



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ LOGISTICS ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ  
ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ»**



ΒΑΛΟΤΑΣΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Ι. ΚΟΛΕΤΣΟΣ, Επ. Καθηγητής ΕΜΠ

**ΑΘΗΝΑ  
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2012**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ LOGISTICS.....5

1.1.Ορισμός των logistics.....5

1.2.Προέλευση των logistics.....5

1.3.Κλάδοι των logistics.....6

1.3.1 Logistics.....6

1.3.2 Logistics παραγωγής.....7

1.3.3 Logistics μεταφοράς.....8

1.3.4 Logistics συσκευασίας.....9

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

#### ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ

#### ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ.....10

2.1.Το Σύστημα Συσκευασίας.....10

2.2.Στόχοι του τομέα συσκευασίας.....16

2.3.Η σημασία της συσκευασίας στη μεταφορά και στην ποιότητα των προϊόντων.....17

2.4.Τα πλεονεκτήματα της τυποποιημένης συσκευασίας για το προϊόν.....23

2.5.Η συσκευασία των επικίνδυνων υλικών.....24

2.6.Αναγνώριση των στοιχείων κόστους της συσκευασίας .....24

2.7.Υπερσυσκευασία και υποσυσκευασία.....25

2.8.Έλεγχος συσκευασίας .....26

-

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

<b><u>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ LOGISTICS.....</u></b>	<b><u>28</u></b>
<u>3.1.Εισαγωγή στην έννοια των αλγορίθμων.....</u>	<u>28</u>
<u>3.2.Ο ρόλος των αλγορίθμων στα logistics.....</u>	<u>28</u>
<u>3.2.1 Εφαρμογή των logistics σε μονοδιάστατα προβλήματα</u> <u>        συσσκευασίας.....</u>	<u>28</u>
<u>3.2.2 Εφαρμογή των logistics σε προβλήματα συσκευασίας δύο</u> <u>        διαστάσεων.....</u>	<u>33</u>
<u>3.2.3 Εφαρμογή των logistics σε προβλήματα συσκευασίας</u> <u>        τριών διαστάσεων.....</u>	<u>40</u>
<u>3.2.3.1 Το βήμα της αρχικοποίησης.....</u>	<u>41</u>
<u>3.2.3.2 Το βήμα της συσκευασίας.....</u>	<u>46</u>
<b><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</u></b>	<b><u>50</u></b>

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο ένα ηλεκτρονικό πρόγραμμα μπορεί να καθορίσει τη μέθοδο με την οποία θα συσκευαστούν, θα μεταφερθούν και θ' αποθηκευτούν τα διάφορα προϊόντα μιας εταιρίας. Η διαδικασία αυτή περιγράφεται με τον όρο *Logistics*.

Αναλυτικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μια αναφορά στην προέλευση των *logostics*, σε ποιά στάδια μιας βιομηχανικής διεργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν, καθώς και ποιά είναι τα πλεονεκτήματα και οι δυσκολίες της εφαρμογής τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, εξειδικεύεται η χρήση των *logostics* στη διεργασία της συσκευασίας και δίνονται κάποια ενδεικτικά παραδείγματα της εφαρμογής τους στον τομέα αυτό.

Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται ο μαθηματικός χαρακτήρας των *logostics*, μέσω της παράθεσης των αλγορίθμων που περιγράφουν τη διαδικασία και εξηγώντας μέσα από παραδείγματα τη λογική στην οποία βασίζεται η δημιουργία του αλγορίθμου που περιγράφει μια διαδικασία συσκευασίας.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ LOGISTICS

### 1.1. Ορισμός των logistics

Με τον όρο logistics εννοούμε τη διαχείριση της ροής αγαθών, πληροφοριών και άλλων πόρων μεταξύ του σημείου προέλευσης της πρώτης ύλης και του σημείου της κατανάλωσης του τελικού προϊόντος, προκειμένου ν' ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των καταναλωτών (συχνά και αρχικά, στρατιωτικών οργανισμών). Τα logistics περιλαμβάνουν την ολοκλήρωση των πληροφοριών, τη μεταφορά, την απογραφή, την αποθήκευση, τη διακίνηση φορτίων, καθώς και τη συσκευασία. Είναι δηλαδή σαν ένας προγραμματισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας, ο οποίος διαχειρίζεται την αξία του χρόνου και τη χρησιμότητα του τόπου. Σήμερα, η πολυπλοκότητα της εφοδιαστικής παραγωγής μπορεί να διαμορφωθεί, να αναλυθεί, να βελτιωθεί και ν' αποκτήσει όραμα, από το λογισμικό προσομοίωσης των φυτών.

### 1.2. Προέλευση των logistics

Ο όρος "logistics" προέρχεται από την ελληνική λέξη «λόγος» που σημαίνει ομιλία, αιτία, λογική, λόγος, γλώσσα. Πιο συγκεκριμένα, η λέξη αυτή προέρχεται από την ελληνική λέξη «λογιστική», που σημαίνει τη λογιστική και οικονομική οργάνωση. Τα logistics θεωρείται ότι προέρχονταν από την ανάγκη του στρατού να προμηθευτούν όπλα, πυρομαχικά και τρόφιμα, μιας και μετακινούνται από τη βάση τους σε άλλες θέσεις. Στις αρχαίες ελληνικές, ρωμαϊκές και βυζαντινές αυτοκρατορίες, υπήρχαν στρατιωτικοί αξιωματούχοι με τον τίτλο *Logistikas*, που ήταν υπεύθυνοι για οικονομικά και θέματα διανομής εφοδίων.

Το αγγλικό λεξικό της Οξφόρδης ορίζει τα logistics ως: «Ο κλάδος της στρατιωτικής επιστήμης, που ασχολείται με την προμήθεια, τη συντήρηση και τη μεταφορά υλικού, το προσωπικό και τις εγκαταστάσεις." Ένας άλλος ορισμός τους είναι: «Ο χρόνος που σχετίζεται με την τοποθέτηση των πόρων." Ως εκ τούτου, η εφοδιαστική συνήθως θεωρείται ως ένας κλάδος της μηχανικής που δημιουργεί "συστήματα άτομα "και όχι "συστήματα μηχανές".

### **1.3. Κλάδοι των logistics**

Όπως ήδη έχει γίνει αντιληπτό τα logistics, παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη πολλών εφαρμογών σε διάφορους κλάδους της βιομηχανικής παραγωγής. Οι βασικότεροι από αυτούς θ' αναλυθούν παρακάτω, ενώ θα εστιάσουμε κυρίως στα logistics συσκευασίας.

#### **1.3.1. Logistics**

Τα logistics ως μια επιχειρηματική ιδέα εξελίχθηκαν στη δεκαετία του 1950. Αυτό οφειλόταν κυρίως στην αυξανόμενη πολυπλοκότητα του εφοδιασμού των επιχειρήσεων με υλικά και στη ναυτιλιακή εξαγωγή προϊόντων σε μια ολοένα και πιο παγκοσμιοποιημένη αλυσίδα εφοδιασμού, παράγοντες που οδήγησαν στη σύσταση ενός κλάδου εμπειρογνομώνων στον τομέα που καλείται εφοδιαστική αλυσίδα (Supply Chain). Τα επιχειρηματικά logistics μπορούν να οριστούν ως το «έχον το σωστό αντικείμενο, στη σωστή ποσότητα, τη σωστή στιγμή, στο σωστό μέρος, για τη σωστή τιμή, στη σωστή κατάσταση για το σωστό πελάτη» και είναι η επιστήμη της διεργασίας, η οποία ενσωματώνει όλους τους τομείς της βιομηχανίας. Ο στόχος της επιστήμης των logistics είναι να διαχειρίζεται την απόδοση του κύκλου ζωής μιας διεργασίας, τις αλυσίδες εφοδιασμού και την επακόλουθη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς τους.

Στην επιχείρηση, τα logistics μπορεί να έχουν είτε εσωτερική εστίαση (εισερχόμενα logistics), είτε εξωτερική (εξερχόμενα logistics) που καλύπτουν τη

ροή και την αποθήκευση των υλικών από το σημείο προέλευσης ως το σημείο κατανάλωσης. Τα κύρια καθήκοντα ενός ειδικευμένου στα logistics ατόμου περιλαμβάνουν τη διαχείριση των αποθεμάτων, την αγορά των υλικών, τη μεταφορά, την αποθήκευση, και φυσικά την οργάνωση και το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων αυτών. Οι τεχνικοί των logistics, συνδυάζουν την επαγγελματική γνώση καθεμιάς από αυτές τις λειτουργίες έτσι ώστε να υπάρχει συντονισμός των πόρων σε έναν οργανισμό. Ως εκ' τούτου, τα logistics έχουν διπλή σημασία στη βιομηχανική παραγωγή, καθώς εμφανίζουν δύο ριζικά διαφορετικές μορφές: η μια βελτιστοποιεί μια σταθερή ροή του υλικού μέσα από ένα διαδυσκτακό σύστημα μεταφορών και κόμβων αποθήκευσης. Η άλλη, συνδέει μια ακολουθία πόρων για την εκτέλεση κάποιου αναπτυξιακού σχεδίου.

### **1.3.2. Logistics παραγωγής**

Ο όρος logistics παραγωγής χρησιμοποιείται για την περιγραφή των διεργασιών που συμβαίνουν κατά την παραγωγική διαδικασία σε μια βιομηχανία. Ο σκοπός τους είναι να εξασφαλιστεί ότι κάθε μηχανή, σε κάθε διεργασία, τροφοδοτείται με το σωστό προϊόν στη σωστή ποσότητα και ποιότητα, στη σωστή χρονική στιγμή. Το μείζων μέλημα των logistics είναι ο εξορθολογισμός και ο έλεγχος της ροής μέσω διαδικασιών προστιθέμενης αξίας και η εξάλειψη των διαδικασιών μη προστιθέμενης αξίας. Τα logistics παραγωγής, μπορούν να εφαρμοστούν σε ήδη υπάρχουσες καθώς και νέες μονάδες παραγωγής. Η βιομηχανοποίηση σε μια υπάρχουσα μονάδα είναι μια διαρκώς μεταβαλλόμενη διαδικασία. Μηχανήματα ανταλλάσσονται και προστίθενται νέα, τα οποία δίνουν την ευκαιρία να βελτιωθεί το σύστημα των logistics παραγωγής αναλόγως. Επιπλέον, είναι σημαντικό ότι τα logistics παραγωγής, παρέχουν τα μέσα για να επιτευχθεί η ανταπόκριση των πελατών η αποδοτικότητα του κεφαλαίου.

Τέλος, τα logistics παραγωγής, γίνονται όλο και πιο σημαντικά με τη μείωση του μεγέθους των παρτίδων των προϊόντων. Σε πολλές βιομηχανίες (π.χ. κινητών

τηλεφώνων), το μέγεθος της παρτίδας ενός προϊόντος είναι ο βραχυπρόθεσμος στόχος, ώστε η απαίτηση έστω και ενός πελάτη να μπορεί να εκπληρωθεί κατά τρόπο αποτελεσματικό. Η πορεία παραγωγής και η κατάστρωσή της αποτελεί ουσιαστικό μέρος των logistics παραγωγής και αποκτά μεγαλύτερη σημασία λόγω ζητημάτων ασφάλειας και αξιοπιστίας των προϊόντων, ιδιαίτερα στους τομείς της αυτοκινητοβιομηχανίας και της ιατρικής βιομηχανίας [1].

### **1.3.3. Logistics μεταφοράς**

Τα logistics μεταφοράς και η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, αποτελούν σημαντικούς και δυνητικά πολύ καρποφόρους τομείς, για την εφαρμογή κάποιων τεχνικών, που σχετίζονται με ηλεκτρονικές αγορές, βασιζόμενες σε πράκτορες, όπως είναι οι δημοπρασίες. Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα και η αλλαγή του τρόπου λειτουργίας των σύγχρονων εφοδιαστικών αλυσίδων, καθώς και η αύξηση των ανταγωνιστικών πιέσεων στην αγορά, οδήγησε στην ανάγκη βελτιστοποίησης των τεχνικών αυτών. Το πρακτικό αποτέλεσμα της βελτίωσης αυτής, μπορεί να είναι σημαντικό. Για παράδειγμα, στην Ολλανδία, η μέση απόδοση των μεταφορών είναι μεταξύ 40% και 60%.

Πολλές νέες τάσεις έχουν επιδράσει σημαντικά στον τομέα των logistics μεταφοράς. Μια από αυτές είναι η αύξηση του ανταγωνισμού, με τη συνεχή είσοδο νέων μεταφορέων στην αγορά, που υποβιβάζουν τα αναμενόμενα περιθώρια κέρδους. Μια άλλη είναι η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των σύγχρονων εφοδιαστικών αλυσίδων. Στην πραγματικότητα, λόγω της αύξησης και της μετατροπής των εμπορικών πρακτικών, όχι μόνο οι εφοδιαστικές αλυσίδες έχουν γίνει πιο δυναμικές, αλλά και η δομή τους έχει γίνει πιο πολύπλοκη.

Για παράδειγμα, στις μέρες μας δεν είναι αυτονόητο ότι η εταιρεία που πραγματοποιεί μια σειρά μεταφορών, κατέχει και τα δικά της τεχνικά μέσα (π.χ. φορτηγά). Συχνά, πολυεθνικές εταιρείες που παράγουν μεγάλες ποσότητες φορτίου, προτιμούν να αναθέτουν τη μεταφορά των προϊόντων τους σε άλλες



εταιρείες, που αναλαμβάνουν να βρουν βολικές επιλογές παράδοσης, μέσα σε ένα σύνολο προ-διαπραγματευμένων όρων. Αυτές οι ενδιάμεσες εφοδιαστικές εταιρίες, διαπραγματεύονται στη συνέχεια τη διανομή αυτών των παραγγελιών, με άλλες μικρότερες εταιρείες, που έχουν τον πραγματικό τεχνικό εξοπλισμό (φορητά και πρόσληψη των οδηγών). Αυτή η διαδικασία μπορεί να αποτελεί πραγματικά μια φθηνότερη επιλογή σε πολλές περιπτώσεις, καθώς οι μικρότερες εφοδιαστικές εταιρίες, συχνά δεν έχουν την πολύπλοκη και δαπανηρή λειτουργία των μεγαλύτερων εταιρειών [2].

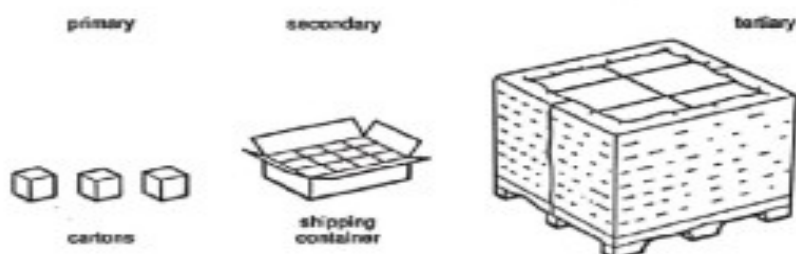
#### **1.3.4. Logistics συσκευασίας**

Ο τομέας της συσκευασίας, στον οποίο θ' αναφερθούμε εκτενώς στα επόμενα κεφάλαια, αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα της βιομηχανίας, καθώς σχετίζεται με τη διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων ενώ παράλληλα επιδρά καθοριστικά στον καθορισμό του κόστους τους. Για το λόγο αυτό, οι εταιρίες προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν τον κλάδο των logistics συσκευασίας, ώστε να ενισχύσουν τόσο την αξιοπιστία, όσο και τα κέρδη της επιχείρησης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

### 2.1. Το Σύστημα Συσκευασίας

Η συσκευασία μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε τρία επίπεδα ξεκινώντας από το πρωτογενές (primary), στο οποίο το προϊόν έρχεται σε απευθείας επαφή με το υλικό της συσκευασίας. Συναντάται επίσης με τους όρους «consumer» ή «sales packaging». Το δευτερογενές (secondary) επίπεδο συγκεντρώνει συγκεκριμένο αριθμό πρωτογενών συσκευασιών (π.χ. κιβώτιο). Συναντάται επίσης με τους όρους «group», «distribution», «transport» και «industrial packaging». Τέλος, το τριτογενές (tertiary) επίπεδο ορίζεται από τη συγκέντρωση πολλών πρωτογενών ή/και δευτερογενών συσκευασιών σε μια μονάδα διακίνησης/αποθήκευσης προϊόντων, όπως είναι π.χ. η παλέτα. Στην ουσία αυτά τα τρία επίπεδα ορίζουν ένα ιεραρχικό σύστημα συσκευασίας του οποίου η συνολική απόδοση εξαρτάται από την απόδοση κάθε επιπέδου ξεχωριστά αλλά και από τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις (π.χ. «σπάσιμο» κιβωτίου σε πρωτογενείς συσκευασίες στο επίπεδο της λιανικής πώλησης). Τα επίπεδα αυτά φιάνονται στο Σχήμα 1 [3].



Σχήμα 1: Επίπεδα Συσκευασίας

Σχήμα 1: Τα επίπεδα του συστήματος συσκευασίας

Σύμφωνα με τον Shagir [4], η συσκευασία αποτελεί ένα σύστημα προετοιμασίας των προϊόντων, για την ασφαλή, αποδοτική και αποτελεσματική διαχείριση, μεταφορά, διανομή, αποθήκευση, διάθεση, κατανάλωση, ανακύκλωση ή απόρριψή τους, σε συνδυασμό με τη μεγιστοποίηση της αξίας για τον τελικό καταναλωτή, την αύξηση των πωλήσεων και κατά συνέπεια του παραγόμενου για την επιχείρηση κέρδους. Από τον παραπάνω ορισμό είναι προφανές πως η διαδικασία της συσκευασίας καλείται να καλύψει μια σειρά από ανάγκες διαχείρισης, διανομής και αποθήκευσης του προϊόντος, να παρέχει μια σειρά από πληροφορίες για την υποστήριξη των παραπάνω διαδικασιών και τέλος, να ικανοποιήσει νομικές απαιτήσεις και απαιτήσεις του μάρκετινγκ που επηρεάζουν δομικά της στοιχεία, όπως ο γραφικός σχεδιασμός, το σχήμα και ο τύπος της συσκευασίας.

Κατά τον Rod [5], η συσκευασία αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι του μάρκετινγκ μιας επιχείρησης, αφού σύμφωνα με μελέτη, οι επιχειρήσεις ξοδεύουν σχεδόν τα διπλάσια χρήματα για τις ανάγκες της συσκευασίας από ό,τι ξοδεύουν σε προωθητικές ενέργειες γύρω από τη γραμμή παραγωγής (above-the-line) και σε διαφήμιση. Θα μπορούσε λοιπόν κανείς να πει πως η συσκευασία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αποδοτικότητα του εφοδιαστικού κυκλώματος δεδομένου ότι αποτελεί στην ουσία τη διαμεσολάβηση ανάμεσα στο εφοδιαστικό δίκτυο και τον τελικό καταναλωτή. Σ' αυτή την κατεύθυνση, η συσκευασία υποστηρίζει τη βασική λειτουργία οποιουδήποτε εφοδιαστικού δικτύου, που είναι η εξυπηρέτηση των αναγκών του πελάτη, η ικανοποίηση των προσδοκιών του από το προϊόν και η ενίσχυση της κατανάλωσής του.

Επίσης, η συσκευασία αποδεδειγμένα παίζει σημαντικό ρόλο στην αποδοτικότητα των logistics και σε κρίσιμες διαδικασίες, όπως η παραγωγή, η διανομή και η αποθήκευση. Στο πλαίσιο αυτό, η καλή απόδοση του συστήματος συσκευασίας επηρεάζει άμεσα σημαντικούς δείκτες εφοδιαστικής, όπως π.χ. ο χρόνος παράδοσης, η στάθμη του αποθέματος, ο αριθμός των παραγγελιών που εκτελούνται εγκαίρως, ο αριθμός των παραγγελιών που δε φέρουν ανεπιθύμητα σχόλια από τη μεριά των πελατών κ.ο.κ.

Σύμφωνα με τους Lambert, Stock και Ellram [6], υπάρχει μια σειρά από αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στη διαχείριση της συσκευασίας και τα logistics, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1 που ακολουθεί.

**Πίνακας 1: Επίδραση των χαρακτηριστικών συσκευασίας στις διαδικασίες logistics.**

<b>Δραστηριότητα Logistics</b>	<b>Επίδραση της Συσκευασίας</b>
<b>Μεταφορά</b> Συσκευασία που παρέχει πολύ καλή πληροφόρηση σχετικά με το προϊόν.	+ Μείωση των καθυστερήσεων στις αποστολές. - Αυξημένες δυνατότητες ιχνηλασιμότητας.
Συσκευασία που παρέχει στο προϊόν πολύ καλή προστασία.	+ Μείωση των απωλειών λόγω φθοράς και κλοπών. - Αυξηση του βάρους και του μεταφορικού κόστους.
Συσκευασία υψηλής τυποποίησης.	+ Μείωση του κόστους διαχείρισης. + Μείωση του χρόνου αναμονής των μέσων μεταφοράς για φόρτωση/εκφόρτωση. + Αυξημένες επιλογές τρόπου μεταφοράς. + Μείωση της ανάγκης για εξειδικευμένο εξοπλισμό.
<b>Διαχείριση αποθέματος</b>	
Συσκευασία που παρέχει στο προϊόν πολύ καλή προστασία.	+ Μείωση των κλοπών και των ζημιών. + Αυξηση της διαθεσιμότητας του προϊόντος (πωλήσεις). - Αυξηση του κόστους του προϊόντος. - Αυξηση του κόστους τήρησης αποθέματος.
<b>Αποθήκευση</b>	
Συσκευασία που παρέχει πολύ καλή πληροφόρηση σχετικά με το προϊόν.	+ Μείωση του χρόνου πλήρωσης των συσκευασιών. + Μείωση του κόστους εργασίας.
Συσκευασία που παρέχει στο προϊόν πολύ καλή προστασία.	+ Αυξηση της χρησιμοποίησης του αποθηκευτικού χώρου αφού παρέχει καλύτερες δυνατότητες στίβαξης. - Μείωση της χρησιμοποίησης του αποθηκευτικού χώρου, από την αύξηση των διαστάσεων του προϊόντος.
Συσκευασία υψηλής τυποποίησης.	+ Μείωση του κόστους εξοπλισμού διαχείρισης των υλικών.
<b>Επικοινωνία</b>	
Συσκευασία που παρέχει πολύ καλή πληροφόρηση σχετικά με το προϊόν.	+ Μείωση του κόστους από τη μείωση της ανάγκης για άλλες μορφές επικοινωνίας όπως π.χ. το τηλέφωνο για την ιχνηλασία μιας χαμένης αποστολής.

Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα θέματα συσκευασίας επιδρούν στη διαχείριση των logistics είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο, που τα στελέχη της εφοδιαστικής μιας σύγχρονης επιχείρησης καλούνται να κερδίσουν σε καθημερινή βάση. Στις μέρες μας δεν είναι λίγες οι επιχειρήσεις, ιδίως μικρομεσαίες, που αντιμετωπίζουν τη συσκευασία σαν ένα κοστολογικό βαρίδι που η επιχείρηση καλείται να ελαφρύνει μέσα από την εξεύρεση φτηνότερων πηγών προμήθειας υλικών συσκευασίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η συνεισφορά της συσκευασίας στη μείωση του κόστους και στη βελτίωση της αποδοτικότητας του εφοδιαστικού δικτύου στο σύνολό της, πολλές φορές να παραβλέπεται.

Σημαντικό ρόλο στη συχνή εμφάνιση του φαινομένου αυτού, παίζει η αδυναμία των επιχειρήσεων να εφαρμόσουν μια ολιστική προσέγγιση που να συνδέει και να μελετά τις αλληλεπιδράσεις των συστημάτων συσκευασίας και logistics. Ως αποτέλεσμα της μυωπικής αυτής αντίληψης, η μεγάλη εικόνα χάνεται μαζί και η δυνατότητα ωφελειών και αυτό γιατί η πλειοψηφία των κρυμμένων έμμεσων κοστών και των δυνατοτήτων προσθήκης αξίας, βρίσκεται στη διαπροσωπεία ανάμεσα στο σύστημα συσκευασίας και το σύστημα logistics. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η επικέντρωση της προσοχής των στελεχών εφοδιαστικής στην ολιστική αντιμετώπιση των δύο συστημάτων και στην αναζήτηση ωφελειών που προκύπτουν μέσα από την ορθολογικότερη λήψη των αποφάσεων που λαμβάνονται από κοινού και για τα δύο συστήματα.

Στον Πίνακα 2 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η συσχέτιση των διακριτών επιπέδων συσκευασίας με βασικές λειτουργίες του συστήματος εφοδιασμού μιας τυπικής επιχείρησης.

Πίνακας 2: Επίπεδα συσκευασίας και λειτουργίες logistics

Διαδικασίες Logistics	Πρωτογενής Συσκευασία	Δευτερογενής Συσκευασία	Τριτογενής Συσκευασία
Επίπεδο Παραγωγού			
Πλήρωση	x	x	x
Αποθήκευση			x
Μεταφορά			x
Επίπεδο Κέντρου Διανομής			
Παραλαβή			x
Αποθήκευση			x
Συλλογή		x	x
Αποστολή			x
Μεταφορά			x
Επίπεδο Σημείων Λιανικής			
Παραλαβή και Αποστολή		x	x
Αναπλήρωση		x	x
Επαναχρησιμοποίηση και Ανακύκλωση	x	x	x

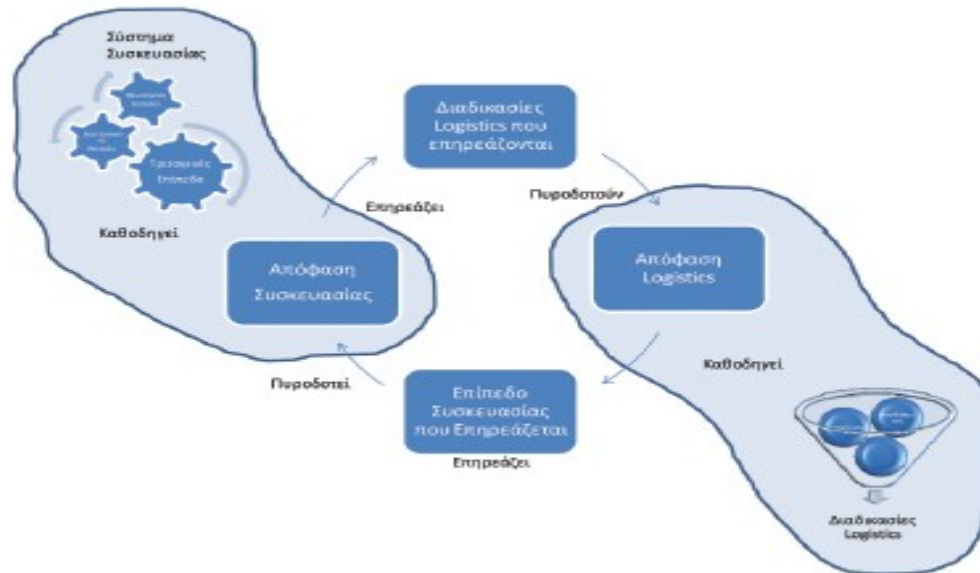
Από τον Πίνακα 2 προκύπτει η σημαντική αλληλεπίδραση των λειτουργιών logistics με όλα τα επίπεδα ενός τυπικού συστήματος συσκευασίας. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές περιλαμβάνουν ένα σημαντικό αριθμό αποφάσεων, οι οποίες πολλές φορές δημιουργούν μια σειρά από συγκρούσεις ανάμεσα στα δύο συστήματα. Για παράδειγμα, έστω μια απόφαση συσκευασίας η οποία απλοποιεί το άνοιγμα των δευτερογενών συσκευασιών, διευκολύνοντας τη διαδικασία αναπλήρωσης στο επίπεδο της λιανικής πώλησης, χωρίς να επηρεάζει τα άλλα επίπεδα του συστήματος συσκευασίας. Παρ' όλα αυτά, το δεύτερο επίπεδο συσκευασίας δεν αλληλεπιδρά μόνο με το επίπεδο των logistics στα σημεία λιανικής πώλησης, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2. Αλληλεπιδρά επίσης με τη

διαδικασία της πλήρωσης στο επίπεδο της παραγωγικής επιχείρησης, με τη διαδικασία της συλλογής στο επίπεδο του κέντρου διανομής, με τη διαδικασία παραλαβής και αποστολής στο επίπεδο των αποθηκευτικών χώρων των σημείων λιανικής και φυσικά στις διαδικασίες επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής του προϊόντος. Όπως είναι φανερό αυτές οι αλληλεπιδράσεις πρέπει να μελετηθούν, έτσι ώστε να αποτυπωθούν σε όλο τους το εύρος οι επιπτώσεις μιας αποκλειστικά βασισμένης στη συσκευασία (packaging-based) απόφασης, σε όλη την εφοδιαστική διαχείριση.

Παραδείγματος χάριν, μια δευτερογενής συσκευασία που ανοίγει πιο εύκολα στο σημείο λιανικής πώλησης θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά τη διαδικασία συλλογής στο επίπεδο κέντρου διανομής ή μπορεί να απαιτεί σημαντικές αλλαγές στον τρόπο πλήρωσης των τριτογενών συσκευασιών στο επίπεδο του παραγωγού. Ένα άλλο παράδειγμα που καταδεικνύει την ανάγκη για την από κοινού λήψη αποφάσεων έχει να κάνει με το σχεδιασμό της πρωτογενούς συσκευασίας. Η πρωτογενής συσκευασία πρέπει να ικανοποιήσει τόσο τις ανάγκες του μάρκετινγκ για ένα ελκυστικό προϊόν στις προθήκες των καταστημάτων, όσο και αυτές των κέντρων διανομής για ένα προϊόν που η αναπλήρωσή του θα διαχειρίζεται εύκολα. Οι σχεδιαστές και οι μηχανικοί της συσκευασίας πρέπει να βρουν τη χρυσή τομή ανάμεσα σε μια μοναδική και διαφοροποιημένη συσκευασία και μια πρότυπη και εφοδιαστικά αποδοτική συσκευασία.

Από τα παραδείγματα που αναφέρθηκαν είναι φανερό πως η εξάρτηση που υπάρχει ανάμεσα στα δύο συστήματα αποφάσεων είναι μεγάλη και η ανάγκη για μια κοινή θεώρηση με στόχο την ωφέλεια του συνόλου της εφοδιαστικής είναι επιβεβλημένη. Στο Σχήμα 2, που ακολουθεί, φαίνεται μια σχηματική απεικόνιση των αλληλεπιδράσεων των δύο συστημάτων σε υψηλό επίπεδο. Μόνο μέσα από την κατανόηση αυτών των αλληλεπιδράσεων είναι δυνατή η λήψη αποφάσεων που έχουν ως στόχο τη συνολική βελτίωση της απόδοσης του εφοδιαστικού κυκλώματος αλλά και των επιμέρους συστημάτων. Με αυτόν τον τρόπο η συσκευασία μπορεί να αναδειχθεί σε ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για την

επίτευξη ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος και μια απρόσμενη πηγή εσόδων για την επιχείρηση.



Σχήμα 2: Αλληλεπίδραση δύο συστημάτων

## 2.2. Στόχοι του τομέα συσκευασίας

Η συσκευασία (packaging), που αποτελεί μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες των σύγχρονων επιχειρήσεων, έχει τους εξής βασικότερους στόχους:

α) Την απευθείας συσκευασία του περιεχομένου (contain) με τέτοιο τρόπο που να διευκολύνει την κατανάλωση του προϊόντος κατά τη χρήση του, αλλά και να εξυπηρετεί τις ανάγκες των logistics για την ομαδοποίηση πρωτογενών συσκευασιών σε μονάδες διακίνησης υψηλότερου επιπέδου.  
β) Την προστασία του περιεχομένου (protect) από μια σειρά από αιτίες που μπορούν να αλλοιώσουν το προϊόν, όπως:

→ Οι συνθήκες του περιβάλλοντος κατά την αποθήκευση και διακίνηση, π.χ. υγρασία, σκόνη κ.ο.κ.

→ Διάφοροι μολυσματικοί παράγοντες, όπως π.χ. ζωντανοί οργανισμοί και μικροοργανισμοί.



→ Διαρροές και σπασίματα που έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια του προϊόντος και σε κάποιες περιπτώσεις επιβλαβείς για το περιβάλλον συνέπειες.

→ Κλοπές ή ακόμα και παραποίηση του περιεχομένου, με στόχο το κέρδος ή τη δολιοφθορά.

γ) Τη συντήρηση του περιεχομένου (preservation) ώστε το προϊόν να διατηρεί τις αρχικές του ιδιότητες για το προβλεπόμενο από τις προδιαγραφές του χρονικό διάστημα.

δ) Τη διάδοση πληροφορίας (communication) σχετικής με το προϊόν σε όλες εκείνες τις ομάδες χρηστών που αλληλεπιδρούν μ' αυτό, σε όλο το εύρος της εφοδιαστικής αλυσίδας, π.χ. πληροφορίες σχετικές με το περιεχόμενο, τον προορισμό και τον τρόπο διαχείρισης μιας μονάδας διακίνησης του προϊόντος πληροφορίες, που αφορούν τον τελικό καταναλωτή κ.ο.κ.

ε) Την εύκολη και ασφαλή διακίνηση (transport) του προϊόντος ανάμεσα στα μέλη του εφοδιαστικού δικτύου και μέχρι την τελική του κατανάλωση και στ) την ελκυστική παρουσίαση (display) του προϊόντος στα σημεία πώλησης, με άλλα λόγια η χρήση της συσκευασίας ως εργαλείο μάρκετινγκ.

Στα παραπάνω μπορεί κανείς να προσθέσει κάποιες λειτουργίες που αν και δεν είναι τόσο προφανείς παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη διαχείριση του προϊόντος, όπως η μοναδοποίηση (unitization) και ο επιμερισμός (apportionment) του φορτίου.

### **2.3. Η σημασία της συσκευασίας στη μεταφορά και στην ποιότητα των προϊόντων**

Μέχρι τώρα η συσκευασία έχει δώσει ικανοποιητικές λύσεις στα προβλήματα αξιοποίησης και διανομής των προϊόντων, αλλά και του ομαλού εφοδιασμού των αγορών. Ωστόσο, η νέα οικονομική πραγματικότητα στην Ενιαία Ευρωπαϊκή Αγορά που διαμορφώθηκε με την απελευθέρωση των κύριων μέσων μεταφοράς (οδικών, σιδηροδρομικών, αεροπορικών, θαλάσσιων και εσωτερικών πλωτών μεταφορών), σε συνδιασμό με τις προσπάθειες κατάργησης των κάθε είδους περιορισμών (τελωνιακούς ελέγχους στα ενδοκοινοτικά σύνορα, κατάργηση

συνόρων), αλλά και με μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος, δημιουργεί κάποια ερωτηματικά γύρω από τη συσκευασία και την αποστολή της στο μέλλον.

Τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά των νέων συνθηκών στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι:

→ Ο συνεχώς εντεινόμενος ανταγωνισμός σε όλες ανεξαρτήτως τις δομημένες αγορές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που είναι αποτέλεσμα της νέας τάξης πραγμάτων στον τομέα των μεταφορών και της εφαρμογής μιας ολοκληρωμένης κοινοτικής πολιτικής μεταφορών.

→ Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών για φθηνότερα υλικά, καλύτερα προϊόντα και λιγότερα και ανακυκλώσιμα σκουπίδια.

Γεννάται λοιπόν το ερώτημα, αν και στο μέλλον η συσκευασία θα είναι σε θέση κάτω από τις νέες συνθήκες και σε συνδιασμό με τις μεταφορές, να διαδραματίσει κορυφαίο ρόλο στην αξιοποίηση και διανομή των προϊόντων, ενώ παράλληλα να προσαρμοστεί με επιτυχία στις απαιτήσεις των καιρών, όπως είναι τα οικολογικά, περιβαντολλογικά, τεχνολογικά κ.α ζητήματα. Δηλαδή, αν κάτω από τις νέες συνθήκες, θα μπορεί να εξασφαλίσει στα προϊόντα ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα και να συμβάλλει στη διεθνοποίησή τους.

Η σημασία της σύγχρονης συσκευασίας συνδέεται άρρηκτα με την ποιότητα του προϊόντος την οποία εξασφαλίζει, προστατεύει αλλά και αξιοποιεί. Όμως και η έννοια της ποιότητας του προϊόντος έχει αλλάξει τα τελευταία χρόνια. Συνδέεται άμεσα και με το βαθμό προστασίας που παρέχει η συσκευασία του στο περιβάλλον, στο οποίο πρόκειται να καταναλωθεί (πράσινη συσκευασία). Η διαμόρφωση λοιπόν της σημερινής πραγματικότητας σχετικά με τη συσκευασία, συνοψίζεται στα εξής:

→ Η μορφή της συσκευασίας αλλάζει (τυποποιημένη συσκευασία) και η ποιότητά της αναβαθμίζεται, μέσω τεχνικών βελτιώσεων, γεγονός που επιτρέπει τις συνδυασμένες μεταφορές (τυποποίηση στο σύστημα εφοδιασμού), καθώς και τη χρήση μηχανικών μέσων κατά τη φόρτωση, εκφόρτωση, επαναφόρτωση και διαχωρισμό.

→ Η ουσία της αρχίζει να διαφοροποιείται (προστασία του προϊόντος-πληροφόρηση του χρήστη, συμβατότητα προς τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις).

→ Η σημασία της αρχίζει επίσης σταδιακά ν' αναβαθμίζεται (αξιοποίηση του προϊόντος), αφού στην τυποποιημένη συσκευασία συγκεντρώνεται πλέον η προσπάθεια του παραγωγού για την προώθηση του προϊόντος του και η τόνωση του αγοραστικού ενδιαφέροντος του καταναλωτή.

→ Η εξέλιξη της τυποποιημένης συσκευασίας επιταχύνεται ραγδαία, είναι όμως συνάρτηση του χρόνου (δυναμικό φαινόμενο) και της τιμής στην οποία μπορεί να προσφερθεί το προϊόν στον τόπο της τελικής του διάθεσης.

Η πρόοδος όμως που παρατηρείται στην τυποποιημένη συσκευασία, συνδέεται με ένα πλήθος παραμέτρων, όπως:

→ Την τάση για αντικειμενοποίηση της έννοιας της ποιότητας των προϊόντων και των υπηρεσιών, που έχει ως αποτέλεσμα την ευρύτερη τυποποίηση διαδικασιών παραγωγής, διακίνησης και προληπτικού ελέγχου (ISO 9000-9004).

→ Την επιστημονική αντιμετώπιση μιας σειράς προβλημάτων, που ανακύπτουν κατά τη μεταφορά προϊόντων και τα οποία συνδέονται άμεσα με τη συσκευασία. Η προσπάθεια αυτή είναι στραμμένη προς δύο κατευθύνσεις:

- στον εντοπισμό των κινδύνων που διατρέχουν τα προϊόντα στα διάφορα στάδια διακίνησής τους (μεταφορά, στίβαξη και διάθεσή τους) και

- στην εξεύρεση μεθόδων μέτρησης του βαθμού προστασίας, που τους παρέχουν οι συσκευασίες τους, με πειραματικό τρόπο στο εργαστήριο.

→Τη στροφή προς την εφαρμοσμένη έρευνα, που οδήγησε στην ανακάλυψη και χρήση νέων υλικών συσκευασίας και νέων μηχανικών μέσων.

Οι παραπάνω ανακαλύψεις βοήθησαν στον εκσυγχρονισμό του συστήματος διανομής, επιτρέποντας το σχεδιασμό νέων περιεκτών, περισσότερο ευέλικτων και ελαφρύτερων, όπως επίσης την προοδευτική εισαγωγή της μοναδοποίησης (παλέτα) στη διακίνηση των εμπορευμάτων, που βελτίωσαν την ποιότητα του έργου της διακίνησης και της διάθεσής τους. Τα επιτεύγματα αυτά, έδωσαν τη

δυνατότητα στις επιχειρήσεις, κυρίως στις μεγάλες (πολυεθνικές), να βλέπουν το προϊόν όχι μόνο στην έξοδο του εργοστασίου τους, αλλά στην πόρτα του πελάτη με τα μάτια του πελάτη (quality delivered).

Σύμφωνα με προβλέψεις ειδικών, αναμένονται μεγάλες εξελίξεις κυρίως:

- στην αυτοματοποίηση
- στα συστήματα επικοινωνίας
- στα συστήματα καταγραφής πραγματικού χρόνου
- στις συνδισμένες μεταφορές
- στη σμίκρυνση του χρόνου παράδοσης και
- στα μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος.

Η χάραξη μιας στρατηγικής για την επίλυση των προβλημάτων που έχουν σχέση με την προστασία του περιβάλλοντος από τις συσκευασίες είναι έργο δύσκολο αλλά όχι ακατόρθωτο. Αιτία είναι το γεγονός ότι στα προβλήματα του περιβάλλοντος δεν υπάρχει ενιαία ιεράρχηση των στόχων από τις διάφορες ομάδες, όπως π.χ. τις οργανώσεις καταναλωτών, των παραγωγών και χρηστών συσκευασιών, αλλά και τη Δημόσια Διοίκηση κ.α. σε επίπεδο κράτους, διακρατικό, αλλά και παγκόσμιο. Εδδεικτικά στοιχεία φαίνονται στον Πίνακα 3 που ακολουθεί.

**Πίνακας 3: Αντικρουόμενες προτεραιότητες**

<b>Δημόσια Διοίκηση</b>	<b>Εμπορικές Οργανώσεις</b>	<b>Περιβαντολογικές Οργανώσεις</b>
Επαναχρησιμοποίηση	Ελαχιστοποίηση των πόρων	Ελαχιστοποίηση των πόρων
Ανακύκλωση	Χρήση ενός υλικού	Χρήση ανανεώσιμων πηγών
Ελαχιστοποίηση των πόρων	Αποτέφρωση (θερμική επεξεργασία)	Ελαχιστοποίηση της μεταποίησης και μεταφοράς
Αποτέφρωση (θερμική επεξεργασία)	Ενταφιασμός	Επαναχρησιμοποίηση
Ενταφιασμός	Ανακύκλωση	Αποτέφρωση/Ανάκτηση ενέργειας
	Επαναχρησιμοποίηση	Ατελής Ανακύκλωση (downcycle)
		Ενταφιασμός

Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι πολλοί από του στόχους του παραπάνω πίνακα, έχουν αρχίσει να υλοποιούνται από τις επιχειρήσεις στην επιλογή συσκευασιών που παράγουν ή χρησιμοποιούν, όπως π.χ. :

- προσπάθεια για ελαχιστοποίηση πρώτων υλών για την παραγωγή συσκευασιών, γεγονός που έχει οδηγήσει σε ελαφρύτερες και καλύτερα σχεδιασμένες τυποποιημένες συσκευασίες, δηλαδή μείωση της κατανάλωσης φυσικών πόρων (π.χ. προϊόντων πετρελαίου) ή και ενέργειας,
- δημιουργία προϋποθέσεων για επαναχρησιμοποίηση των τυποποιημένων συσκευασιών μεταφοράς,
- χρήση νέων υλικών στην παραγωγή συσκευασιών περισσότερο οικονομικών .

Σε επίπεδο επιχείρησης, τα τεχνικά στοιχεία φορτώσεων, που περιέχονται στους Πίνακες 4, 5 και 6 παρουσιάζουν τα σύγχρονα τυποποιημένα μέσα συσκευασίας μεταφοράς (χαρτοκιβώτιο, παλέτα, κοντέινερ) που χρησιμοποιούν οι ελληνικές επιχειρήσεις προκειμένου ν' ανταπεξέλθουν με επιτυχία στον ελεύθερο ανταγωνισμό που επικρατεί τόσο στις ξένες, όσο και στην ελληνική αγορά.

Πίνακας 4: Τεχνικά στοιχεία φορτώσεων σε οινοποιητική βιομηχανία

<b>1. ΟΙΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ</b>				
<b>Είδος</b>	<b>Λίτρα (L)</b>	<b>Φιάλες / Χαρτοκιβώτια</b>	<b>Χαρτοκιβώτια / Παλέτα</b>	<b>Βάρος Παλέτας (Kg)</b>
<b>Ούζο</b>	0,7	6 φιάλες	92	710
	0,7	12 φιάλες	55	810
	2	6 φιάλες	44	810
<b>Οίνος</b>	0,38	24 φιάλες	48	800
	0,75	12 φιάλες	45	700
	0,75	6 φιάλες	95	750
	2	6 φιάλες	44	810
	0,38	12 φιάλες	60	570
	0,75	6 φιάλες	80	710

Πίνακας 5: Τεχνικά στοιχεία φορτώσεων σε βιομηχανία επεξεργασίας γάλακτος

<b>2. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ (Γάλα-Γιαούρτι)</b>				
<b>Εξαγωγές</b>	<b>Οχήματα</b>	<b>Ψυγεία T.I.R</b>		
<b>Εσωτερική Αγορά (Εκτός Αττικής)</b>	»	»	32 παλέτες	0,80 x 1,20
	»	»	64 καρότσια	0,60 x 0,80
<b>Αττική (Hand Help P/C διανομή άνευ παραγγελίας)</b>	»	-	Χύμα	

**Πίνακας 6: Τεχνικά στοιχεία φορτώσεων σε εργοστάσιο κατασκευής μεταλλικών δοχείων**

<b>3. ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΔΟΧΕΙΩΝ</b>				
<b>Εξαγωγές</b>	1560 Δοχεία 1Kg	Σε παλέτα	1,415 x 1,115	Κοντέινερ
	3168 Δοχεία 1Kg	»	1,415 x 1,115	»
	Χαρτοκιβώτιο	»	1,415 x 1,115	»

#### **2.4. Τα πλεονεκτήματα της τυποποιημένης συσκευασίας για το προϊόν**

Τα κύρια πλεονεκτήματα που προσφέρει η τυποποιημένη συσκευασία μεταφοράς στο σύστημα διανομής των επιχειρήσεων είναι:

- η πληροφόρηση
- η προστασία του προϊόντος
- η τυποποίηση στο Σύστημα του Εφοδιασμού και
- ο εύκολος χειρισμός με μηχανικά μέσα.

Μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους συσκευασίας είναι η χρήση παλετών. Μερικά από τα πλεονεκτήματα της συσκευασίας σε παλέτες, τα οποία βοήθησαν και στην καθιέρωσή της, είναι τα παρακάτω:

- η φόρτωση και εκφόρτωση των υλικών είναι βολική και αποτελεσματική
- ελαχιστοποίηση σε μεγάλο βαθμό των ανακρίβειών στις καταμετρήσεις και την παρακολούθηση των αποθεμάτων
- δεν είναι απαραίτητη η σήμανση του κάθε πακέτου χωριστά
- γίνεται καλύτερη και ασφαλέστερη πρόσδεση
- μειώνονται οι διαμαρτυρίες των πελατών για κατεστραμμένες ή και ελλιπείς αποστολές

- καθίσταται ευκολότερη η αποτελεσματική αποθήκευση και η αξιοποίηση του διαθέσιμου αποθηκευτικού χώρου
- αποθαρρύνονται διαρροές και κλοπές.

Για να είναι όμως απτά τα πλεονεκτήματα αυτά της συσκευασίας πρέπει να συνδυάζονται με την προστασία των προϊόντων. Τα ευρείας χρήσεως καταναλωτικά αγαθά πρέπει να συσκευάζονται έτσι ώστε να προστατεύουν τον καταναλωτή, να μην τον εξαπατούν σχετικά με τη χρήση τους να αναγράφουν ευκρινώς το περιεχόμενο, τη σύνθεση, τις απαραίτητες προφυλάξεις καθώς και τις οδηγίες καταστροφής της συσκευασίας.

## **2.5. Η συσκευασία των επικίνδυνων υλικών**

Όπως έχει γίνει αντιληπτό ως τώρα, η συσκευασία των προϊόντων είναι ζήτημα πολύπλευρο, μιας και πρέπει να συνυπολογιστούν παράγοντες όπως η ποιότητα των αγαθών, το κόστος της διαδικασίας, η χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον κ.α. Ανακύπτει όμως και ένας άλλος παράγοντας, που απαιτεί δέουσα προσοχή, γιατί διαφορετικά μπορεί να αποβεί μοιραίος τόσο για τον άνθρωπο, όσο και για το περιβάλλον. Πολλά από τα υλικά μπορεί να κατέχουν επικίνδυνες ιδιότητες, βέβαια κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις. Ένα υλικό ταξινομείται στα επικίνδυνα όταν κατέχει χαρακτηριστικά τα οποία εαν έρθουν σ' επαφή με το περιβάλλον κάτω από προϋποθέσεις θα δημιουργήσουν μικρό ή μεγάλο κίνδυνο τόσο σε πρόσωπα όσο και σε πράγματα. Ειδική φροντίδα απαιτείται για το χειρισμό και τη μεταφορά αυτών των υλικών που χωρίζονται συνήθως σε οκτώ κατηγορίες: εκρηκτικά, συμπιεσμένα αέρια, εύφλεκτα υγρά, οξειδωτές, δηλητήρια, ραδιενεργά, διαβρωτικά υλικά και όταν πρόκειται για αερομεταφορά μαγνητισμένων υλικών. Η κάθε μια κατηγορία απαιτεί ειδικούς χειρισμούς, αλλά σε γενικές γραμμές απαιτείται ειδική σήμανση, συσκευασία, προειδοποίηση για φορτωτικά έγγραφα και προσυνεννόηση με το μεταφορέα. Υπάρχει ένα τεράστιο πλέγμα κανονισμών και διεθνών συμφωνιών για τη συσκευασία και τη μεταφορά αυτών των υλικών.



## **2.6. Αναγνώριση των στοιχείων κόστους της συσκευασίας**

Ο προσδιορισμός του κόστους σχετικά με τη συσκευασία των υλικών δίνει τη δυνατότητα στο manager να κάνει συγκριτική ανάλυση με άλλα στοιχεία κόστους και να τα συσχετίζει με τους στόχους της επιχείρησης για την ικανοποίηση των πελατών.

Το κόστος συσκευασίας των υλικών περιλαμβάνει καθάρισμα, στέγνωμα, συντηρητικά περιτυλίγματα, προστατευτικά, κόλλες και τσέρκια. Επίσης, θα πρέπει σε αυτά τα υλικά να συνυπολογιστεί το κόστος αποθήκευσής τους, ελέγχου, διακίνησης, προστασίας, ποιοτικού ελέγχου, καθώς και το κόστος καταστροφής και απαλλαγής των περισσευμάτων.

Πολλές εταιρίες σχεδιάζουν μόνες τους τη συσκευασία και καθορίζουν τα βασικά χαρακτηριστικά και τις προδιαγραφές, με αποτέλεσμα το κόστος συσκευασίας να περιλαμβάνει τις προμήθειες και τον εξοπλισμό για τον έλεγχο και τις δοκιμές. Ένα πρόσθετο στοιχείο κόστους είναι το εργατικό κόστος, καθώς και το κόστος υλικών του τμήματος συσκευασίας. Επιπρόσθετα, οι ζημιές που προξενούνται στα υλικά λόγω κακής συσκευασίας, καθώς και η προσπάθεια ανάλυσης και ανεύρεσης των αιτιών τους περιλαμβάνουν κάποιο, όχι ευκολα μετρήσιμο, κόστος.

## **2.7. Υπερσυσκευασία και υποσυσκευασία**

Ένας από τους κύριους προβληματισμούς του Logistics manager είναι η επίτευξη της άριστης ισορροπίας μεταξύ κόστους και απαιτήσεων επιπέδου εξυπηρέτησης πελατών. Ο manager θα πρέπει να προσπαθεί να μειώσει τις περιπτώσεις υπερσυσκευασίας και υποσυσκευασίας. Οι αποφάσεις αυτές έχουν συνέπειες στο κόστος και στο επίπεδο εξυπηρέτησης. Επίσης, μπορεί η υπερσυσκευασία απ' τη μια μεριά να εξασφαλίσει την ελαχιστοποίηση των παραδόσεων κατεστραμμένων υλικών από την άλλη όμως δημιουργεί αυξημένα έξοδα.

Πολλές εταιρίες χρησιμοποιούν το αρχείο διαμαρτυριών στη λήψη αποφάσεων για το πόσα θα πρέπει να ξοδευτούν για τη συσκευασία των υλικών. Συχνά, υπολογίζεται ότι ένα τέλειο αρχείο διαμαρτυριών, δεικνύει ότι τα υλικά είναι υπερσυσκευασμένα, ενώ αντίθετα όταν υπάρχουν πολλές διαμαρτυρίες, τότε αυτό σημαίνει ότι η συσκευασία των υλικών θα πρέπει να βελτιωθεί. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να δωθεί ιδιαίτερη έμφαση, έτσι ώστε να μην παραβλεφθούν παράγοντες όπως: η ευκολία χειρισμού των υλικών, η αποθήκευση και η ευκολία συγκέντρωσης των παραγγελιών.

Ο λανθασμένος τρόπος συσκευασίας, που δε θα προστατεύει όλες τις αποστολές υλικών, έχει σαν αποτέλεσμα διαμαρτυρίες, πιθανές μηνύσεις και χαμηλή πελατεία, προβλήματα που μεταφράζονται σε κόστος, το οποίο μπορεί να ξεπερνά το όφελος από τη βελτίωση της συσκευασίας.

Από την άλλη πλευρά, τα κίνητρα για υπερσυσκευασία μπορεί να προέρχονται από το γεγονός ότι το υλικό είναι υψηλής αξίας και πρέπει να διασφαλιστεί η σώα μεταφορά του. Επίσης, η υπερβολική συσκευασία αυξάνει την εμπιστοσύνη του πελάτη στο προϊόν. Στην αντίθετη περίπτωση, ο πελάτης θα πρέπει να εξετάσει λεπτομερώς το υλικό για να βεβαιωθεί ότι αυτό έφτασε σε άριστη κατάσταση. Υπερσυσκευασία παρατηρείται επίσης στην περίπτωση που ένα προϊόν εισάγεται για πρώτη φορά στην αγορά.

## **2.8. Ελεγχος συσκευασίας**

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ένα καινούριο προϊόν ή κάποια καινούρια συσκευασία πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ή ακόμη και στις περιπτώσεις που ήδη βρίσκεται σε χρήση πρέπει να αξιολογηθεί, τότε θα πρέπει να γίνονται ορισμένοι έλεγχοι καταλληλότητας της συσκευασίας. Έχουν αναπτυχθεί πάρα πολλοί τύποι εξοπλισμού ελέγχου της συσκευασίας οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να διαπιστωθούν τα φυσικά χαρακτηριστικά διαφόρων ειδών συσκευασίας. Εργαστήρια ελέγχου, είτε ανεξάρτητα είτε ιδιόκτητα των εταιριών, προσφέρουν υπηρεσίες ελέγχου συσκευασιών. Τα όργανα ελέγχου είναι πολλά και μερικά από

αυτά είναι απλά στο χειρισμό τους, ενώ άλλα είναι αρκετά πολύπλοκα. Αντιπροσωπευτικά αναφέρονται: ο ελεγκτής συμπίεσης, ο ελεγκτής συγκρούσεως, ο θάλαμος υγρασίας, ο μετρητής υγρασίας, το περιστρεφόμενο τύμπανο, ο θάλαμος ψεκασμού άλατος ο επικλινής ελεγκτής πρόσκρουσης και η μηχανή χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων κραδασμών.

Μια άλλη μορφή ελέγχου είναι η πραγματική αποτύπωση του περιβάλλοντος στο οποίο πρόκειται να κινηθεί το προϊόν, με την χρησιμοποίηση συσκευών καταγραφής των συνθηκών αυτών. Οι συσκευές αυτές μπορεί να είναι πολύ απλές, όπως κοινά θερμομέτρα που μετρούν τις ακραίες θερμοκρασίες, ή ελατήρια τα οποία σπάνε όταν ξεπεραστούν ορισμένα επίπεδα δύναμης. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα μιας εταιρίας αλουμινίου η οποία αντιμετώπιζε προβλήματα υγρασίας στα προϊόντα της και επινόησε μια ετικέτα η οποία απεικόνιζε ένα χαμογελαστό πρόσωπο. Το ένα από τα δύο μάτια ήταν τυπωμένο με ένα ειδικό μελάνι, το οποίο διαλυόταν όταν ξεπερνούσαν κάποιο επίπεδο υγρασίας.

Για τον έλεγχο των διαφόρων συσκευασιών έχει επίσης αναπτυχθεί λογισμικό ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ένα από τα υπάρχοντα προγράμματα επιτρέπει στο χρήστη να προσομοιώνει τη χρήση διαφόρων τύπων ξυλείας καθώς και διαφόρων καρφιών. Το πρόγραμμα υπολογίζει τη μέση αναμενόμενη φορτοεκφόρτωση των παλετών καθώς και το μέσο όρο κόστους μεταξύ επισκευών για κάθε συνδιασμό ξύλου και καρφιών δίνοντας τελικά την άριστη λύση.

Τέλος, μια άλλη μορφή ελέγχου αποτελεί και η εφαρμογή στατιστικών τεστ με τη βοήθεια των στοιχείων που καταγράφουν οι αποστολείς στα αρχεία τους και τα οποία αναφέρονται σε όλες τις απώλειες και ζημιές. Ένα στατιστικό τεστ μπορεί να βοηθήσει να προσδιοριστεί εάν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο αίτιο για τις ζημιές ή αυτές οφείλονται σε τυχαία γεγονότα. Ανάλογα λοιπόν με τ' αποτελέσματα αυτών των τεστ μπορεί ν' αποφασιστεί ότι χρειάζεται η καταβολή στον τομέα της συσκευασίας [7].

## **ΚΕΦΑΛΙΟ 3**

### **ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ**

### **ΤΩΝ LOGISTICS**

#### **3.1. Εισαγωγή στην έννοια των αλγορίθμων**

Με τον όρο αλγόριθμο, εννοούμε μια αποτελεσματική μέθοδο για την επίλυση ενός προβλήματος, που εκφράζεται ως μια πεπερασμένη ακολουθία των βημάτων. Οι αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό, την επεξεργασία δεδομένων, καθώς και σε πολλούς άλλους τομείς. Κάθε αλγόριθμος είναι μια λίστα με σαφώς καθορισμένες οδηγίες για την ολοκλήρωση μιας εργασίας. Ξεκινώντας από μια αρχική κατάσταση, οι οδηγίες περιγράφουν έναν υπολογισμό που γίνεται μέσω μιας σαφώς καθορισμένης σειράς διαδοχικών καταστάσεων, που καταλήγουν σε μια τελική κατάσταση, οπότε και λέμε ότι ο αλγόριθμος λήγει [8].

#### **3.2. Ο ρόλος των αλγορίθμων στα logistics**

Όπως λοιπόν γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω, οι αλγόριθμοι αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο στην ανάπτυξη και εφαρμογή των logistics, μιας και εκφράζουν τη διαδικασία που επρόκειτο ν' ακολουθηθεί, με μαθηματικούς τύπους. Επίσης δίνουν τη δυνατότητα να πραγματοποιείται η εκάστοτε διαδικασία με γρήγορους ρυθμούς, μιας και είναι ηλεκτρονικά καταγεγραμμένα και δεν απαιτείται η σκέψη των διαφόρων παραγόντων πρίν ή κατά την εφαρμογή της διαδικασίας.

Για να γίνει πιο αντιληπτή η χρησιμότητα των αλγορίθμων, ας αναφερθούμε σε κάποια παραδείγματα που αφορούν τα logistics συσκευασίας:

##### **3.2.1 Εφαρμογή των logistics σε μονοδιάστατα προβλήματα συσκευασίας**

Στο κλασικό μονοδιάστατο πρόβλημα της συσκευασίας σε κουτί, δίνεται η ακολουθία αντικειμένων  $L=(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$  , με μέγεθος το καθένα στο διάστημα

(0, 1]. Απαιτείται να τα συσκευάσουμε σε έναν ελάχιστο αριθμό κουτιών μοναδιαίας δυναμικότητας (δηλαδή κάθε κουτί να περιέχει ένα μόνο αντικείμενο. Το ζήτημα αυτό αναλύουν εκτενώς σε μια έρευνά τους οι Coffman et al [9].

Το πρόβλημα συσκευασίας κουτιού ήταν ένας από τους από τους πρώτους τομείς όπου έγινε χρήση αλγορίθμου και ανάλυση της χειρότερης περίπτωσης. Για μια δεδομένη λίστα  $L$  και έναν αλγόριθμο  $A$ , ας συμβολίσουμε με  $C^A(L)$  τον αριθμό των κουτιών που χρησιμοποιούνται όταν ο αλγόριθμος  $A$  εφαρμόζεται στη λίστα  $L$  και με  $C^*(L)$  τον βέλτιστο αριθμό των κουτιών που απαιτούνται για τη συσκευασία των στοιχείων της  $L$ . Θα παραλείψουμε την αναφορά της  $L$ , εάν δεν υπάρχει καμία ασάφεια. Η ασυμπτωτική σχέση απόδοσης για τον αλγόριθμο  $A$  ορίζεται ως

$$\text{Inf} [r \geq 1 \mid \text{για κάποιους } N > 0, C^A(L)/C^*(L) \leq r \text{ για κάθε } L \text{ με } C^*(L) \geq N] .$$

Η απόλυτη σχέση απόδοσης για τον αλγόριθμο  $A$  ορίζεται ως

$$\text{Inf} [r \geq 1 \mid C^A(L)/C^*(L) \leq r, \text{ για όλη τη λίστα } L] .$$

Το πρόβλημα συσκευασίας κουτιού είναι επίσης από τα συνδιαστικά προβλήματα, για τα οποία η ασυμπτωτική και η απόλυτη σχέση απόδοσης για ένα δεδομένο αλγόριθμο, μπορεί να μην είναι η ίδια.

Χάρην ευκολίας, θα συμβολίσουμε με  $a_i$  το μέγεθος του στοιχείου  $a_i$ . Το περιεχόμενο ενός κουτιού  $B$ , που είναι το συνολικό μέγεθος των αντικειμένων που είναι συσκευασμένα μέσα στο κουτί αυτό, συμβολίζεται επίσης με  $B$ , όταν δεν υπάρχει κίνδυνος να προκληθεί σύγχυση. Οι First Fit (FF for short) and First Fit Decreasing (FFD for short) είναι δύο θεμελιώδεις αλγόριθμοι για την

προσέγγιση των προβλημάτων συσκευασίας κουτιού [10]. Ο FF αλγόριθμος μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

Όταν συσκευάζουμε το  $a_i$ , το τοποθετούμε στο κουτί με τη μικρότερη χωρητικότητα, του οποίου το φέρον περιεχόμενο δεν επεκτείνεται στο  $1-a_i$ . Αλλιώς ξεκινάμε με τη συσκευασία ενός νέου κουτιού όπου το  $a_i$  θα περιέχεται ως το πρώτο αντικείμενο. Ο αλγόριθμος FFD, αρχικά ταξινομεί τα αντικείμενα σε μη αύξουσα σειρά σε σχέση με το μέγεθός τους και μετά εφαρμόζει τον FF.

Ο Johnson σε μελέτη του απέδειξε ότι ισχύει η σχέση:

$C^{FFD}(L) \leq 11/9 C^*(L) + 4$  για όλες τις λίστες  $L$  [10]. Να σημειωθεί δε ότι η ασυμπτωτική σχέση απόδοσης δε μπορεί να είναι μικρότερη από  $11/9$  [11]. Αργότερα, η προστιθέμενη ποσότητα μειώθηκε στο  $3$  από τον Baker [12], και στο  $1$  από τον Yue [13]. Πρόσφατα, ο Dósa μείωσε επιπλέον την ποσότητα αυτή, αυστηρά στην τιμή  $6/9$  [14]. Η απόλυτη σχέση απόδοσης  $3/2$  του FFD προσδιορίστηκε από τον Simchi-Levi [15] και είναι επίσης αυστηρώς ορισμένη, αφού δεν υπάρχει πολυωνυμικός αλγόριθμος χρόνου με απόλυτη σχέση απόδοσης μικρότερη από  $3/2$ , εκτός από την περίπτωση που  $P=NP$  [16].

Για τον FF αλγόριθμο, ο Ullman απέδειξε ότι  $C^{FF}(L) \leq 17/10 C^*(L) + 3$  για όλες τις λίστες  $L$  [17]. Εδώ η ασυμπτωτική σχέση απόδοσης είναι ασυμπτωτικά δοσμένη και υπάρχει επίσης μια λίστα  $L$ , τέτοια ώστε να ισχύει  $C^*(L)=10$  και  $C^{FF}(L)=17$  [11]. Η προστιθέμενη ποσότητα μειώθηκε αρχικά στο  $2$  [11] και αργότερα στα  $9/10$  [18]. Περαιτέρω βελτιώσεις στη σχέση αυτή δεν έχουν αναφερθεί. Ο Simchi-Levi απέδειξε ότι η απόλυτη σχέση απόδοσης του FF μπορεί να έχει μέγιστη τιμή  $7/4$  [15], αλλά το όριο δεν είναι αυστηρά ορισμένο. Παρότι ο FF έχει μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης χειρίστης περίπτωσης από τον FFD, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για online εφαρμογές, όπου τα αντικείμενα φτάνουν σε μια σειρά και πρέπει να συσκευαστούν σ' ένα κουτί αμέσως μόλις φτάσουν, χωρίς να έχουμε κάποια γνώση για τα αντικείμενα που έχουν απομείνει. Δίνονται λοιπόν μια μικρότερη προστιθέμενη ποσότητα στην

ασυμπτωτική σχέση απόδοσης και μια αυστηρώς ορισμένη απόλυτη σχέση απόδοσης του FF. Παρακάτω δίνονται κάποιοι ορισμοί και χρήσιμα λήμματα, ενώ αποδεικνύεται ότι  $C^{FF}(L) \leq 17/10 C^*(L) + 7/10$ , για όλες τις λίστες L και ότι η απόλυτη σχέση απόδοσης του FF είναι το πολύ 12/7. Επομένως, η απόσταση μεταξύ των μέγιστων και ελάχιστων ορίων της απόλυτης σχέσης απόδοσης μειώνεται περισσότερο από 70%.

Στο σημείο αυτό θα ορίσουμε κάποια ονοματολογία για ευκολία. Ένα αντικείμενο μεγαλύτερου μεγέθους από  $\frac{1}{2}$  θεωρείται μεγάλο, ενώ ένα αντικείμενο μεγαλύτερου μεγέθους από  $\frac{1}{4}$  θεωρείται μεσαίο. Ο αριθμός των μεγάλων αντικειμένων δηλώνεται με το γράμμα I. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι ένα μεσαίο αντικείμενο μπορεί επίσης να είναι μεγαλύτερου μεγέθους από  $\frac{1}{2}$ .

Ας ορίσουμε ως  $B^*$  το συνδιασμό των κουτιών που χρησιμοποιούνται για τον ιδανικό τρόπο συσκευασίας και BFF το συνδιασμό των κουτιών που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή του αλγόριθμου FF. Αν ένα κουτί  $B_1$  ανοιχτεί πριν από ένα άλλο κουτί  $B_2$  στη διαδικασία του FF, τότε λέμε ότι  $B_1$  είναι πριν το  $B_2$  και το  $B_2$  είναι μετά το  $B_1$ . Όταν ο αλγόριθμος FF ολοκληρώνεται, ένα κουτί που περιέχει ακριβώς ένα αντικείμενο (ή δύο αντικείμενα) καλείται i-κουτί (ή ii-κουτί). Ένα κουτί που περιέχει από δύο και πάνω (τρία, τέσσερα) αντικείμενα καλείται II-κουτί (III-κουτί, IV-κουτί). Ένα αντικείμενο στο i-κουτί (ii-κουτί, II-κουτί, III-κουτί, IV-κουτί) καλείται i-αντικείμενο (ii-αντικείμενο, II-αντικείμενο, III-αντικείμενο, IV-αντικείμενο). Ας είναι  $B_i$  ( $B_{ii}; B_{II}; B_{III}; B_{IV}$ ) ο συνδιασμός των i-κουτιών (ii-κουτιών, II-κουτιών, III-κουτιών, IV-κουτιών) και  $N_i$  ( $N_{ii}; N_{II}; N_{III}; N_{IV}$ ) ο αριθμός των i-κουτιών (ii-κουτιών, II-κουτιών, III-κουτιών, IV-κουτιών). Προφανώς ισχύει;

$$B^{FF} = B_i \cup B_{II} = B_i \cup B_{ii} \cup B_{III}$$

και

$$C^{FF} = N_i + N_{II} = N_i + N_{ii} + N_{III}$$

(1)

**Λήμμα 1.1.**  $C^* \geq N_i$

**Απόδειξη.** Είναι φανερό ότι το συνολικό μέγεθος των αντικειμένων υπερβαίνει το 1. Αλλιώς ο FF δε θ' ανοίξει νέο κουτί για το αντικείμενο που φτάνει ακολούθως. Οποιαδήποτε λοιπόν, δύο εξ' αυτών των αντικειμένων, δε μπορούν να συσκευαστούν σε ένα κουτί κατά τον ιδανικό τρόπο συσκευασίας. Άρα  $C^* \geq N_i$ .

**Λήμμα 1.2.**

Δίνεται ένας ακέραιος  $k \geq 1$ , για κάθε  $M \geq k+1$ , αν υπάρχουν κουτιά  $B_1, B_2, \dots, B_M$  στον  $B^{FF}$  τέτοια ώστε καθένα από αυτά να περιέχει τουλάχιστον  $k$

αντικείμενα. Τότε  $\sum_{i=1}^M B_i > \frac{kM}{k+1}$ .

**Απόδειξη.** Χωρίς να αίρεται ο γενικός κανόνας, υποθέτουμε ότι το  $B_s$  είναι πριν το  $B_t$  για κάθε  $1 \leq s < t \leq M$ . Για τις σταθερές  $B_s$  και  $B_t$ , με  $s < t$ , θεωρούμε  $k$  αυθαίρετα στοιχεία  $\alpha_{t1}, \alpha_{t2}, \dots, \alpha_{tk}$  στο  $B_t$ . Με εφαρμογή του FF έχουμε  $B_s + \alpha_{sj} > 1$ , για  $j = 1, \dots, k$ . Αθροίζοντας τις  $k$  ανισότητες, παίρνουμε:

$$kB_s + B_t \geq kB_s + \sum_{j=1}^k \alpha_{tj} > k \quad (2)$$

Θα αποδείξουμε το λήμμα με επαγωγή στο  $M$ . Από τη (2), έχουμε,  $kB_i + B_{k+1} > k, i = 1, \dots, k$ . Αθροίζοντας τις  $k$  ανισότητες, παίρνουμε:

$$k \sum_{i=1}^k B_i + kB_{k+1} > k^2, \text{ δηλαδή } \sum_{i=1}^{k+1} B_i > k. \text{ Το αποτέλεσμα ισχύει για } M = k+1$$

. Ας υποθέσουμε ότι το αποτέλεσμα ισχύει και για  $M = j \geq k+1$ , δηλαδή

$$\sum_{i=1}^j B_i = \frac{kj}{k+1}. \text{ Από τη (2), έχουμε } kB_i + B_{j+1} > k, i = 1, \dots, j. \text{ Αθροίζοντας τις } j,$$



ανισότητες, παίρνουμε  $k \sum_{i=1}^j B_i + jB_{j+1} > jk$ . Συνδυάζοντας αυτό με την επαγωγική υπόθεση, έχουμε:

$$\sum_{i=1}^{j+1} B_i = \frac{j \sum_{i=1}^j B_i + jB_{j+1}}{j} = \frac{k \sum_{i=1}^j B_i + jB_{j+1} + (j-k) \sum_{i=1}^j B_i}{j} = \frac{jk + (j-k) \frac{kj}{k+1}}{j} = k \frac{(j+1)}{k+1}$$

Το αποτέλεσμα αυτό ισχύει επίσης για  $M=j+1$ . Έτσι, το λήμμα αποδεικνύεται.

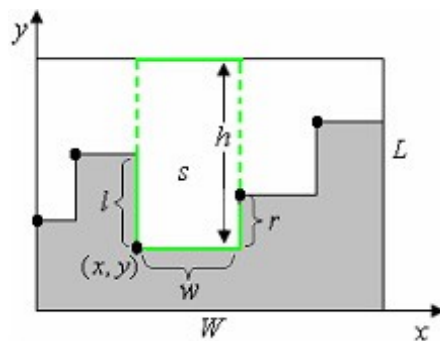
### 3.2.2 Εφαρμογή των logistics σε προβλήματα συσκευασίας δύο διαστάσεων

Η συσκευασία όμως ως βιομηχανική εφαρμογή είναι ένα πολυδιάστατο ζήτημα. Γι' αυτό θ' αναφερθούμε στα δύο διαστάσεων (2D) προβλήματα συσκευασίας, τα οποία εμφανίζονται σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών [19]. Η επίλυση των προλημάτων αυτών, έγκειται στη βέλτιστη αξιοποίηση του χώρου ή του υλικού. Στις βιομηχανίες ενδυμάτων και χάρτου για παράδειγμα, το πρόβλημα είναι συχνά να κοπούν μικρότερα κομμάτια από ένα μεγάλο ρολό υφάσματος ή χαρτιού, με ταυτόχρονη μείωση των μη αξιοποιήσιμων κομματιών. Στις βιομηχανίες ξύλου, γυαλιού και μετάλλου, ο σκοπός δεν είναι να κοπεί ένα κομμάτι από ρολό, αλλά να κοπεί από ένα σταθερού μεγέθους φύλλο ή πλάκα.

Υπάρχουν δύο κύριες παραλλαγές του 2D συσκευασίας προβλήματος: η συσκευασία σε κάδο και η συσκευασία σε ταινίες. Στην πρώτη περίπτωση, αντικείμενα σε σχήμα ορθογωνίου θα πρέπει να συσκευάζονται σε κάδους συγκεκριμένου πλάτους και ύψους, με στόχο την ελαχιστοποίηση του αριθμού των κάδων που χρησιμοποιούνται. Στη δεύτερη περίπτωση, αντικείμενα σε σχήμα ορθογωνίου θα πρέπει να συσκευάζονται σε σταθερού πλάτους και άπειρου ύψους ταινίες, με στόχο να ελαχιστοποιηθεί το ύψος. Η συσκευασία σε κάδο, είναι πιο κατάλληλη για το ξύλο, το γυαλί και το μέταλλο, ενώ η συσκευασία σε ταινία είναι ιδανικότερη για τις βιομηχανίες χαρτιού και ενδυμάτων.

Ένα σημαντικό στοιχείο για την συσκευασία είναι το αν και κατά πόσο τα ορθογώνια μπορεί να περιστραφούν όσο είναι τοποθετημένα στα σημεία αποθήκευσής τους. Στην περιστροφή των ορθογωνίων, επιδρά σημαντικά και το περιεχόμενό τους.

Έστω ότι έχουμε μια ακολουθία ορθογωνίων  $X$ . Τα ορθογώνια τοποθετούνται σ' έναν αποθηκευτικό χώρο, βάζοντας ένα κάθε φορά. Για μια δεδομένη διαθέσιμη θέση, η προτεινόμενη ευρετική μέθοδος επιλέγει δυναμικά το επόμενο ορθογώνιο που θα τοποθετηθεί, σύμφωνα με τη στρατηγική της πιο συμβατής θέσης. Αυτό σημαίνει ότι μελετώντας το μέγεθος των ορθογωνίων, θα υπολογίσουμε να τα τοποθετήσουμε με τέτοιο τρόπο, ώστε να καταλαμβάνουν τη μέγιστη δυνατή έκταση του αποθηκευτικού χώρου [20]. Ένα παράδειγμα δίνεται στο Σχήμα 3 που ακολουθεί.



**Σχήμα 3: Τοποθέτηση των ορθογωνίων κατά το βέλτιστο τρόπο**

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3, για μια συγκεκριμένη διαθέσιμη θέση  $(x, y)$ , μπορούμε να καθορίσουμε ένα διαθέσιμο χώρο, αρχίζοντας από το σημείο  $(x, y)$  ως εξής:

- 1) Από αριστερά προς τα δεξιά, οριζόντια, μέχρι το σημείο που φτάνει το συσκευασμένο ορθογώνιο εντός του οριζόντιου ορίου του αποθηκευτικού χώρου.
- 2) Από κάτω προς τα πάνω, κάθετα, μέχρι το κάθετο όριο του αποθηκευτικού χώρου.

Στο σχήμα 3, απεικονίζεται ένας διαθέσιμος χώρος  $s$ , που έχει δημιουργηθεί σύμφωνα με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω. Ο χώρος  $s$ , προσδιορίζεται από έξι μεταβλητές: τη χαμηλότερη ακρινή αριστερή θέση ( $s, x$ ,

s.y) του s, το πλάτος (s.w) του s, το ύψος (s.h) του s, το ύψος (s.l) του αριστερού ορίου του s, και το ύψος (s,r) του δεξιού ορίου του s. Οι διαθέσιμες θέσεις συμβολίζονται ως μια μεταβλητή S, και κατατάσσονται σύμφωνα με τη x θέση τους. Η μεταβλητή S διατηρείται, καθώς προστίθεται, διαγράφεται ή αλλάζει κάποιος χώρος.

Ας συμβολίσουμε με s, το διαθέσιμο χώρο, από τη χαμηλότερη αριστερή άκρη του αποθηκευτικού χώρου, με *vpn*, τον αριθμό των διαθέσιμων χώρων, με  $f_i$  το βαθμό συμβατότητας με το χώρο του προς συσκευασία ορθογωνίου *i*, με *minw* το ελάχιστο πλάτος του προς συσκευασία ορθογωνίου *l* και με τον όρο *Trim loss* (απώλεια περικοπής), ας υποδηλώσουμε τη σπατάλη χώρου της τρέχουσας σειράς συσκευασίας, η οποία μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$\text{Trim loss} = \frac{\text{Αχρησιμοποίητος χώρος}}{\text{Συνολικός αποθηκευτικός χώρος}} \times 100 \%$$

Ο αλγόριθμος που περιγράφει τη διαδικασία αποθήκευσης των ορθογωνίων έχει ως εξής:

1  $vpn \leftarrow 1$ : s.x $\leftarrow 0$ : s.y  $\leftarrow 0$ : s.w $\leftarrow W$ : s.l  $\leftarrow L$ : s.r $\leftarrow L$ :

2 **while** s.y <L and *vpn*>0 **do**

3     **if** s.w $\geq$ *minw* **then**

4             **for** each unpacked rectangle *i* **do**

5                      $f_i \leftarrow \text{fitness}(i, s)$ :

6     select the rectangle with the maximum *fitness* value, *r*, i.e.  $f_r = \max\{f_i\}$ :

7             **if**  $f_r \geq 0$  **then**

8                     **if** s.l  $\geq$  s.r **then**

9                             pack rectangle *r* near to the left wall:

10                            update the array S, *minw* and *vpn*:

11             **else**

```

12             pack rectangle r near to the right wall:
13             update the array S, minw and vpn:
14  else
15             update the array S and vpn:
16 else
17             update the array S and vpn:
18 find the lowest extreme left space s:
19 return trim loss:

```

**όπου:**

- *unpacked rectangle*=το προς συσκευασία ορθογώνιο
- *select the rectangle with the maximum fitness value*=επέλεξε το ορθογώνιο με τη μέγιστη καταλληλότητα για το χώρο αποθήκευσης
- *pack rectangle r near to the left wall*= τοποθέτησε το ορθογώνιο r κοντά στο αριστερό όριο του διαθέσιμου χώρου αποθήκευσης
- *update the array S, minw and vpn*=ενημέρωσε τις μεταβλητές S, *minw* και *vpn*
- *find the lowest extreme left space s*=βρες τη χαμηλότερη αριστερή άκρη του αποθηκευτικού χώρου.

Το βήμα 1 αποτελεί την εκκίνηση του αλγόριθμου, ορίζοντας το χώρο που πρόκειται να συσκευαστεί και το βήμα 2 ελέγχει αν υπάρχει διαθέσιμος χώρος *s*. Το  $s.w < minw$  δηλώνει ότι ο δεδομένος χώρος *s* είναι ανέφικτος, επομένως, οι μεταβλητές S και *vpn* ενημερώνονται στο βήμα 17. Στα βήματα 4-6 υπολογίζεται η συμβατότητα προς το χώρο των ασυσκευάστων ορθογωνίων και επιλέγεται ένα ορθογώνιο με τη μέγιστη συμβατότητα. Σε περίπτωση που περισσότερα από ένα ορθογώνια έχουν την ίδια, μέγιστη συμβατότητα, ο αλγόριθμος επιλέγει ένα από αυτά τα ορθογώνια με βάση τη σειρά προτεραιότητας των προς συσκευασία ορθογωνίων. Η προϋπόθεση  $fr \geq 0$  σημαίνει ότι το επιλεγμένο ορθογώνιο *r* μπορεί να συσκευαστεί στο χώρο *s*. Έτσι τα βήματα 8-13 θα το πακετάρουν και

θα ενημερώσουν τις μεταβλητές  $S$ ,  $minw$  και  $vrn$ . Σε αντίθετη περίπτωση, θα γίνει ενημέρωση των μεταβλητών  $S$  και  $vrn$  στο βήμα 15. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ λειτουργική, καθώς είναι εφικτή μια διαφορετική εφαρμογή.

Το μέγεθος  $(i,s)$  χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του βαθμού καταλληλότητας των προς συσκευασία ορθογώνιων  $i$ , σε ένα διαθέσιμο χώρο  $s$ . Πιο αναλυτικά, μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

```
1 if  $s.l \geq s.r$  then
2   if  $s.w = r[i].width$  and  $s.l = r[i].length$  then
3      $fitness \leftarrow 4$ :
4   else if  $s.w = r[i].width$  and  $s.l < r[i].length$  and  $s.h \geq r[i].length$  then
5      $fitness \leftarrow 3$ :
6   else if  $s.w = r[i].width$  and  $s.l > r[i].length$  then
7      $fitness \leftarrow 2$ :
8   else if  $s.w > r[i].width$  and  $s.l = r[i].length$  then
9      $fitness \leftarrow 1$ :
10  else if  $s.w > r[i].width$  and  $s.h \geq r[i].length$  then
11     $fitness \leftarrow 0$ :
12  else
13     $fitness \leftarrow -1$ :
14 else
15   if  $s.w = r[i].width$  and  $s.r = r[i].length$  then
16      $fitness \leftarrow 4$ :
17   else if  $s.w = r[i].width$  and  $s.r < r[i].length$  and  $s.h \geq r[i].length$  then
18      $fitness \leftarrow 3$ :
19   else if  $s.w = r[i].width$  and  $s.r > r[i].length$  then
```

```

20         fitness ← 2:
21     else if s.w > r[i].width and s.r = r[i].length then
22         fitness ← 1:
23     else if s.w > r[i].width and s.h ≥ r[i].length then
24         fitness ← 0:
25     else
26         fitness ← -1:
27 return fitness:

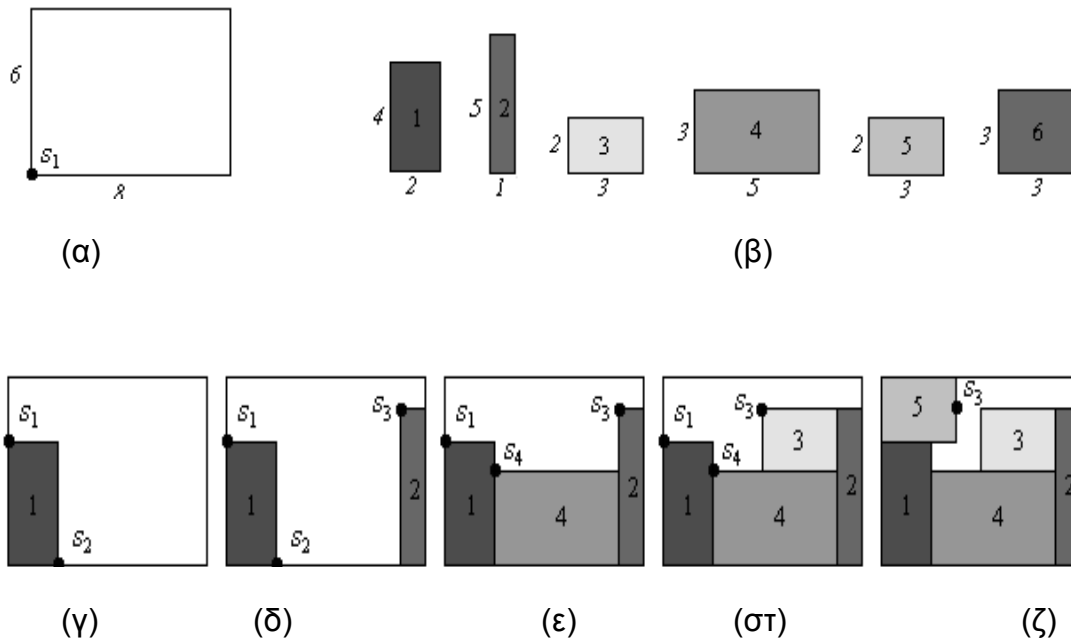
```

Βασισμένοι στη συμβατότητα  $(i,s)$ , το μέγεθος της καταλληλότητας του κάθε προς συσκευασία ορθογωνίου, μπορεί να υπολογιστεί για το δεδομένο χώρο  $s$ . Αυτό επιτρέπει στον αλγόριθμο να υπολογίσει το ποιο θα είναι το επόμενο ορθογώνιο που θα συσκευαστεί και σε ποιά ακριβώς θέση θα τοποθετηθεί.

Για να γίνει πιο αντιληπτή η λειτουργία του αλγόριθμου, δίνεται ένας χώρος αποθήκευσης σχήματος ορθογωνίου ( $L=6, W=8$ ), όπως φαίνεται στο Σχήμα 4α και μια ακολουθία ορθογωνίων  $X=[1,2,3,4,5,6]$  που θα συσκευαστούν στο χώρο αυτό (Σχήμα 4β). Αρχικά, η καταλληλότητα του κάθε ορθογωνίου είναι 0, οπότε το πρώτο ορθογώνιο 1 της ακολουθίας  $X$  (με  $S=[s_1]$ ) επιλέγεται να τοποθετηθεί στον αποθηκευτικό χώρο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4γ. Η μεταβλητή  $S$  ενημερώνεται, δηλαδή  $S=[s_1, s_2]$ , όπου ο χαμηλότερος ακρινός χώρος από τ' αριστερά είναι ο  $s_2$ . Η συμβατότητα με το χώρο των ορθογωνίων 2,3,4,5, και 6 εξακολουθεί να είναι 0. Έτσι, το επόμενο ορθογώνιο που επιλέγεται να τοποθετηθεί, είναι το ορθογώνιο 2. Επειδή,  $s_{2,r} > s_{2,l}$ , το ορθογώνιο 2, συσκευάζεται όπως φαίνεται στο Σχήμα 4δ. Η μεταβλητή  $S$  ενημερώνεται ξανά, δηλαδή  $S=[s_1, s_2, s_3]$  και ο χαμηλότερος ακρινός χώρος από τ' αριστερά είναι και πάλι ο  $s_2$ . Η καταλληλότητα του ασυσκευάστου ορθογωνίου 4 είναι 2, ενώ εκείνη των ορθογωνίων 3, 5, και 6 είναι ακόμη 0. Έτσι, το ορθογώνιο 4 επιλέγεται και συσκευάζεται, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4ε. Η  $S$  είναι ενημερώνεται, δηλαδή

$S=[s_1, s_2, s_3]$  . Τώρα ο χαμηλότερος ακρινός χώρος από τ' αριστερά είναι ο  $s_4$ . Η καταλληλότητα των ασυσκευάστων ορθογωνίων 3 και 5 είναι 1, ενώ εκείνη του ορθογωνίου 6 είναι 0. Τα ορθογώνια 3 και 5 έχουν την ίδια μέγιστη συμβατότητα. Ως εκ τούτου, ο αλγόριθμος επιλέγει ένα από τα δύο ορθογώνια ως το επόμενο προς συσκευασία, με βάση τη σειρά προτεραιότητας Έτσι το ορθογώνιο 3 είναι το επόμενο που θα συσκευαστεί, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4στ. Ομοίως, το ορθογώνιο 5 συσκευάζεται στη συνέχεια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4ζ. Η  $S$  ενημερώνεται, δηλαδή,  $S=[s_3]$  . Το ορθογώνιο 6 δεν μπορεί να συσκευαστεί στο χώρο  $s_3$ , οπότε η  $S$  ενημερώνεται ως κενή και ο αλγόριθμος σταματά. Η σπατάλη χώρου ορίζεται ως:

$$\text{trim loss} = \frac{6 \times 8 - (4 \times 2 + 5 \times 1 + 3 \times 5 + 2 \times 3 + 2 \times 3)}{6 \times 8} = 0.1667$$



Σχήμα 4: Παράδειγμα λειτουργίας του αλγόριθμου

### 3.2.3 Εφαρμογή των logistics σε προβλήματα συσκευασίας τριών διαστάσεων

Η συσκευασία ορθογώνιων κιβωτίων ή χαρτοκιβωτίων σε περιέκτες είναι μια κοινή και βασική δραστηριότητα όσον αφορά το χειρισμό υλικών στις βιομηχανίες παραγωγής και διανομής. Τα εμπορεύματα, συσκευάζονται γενικά σε κιβώτια ή χαρτοκιβώτια, τα οποία στη συνέχεια αποθηκεύονται σε μεγαλύτερους περιέκτες ώστε να γίνει η μεταφορά και η διανομή τους. Τα τρισδιάστατα προβλήματα συσκευασίας μπορεί να παρουσιαστούν σε διάφορες βιομηχανικές διεργασίες [21]. Για παράδειγμα, οι τάσεις σμίκρυνσης των συσκευασιών έχουν αυξήσει την ανάγκη να τοποθετούνται τα κιβώτια στους περιέκτες με υψηλή πυκνότητα και καταλαμβάνοντας όσο το δυνατόν μικρότερο χώρο. Το πρόβλημα συσκευασίας γίνεται εντονότερο, όταν οι περιέκτες είναι διαφορετικού μεγέθους.

Σε γενικές γραμμές, τα προβλήματα συσκευασίας είναι πολλά και περίπλοκα. Το βάρος, ο όγκος και τα υλικά χαρακτηριστικά εντείνουν τα εν λόγω προβλήματα. Εδώ, ο όρος "χαρακτηριστικά" μπορεί να περιλαμβάνει κάποιους κανόνες της γενικής πολιτικής των logistics, όπως είναι ο ορισμός της πάνω κορυφής των κουτιών, ή το αν τα χάρτινα κουτιά θα πρέπει να είναι διαχωρισμένα μεταξύ τους, ή απομονωμένα σε περίπτωση που περιέχουν κάποιο επικίνδυνο φορτίο, όπως για παράδειγμα εύφλεκτο υλικό. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η σειρά φόρτωσης και η θέση που καταλαμβάνουν τα συσκευασμένα προϊόντα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Για παράδειγμα, με μια καλή σειρά φόρτωσης μπορεί ν' αποφευχθεί η τοποθέτηση βαρέων κουτιών πάνω από εύθραυστα. Η Φόρτωση μπορεί επίσης να παρεμποδίζεται από την αλληλουχία του εφοδιασμού με χάρτινα κουτιά, σε περιπτώσεις όπως είναι η φόρτωση εμπορευμάτων στο αμπάρι του πλοίου που γίνεται στο λιμάνι. Η διαδικασία αυτή μπορεί να περιγραφεί σαν ένα " on-line" σενάριο συσκευασίας όπου ο αλγόριθμος έχει γνώση μόνο ενός υποσυνόλου των κουτιών που πρέπει να φορτωθούν, μέχρι κάποια συσκευριμένη στιγμή. Προφανώς, σε τέτοιες περιπτώσεις συμβαίνει σπατάλη χώρου.

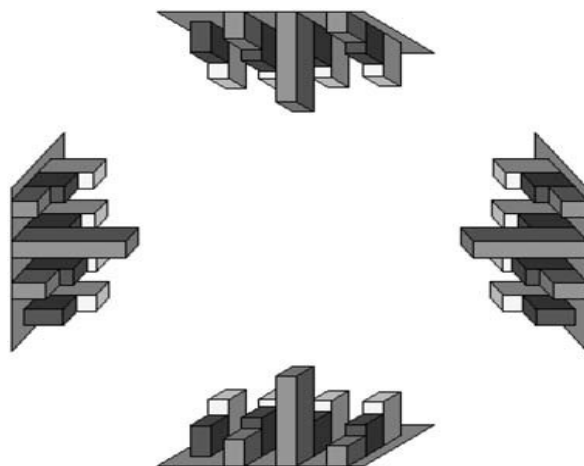


Το τρισδιάστατο πρόβλημα συσκευασίας κιβωτίων (3D-CPP) είναι μια γενίκευση των ενός και δύο διαστάσεων προβλημάτων συσκευασίας των κιβωτίων. Ωστόσο, οι ψευδο-πολυωνυμικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται στο πρόβλημα συσκευασίας μιας διάστασης, δε δίνουν λύση στο 3D-CPP όπως είναι γνωστό από την υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Για να γίνει αντιληπτό το τρισδιάστατο πρόβλημα συσκευασίας ακολουθεί ένας αλγόριθμος που επιλύει το πρόβλημα αυτό [21]. Πριν όμως δοθεί ο αλγόριθμος, παρατίθενται δύο βήματα κλειδιά της δημιουργίας του. Αυτά είναι το βήμα αρχικοποίησης και το βήμα συσκευασίας.

### 3.2.3.1 Το βήμα της αρχικοποίησης

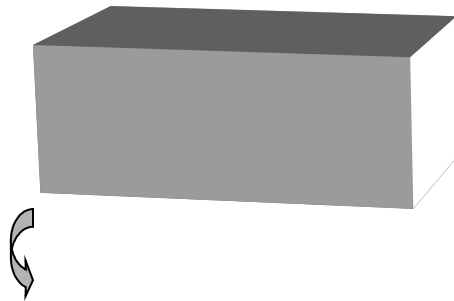
Το βήμα αρχικοποίησης, αποτελείται από έναν αριθμό σημαντικών σταδίων. Το πρώτο στάδιο αφορά στην επιλογή των τοιχωμάτων του χώρου αποθήκευσης, ώστε να οριστεί ο διατεθειμένος προς συσκευασία χώρος και να ξεκινήσει η συσκευασία των επιμέρους κουτιών στον περιέκτη (που μπορεί να είναι κάποιο χαρτοκιβώτιο ή δοχείο κλπ). Υπάρχουν έξι τοιχώματα σ' έναν περιέκτη: το κάτω, το άνω, το αριστερό, το δεξί, το κοντινό και το μακρινό. Το σύστημα σύνδεσης του κάθε τοιχώματος με τα γειτονικά του είναι διαφορετικό (σχήμα 5) και αφού υπάρχουν έξι τοιχώματα, υπάρχουν  $2^6 - 1 = 63$  πιθανοί συνδιασμοί σύνδεσης των τοιχωμάτων για το σχηματισμό του περιέκτη.



Σχήμα 5: Πολύπλευρη απεικόνιση των τοιχωμάτων του περιέκτη

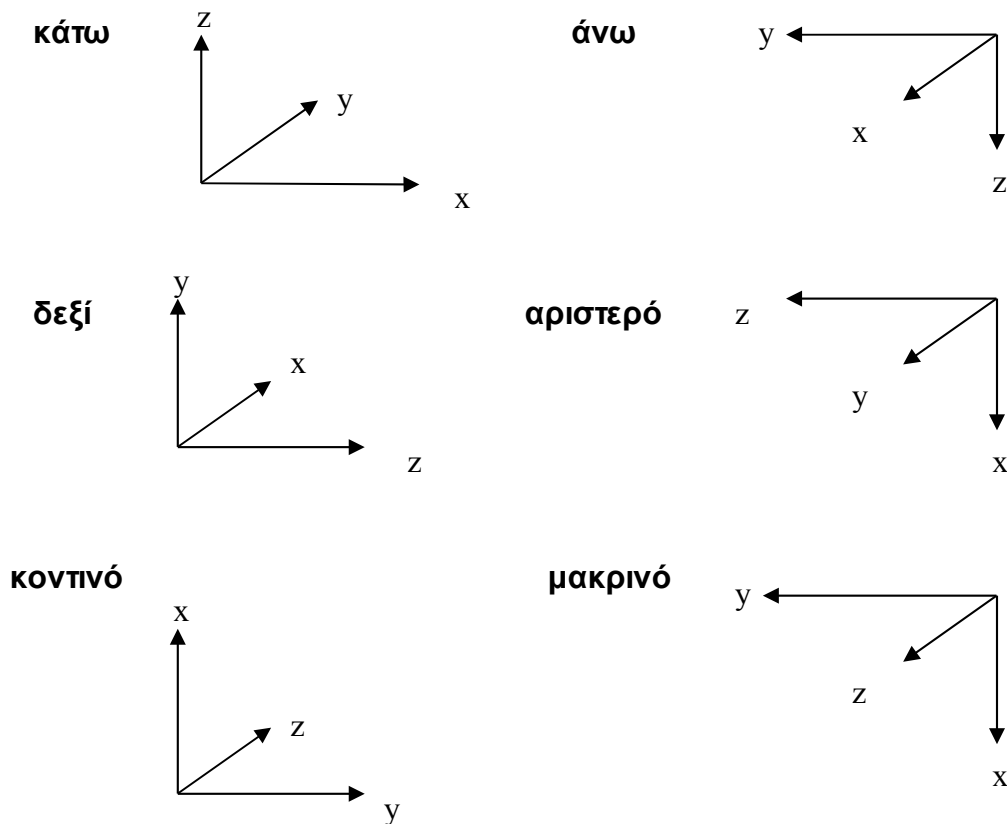
Κάθε τοίχωμα που έχει επιλεγεί για το σχηματισμό του περιέκτη, διαθέτει έναν κενό χώρο, ο οποίος περιλαμβάνει μία σειρά 3D χώρων σχήματος ορθογωνίου, που αντιπροσωπεύουν το διαθέσιμο κενό χώρο στον περιέκτη. Με τον όρο «κενός χώρος», εννοούμε το χώρο μέσα στον περιέκτη, που δεν καταλαμβάνεται από οποιοδήποτε συσκευασμένο κιβώτιο. Σε κάθε περιέκτη που έχει εν μέρει συσκευαστεί, ο κενός χώρος για κάθε δύο τοίχους μπορεί να είναι πολύ διαφορετικός. Αυτό ισχύει, καθώς οι κενοί χώροι δημιουργούνται από κάθε τοίχωμα που έχει επιλεγεί ως διαχωριστική επιφάνεια. Κάθε κενός χώρος έχει το δικό του σύστημα συντεταγμένων με τη δική του αρχή των αξόνων, όπως φαίνεται στο σχήμα 6β. Μεταξύ αυτών, το κάτω σύστημα συντεταγμένων χρησιμοποιείται ως κανονικό σύστημα (Σχήμα 6α).

Το **άνω**, το **αριστερό** και το **μακρινό** τοίχωμα χρησιμοποιούν το σημείο αυτό ως αρχή του συστήματος αξόνων  $x,y,z$



Το **κάτω**, το **δεξί** και το **κοντινό** τοίχωμα χρησιμοποιούν το σημείο αυτό ως αρχή του συστήματος αξόνων  $x,y,z$

Σχήμα 6α: Τα βασικά συστήματα αξόνων των τοιχωμάτων του περιέκτη



**Σχήμα 6β: Το σύστημα αξόνων των τοιχωμάτων του περιέκτη από διάφορες όψεις**

Το δεύτερο βήμα είναι να υπολογιστεί το πως θα καταληφθούν οι κενοί χώροι κάθε τοιχώματος από τα προϊόντα που πρόκειται να συσκευαστούν στον περιέκτη. Αρχικά, καθώς ο περιέκτης είναι άδειος, ο κενός χώρος από την πρόσοψη ενός τοιχώματος είναι ο τρισδιάστατος ορθογώνιος χώρος που εκπροσωπεί τον ίδιο τον περιέκτη. Όταν ένα κιβώτιο τοποθετείται σε έναν τρισδιάστατο ορθογώνιο κενό χώρο, τότε ο υπόλοιπος κενός χώρος μπορεί να παρασταθεί με τρεις τουλάχιστον μικρότερους τρισδιάστατους ορθογώνιους χώρους. Υπάρχουν έξι διαφορετικοί τρόποι, με τους οποίους μπορούν να σχηματιστούν οι τρεις αυτοί χώροι. Οι έξι τρόποι μπορεί να αλληλεπιδράσουν παροδικά, καθώς χρησιμοποιούνται συγχρόνως τα έξι διαφορετικά τοιχώματα και καταλαμβάνονται οι τρισδιάστατοι ορθογώνιοι χώροι ακολουθώντας μια πορεία

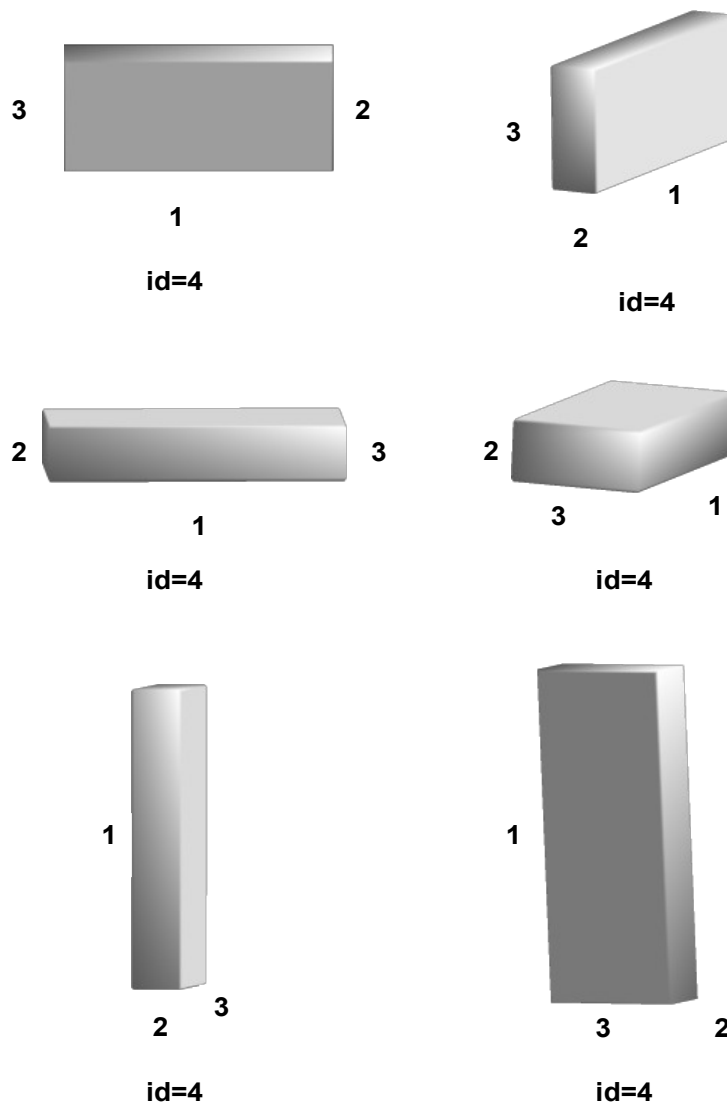
σχήματος λαιμητόμου, ξεκινώντας από τον άξονα x, ακολουθούμενο από τον άξονα y και στη συνέχεια από τον άξονα z.

Το τελευταίο βήμα της διαδικασίας αρχικοποίησης είναι να διαταχθούν τα κουτιά με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Κάθε κουτί b έχει τρία χαρακτηριστικά: το μήκος, το πλάτος και το ύψος. Το μήκος μετράται κατά μήκος του άξονα x, το πλάτος κατά μήκος του άξονα y και το ύψος κατά μήκος του άξονα z. Η περιοχή που περικλείεται από το μήκος και το πλάτος ονομάζεται βασική περιοχή του κουτιού και περιγράφεται από τη συνάρτηση *Basearea* (b).

Σε κάθε κουτί αντιστοιχεί ένας μοναδικός αριθμός (id). Ωστόσο, υπάρχουν έξι πιθανές κατευθύνσεις για κάθε κουτί (Σχήμα 7. και Πίνακας 7). Μπορούμε να πούμε ότι δύο κουτιά είναι του ίδιου τύπου, εφόσον έχουν το ίδιο μήκος, πλάτος και ύψος. Ο ακριβής αριθμός των κουτιών δεδομένων διαστάσεων και με συγκεκριμένο προσανατολισμό που είναι διαθέσιμα, μπορεί να υπολογιστεί με βάση τις διαστάσεις του κάθε κουτιού και τους περιορισμούς που πιθανώς υπάρχουν για κάποιες κατευθύνσεις.

Πίνακας 7: Τα χαρακτηριστικά των κουτιών του σχήματος 7

Παράμετρος	Κουτί 1	Κουτί 2	Κουτί 3	Κουτί 4	Κουτί 5	Κουτί 6
id	4	4	4	4	4	4
Μήκος	1	2	1	2	2	3
Πλάτος	2	1	3	3	3	2
Ύψος	3	3	2	1	1	1



Σχήμα 7: Έξι κατευθύνσεις για το κουτί με id=4

Εαν δίνονται δύο κουτιά  $a$  και  $b$  προτείνεται μια σχετική προτεραιότητα, με βάση τους ακόλουθους τύπους:

$$Pr(a, b) = \alpha \left( \frac{\text{Όγκος}(a)}{\text{Όγκος}(b)} - \frac{\text{Όγκος}(b)}{\text{Όγκος}(a)} \right) + \beta \left( \frac{\text{Basearea}(a)}{\text{Basearea}(b)} - \frac{\text{Basearea}(b)}{\text{Basearea}(a)} \right)$$

Αν  $Pr(a, b) \geq 0$ , το κουτί  $a$  έχει υψηλότερη προτεραιότητα από το κουτί  $b$ , αλλιώς το κουτί  $b$  έχει υψηλότερη προτεραιότητα από το κουτί  $a$ . Οι παράμετροι  $\alpha$

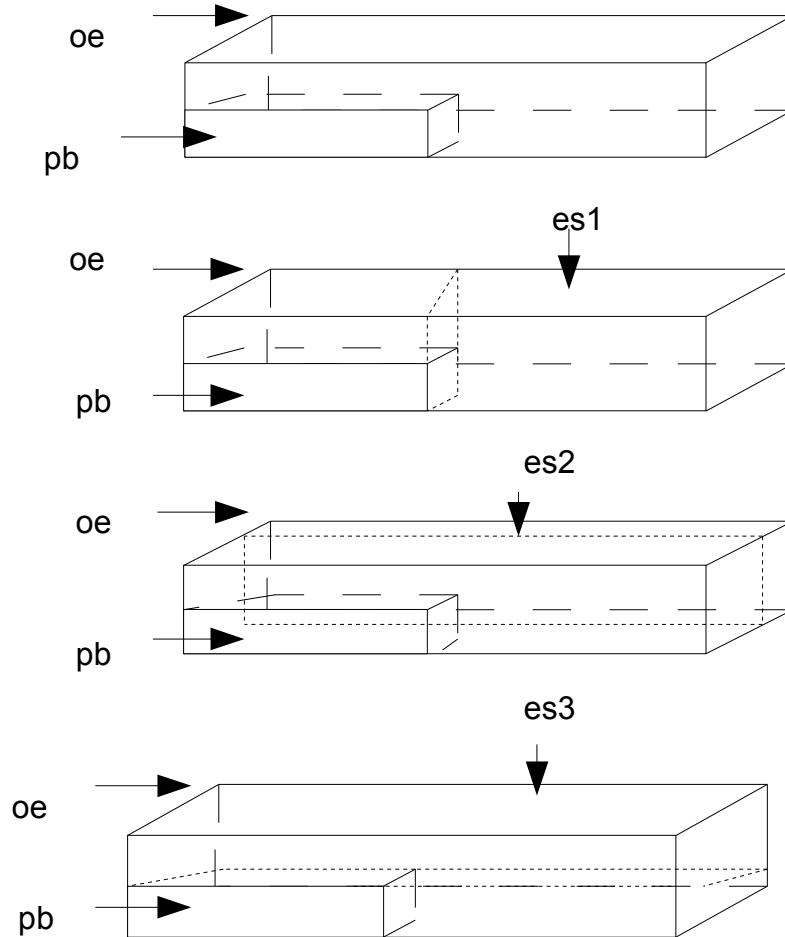
και  $\beta$ , αντιπροσωπεύουν τις σχετικές προτεραιότητες για τον όγκο των κουτιών  $a$  και  $b$  και τη βασική περιοχή ανάμεσα στα κουτιά αντίστοιχα. Οι παράμετροι αυτές υπολογίζονται πειραματικά και από τους υπολογισμούς αυτούς, έχει προκύψει ότι δίνεται προτεραιότητα σε κουτιά με μεγάλο όγκο ή σε κουτιά που έχουν μία μεγάλη πλευρά, δηλαδή σε κουτιά που είναι δυσκολότερο να συσκευαστούν.

### 3.2.3.2 Το βήμα της συσκευασίας

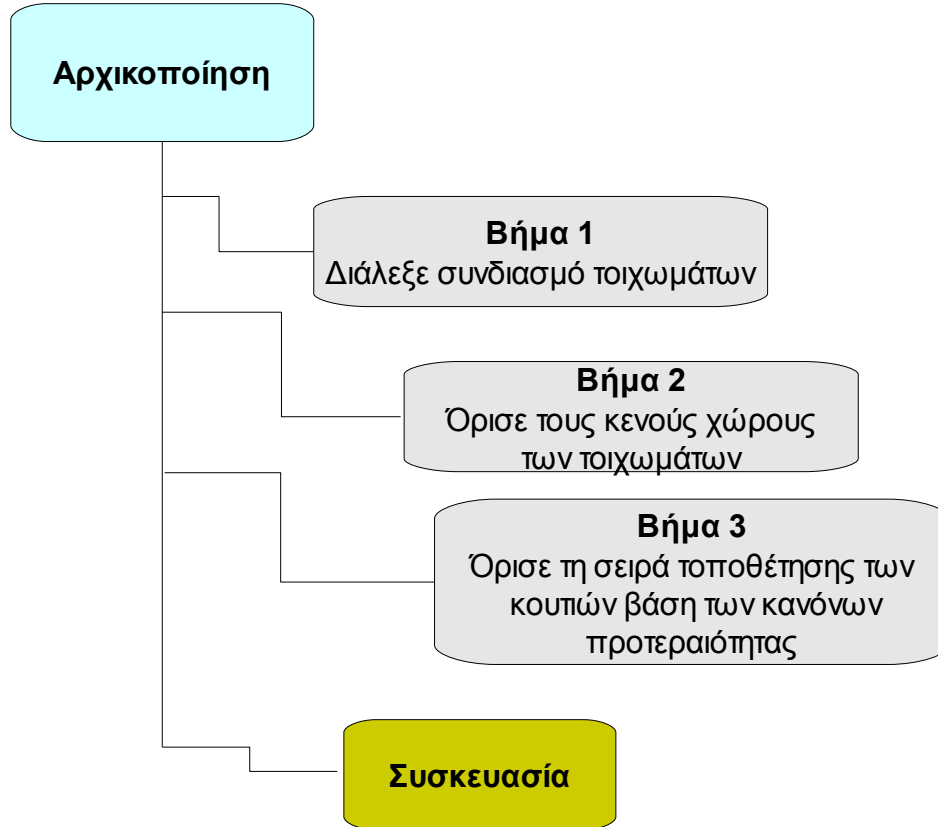
Ο αλγόριθμος θα επιλέξει αρχικά ένα μικρό σύνολο κουτιών  $S$ , με βάση την προτεραιότητα που εξηγήθηκε προηγουμένως. Για κάθε διαθέσιμη κατεύθυνση  $r$ , των κουτιών  $b \in S$  και των τρισδιάστατων ορθογώνιων κενών χώρων  $e$ , αν το  $b_r$  (δηλαδή το κουτί  $b$  με κατεύθυνση  $r$ ) μπορεί να τοποθετηθεί στον  $e$ , υπολογίζεται η τιμή  $AO(br, e) = Basearea(br) / Basearea(e)$ , που εκφράζει την καταλληλότητα κατάληψης του κενού χώρου από το κουτί. Το κουτί που θα επιλεγεί να συσκευαστεί πρώτο, είναι εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή  $AO(br, e)$ .

Ας συμβολίσουμε με  $\gamma$ , την παράμετρο αφετηρίας ελέγχου, της καταλληλότητας της βασικής περιοχής. Αν  $AO(br, e) \geq \gamma$ , θα τοποθετηθεί το κουτί  $b_r$  στο χώρο  $e$ . Αν  $AO(br, e) < \gamma$ , σημαίνει ότι το κουτί  $b_r$  δεν είναι το κατάλληλο για το χώρο  $e$ . Στην περίπτωση αυτή, υπολογίζουμε τις ακόλουθες τιμές:  $t$ =συνολικός όγκος των κουτιών που απομένουν, εξαιρουμένων εκείνων που ανήκουν στο σύνολο  $S$ ,  $t_p$ =συνολικός όγκος των κουτιών που έχουν συσκευαστεί στον περιέκτη και  $tr = t + t_p / V_c$ , όπου  $V_c$  ο όγκος του περιέκτη. Αν  $tr \geq \delta$  αφαιρούμε το σύνολο  $S$  από τη λίστα των κουτιών, αλλιώς τοποθετούμε το κουτί  $b_r$  στο χώρο  $e$ , όπου το  $\delta$  αντιπροσωπεύει το κατώτατο όριο για το οποίο μπορούμε να παραβλέψουμε το γεγονός ότι το  $b_r$  δεν ταιριάζει απόλυτα στο χώρο  $e$ . Στην περίπτωση που τοποθετηθεί το κουτί  $b_r$  στον  $e$ , συμβολίζεται πλέον με  $pb$  (packed box=συσσκευασμένο κιβώτιο) και ο χώρος  $e$  συμβολίζεται με  $oe$ . (occupied empty=κενός χώρος που καταλήφθηκε).

Μετά την τοποθέτηση ενός κουτιού, το αρχικό σύνολο των μη κατειλημμένων χώρων, τροποποιείται από το πρόσφατα τοποθετημένο κουτί pb. Στα σχήματα.8 και 9 που ακολουθούν, δίνονται αντίστοιχα ένα παράδειγμα του πως ο κενός χώρος σε ενημερώνεται με την απομάκρυνσή του από το σύνολο των κενών χώρων του τοιχώματος στο οποίο ανήκει και ο αλγόριθμος που ακολουθείται για τη διαδικασία αυτή.



Σχήμα 8: Ενημέρωση του κενού χώρου oe όπου τοποθετήθηκε το κουτί pb



Σχήμα 9: Τα βήματα του αλγόριθμου.

Οι παράμετροι  $es_1$ ,  $es_2$ , και  $es_3$  (όπου  $es$ :empty space=κενός χώρος), χρησιμοποιούνται για να συμβολίσουν τους νέους κενούς χώρους, όπως αυτοί διαμορφώνονται μετά την τοποθέτηση ενός κουτιού  $pb$ . Επίσης, το κουτί  $pb$  μπορεί να επηρεάσει όχι μόνο τον κενό χώρο  $oe$  τον οποίο καταλαμβάνει, αλλά και τους γύρω κενούς χώρους  $oe$ . Αυτό συμβαίνει γιατί, στην αναπαράσταση της διαδικασίας της συσκευασίας, οι άδειοι χώροι μπορεί να επικαλύπτονται.

Το επόμενο σημαντικό βήμα είναι η ενημέρωση όλων των κενών χώρων  $e$ , μετά την τοποθέτηση ενός κουτιού στον περιέκτη. Υπάρχουν δέκα πιθανές περιπτώσεις στις οποίες το κουτί  $pb$  τέμνει το χώρο  $e$ .



Εν' κατακλείδη, μπορούμε από τη θεωρητική και μαθηματική προσέγγιση των logistics να συμπεράνουμε ότι η εφαρμογή τους στη βιομηχανική ανάπτυξη είναι καθοριστικής σημασίας. Κάποια από τα σημαντικότερα οφέλη που μπορούν να επιφέρουν, είναι η εξοικονόμηση χώρου στους αποθηκευτικούς χώρους όπου τοποθετούνται οι συσκευασίες, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα μεταφοράς μεγαλύτερου όγκου φορτίου κάθε φορά, άρα εξοικονομείται χρόνος και χρήμα.

Επίσης η εφαρμογή των logistics δίνει τη δυνατότητα να γνωρίζει κανείς ανά πάσα στιγμή ποιά ακριβώς συσκευασία βρίσκεται σε ποιά ακριβώς θέση, εξασφαλίζοντας έτσι την ασφάλεια των ευαίσθητων συσκευασιών κατά τις φορτώσεις και εκφορτώσεις των προϊόντων.

Ωστόσο, η χρήση τέτοιου είδους προγραμμάτων είναι αρκετά περίπλοκη, καθώς δεν είναι όλες οι συσκευασίες ίδιες, αλλά ποικίλουν ανάλογα με τις ανάγκες και τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε προϊόντος. Για το λόγο αυτό απαιτούνται πολλές ώρες εργασίας από τον προγραμματιστή που κοστίζουν στην εταιρία, αλλά αν ξεπεραστούν τα προβλήματα αυτά, η ύπαρξη τμημάτων logistics σε όλες τις βιομηχανικές μονάδες θα αποτελεί ένα καινοτόμο βήμα άριστης οργάνωσης και εύρυθμης λειτουργίας τους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://en.wikipedia.org/wiki/Logistics>
2. Valentin Robu, Han Noot, Han La Poutré, Willem-Jan van Schijndel, A multi-agent platform for auction-based allocation of loads in transportation logistics, *Expert Systems with Applications*, **38**, **2011**, 3483–3491
3. Paine F., Fundamentals of Packaging. Brookside, *Press*: Leicester, UK, **1981**.
4. Saghir M., A platform for packaging logistics development – a systems approach, *Doctoral thesis, Division of Packaging Logistics*, Lund University, Sweden, **2004**.
5. Rod S., Packaging as a retail marketing tool, *Int. J.Phys. Distrib. Logist. Manag.*, **20**, **1990**, 29–31.
6. Lambert DM, Stock JR, Ellram LM., Fundamentals of Logistics Management, *McGraw-Hill*, Singapore, **1998**.
7. Γιαννάτος Γ., Ανδριανόπουλος Σ., Logistics: Μεταφορές-Διανομή, Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα, **1999**, 82-90.

8. Binzhou Xia, Zhiyi Tan, Tighter bounds of the First Fit algorithm for the bin-packing problem, *Discrete Applied Mathematics*, 158, **2010**, 1668-1675
9. Coffman E.G, Garey M.R., Johnson D.S., Approximation algorithm for bin packing a survey in Hochbaum (Ed), *Approximation Algorithms for NP-Hard Problems*, *PWS Publishing*, 46, **1997**, 93.
10. Johnson D.S., Near-optimal bin packing algorithms, *Doctoral Thesis*, MIT, Cambridge, MA, **1973**.
11. Johnson D.S, Demers A., Ullman J.D., Garey M.R., Graham R.L., Worst-case performance bounds for simple one-dimensional packing algorithms, SIAM, *Journal on Computing*, 3, **1974**, 299-325.
12. Baker B.S, A new proof for the first-fit decreasing bin-packing algorithm, *Journal of Algorithms*, 6, **1985**, 49-70.
13. Yue M., A simple proof of the inequality  $FFD(L) \leq 11/9 OPT(L) + \psi L$ , for the FFD bin-packing algorithm, *Acta Mathematicae Applicatae Sinica*, 7, **1991**, 321-331
14. Dósa G., The tight bound of first fit decreasing bin-packing algorithm is  $FFD(L) \leq 11/9 OPT(L) + 6/9$ , *Lecture Notes in Computer Science*, 4614, **2007**, 1-11.

15. Simchi-Levi D., New worst-case results for the bin-packing problem, *Naval Research Logistics*, 41, **1994**, 579-585.
16. Garey M.R., Johnson D.S., Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness, *Freeman*, San Francisco, **1978**.
17. Ullman J.D., The performance of a memory allocation algorithm, *Technical Report 100*, Princeton University, Princeton, NJ, **1971**.
18. Garey M.R., Graham R.L., Johnson D.S., A.C.C. Yao, Resource constrained scheduling as generalized bin packing, *Journal of Combinatorial Theory*, 21, **1976**, 257-298.
19. Kevin J. Binkley, Masafumi Hagiwara, Applying self –adaptive evolutionary algorithms to two dimensional packing problems using a four corner’s heuristic, *European Journal of Operational Research*, 183, **2007**, 1230–1248
20. Stephen C. H. Leung, Defu Zhang, Changle Zhou, Tao Wu, A hybrid simulated annealing metaheuristic algorithm for the two-dimensional knapsack packing problem, *Computers & Operations Research*, Ed. Stefan Nickel, **2010**.
21. Lima A., Rodrigues B., Wang Y., A multi-faced buildup algorithm for three-dimensional packing problems, *Omega*, 31, **2003**, 471–481.