τα απόβλητα της παραγωγικής διαδικασίας αλλά και της αντίστροφης ροής, δηλαδή τα απόβλητα των καταναλωτών. Διακρίνουμε λοιπόν μια περιβαλλοντική και κοινωνική ευαισθητοποίηση της ΑΕΑ που συνδέεται άμεσα με τους στόχους της Βιωσιμότητας και της Αειφόρου Ανάπτυξης.

Επιπλέον, η ΑΕΑ λειτουργεί και σαν εργαλείο για τη βελτιστοποίηση της ΕΑ της επιχείρησης. Οι πληροφορίες που συλλέγει και τα υλικά τα οποία επανακτά συμβάλλουν στη βελτίωση των προϊόντων, των παραγωγικών διαδικασιών και της οικονομικής ευημερίας της επιχείρησης. Παράλληλα με τη χρήση εξειδικευμένων εργαλείων προγραμματισμού, η επιχείρηση η οποία διαθέτει μία βελτιστοποιημένη ολοκληρωμένη Εφοδιαστική Αλυσίδα (Πρόσθια και Αντίστροφη) έχει σημαντικό προβάδισμα έναντι του ανταγωνισμού της, καθώς έχει ελαχιστοποιήσει τα κόστη παραγωγής και μεγιστοποιήσει τα κέρδη της.

Οι ενότητες της παρούσας διπλωματικής εργασίας, οι οποίες ουσιαστικά παρουσιάζουν πώς επιτυγχάνεται η βελτιστοποίηση και η βιωσιμότητα της Εφοδιαστικής Αλυσίδας μέσω μελέτης περιπτώσεων, είναι η απόδειξη της πρακτικής εφαρμογής της θεωρίας της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας και των εργαλείων της.

Η πρώτη μελέτη περίπτωσης αφορά μία εταιρεία η οποία αποφάσισε να εισαγάγει την ΑΕΑ στο επιχειρηματικό της μοντέλο και πιο συγκεκριμένα τη διαδικασία της ανακατασκευής (remanufacturing). Ως αποτέλεσμα, διεύρυνε την επιχειρηματική της δραστηριότητα και αύξησε τα συνολικά της κέρδη, παράλληλα με τη φήμη της ως μια περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένη επιχείρηση.

Η δεύτερη μελέτη περίπτωσης αφορά την επεξεργασία ενός επιστρεφόμενου προϊόντος (μπαταρίας ηλεκτροκίνητου οχήματος) και πώς η επεξεργασία αυτή συμβάλλει ουσιαστικά στη βελτίωση του προϊόντος και τη σωστή διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων που σχετίζονται με αυτό. Στη μελέτη αυτή, μέσω της διαδικασίας της αποσυναρμολόγησης, βρέθηκαν σημεία στον σχεδιασμό του προϊόντος τα οποία θα μπορούσαν να βελτιωθούν, ώστε να διευκολυνθεί η επεξεργασία των επόμενων προϊόντων. Έχουμε δηλαδή βελτίωση ενός προϊόντος σε όλο τον κύκλο ζωής του μέσω πληροφοριών που προέκυψαν από διαδικασίες της ΑΕΑ. Επιπλέον βλέπουμε πώς γίνεται η σωστή διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων ενός προϊόντος (π.χ. ηλεκτρολύτες μπαταριών) και η διαδικασία της ανακύκλωσης, με σκοπό την ανάκτηση πρώτων υλών που σε περίπτωση απλής απόρριψης θα είχαν χαθεί.

Ένα σημαντικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιήθηκε στις δυο αυτές μελέτες περίπτωσης κι έχει ιδιαίτερη χρησιμότητα για τη βελτίωση προϊόντων και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών είναι το Reverse Engineering. Μέσω του Reverse Engineering στην ΑΕΑ βρίσκονται κενά στον σχεδιασμό

των προϊόντων, πιθανοί τρόποι για βελτίωσή τους και αποκτάται σημαντική γνώση για τη λειτουργία αυτών. Σαν εργαλείο χρησιμοποιείται τόσο από τους ίδιους τους παραγωγούς όσο και από τρίτους στην Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα.

Η τρίτη μελέτη περίπτωσης δεν αφορά κάποια συγκεκριμένη διαδικασία της ΑΕΑ αλλά το πώς γίνεται η βελτιστοποίηση ενός δικτύου ανάκτησης προϊόντων μέσω του εργαλείου των μαθηματικών μοντέλων. Έτσι μετά την ουσιαστική παρουσίαση του μοντέλου και των αποτελεσμάτων του, είμαστε σε θέση να κατανοήσουμε τον σκοπό και την αποτελεσματικότητα του εργαλείου αυτού σε εφαρμογές που αφορούν τις Εφοδιαστικές Αλυσίδες και τη βελτιστοποίηση των δικτύων τους.

Η τέταρτη μελέτη περίπτωσης αφορά τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών της Εφοδιαστικής Αλυσίδας της εξεταζόμενης επιχείρησης, με τη χρήση ενός μοντέλου διαχείρισης που συνδυάζει τόσο την Πρόσθια όσο και την Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα. Με το τέλος της μελέτης αυτής συμπεραίνουμε ότι η υιοθέτηση μιας ΑΕΑ συμβάλλει σημαντικά στην κάλυψη των κενών του σχεδιασμού των διαδικασιών της επιχείρησης. Επιπλέον συμβάλλει στην κάλυψη των περιβαλλοντικών στόχων της και στη συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, χωρίς να υπονομεύει την οικονομική εξέλιξη της επιχείρησης.

Τέλος συμπεραίνουμε ότι μια ολοκληρωμένη Εφοδιαστική Αλυσίδα δεν είναι απαραίτητα μία οντότητα, αλλά αποτελείται (συνήθως) από πολλές μικρότερες αλυσίδες που τις διαχειρίζονται διαφορετικές επιχειρήσεις και μέσω της άριστης συνεργασίας μεταξύ των εταίρων επιτυγχάνεται ο τελικός στόχος μιας Βιώσιμης Βελτιστοποιημένης Εφοδιαστικής Αλυσίδας.

## Βιβλιογραφία

1. Lambert, D. (2004). *The Eight Essential Supply Chain Management Processes*. *Supply Chain Management Review*. September 2004.
2. Μαλινδρέτος, Γ. (2015). *Εφοδιαστική Αλυσίδα, Logistics & Εξυπηρέτηση Πελατών*. Αθήνα: ΣΕΑΒ
3. Mentzer, J.T., DeWitt, W., Keebler, J.S, Soonhong Min, Nix, N.W., Smith, C.D and Zacharia, Z.G. (2001). *Defining Supply Chain Management*. *Journal of Business Logistics*, 22 (2): 1–25.
4. Iakovou, E. (2001). *A new framework for supply chain management: Review concepts and examples*. Proceedings of the Third Aegean International Conference on Design and Analysis of Manufacturing Systems. Tinos, Greece, 27–36.
5. Movahedi, B., Lavassani, K. and Kumar, V. (2009). *Transition to B2B e-Marketplace Enabled Supply Chain: Readiness Assessment and Success Factors*. *The International Journal of Technology, Knowledge and Society*, 5 (3): 75–88.
6. Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. MIT Press.
7. Chopra, S. and Meindl, P. (2001). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Organization*. Prentice-Hall Inc. New Jersey. USA. ISBN 0-13026465-2.
8. Heeman, P. (1997). *The Path of Successful Implementation of DRP*. In Gattorna Editor (1997)
9. Roy, J., Nollet, J. and Beaulieu, M. (2006). *Reverse Logistics Networks and Governance Structures*. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 7: 58-67.
10. Srivastava, S.K. and Srivastava, R.K. (2006). *Managing Product Returns for Reverse Logistics*. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36: 524-546.
11. Malindretos, G. and Ambeliotis, K. (2007). *Re-approaching the Supply Chain Reengineering towards Global Sustainability*. Davos Congress Center, ‘R’07 World Congress’: Recovery of Materials and Energy for Resource Efficiency. Davos Switzerland, September 3-5.
12. Tonanont, A., Yimsiri, S., Jitpitaklert, W. and Rogers, K.J. (2008). *Performance evaluation in reverse logistics with data envelopment analysis*. In: Proceedings of the 2008 Industrial Engineering Research Conference (pp. 764–769).
13. Winkler, H. (2011). *Closed-loop production systems—A sustainable supply chain approach*, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4 (3): 243–246.
14. Aravendan Muthusamy and Ramasamy Panneerselvam (2014). *Literature Review on Network Design Problems in Closed Loop and Reverse Supply Chains*. *Intelligent Information Management*, 6 (3), 14 pages DOI:10.4236/iim.2014.63012 .

15. Seuring, S. and Muller, M. (2008). *From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management*. Journal of Cleaner Production, 16(15): 1699-1710.
16. Gattorna, J.L. (1997). *Handbook of Logistics & Distribution Management. 4th Edition*. Gower Publishing Company.
17. Glatzel, C. (2015). *Operations Practice: Excellence in Supply Chain Management. Supply chain as a source of competitive advantage*. McKinsey and Co.
18. WCED (1987). *Our common future: Report of the world commission on environment and development*. Switzerland: World Commission on Environment and Development.
19. Ρόκος, Δ. (2005). *Αξιοβίωτη ολοκληρωμένη ανάπτυξη. Για έναν ειρηνικό και καλύτερο κόσμο, Ανάπτυξη και περιβάλλον. Διαλεκτικές σχέσεις και διεπιστημονικές προσεγγίσεις*. Επιμέλεια, Δ. Ρόκος, Αθήνα: Εναλλακτικές Εκδόσεις, σελ. 23-68.
20. Ahi, P. & Searcy, C. (2013). *A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management*. Journal of Cleaner Production, 52, pp.329-341.
21. Wollmuth, J. & Ivanova, V. (2014). *6 steps for a more sustainable supply chain*. <http://www.greenbiz.com/blog/2014/01/24/6-steps-more-sustainable-supply-chain>.
22. Chen, H., Kunnimalaiyaan, M. & Van Gompel, J.J. (2005). *Medullary Thyroid Cancer: The functions of raf-1 and human achaete-scute homologue-1*. Thyroid, 15:511–21.
23. Govindan, K., Palaniappan, M., Zhu, Q. and Kannan, D. (2012), “*Analysis of third-party reverse logistics provider using interpretive structural modeling*”, International Journal of Production Economics, Vol. 140 No. 1, pp. 204-211.
24. Bouzon, M., Govindan, K., Rodriguez, C.M.T. and Campos, L.M.S. (2016), “*Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP*”, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 108, pp. 182-197.
25. Prahinski, C. and Kocabasoglu, C. (2006), “*Empirical research opportunities in reverse supply chains*”, Omega, Vol. 34 No. 6, pp. 519-532.
26. Shad Dowlatshahi, (2000), *Developing a Theory of Reverse Logistics*.
27. Mishra, D., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T. and Hazen, B. (2017), “*Green supply chain performance measures: a review and bibliometric analysis*”, Sustainable production and consumption, Vol. 10, pp. 85-99.
28. Wells, P. and Seitz, M. (2005), “*Business models and closed-loop supply chains: a typology*”, Supply Chain Manag Int J, Vol. 10, pp. 249-251.
29. Gutowski, T.G., Sahni, S., Boustani, A. and Graves, S., C. (2011), “*Remanufacturing and energy savings*”, Environmental Science and Technology, Vol. 45, pp. 4540-4547.
30. Guide, V.D.R. Jr and Van Wassenhove, L.N. (2009), “*OR FORUM—the evolution of closed-loop supply chain research*”, Operations Research, Vol. 57 No. 1, pp. 10-18.

31. Sasikumar, P. and Kannan, G. (2008b), "*Issues in reverse supply chains, part II: reverse distribution issues—An overview*", International Journal of Sustainable Engineering, Vol. 1 No. 4, pp. 234-249.
32. Ming, X.G., Yan, J.Q., Lu, W.F. and Ma, D.Z. (2005), "*Technology solutions for collaborative product lifecycle management—status review and future trend*", Concurrent Engineering, Vol. 13 No. 4, pp. 311-319.
33. Mathiyazhagan K., Rajak S., Panigrahi S., Agarwal V. and Manani D. (2020), "*Reverse supply chain management in manufacturing industry: a systematic review*", IJPPM, Vol. 70 No. 4, 2021, pp. 859-892.
34. Beh, L.S., Ghobadian, A., He, Q., Gallear, D. and O'Regan, N. (2016), "*Second-life retailing: a reverse supply chain perspective*", Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 21 No. 2, pp. 259-272.
35. Tyagi, R.K., Dhanda, K.K. and Young, S. (2012), "*An operational framework for reverse supply chains*", International Journal of Management and Information Systems (Online), Vol. 16 No. 2, p. 137.
36. Rogers, D.S. and Tibben-Lembke, R.S. (1999), *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices, Vol. 2*, Reverse Logistics Executive Council, Pittsburgh, PA.
37. Govindan, K., Soleimani, H. and Kannan, D. (2015), "*Reverse logistics and closed-loop supply chain: a comprehensive review to explore the future*", European Journal of Operational Research, Vol. 240 No. 3, pp. 603-626.
38. Jonrinaldi and Zhang, D.Z. (2013), "*An integrated production and inventory model for a whole manufacturing supply chain involving reverse logistics with finite horizon period*", Omega, Vol. 41 No. 3, pp. 598-620.
39. Cardoso, S.R., Barbosa-Povoa, A.P.F. and Relvas, S. (2013), "*Design and planning of supply chains with integration of reverse logistics activities under demand uncertainty*", European Journal of Operational Research, Vol. 226 No. 3, pp. 436-451.
40. Nativi, J.J. and Lee, S. (2012), "*Impact of RFID information-sharing strategies on a decentralized supply chain with reverse logistics operations*", International Journal of Production Economics, Vol. 136 No. 2, pp. 366-377.
41. <https://www.statista.com/statistics/871365/reverse-logistics-cost-united-states/>
42. Lai, K. H., Wu, S. J., & Wong, C. W. (2013). *Did reverse logistics practices hit the triple bottom line of chinese manufacturers?* International Journal of Production Economics. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.03.005>
43. Ijomah, W.L. (2009), "*Addressing decision making for remanufacturing operations and design-forremanufacture*", International Journal of Sustainable Engineering, Vol. 2 No. 2, pp. 91-102.

44. Thierry, M., Salomon, M., Van Nunen, J. and Van Wassenhove, L. (1995), "*Strategic issues in product recovery management*", California Management Review, Vol. 37 No. 2, pp. 114-136.
45. Chari, N., C. Diallo, and U. Venkatadri. (2014). "*State of the Art on Performability Across the Sustainable Value Chain.*" International Journal of Performability Engineering 10 (6): 543– 556.
46. Walsh, B., R. Waugh, and H. Symington. (2015). *Remanufacturing Study – Circular Economy Evidence Building Programme – Summary Report – 2015*. Technical Report, Zero Waste Land.
47. Parkinson, H., and G. Thompson. (2003). "*Analysis and Taxonomy of Remanufacturing Industry Practice.*" Proceedings of the Institute of Mechanical Engineering, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering 217 (3): 243–256.
48. Diallo, C., Venkatadri, U., Khatab, A. and Bhakthavatchalam, S. (2017), "*State of the art review of quality, reliability and maintenance issues in closed-loop supply chains with remanufacturing*", International Journal of Production Research, Vol. 55 No. 5, pp. 1277-1296.
49. King, A.M., Burgess, S.C., Ijomah, W., McMahon, C.A., (2006), *Reducing waste: repair, recondition, remanufacture or recycle?* Sustain. Dev. 4, 257-267.
50. Global Industry Analysts (2010), *Automotive Remanufacturing: A Global Strategic Business Report*, Tech. rep., Global Industry Analysts, Inc.
51. Wang, Y. and Hazen, B.T. (2016), "*Consumer product knowledge and intention to purchase remanufactured products*", International Journal of Production Economics, Vol. 181, pp. 460-469.
52. Mangla, S., Madaan, J. and Chan, F.T. (2013), "*Analysis of flexible decision strategies for sustainability-focused green product recovery system*", International Journal of Production Research, Vol. 51 No. 11, pp. 3428-3442.
53. Naini, S. G. J., and M. Shafiee. (2011). "*Joint Determination of Price and Upgrade Level for a Warranted Second-hand Product.*" The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 54 (9–12): 1187–1198.
54. Matsumoto, M., N. Nakamura, and T. Takenaka. (2010). "*Business Constraints in Reuse Services.*" IEEE Technology and Society Magazine 29 (3): 55–63.
55. Shafiee, M., and S. Chukova. (2013a). "*Maintenance Models in Warranty: A Literature Review.*" European Journal of Operations Research 229 (3): 561–572.
56. Baker, R. (2006). "*Process Safety Concerns Can Arise When Using Refurbished or Newsurplus Equipment.*" Hydrocarbon Processes 85 (11): 73–80.
57. Ostlin, J., Sundin, E. and Bjorkman, M. (2008), "*Importance of closed-loop supply chain relationships for product remanufacturing*", International Journal of Production Economics, Vol. 115 No. 2, pp. 336-348.



58. Kumar, R. and Singh, R.K. (2017), "*Coordination and responsiveness issues in SMEs supply chains: a review*", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 24 No. 3, pp. 635-650.
59. Ravi, V. and Shankar, R. (2005), "*Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics*", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 72 No. 8, pp. 1011-1029.
60. Morgan, T.R., Tokman, M., Richey, R.G. and Defee, C. (2018), "*Resource commitment and sustainability: a reverse logistics performance process model*", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 48 No. 2, pp. 164-182.
61. Lambert, S., Riopel, D. and Abdul-Kader, W. (2011), "*A reverse logistics decisions conceptual framework*", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 61 No. 3, pp. 561-581.
62. Ferrer, G. and Ketzenberg, M.E. (2004), "*Value of information in remanufacturing complex products*", *IIE Transactions*, Vol. 36 No. 3, pp. 265-277.
63. Senthil, S., Murugananthan, K. and Ramesh, A. (2018), "*Analysis and prioritization of risks in a reverse logistics network using hybrid multi criteria decision making methods*", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 179, pp. 716-730.
64. Hazen, B.T. (2011), "*Strategic reverse logistics disposition decisions: from theory to practice*", *International Journal of Logistics Systems and Management*, Vol. 10 No. 3, pp. 275-292.
65. Agrawal, S. and Singh, R.K. (2019), "*Analyzing disposition decisions for sustainable reverse logistics: Triple Bottom Line approach*", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 150, p. 104448.
66. Kushwaha, S., Ghosh, A. and Rao, A.K. (2020), "*Collection activity channels selection in a reverse supply chain under a carbon cap-and-trade regulation*", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 260, p. 121034.
67. Pedram, A., Yusoff, N.B., Udoncy, O.E., Mahat, A.B., Pedram, P. and Babalola, A. (2017), "*Integrated forward and reverse supply chain: a tire case study*", *Waste Management*, Vol. 60, pp. 460-470.
68. Han, H. and Trimi, S. (2018), "*A fuzzy TOPSIS method for performance evaluation of reverse logistics in social commerce platforms*", *Expert Systems with Applications*, Vol. 103, pp. 133-145.
69. Chileshe, N., Jayasinghe, R.S. and Rameezdeen, R. (2019), "*Information flow-centric approach for reverse logistics supply chains*", *Automation in Construction*, Vol. 106, p. 102858.
70. Batarfi, R., Jaber, M.Y. and Aljazzar, S.M. (2017), "*A profit maximization for a reverse logistics dualchannel supply chain with a return policy*", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 106, pp. 58-82.

71. Gunasekaran, A. and Spalanzani, A. (2012), "*Sustainability of manufacturing and services: investigations for research and applications*", International Journal of Production Economics, Vol. 144 No. 1, pp. 35-47.
72. Kakabadse, A. and Kakabadse, N. (2005), "*Outsourcing: current and future trends*", Thunderbird International Business Review, Vol. 47 No. 2, pp. 183-20.
73. Chakraborty, K., Mondal, S. and Mukherjee, K. (2018), "*Developing a causal model to evaluate the critical issues in reverse supply chain implementation*", Benchmarking: An International Journal, Vol. 25 No. 7, pp. 1992-2017.
74. Quinn, J.B. and Hilmer, F.G. (1994), "*Strategic outsourcing*", MIT Sloan Management Review, Vol. 35 No. 4, p. 43.
75. Kotabe, M. and Zhao, H. (2002), "*A taxonomy of sourcing strategic types for MNCs operating in China*", Asia Pacific Journal of Management, Vol. 19 No. 1, pp. 11-27.
76. Lacity, M. and Hirschheim, R. (1993), *Information Systems Outsourcing: Myths, Metaphors, and Realities*, John Wiley & Sons, New York.
77. Hamel, G. and Prahalad, C.K. (1990), "*The core competence of the corporation*", Harvard Business Review, Vol. 68 No. 1, pp. 79-91.
78. Boyson, S., Corsi, T., Dresner, M. and Rabinovich, E. (1999), "*Managing effective third party logistics relationships: what does it take?*", Journal of Business Logistics, Vol. 20 No. 1, p. 73.
79. Insigna, R.C. and Werle, M.J. (2000), "*Linking outsourcing to business strategy*", The Academy of Management Executive, Vol. 14 No. 4, pp. 58-70.
80. Wu, F., Li, H.Z., Chu, L.K. and Sculli, D. (2005), "*An outsourcing decision model for sustaining longterm performance*", International Journal of Production Research, Vol. 43 No. 12, pp. 2513-2535.
81. Kumari, S., Singh, A., Mishra, N. and Garza-Reyes, J.A. (2015), "*A multi-agent architecture for outsourcing SMEs manufacturing supply chain*", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 35 No. 1, pp. 36-44.
82. Li, Y.L., Ying, C.S., Chin, K.S., Yang, H.T. and Xu, J. (2018a), "*Third-party reverse logistics provider selection approach based on hybrid-information MCDM and cumulative prospect theory*", Journal of Cleaner Production, Vol. 195, pp. 573-584.
83. Bai, C. and Sarkis, J. (2019), "*Integrating and extending data and decision tools for Sustainable third party reverse logistics provider selection*", Computers and Operations Research, Vol. 110, pp. 188-207.
84. Ko, H.J. and Evans, G.W. (2007), "*A genetic algorithm-based heuristic for the dynamic integrated forward/ reverse logistics network for 3PLs*", Computers and Operations Research, Vol. 34 No. 2, pp. 346-366.
85. Krumwiede, D.W. and Sheu, C. (2002), "*A model for reverse logistics entry by third-party providers*", Omega, Vol. 30 No. 5, pp. 325-333.

86. Huscroft, J.R., Hazen, B.T., Hall, D.J., Skipper, J.B. and Hanna, J.B. (2013), “*Reverse logistics: past research, current management issues, and future directions*”, International Journal of Logistics Management, Vol. 24 No. 3, pp. 304-327.
87. Mello, J.E., Stank, T.P. and Esper, T.L. (2008), “*A model of logistics outsourcing strategy*”, Transportation Journal, Vol. 47 No. 4, p. 5.
88. Hubbard, G. (2009), “*Measuring organizational performance: beyond the triple bottom line*”, Business Strategy and the Environment, Vol. 18 No. 3, pp. 177-191.
89. S. Agrawal και R. Singh (2020), “*Outsourcing and reverse supply chain performance: a triple bottom line approach*”, Benchmarking: An International Journal, Vol. 28 No. 4, 2021, pp. 1146-1163. DOI 10.1108/BIJ-09-2020-0498.
90. Achillas, C., Vlachokostas, C., Aidonis, D., Moussiopoulos, N., Iakovou, E., Banias. G. (2011), “*Optimising reverse logistics network to support policy-making in the case of Electrical Equipment.*”, Waste Management, 30, 2592-2600.
91. ΠΑΝΟΥΣΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΓΩΝΑ (2014), “*Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα και Ευέλικτα Πληροφοριακά Συστήματα: Μοντελοποίηση Διαδικασιών και Εφαρμογή στον κλάδο της κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα*” Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, Σεπτέμβριος 2014.
92. Y.Lahrou. D. Brissaud, P. Zwolinski, (2019), “*The strategy for implementing remanufacturing process in a commercial enterprise, the case study of a French company*”,Procedia CIRP 80 554–559.
93. K. Wegener, S. Andrew, A. Raatz, K. Dröder, C. Herrmann, (2014), ‘*Disassembly of Electric Vehicle Batteries Using the Example of the Audi Q5 Hybrid System*’, Procedia CIRP 23 155 – 160.
94. Arno Kwade & Jan Diekmann (Eds), (2018), ‘*Recycling of Lithium-Ion Batteries: The LithoRec Way*’, Springer, Cham . <https://doi.org/10.1007/978-3-319-70572-9>.
95. IHS Automotive (2016), *Hydrogen fuel cell electric vehicles and refuelling infrastructure market*, London: IHS Automotive, 2016.
96. Ziout A, Azab A and Atwan M., (2014), *A holistic approach for decision on selection of end-of-life products recovery options*. J Clean Prod ; 65: 497–516.
97. M. Alkahtani and A. Ziout, (2019), *Design of a sustainable reverse supply chain in a remanufacturing environment: A case study of proton-exchange membrane fuel cell battery in Riyadh*, Advances in Mechanical Engineering, , Vol. 11(4) 1–14. DOI: 10.1177/1687814019842997 .
98. James BD and Spisak AB, (2012), *Mass production cost estimation of direct H2 PEM fuel cell systems for transportation applications: 2012 update*. Report by Strategic Analysis, Inc., under Award Number DEEE0005236 for the US Department of Energy, 18 October 2012. Arlington, VA: Strategic Analysis, Inc.

99. Mavrotas G., (2009), *Effective implementation of the e-constraint method in multi-objective mathematical programming problems*. Appl Math Comput 2009; 213: 455–465.
100. M. Victoria de la Fuente, Lorenzo Ros, Manuel Cardós, Integrating Forward and Reverse Supply Chains: Application to a metal-mechanic company, Int. J. Production Economics 111 (2008) 782–792. doi:10.1016/j.ijpe.2007.03.019

### **Επιπλέον Βιβλιογραφία**

- Dr. Dale S. Rogers & Dr. Ronald S. Tibben-Lembke, (1998), *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*.
- Jayant, A., Gupta, P. and Garg, S.K. (2012), “*Perspectives in reverse supply chain management (R-SCM): a state of the art literature review*”, JJMIE, Vol. 6 No. 1, pp. 87-102.
- Goodall, P., Rosamond, E. and Harding, J. (2014), “*A review of the state of the art in tools and techniques used to evaluate remanufacturing feasibility*”, Journal of Cleaner Production, Vol. 81, pp. 1-15.
- S.Bhakthavatchalam C.Diallo U.Venkatadri A.Khatib (2015), “*Quality Reliability Maintenance Issues in Closed-Loop Supply Chains A Review*”, IFAC-PapersOnLine 48-3 (2015), pp. 460–465, 10.1016/j.ifacol.2015.06.124
- Benita M. Beamon (2008), “*Sustainability and the Future of Supply Chain Management*”, OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT, Vol. 1, No. 1, May 2008, pp. 4-18.
- Chopra S., Meindl P. (2007), *Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation*. In: Boersch C., Elschen R. (eds) Das Summa Summarum des Management. Gabler. [https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9320-5\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9320-5_22) .
- Govindan, K., Palaniappan, M., Zhu, Q. and Kannan, D. (2012), “*Analysis of third-party reverse logistics provider using interpretive structural modeling*”, International Journal of Production Economics, Vol. 140 No. 1, pp. 204-211.
- Li, Y., Kannan, D., Garg, K., Gupta, S., Gandhi, K. and Jha, P.C. (2018b), “*Business orientation policy and process analysis evaluation for establishing third party providers of reverse logistics services*”, Journal of Cleaner Production, Vol. 182, pp. 1033-1047.
- UKEssays. (November 2018). *History Of Reverse Logistics Business Essay*. <https://www.ukessays.com/essays/business/history-of-reverse-logistics-business-essay.php?vref=1> .
- <https://www.globaltranz.com/history-of-reverse-logistics/>
- <https://locus.sh/documents/the-history-evolution-and-future-of-reverse-logistics.pdf>
- <https://www.c3controls.com/white-paper/what-is-reverse-logistics/>

- <https://www.cosmatosgroup.com/blog/el/ti-einai-antistrofi-efodiastiki-alytida/>
- <https://www.orissapost.com/case-for-circular-economy/>