



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ
ΜΕΘΟΔΟΥ PROMETHEE**

ΦΟΥΣΕΚΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΕΠΟΠΤΗΣ: ΜΠΑΛΛΗΣ Α. ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΘΗΝΑ - ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2006

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθειά τους στη διεκπεραίωση της διπλωματικής μου εργασίας τους :

- κ. Α. Μπαλλή, Επίκουρο καθηγητή Ε.Μ.Π., επόπτη της διπλωματικής εργασίας,
- κ. Σακελλαράκη Μιχαήλ και κ. Φουσέκα Γεώργιο, Πολιτικούς μηχανικούς Ε.Μ.Π.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την μεγάλη στήριξη που μου παρείχε.

Σύνοψη

Τίτλος: Μέθοδοι σχεδιασμού εμπορευματικών κέντρων με εφαρμογή της μεθόδου PROMETHEE

Όνομα: Φουσέκας Αναστάσιος

Επόπτης: Μπαλλής Α., Επίκουρος Καθηγητής

Νοέμβριος 2006

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται εφαρμογή μίας εκ των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων (μέθοδος PROMETHEE) στο πρόβλημα του σχεδιασμού εμπορευματικού κέντρου. Παρουσιάζεται η ιστορική εξέλιξη, η αναγκαιότητα των εμπορευματικών κέντρων τα, πλεονεκτήματα και οι στόχοι της δημιουργίας τους. Ακόμα περιγράφονται οι βασικές λειτουργίες καθώς και οι κυριότεροι μέθοδοι σχεδιασμού αυτών. Επίσης περιλαμβάνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση των σχετικών εργασιών και διατυπώνεται μια βελτιωμένη μέθοδος σχεδιασμού εμπορευματικού κέντρου. Προτείνονται σχεδιαστικές λύσεις οι οποίες βαθμολογούνται με την βοήθεια της προτεινόμενης μεθόδου και ιεραρχούνται με την βοήθεια του προγράμματος Decision Lab 2000.

Λέξεις κλειδιά: PROMETHEE, εμπορευματικά κέντρα, εμπορευματικές αποθήκες

Abstract

Article: Freight village layout with application of PROMETHEE method

Name: Fousekas Anastasios

Supervisor: Ballis Athanasios, Assistant Professor

November 2006

The present thesis describes a multicriteria decision analysis (PROMETHEE method) in the problem of freight village layout planning. The historical development, the necessity of the freight villages, the advantages and the objectives of their creation presents. The descriptions of the basic operations as well as the main methods of layout planning present. Also includes the literature review of the relative work and formulate an improved method of the freight village layout planning. Design solutions propose and grade with the proposed method and listed by the Decision Lab 2000 program.

Keywords: PROMETHEE, freight village, warehouses

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται εφαρμογή μιας εκ των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων (μέθοδος PROMETHEE) στο πρόβλημα του σχεδιασμού εμπορευματικού κέντρου.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ιστορική εξέλιξη και η αναγκαιότητα των εμπορευματικών κέντρων. Στη συνέχεια εξετάζονται τα πλεονεκτήματα και οι στόχοι της δημιουργίας των κέντρων. Ακολουθεί συνοπτικά ο σκοπός και η διάρθρωση της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι βασικές λειτουργίες, τα γενικά χαρακτηριστικά και οι επιμέρους εγκαταστάσεις των εμπορευματικών κέντρων καθώς και οι κυριότερες μέθοδοι σχεδιασμού αυτών. Ακόμα αναλύονται ο σχεδιασμός και η λειτουργία των εμπορευματικών αποθηκών. Πιο συγκεκριμένα αναφέρονται οι κατηγορίες και τα στοιχεία μιας τυπικής εμπορευματικής αποθήκης καθώς και οι βασικές της λειτουργίες με ειδική αναφορά στη δυνατότητα απευθείας διαλογής και μεταφόρτωσης εμπορευμάτων από τις παραλαβές στις αποστολές. Επίσης γίνεται αναφορά στη διαμόρφωση των εξωτερικών χώρων των αποθηκών.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων, ορίζονται τα κατώφλια αδιαφορίας και προτίμησης και εκτιμώνται οι συντελεστές βαρύτητας. Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή μιας εκ των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων της μεθόδου PROMETHEE.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την βιβλιογραφική ανασκόπηση των σχετικών εργασιών, διατυπώνεται μια βελτιωμένη μέθοδος σχεδιασμού εμπορευματικού κέντρου και γίνεται εφαρμογή της στο σχεδιασμό του εμπορευματικού κέντρου στο Θριάσιο. Περιγράφεται η περιοχή του Θριασίου και δίνονται οι γενικές κατευθύνσεις και περιορισμοί του σχεδιασμού του εμπορευματικού κέντρου και οι πιθανές σχεδιαστικές λύσεις. Οι λύσεις αυτές βαθμολογούνται με την βοήθεια της προτεινόμενης μεθόδου και ιεραρχούνται με τη βοήθεια του προγράμματος Decision Lab 2000.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παραθέτονται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Εμπορευματικά Κέντρα: Αναγκαιότητα και Ιστορική Εξέλιξη.....	1
1.2 Πλεονεκτήματα, Στόχοι Εμπορευματικών Κέντρων	3
1.3 Σκοπός και Διάρθρωση της Εργασίας.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ	6
2.1 Βασικές Λειτουργίες, Γενικά Χαρακτηριστικά, Επιμέρους Εγκαταστάσεις Εμπορευματικού Κέντρου	6
2.2 Μέθοδοι Σχεδιασμού Εμπορευματικών Κέντρων	8
2.3 Σχεδιασμός και Λειτουργία Εμπορευματικών Αποθηκών	11
2.3.1 Κατηγορίες και Στοιχεία της Εμπορευματικής Αποθήκης	11
2.3.2 Βασικές Λειτουργίες Τυπικής Εμπορευματικής Αποθήκης.....	12
2.3.3 Η Λειτουργία Cross-Docking στις Εμπορευματικές Αποθήκες	14
2.3.4 Διαμόρφωση Εξωτερικών Χώρων Εμπορευματικών Αποθηκών	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ - Η ΜΕΘΟΔΟΣ PROMETHEE -.....	19
3.1 Μέθοδοι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων	19
3.2 Κατώφλια Αδιαφορίας και Προτίμησης.....	21
3.3 Εκτίμηση Συντελεστών Βαρύτητας	23
3.4 Η Μέθοδος PROMETHEE	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ PROMETHEE ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΣΤΟ ΘΡΙΑΣΙΟ.....	34
4.1 Συνοπτική Περιγραφή του Εμπορευματικού Κέντρου.....	34
4.1.1 Η Περιοχή του Θριάσιου	34
4.1.2 Γενικές Κατευθύνσεις και Περιορισμοί στο Σχεδιασμό Εμπορευματικού Κέντρου στο Θριάσιο.....	35
4.1.3 Προταθείσες Λύσεις	38

4.2 Εφαρμογή της Μεθόδου PROMETHEE στο Θριάσιο	40
4.2.1 Μεθοδολογική Προσέγγιση	40
4.2.2 Ομάδα Κριτηρίων που Αφορούν στη Γενική Διάταξη του Εμπορευματικού Κέντρου	49
4.2.3 Ομάδα Κριτηρίων που Αφορούν στη Δυνατότητα Cross-Docking και Άμεσης Σιδηροδρομικής Πρόσβασης.....	52
4.2.4 Ομάδα Κριτηρίων που Αφορούν στις Κυκλοφοριακές Συνθήκες	59
4.2.5 Ομάδα Κριτηρίων που Αφορούν στο υψηλό κόστος ειδικών τεχνικών έργων.....	60
4.2.6 Αξιολόγηση Εναλλακτικών Λύσεων Σχεδιασμού με την Βοήθεια του Decision Lab 2000.	68
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	71
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	72
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ	78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εμπορευματικά Κέντρα: Αναγκαιότητα και Ιστορική Εξέλιξη

Με τον όρο εμπορευματικό κέντρο εννοούμε ένα ολοκληρωμένο σύνολο δομών, διαρθρωμένων υπηρεσιών και υποδομών διαφορετικών μέσων μεταφοράς, που ιδρύεται και λειτουργεί σε περιοχή, που επιτρέπονται δραστηριότητες για εξυπηρέτηση συνδυασμένων μεταφορών και υποχρεωτικά περιλαμβάνει ή συνδέεται με σιδηροδρομικό σταθμό ή λιμάνι ή αεροδρόμιο.[1]

Τα πρώτα εμπορευματικά κέντρα δημιουργήθηκαν στη Γαλλία. Στα τέλη της δεκαετίας του 1960, και τη δεκαετία του 1970, εμφανίστηκαν εμπορευματικά κέντρα και στην Ιταλία και στην Γερμανία [3]. Πολλοί όροι χρησιμοποιούνται για τέτοιες εγκαταστάσεις όπως logistics centers, centres logistiques de fret (στη Γαλλία), logistics park, interporto (στην Ιταλία). [2]

Οι βασικοί λόγοι που οδήγησαν στην δημιουργία των εμπορευματικών κέντρων είναι οι εξής:

- Η έλλειψη χώρων αποθήκευσης στις αστικές περιοχές,
- η ανάπτυξη του συστήματος των εμπορευματοκιβωτίων που μετά την χρησιμοποίησή τους στις θαλάσσιες μεταφορές, χρησιμοποιήθηκε και στις σιδηροδρομικές μεταφορές για την επικοινωνία των λιμανιών με την ενδοχώρα,
- τα κυκλοφοριακά προβλήματα που δημιουργούνταν από την κυκλοφορία των φορτηγών στις αστικές περιοχές [4].

Αργότερα κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980 και άλλοι επιπλέον λόγοι έγιναν σημαντικοί:

- Η περιορισμένη χωρητικότητα των θαλάσσιων λιμένων οδήγησε στην απαίτηση για την ανάπτυξη εξωτερικών εγκαταστάσεων αποθήκευσης (είτε στο περιβάλλον των λιμένων είτε στην ενδοχώρα),
- η σημαντική αύξηση της μεταφοράς εμπορευμάτων με το οδικό δίκτυο,
- οι πρωτοβουλίες των εθνικών σιδηροδρομικών οργανισμών για τον περιορισμό της μείωσης του μεριδίου αγοράς των μεταφορών με τρένο, με την προώθηση των συνδυασμένων μεταφορών [4].

Έτσι ως αποτέλεσμα τις δεκαετίες του 1980 και του 1990 παρατηρείτε αύξηση στον αριθμό των εμπορευματικών κέντρων στη Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Ολλανδία, Βέλγιο και Ηνωμένο Βασίλειο. [3]

Ένας επιπλέον λόγος που ενίσχυσε την δημιουργία των εμπορευματικών κέντρων μετά το 1980 έχει να κάνει με την ανάπτυξη των διευρωπαϊκών δικτύων, με την αυξανόμενη κυκλοφοριακή συμφόρηση σε σημαντικά μεταφορικά δίκτυα της Ευρώπης, και με την αλλαγή στις προτιμήσεις των πελατών με την εφαρμογή της αρχής “μη αποθεμάτων” (NO STOCK - JUST IN TIME), ως αποτέλεσμα του εντεινόμενου ανταγωνισμού λόγω παγκοσμιοποίησης. Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη, εφαρμογής σύγχρονων μεταφορικών μέσων και υποδομών, αύξησης του ρόλου των συνδυασμένων μεταφορών και προώθησης νέων μεθόδων διακίνησης και διαχείρισης των εμπορευμάτων. Οι ανάγκες αυτές βοήθησαν στην ανάπτυξη σύγχρονων εμπορευματικών κέντρων ή αλλιώς, εμπορευματικών χωριών (freight villages), όπου οι χρήστες και οι εμπλεκόμενοι με τις μεταφορές μπορούν να αναπτύξουν νέους τρόπους και μεθόδους διαχείρισης των εμπορευμάτων (Logistics) και να αξιοποιήσουν καλύτερα τις δυνατότητες διαφόρων μεταφορικών μέσων με σκοπό την βελτιστοποίηση των προσφερόμενων υπηρεσιών μεταφοράς και διανομής εμπορευμάτων σε ανταγωνιστικό κόστος. [11]

Θεωρείται αναγκαίο να διαχωρίσουμε τα εμπορευματικά κέντρα από τα λιμάνια, εμπορικούς σιδηροδρομικούς σταθμούς διαλογής εμπορευμάτων και άλλα παρόμοια κέντρα μεταφόρτωσης και υποδοχής φορτίων που θα μπορούσαμε να ονομάσουμε ως συμβατικά υποδοχής και μεταφόρτωσης (conventional transshipment terminals) που επιτελούν τελείως διαφορετικές λειτουργίες από αυτές των εμπορευματικών κέντρων. Βασικό σημείο διάκρισης των εμπορευματικών κέντρων είναι η εγκατάσταση εντός αυτών πολλών επιχειρήσεων (multi-firm commercial estates) και η ύπαρξη εντός του χώρου τους ενσωματωμένου σταθμού μεταφόρτωσης (terminal).[11]

Στην Ελλάδα τα εμπορευματικά κέντρα ιδρύονται και εγκαθίστανται σε εκτάσεις που προσδιορίζονται, σύμφωνα με τις κατευθύνσεις εγκεκριμένων ειδικών πλαισίων χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης ή περιφερειακών πλαισίων χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 2742/1999 (ΦΕΚ 207 Α) ή ρυθμιστικών σχεδίων σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 2 του Ν. 2508/1997 (ΦΕΚ124 Α). Τα εμπορευματικά κέντρα χωροθετούνται εκτός ζώνης προστασίας αρχαιολογικών χώρων, ιστορικών τόπων, τόπων ιδιαίτερου φυσικού κάλλους, παραδοσιακών οικισμών, λατομείων και λατομικών περιοχών και τηρούμενης πάντοτε της νομοθεσίας για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς και του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος.[1]

1.2 Πλεονεκτήματα, Στόχοι Εμπορευματικών Κέντρων

Τα πλεονεκτήματα της δημιουργίας εμπορευματικών κέντρων είναι:

- Το σχετικά μικρό κόστος των απαιτούμενων εκτάσεων, μιας και κατασκευάζονται στα προάστια μιας μεγάλης πόλης,
- η εύκολη πρόσβαση στα σιδηροδρομικά, οδικά, αεροπορικά και λιμενικά δίκτυα.
- η ύπαρξη κατάλληλης υποδομής όπως οι τηλεπικοινωνίες, τα συστήματα πυρόσβεσης και τα κέντρα υπηρεσίας ασφάλειας,
- η ύπαρξη υπηρεσιών όπως τράπεζες, ταχυδρομεία, υπηρεσίες ασφαλείας, κέντρα εξυπηρέτησης φορητών, εστιατόρια κ.α.,
- η θετική συμβολή τους στην αύξηση του ποσοστού των φιλικών προς το περιβάλλον μεταφορικών δικτύων (π.χ. σιδηροδρομικά και θαλάσσια μεταφορικά δίκτυα),
- η συμβολή τους στην βελτίωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης των παρακείμενων πόλεων,
- η προσέλκυση δραστηριοτήτων που έχουν εγκαταλειφθεί από μεταποιητικές επιχειρήσεις, όπως η διανομή, η τυποποίηση, το πακετάρισμα κ.α.[11]

Ο κύριος στόχος όλων εκείνων που λειτουργούν μέσα σε ένα εμπορευματικό κέντρο είναι να επιτευχθεί ένα υψηλό επίπεδο ποιότητας, που παράγει τα ακόλουθα αποτελέσματα στο σύστημα μεταφορών [2]:

- Βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας
- Βελτιστοποίηση της χρησιμοποίησης φορητών
- Βελτιστοποίηση της χρησιμοποίησης εμπορευματικών αποθηκών
- Βελτιστοποίηση της οργάνωσης εργατικού δυναμικού

όπως και

- Μια μείωση στα συνολικά έξοδα μεταφοράς
- Μια μείωση στις συνολικές βιομηχανικές δαπάνες
- Μια μείωση στις δαπάνες προσωπικού
- Μια αύξηση στο συνολικό κύκλο εργασιών των χειριστών των μεταφορών

Σύμφωνα με τη δημοσίευση της Europlatforms EEIG (2004) [2] η δημιουργία των εμπορευματικών κέντρων βασίζεται σε τρία σημαντικά στοιχεία:

- Προγραμματισμός του σχεδιασμού (Territorial planning alongside infrastructure rationalization),
- Ποιότητα μεταφορών (Transport quality),
- Ανάπτυξη της συνδυασμένης μεταφοράς (Intermodality development).

Κατά τον προγραμματισμό του σχεδιασμού η επιλογή της περιοχής που θα κατασκευαστεί το εμπορευματικό κέντρο, πρέπει να γίνεται με τρόπο που να προστατεύεται το περιβάλλον (μετακινώντας τη σχετικά βαριά κυκλοφορία από τις κατοικημένες περιοχές στο εμπορευματικό κέντρο) και παράλληλα να ικανοποιούνται οι ανάγκες των χειριστών του κέντρου.[2]

Τα υψηλά ποιοτικά πρότυπα υπηρεσιών αποτελούν κατά το δεύτερο στοιχείο μια από τις σημαντικότερες προϋποθέσεις για τη βελτίωση της απόδοσης του εμπορευματικού κέντρου και την αύξηση της ανταγωνιστικότητας, αφού η αύξηση του ανταγωνισμού μεταξύ όλων των τοπικών παραγωγικών περιοχών έχει αναγκάσει τις βιομηχανίες να αναζητούν αποδοτικότερες μεταφορές και μεθόδους μεταφορών.[2]

Η ανάπτυξη της συνδυασμένης μεταφοράς τέλος, έχει ως στόχο το εμπορευματικό κέντρο να συγκεντρώνει τη ροή εμπορευμάτων με διάφορους τρόπους μεταφοράς, όπως οι σιδηροδρομικές, οι οδικές και οι θαλάσσιες μεταφορές.[2]

1.3 Σκοπός και Διάρθρωση της Εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνάται το θέμα του σχεδιασμού εμπορευματικών κέντρων και εξετάζεται η χρήση της μεθόδου PROMETHEE στην επιλογή της βέλτιστης μεταξύ εναλλακτικών λύσεων.

Αρχικά παρουσιάζεται η ιστορική εξέλιξη των εμπορευματικών κέντρων και οι κυριότεροι λόγοι που οδήγησαν στην δημιουργία τους και εν συνεχεία αναφέρονται τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά τους.

Ακόλουθα περιγράφονται οι βασικές λειτουργίες, τα γενικά χαρακτηριστικά και οι επιμέρους εγκαταστάσεις των εμπορευματικών κέντρων καθώς και οι κυριότερες μέθοδοι σχεδιασμού αυτών. Ακόμα αναλύονται ο σχεδιασμός και η λειτουργία των εμπορευματικών αποθηκών.

Στη συνέχεια γίνεται εισαγωγή στις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων, ορίζονται τα κατώφλια αδιαφορίας και προτίμησης και εκτιμώνται οι συντελεστές βαρύτητας. Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή μιας εκ των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων της μεθόδου PROMETHEE.

Κατόπιν γίνεται εφαρμογή της μεθόδου στο σχεδιασμό εμπορευματικού κέντρου στο Θριάσιο, ύστερα από εύρεση αντίστοιχης εργασίας σε βιβλιογραφική ανασκόπηση που προηγήθηκε. Περιγράφεται ακόμα η προς μελέτη περιοχή, προσδιορίζονται τα κριτήρια σχεδιασμού, οι προταθείσες σχεδιαστικές λύσεις, ο τρόπος βαθμολόγησης

των κριτηρίων και γίνεται αξιολόγηση της επιλογής της σχεδιαστικής λύσης που προτείνει η μέθοδος.

Τελικά εξάγονται τα συμπεράσματα και γίνονται εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ

2.1 Βασικές Λειτουργίες, Γενικά Χαρακτηριστικά, Επιμέρους Εγκαταστάσεις Εμπορευματικού Κέντρου

Τα εμπορευματικά κέντρα προσελκύουν συγγενείς δραστηριότητες των μεταφορών (εθνικών και διεθνών) που πραγματοποιούνται σε μια εμπορική βάση, από διάφορους χρήστες. Οι χρήστες μπορεί να είναι είτε οι ιδιοκτήτες είτε οι ενοικιαστές των κτιριακών εγκαταστάσεων που υπάρχουν στο εμπορευματικό κέντρο (αποθήκες εμπορευμάτων, κέντρα διανομής, περιοχές αποθήκευσης, γραφεία, πρατήριο καυσίμων - συνεργείο κ.λ.π.) [2].

Οι χρήστες του εμπορευματικού κέντρου μπορεί να είναι μεταφορικές επιχειρήσεις όπως σιδηροδρομικές, ναυτιλιακές, οδικοί μεταφορείς, διαμεταφορείς, πράκτορες, εκτελωνιστές, φορτωτές, παραλήπτες. Όπως είναι φυσικό οι χρήστες του κέντρου ενδιαφέρονται για την ελαχιστοποίηση του κόστους και τη βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Ακόμα ιδιοκτήτες ή χρήστες μπορεί να είναι το δημόσιο, ιδιώτες ή και μικτή μορφή αυτών. Αυτοί πάλι με τη σειρά τους, αν είναι ιδιώτες ενδιαφέρονται για τη μεγιστοποίηση της καθαρής απόδοσης της επένδυσης, αν είναι το δημόσιο για τη μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους. Τέλος εμπλεκόμενοι μπορεί να είναι εθνικές αρχές, η περιφέρεια, η τοπική αυτοδιοίκηση, τα επιμελητήρια. Αυτοί με την σειρά τους ενδιαφέρονται για το αποτέλεσμα της επένδυσης στο οικονομικό σύστημα (αύξηση των θέσεων εργασίας, οικονομική ανάπτυξη των περιοχών, βελτίωση αποδοτικότητας των μεταφορών) καθώς και για εξωτερικές επιδράσεις όπως ασφάλεια και περιβάλλον.[11]

Τα εμπορευματικά κέντρα αποτελούν το μοντέρνο τρόπο για την οργάνωση των δραστηριοτήτων των μεταφορών. Στις θέσεις αυτές παρέχεται μια σειρά υποδομών και υπηρεσιών προς την εμπορευματική τους κοινότητα (εμπορικές-παραγωγικές επιχειρήσεις, διαμεταφορείς-μεταφορείς) με στόχο τη βελτίωση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Σε ένα τυπικό εμπορευματικό κέντρο οι υποδομές αυτές μπορεί να είναι:

Κέντρα διακίνησης, χώροι φορτοεκφόρτωσης φορτίων, γραφεία, εξοπλισμός για μετακίνηση φορτίων, αποθήκες-σιλό για αποθήκευση ή συντήρηση φορτίων (ψυκτικοί χώροι κ.λ.π.), χώροι διαλογής φορτίων, χώροι για διαχείριση φορτίων (συσκευασία, ανασυσκευασία), εξοπλισμός για φόρτωση containers, παλετάρισμα και ομαδοποίηση φορτίων, αποθήκευση φορτίων ειδικού χειρισμού, επικινδύνων, εύφλεκτων κλπ. Πέραν αυτών οι υποδομές πρέπει να παρέχουν ευκολίες για

εξυπηρέτηση συνδυασμένων συστημάτων containers, ημι-ρυμουλκούμενων οχημάτων (semi trailers), φορτηγών (case trucks) [11].

Επίσης υπάρχουν και υποδομές που προσφέρουν προσβάσεις σε μεταφορικά μέσα. Τέτοιες μπορεί να είναι: χώροι ανοικτοί, χώροι φορτοεκφόρτωσης, χώροι στάθμευσης, δρόμοι, σιδηροδρομικοί σταθμοί, χώροι πρόσβασης (σταθμοί), συνδετικοί κόμβοι με εθνικές οδούς, συνδέσεις με λιμάνια.[11]

Τέλος υπάρχουν και οι απαραίτητες υπηρεσίες για την εξυπηρέτηση της εμπορευματικής κοινότητας. Τέτοιες μπορεί να είναι: τελωνεία, ασφαλιστικές εταιρίες ειδικευμένες στις μεταφορές, τηλεφωνικά κέντρα, γραφεία πληροφοριών, τράπεζες, εκτελωνισμοί, ταχυδρομεία, ξενοδοχεία, εστιατόρια, self service, bar, πρώτες βοήθειες, πυροσβεστικές υπηρεσίες, οδική βοήθεια, γυμναστήρια, κέντρα μεταφορικών ερευνών, συνεδριακά κέντρα, τουριστικά γραφεία, υγειονομικές υπηρεσίες, χρηματιστήριο, σταθμοί υγρών καυσίμων (βενζινάδικα) και συναφείς υπηρεσίες (συνεργεία) καθώς και υπηρεσίες πληροφορικής και τηλεματικής.[2],[11]

Για την ενίσχυση της συνδυασμένης μεταφοράς με σκοπό την καλύτερη αξιοποίηση των αγαθών που χειρίζεται, ένα εμπορευματικό κέντρο πρέπει κατά προτίμηση να εξυπηρετείται από ποικίλους τρόπους μεταφορών όπως οδικός, σιδηροδρομικός, θαλάσσιος, αεροπορικός. [2]

Η ύπαρξη των εμπορευματικών κέντρων προσφέρει τη δυνατότητα μεγίστης αξιοποίησης των μεταφορικών συστημάτων. Προκειμένου να είναι δυνατή η καλύτερη επιλογή του τρόπου μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένης και της αλλαγής από οχήματα μεγάλων αποστάσεων σε μικρότερα καταλληλότερα για μικρές διαδρομές, τα εμπορευματικά κέντρα πρέπει να δίνουν τη δυνατότητα μείωσης του κόστους μεταφόρτωσης και γενικότερα μείωσης του κόστους των κινήσεων των εμπορευμάτων. Η οικονομία αυτή επιτυγχάνεται και από τη συγκέντρωση λειτουργιών η οποία αν δεν υπάρχει, η μεταφορά των αγαθών γίνεται με λιγότερο αποτελεσματικό τρόπο σε χώρους άναρχα διεσπαρμένους [11]. Οι οικονομίες αυτές που επιτυγχάνονται μπορούν συνοπτικά να αφορούν:

- Οικονομίες γης και εγκαταστάσεων: που απορρέει από τη συγκέντρωση στον ίδιο χώρο διαφόρων δραστηριοτήτων και εξοπλισμού. Η καλή αξιοποίηση αυτών των υποδομών και ευκολιών, προσφέρει μείωση του μέσου κόστους της εταιρείας που είτε είναι έπ' ωφελεία της εξ ολοκλήρου, είτε μοιράζεται το όφελος αυτό με τους πελάτες της μέσω χαμηλότερης τιμής.
- Οικονομίες ευκαιριών και δράσεων: στα εμπορευματικά κέντρα διαφορετικοί χρήστες βρίσκουν συνήθως μία σειρά υπηρεσιών που μπορούν να χρησιμοποιήσουν από κοινού με άλλους. Όπως είναι φυσικό αυτό

συνεισφέρει στη μείωση του κόστους των υπηρεσιών λόγω της αυξημένης χρησιμοποίησης των υπηρεσιών αυτών. [11]

Μέσω του περιορισμού του κόστους της διαχείρισης και φορτοεκφόρτωσης, τα εμπορευματικά κέντρα προσφέρουν στην οικονομία ένα μεταφορικό σύστημα που είναι προσαρμοζόμενο στις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες του σχεδιασμού των διανομών, του περιορισμού του κόστους και της αξιοπιστίας των μεταφορών.[11]

Εκτός από τις εσωτερικές οικονομίες που προέρχονται από τις ευκαιρίες και τις δράσεις, τα εμπορευματικά κέντρα διαδραματίζουν και ένα διαφορετικό ρόλο σε σχέση με τη γεωγραφική θέση και τη δυνατότητα πρόσβασης. Πιο συγκεκριμένα παρέχουν:

- Οικονομία σε καύσιμα: τα εμπορευματικά κέντρα προσφέρουν μείωση των διαδρομών (μεγάλων ή μικρών) των μεταφορικών μέσων και κατά συνέπεια οικονομία σε καύσιμα.
- Προστασία στο περιβάλλον: τα εμπορευματικά κέντρα προσφέρουν ελεγχόμενους χώρους στάθμευσης και συντήρησης των μεταφορικών μέσων, μακριά από τα αστικά κέντρα.[11]

2.2 Μέθοδοι Σχεδιασμού Εμπορευματικών Κέντρων

Οι υψηλές δαπάνες που συσχετίζονται με την απόκτηση γης και την κατασκευή ενός εμπορευματικού κέντρου καθώς επίσης και με τις λειτουργίες των συστημάτων αποθήκευσης και διανομής, επιβάλλουν τη συστηματική διερεύνηση των θεμάτων που σχετίζονται με τη δημιουργία και λειτουργία των εμπορευματικών κέντρων. Τα θέματα αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις ομάδες:

- Η επιλογή περιοχών χωροθέτησης (site location selection),
- Ο σχεδιασμός διάταξης περιοχής (site-level layout planning),
- Ο σχεδιασμός εμπορευματικών αποθηκών (warehouse design).

Για τη λήψη αποφάσεων στην επιλογή περιοχών χωροθέτησης του εμπορευματικού κέντρου λαμβάνονται υπ' όψιν οι σύγχρονες θέσεις και οι τάσεις της αγοράς. Ο προσδιορισμός της κατάλληλης θέσης είναι δύσκολος στόχος, επειδή αβέβαιοι μελλοντικοί παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν. Από επιστημονικής απόψεως, τα ζητήματα της εγκατάστασης-χωροθέτησης ενός εμπορευματικού κέντρου εμπεριέχονται στα πλαίσια του προβλήματος χωροθέτησης κτιρίων. Το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας που αφιερώθηκε σε αυτά τα ζητήματα αφορά απλοποιημένα πρότυπα, αν και διάφοροι ερευνητές έχουν αναπτύξει λύσεις όπου εξετάζονται εξειδικευμένα πρότυπα [13]. Το πρόβλημα χωροθέτησης κτιρίου αφορά στον

προσδιορισμό της βέλτιστης θέσης ενός μόνο κτιρίου, σε ένα δεδομένο αριθμό θέσεων ζήτησης - προσφοράς [14],[15],[16]. Το πρόβλημα χωροθέτησης πολλών κτιρίων εστιάζει στον προσδιορισμό του απαραίτητου αριθμού και τη χωρική διανομή πολλών κτιριακών εγκαταστάσεων προκειμένου να ικανοποιηθούν ορισμένοι στόχοι [17][18].

Υπάρχει μια συνεχώς αυξανόμενη υιοθέτηση ότι το πρόβλημα χωροθέτησης πολλών κτιρίων περιέχει πολλαπλούς στόχους από τη φύση του: Ο Current (1990) [18] μελέτησε 45 άρθρα που αφορούσαν προβλήματα χωροθέτησης κατασκευών και προσδιόρισε τέσσερα γενικά κριτήρια - στόχους, δηλαδή:

- Το κριτήριο στόχων δαπανών,
- Το κριτήριο στόχων απαίτησης-προσανατολισμού (εγγύτητα, δυνατότητα πρόσβασης),
- Το κριτήριο στόχων κέρδους,
- Το κριτήριο των περιβαλλοντολογικών στόχων (ελαχιστοποίηση της υποβάθμισης της ποιότητας της ατμόσφαιρας κ.λ.π.).

Η μέθοδος σχεδιασμού διάταξης περιοχής αφορά τη διευθέτηση ενός συνόλου προκαθορισμένων στοιχείων στις κατάλληλες θέσεις, ενώ ταυτόχρονα ικανοποιείται ένας αριθμός από σχεδιαστικές δεσμεύσεις, π.χ. η εγγύτητα ενός κτηρίου-ενός γραφείου με τη περιοχή χώρων στάθμευσης. [21]

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται χρήση της μεθόδου σχεδιασμού διάταξης περιοχής. Εντούτοις, πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν παράμετροι (μέγεθος και μορφή των εμπορευματικών αποθηκών, των θέσεων στάθμευσης, κ.λ.π.) που χρειάζεται να διαστασιολογηθούν σε επίπεδα εμπορευματικών αποθηκών. Επομένως εξετάζεται και η σχετική βιβλιογραφία που αναφέρεται στο σχεδιασμό εμπορευματικών αποθηκών.

Τα μοντέλα σχεδιασμού εμπορευματικών αποθηκών εξετάζουν την εσωτερική διάταξη και την εξωτερική διαμόρφωση των κτιριακών εγκαταστάσεων αποθήκευσης. Οι εσωτερικές διατάξεις μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν τη χωροθέτηση των ραφιών αποθήκευσης και τον αριθμό διαδρόμων. Τα γενικά πρότυπα σχεδιασμού επιδιώκουν πρώτιστα να βελτιστοποιήσουν την εξωτερική διαμόρφωση των εμπορευματικών αποθηκών. Ταυτόχρονα πρέπει να εξετάσουν ορισμένες εσωτερικές πτυχές, όπως ο αριθμός γερανών [5]. Μια εμπορευματική αποθήκη στεγάζει τις κύριες περιοχές για την αποθήκευση προϊόντων, τα γραφεία, τις περιοχές υποστήριξης, τα συστήματα αποθήκευσης (ράφια παλετών, προεξέχοντα ράφια, συρτάρια κ.λ.π.) και τον εξοπλισμό (οχήματα που λειτουργούν σε στενούς διαδρόμους, μηχανές αποθήκευσης-ανάκτησης κ.λ.π.). [12]. Ο γενικός σχεδιασμός των εμπορευματικών αποθηκών ξεκινά με μια περιγραφή των

λειτουργιών που θα εξυπηρετούν, συνεχίζει με τις τεχνικές προδιαγραφές, την επιλογή του εξοπλισμού και στο τέλος γίνεται ο καθορισμός ενός σχεδίου. Σε κάθε στάδιο, οι στόχοι που έχουν τεθεί στα κριτήρια απόδοσης (κόστος, χωρητικότητα αποθήκευσης, χρόνοι απόκρισης) πρέπει να ικανοποιούνται και η εξισορρόπηση όλων των παραγόντων πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπ' όψιν τους συχνά αλληλοσυγκρουόμενους στόχους.

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός επιστημονικών εργασιών που εξετάζουν τις διάφορες πτυχές του σχεδιασμού και του ελέγχου των εμπορευματικών αποθηκών. Ορισμένες από αυτές αναφέρονται σε απλά μοντέλα υπολογισμού του μεγέθους των εμπορευματικών αποθηκών [19] και σε άλλες γίνεται αναφορά σε απλά μοντέλα εφαρμογής λογισμικού για την λήψη αποφάσεων στον σχεδιασμό εμπορευματικών αποθηκών [20]. Στις επιστημονικές δημοσιεύσεις των Ashayeri και Gelders (1985) [22], Cormier και Gunn (1992)[5] και Rouwenhorst *et al.* (2000)[23] περιέχονται 90, 64 και 127 αναφορές αντίστοιχα (αν και υπάρχουν ορισμένες επικαλύψεις) που παρέχουν έναν πολύ χρήσιμο "οδηγό" σχετικά με το θέμα. Επιπλέον, υπάρχουν διάφορα εγχειρίδια σχεδιασμού εμπορευματικών αποθηκών, [12], [24], [25], [26], [27], [28] που αντιμετωπίζουν τις πραγματικές πτυχές σχεδιασμού και λειτουργίας. Η σχετική βιβλιογραφική ανασκόπηση δείχνει ότι πολύ λίγες δημοσιεύσεις εξετάζουν το γενικό πρόβλημα σχεδιασμού εμπορευματικών αποθηκών ενώ η συντριπτική πλειοψηφία των επιστημονικών δημοσιεύσεων εξετάζει τα καθορισμένα με σαφήνεια μεμονωμένα προβλήματα (ανάλυση απόδοσης, αξιολόγηση των τακτικών ελέγχου, κ.λ.π.). Δεδομένου ότι τα περισσότερα προβλήματα που συναντώνται κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού εμπορευματικών αποθηκών δεν είναι δυστυχώς με σαφήνεια καθορισμένα και δεν μπορούν συνήθως να περιοριστούν σε πολλαπλά μεμονωμένα υπό-προβλήματα, ο σχεδιασμός εμπορευματικών αποθηκών συχνά απαιτεί ένα συνδυασμό από ικανότητες ανάλυσης και δημιουργικότητας [7].

Από τις βασικότερες κτιριακές υποδομές που έχει ένα εμπορευματικό κέντρο είναι οι αποθήκες εμπορευμάτων. Αν αυτές δεν είναι σωστά μελετημένες ή κατασκευασμένες τότε είναι βέβαιο πώς το εμπορευματικό κέντρο δε θα λειτουργεί σωστά με συνέπεια πολλά προβλήματα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Για το λόγο αυτό γίνεται ξεχωριστή αναφορά σε αυτές στις παρακάτω παραγράφους.

2.3 Σχεδιασμός και Λειτουργία Εμπορευματικών Αποθηκών

2.3.1 Κατηγορίες και Στοιχεία της Εμπορευματικής Αποθήκης

Οι εμπορευματικές αποθήκες αποτελούν μια σημαντική συνιστώσα σε αυτό που αποκαλούμε εφοδιαστική αλυσίδα. Αυτές οι αποθήκες πρέπει να είναι προσαρμόσιμες στις μεταβαλλόμενες πάντοτε προτιμήσεις των χρηστών. Από αυτή την οπτική γωνία υπάρχουν πολλοί τρόποι ταξινόμησης των αποθηκών.

- Ανάλογα του κατάλληλου περιβάλλοντος αποθήκευσης που απαιτούν τα εμπορεύματα ή τα υλικά, οι αποθήκες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε θερμαινόμενες και μη θερμαινόμενες γενικές αποθήκες, σε αποθήκες ψυγεία, σε αποθήκες με ελεγχόμενη υγρασία, ή σε ειδικά σχεδιασμένες αποθήκες. Οι τελευταίες για παράδειγμα μπορεί να είναι ειδικά κατασκευασμένες για αποθήκευση υγρών, ή επικίνδυνων χημικών, ή ακόμα και πυρομαχικών. [6]
- Ανάλογα του ρόλου τους στην παραγωγική αλυσίδα ή στην αλυσίδα διακίνησης μπορούμε να ξεχωρίσουμε τις αποθήκες παραγωγής, στις οποίες αποθηκεύονται πρώτες ύλες, ανολοκλήρωτα ή ολοκληρωμένα προϊόντα που συσχετίζονται με την κατασκευή και/ή την πρόοδο συναρμολόγησης και τις αποθήκες διακίνησης, στις οποίες αποθηκεύονται τα ολοκληρωμένα προϊόντα και οι ολοκληρωμένες παραγγελίες για εξωτερικούς πελάτες. [7]
- Ανάλογα του βαθμού της αυτοματοποίησης οι αποθήκες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε μηχανικές (συμβατικές) και σε αυτόματες. [8]

Μία άλλη κατηγοριοποίηση προτείνει ο Goetschalckx (1983)[29] κατά την οποία οι εμπορευματικές αποθήκες διαχωρίζονται σε: μονοδιάστατες, δισδιάστατες, τρισδιάστατες.

Στη συνέχεια ορίζονται διάφορα βασικά στοιχεία που περιέχονται στα εμπορευματικά κέντρα. Έτσι ένα προϊόν (product) είναι ένας τύπος αγαθού, για παράδειγμα τα μπουκάλια με σαμπουάν, μιας συγκεκριμένης εταιρίας. Το κάθε ξεχωριστό μπουκάλι ονομάζεται τεμάχιο (item) και ο συνδυασμός από αρκετά τεμάχια και αρκετά προϊόντα που ζητούνται από κάποιον πελάτη ονομάζεται παραγγελία (order)[7]. Μια παραγγελία αποτελείται από ένα σύνολο στοιχείων που ανήκουν σε μια οντότητα, για παράδειγμα σε έναν πελάτη ή σε ένα φορτίο, τα οποία πρέπει να ανακτηθούν από την εμπορευματική αποθήκη.

Το ράφι (rack)(βλ. παράρτημα Εικ.1) είναι ένα σύνολο παρακείμενων θέσεων αποθήκευσης. Ένας διάδρομος (aisle) είναι ο χώρος μπροστά από το ράφι (βλ. παράρτημα Εικ.2) όπου κινείται το όχημα διαλογής παραγγελιών (order picking vehicle) (βλ. παράρτημα Εικ.3). Όταν αναφερόμαστε σε αυτοματοποιημένα

συστήματα αποθήκευσης και ανάκτησης (AS/RS's), είναι σύνηθες να χρησιμοποιείται η μηχανή ή ο γερανός αποθήκευσης-ανάκτησης (S/R) ως όχημα διαλογής παραγγελιών (βλ. Παράρτημα Εικ.4). Οι εμπορευματικές αποθήκες τυπικά αποτελούνται από μια περιοχή αποθήκευσης αποθέματος (reserve storage area) καθώς επίσης και από μια περιοχή διαλογής (picking area). Μία παλέτα (pallet) αναφέρεται στη μονάδα του όγκου που καταλαμβάνει μια θέση αποθήκευσης (βλ. παράρτημα Εικ.5). Όταν το απόθεμα στην περιοχή διαλογής μειώνεται, τότε νέο προϊόν μεταφέρεται από την περιοχή αποθήκευσης αποθέματος στην περιοχή διαλογής. Το σημείο παραλαβής και αποστολής (pickup and delivery point P/D) είναι το σημείο εισαγωγής και εξαγωγής φορτίων της εμπορευματικής αποθήκης.

2.3.2 Βασικές Λειτουργίες Τυπικής Εμπορευματικής Αποθήκης

Το σχήμα μιας εμπορευματικής αποθήκης όπως επίσης και η μικρότερη δυνατή απόσταση των κτιριακών εγκαταστάσεων καθώς και οι επιφάνειες διασύνδεσης της αποθήκης με τα φορτηγά και/ή τις σιδηροδρομικές γραμμές, είναι ισχυρά συνδεδεμένα με την ροή των εμπορευμάτων και την διαδικασία εξυπηρέτησης. Η ροή των εμπορευμάτων δια μέσου της αποθήκης μπορεί να χωριστεί σε αρκετές ευδιάκριτες φάσεις ή διαδικασίες, που μπορεί να διαφέρουν αναλόγως του τύπου της αποθήκης. Ωστόσο τέσσερις γενικές διαδικασίες μπορούν να οριστούν:

- η παραλαβή,
- η αποθήκευση,
- η διαλογή παραγγελιών / πακετάρισμα,
- και η αποστολή.

Η διαδικασία παραλαβής είναι το πρώτο στάδιο που αντιμετωπίζεται μετά την άφιξη ενός αντικειμένου από φορτηγό ή τραίνο. Σε αυτό το στάδιο τα προϊόντα μπορούν να ελεγχθούν ή να μετασχηματιστούν και να περιμένουν για την διαμετακόμισή τους στην επόμενη διαδικασία. Στην περίπτωση του μετασχηματισμού μπορεί για παράδειγμα τα προϊόντα μας να χρειαστεί να ξαναπακεταριστούν για να αποθηκευτούν σε διαφορετικές αποθηκευτικές μονάδες. [7]

Στη διαδικασία αποθήκευσης τα τεμάχια απλά αποθηκεύονται. Η περιοχή αποθήκευσης μπορεί να αποτελείται από δύο μέρη:

- την περιοχή αποθέματος (reserve area), στην οποία τα προϊόντα αποθηκεύονται με τον πιο οικονομικό τρόπο (περιοχή χύμα αποθήκευσης) και την

- περιοχή προώθησης (forward area), στην οποία τα προϊόντα αποθηκεύονται έτσι ώστε να έχουν τη δυνατότητα για εύκολη ανάκτηση από τα οχήματα διαλογής παραγγελιών.

Τα προϊόντα στην περιοχή προώθησης συχνά αποθηκεύονται σε μικρότερες ποσότητες σε σχέση με την περιοχή αποθέματος, δηλαδή σε πρότυπα αποθήκευσης στα οποία η πρόσβαση είναι ευκολότερη (π.χ. αποθήκευση προϊόντος σε μικρές κούτες αντί σε μεγάλες παλέτες που χρησιμοποιούνται στην περιοχή αποθέματος). Η μεταφορά των τεμαχίων από την περιοχή αποθέματος στην περιοχή προώθησης ονομάζεται αναπλήρωση (replenishment).[7]

Στη διαδικασία της διαλογής παραγγελιών πραγματοποιείται ανάκτηση των τεμαχίων από την περιοχή αποθήκευσης, γεγονός που μπορεί να γίνει μηχανικά ή μερικώς αυτοματοποιημένα. Στη συνέχεια τα τεμάχια αυτά μπορούν να προωθηθούν στην διαδικασία ταξινόμησης (sorting) ή/και κατοχύρωσης (consolidation). Η κατοχύρωση εδώ αναφέρεται στην ομαδοποίηση των αντικειμένων που προορίζονται για τον ίδιο πελάτη.

Στην περιοχή της αποστολής οι παραγγελίες ελέγχονται, πακετάρονται και τελικά φορτώνονται σε φορτηγά ή τρένα ή άλλα μεταφορικά μέσα.

Ακόμα κατά τους [9], μεταξύ της διαδικασίας παραλαβής και αποστολής μιας εμπορευματικής αποθήκης μπορούν να διαχωριστούν τρεις λειτουργίες που αφορούν στην μετατροπή των εισερχόμενων φορτίων, από προμηθευτές και κατασκευαστές, σε εξερχόμενα φορτία για πελάτες. Οι πελάτες μπορεί να είναι διανομείς, τελικοί χρήστες, ή κατασκευαστές. Τα εισερχόμενα φορτία συχνά περιέχουν ένα σημαντικό αριθμό από εμπορεύματα που περιέχουν ομάδες από ένα ή από περιορισμένο αριθμό τύπων αγαθών. Τα εξερχόμενα φορτία συνήθως αποτελούνται από λίγα εμπορεύματα που περιέχουν ομάδες από έναν μεγάλο αριθμό τύπων αγαθών, από περισσότερους από έναν προμηθευτές. Οι τρεις βασικές λειτουργίες αποθήκης που πρέπει να εκτελεστούν είναι:

- Του συνδυασμού (blending), κατά την οποία παίρνονται εισερχόμενα αγαθά και δημιουργούνται συνδυασμοί ειδικοί για τον κάθε πελάτη.
- Του επικείμενου συνδυασμού (impedence matching), κατά τον οποίο συγχρονίζονται οι σχετικά μεγάλες και σπάνιες εισερχόμενες ροές κάθε φορτίου, σε σχετικά μικρές και με συχνά εξερχόμενες.
- Της προστιθέμενης αξίας (value adding), κατά την οποία γίνεται νέο πακετάρισμα (π.χ. από μια παλέτα σε μικρότερες ποσότητες), το κόλλημα των ετικετών για συγκεκριμένους πελάτες και ο συνδυασμός περισσότερων του ενός τεμαχίων στο προς παράδοση τελικό προϊόν (π.χ. ξανά

πακετάροντας εκτυπωτές με συγκεκριμένο καλώδιο τροφοδοσίας και διάφορα έγγραφα) [9]

Αυτές οι λειτουργίες απαιτούν συστήματα για:

- αποθήκευση των φορτίων (π.χ. παλετών, κουτιών, ή σπασμένων κουτιών), ικανοποιώντας ίσως ειδικές περιβαλλοντολογικές απαιτήσεις για την θερμοκρασία, την υγρασία, τον στατικό ηλεκτρισμό κ.α.
- μεταφορά από τα σημεία λήψης-παραλαβής στην περιοχή αποθήκευσης, μεταξύ ποικίλων αποθηκευτικών θέσεων, σε θέσεις επεξεργασίας, στη συγκέντρωση της παραγγελίας (πακετάρισμα), στην αποστολή,
- διαλογή παραγγελιών για αποτελεσματική ανάκτηση των τεμαχίων που απαιτούνται για την ολοκλήρωση μιας συγκεκριμένης παραγγελίας, σε έγκαιρη χρονική περίοδο και
- ταξινόμηση παραγγελιών-συγκέντρωση για να μαζευτούν όλα τα τεμάχια που διαλέχτηκαν για μία συγκεκριμένη παραγγελία, και να συγκεντρωθούν έτσι ώστε να πακεταριστούν και να φορτωθούν αποτελεσματικά.

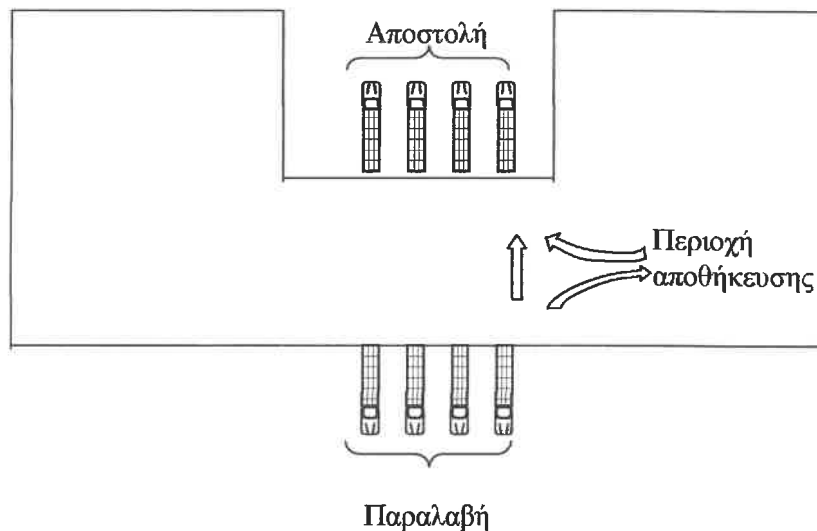
2.3.3 Η Λειτουργία Cross-Docking* στις Εμπορευματικές Αποθήκες

Στις περισσότερες εμπορευματικές αποθήκες η ροή του φορτίου παίρνει τη μορφή της κυκλικής ροής ή της γραμμικής-ίσιας ροής. Η επιλογή του τύπου της ροής σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή εξαρτάται από τη λειτουργία της εγκατάστασης, τη σχέση μεταξύ των λειτουργιών παραλαβής και αποστολής, και από το συγκριτικό μέγεθος, βάρος και ποσότητα μεταξύ των παραλαμβανόμενων και των αποστελλόμενων εμπορευμάτων [10]. Η γραμμική-ίσια ροή προτιμάται στην περίπτωση που έχουμε άμεση παραλαβή και στη συνέχεια άμεση αποστολή εμπορευμάτων με φορτηγά ή τρένα. Επίσης μπορεί να προτιμάται στην περίπτωση που έχουμε παραλαβή εμπορευμάτων με φορτηγά ή τρένα, στη συνέχεια αποθήκευση και κατόπιν εκ νέου ροή από την αποθήκη στη φόρτωση και την αποστολή με φορτηγά ή τρένα. Αυτή η λειτουργία ονομάζεται cross-docking* και έχει καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία της εμπορευματικής αποθήκης.

Η δυνατότητα μίας εμπορευματικής αποθήκης για εφαρμογή της λειτουργίας cross-docking* από τη μια πλευρά της στην ακριβώς απέναντι βελτιώνεται και γίνεται καλύτερη όταν το συγκεκριμένο πλάτος της αποθήκης βρίσκεται στα 45-50 μ. Παράλληλα όμως η αποθήκευση του εκάστοτε εμπορεύματος συνήθως απαιτεί περισσότερο πλάτος (όσο περισσότερο τόσο το καλύτερο). Κατά συνέπεια το

* Δεν υπάρχει αντίστοιχος ελληνικός όρος. Θα μπορούσε να αποδοθεί ως η δυνατότητα απευθείας διαλογής και μεταφόρτωσης εμπορευμάτων από τις παραλαβές στις αποστολές.

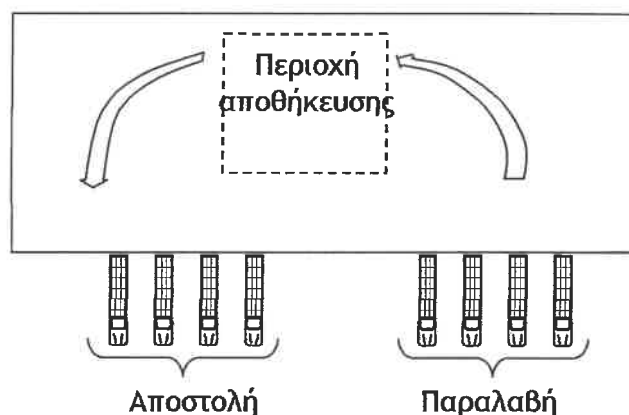
ιδανικό σχήμα του κτιρίου θα ήταν ένα σχήμα με συνδυασμούς λεπτότερων και πλατύτερων τμημάτων (Σχέδιο 1) (βλ. σχήμα εμπορευματικών αποθηκών τύπου 2 στο σχέδιο #12).



Σχέδιο 1: Προτεινόμενη μορφή εμπορευματικής αποθήκης για γραμμική-ίσια ροή φορτίου.

Ειδικότερα αν ο ιδιοκτήτης της εμπορευματικής αποθήκης είναι ταυτόχρονα και ο χρήστης ή στην περίπτωση που ο χρήστης εγγυάται μακρόχρονη παραμονή, αυτό το σχέδιο μπορεί να επαναπροσδιοριστεί για προσαρμογή στις εκάστοτε απαιτήσεις.

Αντιθέτως όταν ο ιδιοκτήτης της εμπορευματικής αποθήκης μισθώνει το κτίριο σε πολλούς χρήστες (εσωτερικοί τοίχοι χτίζονται για να διαχωριστούν οι τομείς του κάθε χρήστη) τότε είναι προτιμότερο ένα απλό ορθογώνιο κτίριο. Ακόμα περισσότερο δε, είναι προτιμότερο το σχήμα του ορθογώνιου, όταν τα συμβόλαια με τους ενοικιαστές-χρήστες είναι μικρής χρονικής περιόδου. Το σχήμα τέτοιων εμπορευματικών αποθηκών θα πρέπει να έχει πλάτος γύρω στα 90 με 120 μ. για μια αποτελεσματική λειτουργία αποθήκευσης με χρήση της κυκλικής ροής (Σχέδιο 2).

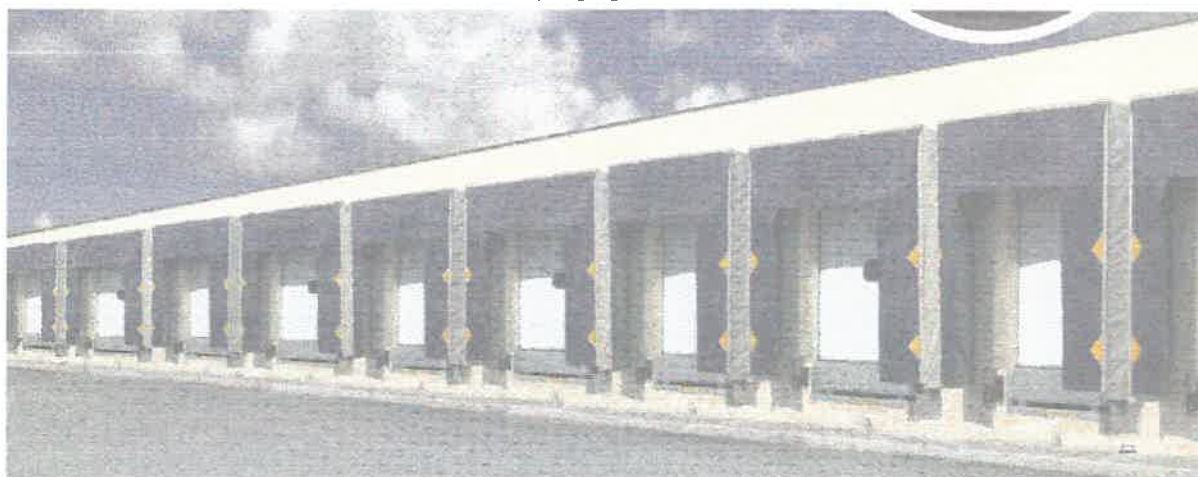


Σχέδιο 2: Χαρακτηριστική Εμπορευματική Αποθήκη για Κυκλική Ροή Φορτίου.

Η καλύτερη λειτουργία του cross-docking* απαιτεί μια ευθεία γραμμική ροή μεταξύ της περιοχής αποστολής και της περιοχής παραλαβής με φορτηγό ή τρένο. Η εφαρμογή της δυνατότητας cross-docking* σε μια αποθήκη απαιτεί την υλοποίηση κατάλληλων υποδομών για την πρόσβαση φορτηγών ή τρένου. Η κατάλληλη εγκατάσταση για δυνατότητα cross-docking* φορτηγών απαιτεί την ύπαρξη πολλών πυλών παραλαβής-αποστολής (shipping and receiving docks) (Εικ.6). Ο καλός σχεδιασμός και η σωστή λειτουργία αυτών των πυλών έχει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία της παραλαβής και αποστολής προϊόντων της εμπορευματικής αποθήκης.



Πηγή: [30]

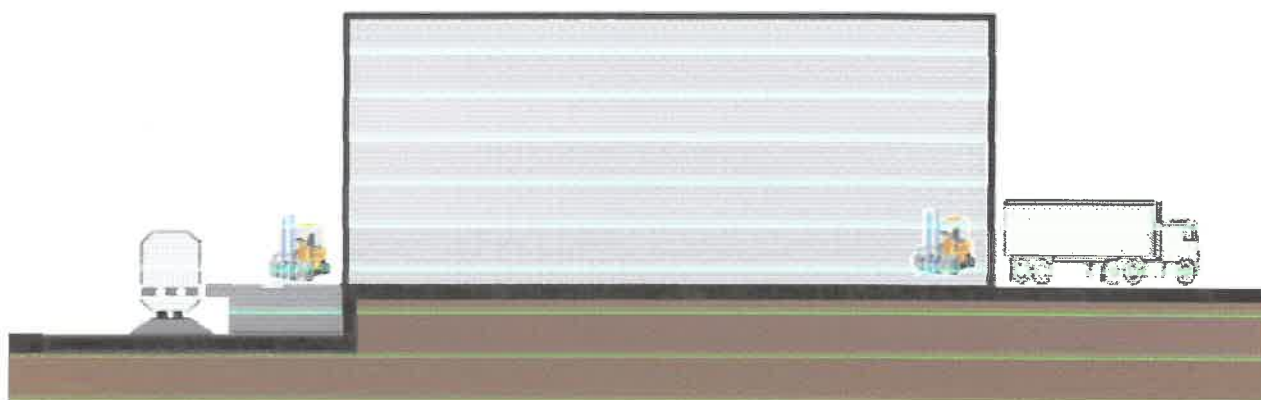


Πηγή: [31]

Εικόνα 6: Πύλες παραλαβής-αποστολής για σύνδεση φορτηγών με την εμπορευματική αποθήκη

* Δεν υπάρχει αντίστοιχος ελληνικός όρος. Θα μπορούσε να αποδοθεί ως η δυνατότητα απευθείας διαλογής και μεταφόρτωσης εμπορευμάτων από τις παραλαβές στις αποστολές.

Αντίστοιχα η ιδανική εγκατάσταση για cross-docking^{*} δυνατότητα τρένων απαιτεί την ύπαρξη παράλληλης πλατφόρμας κατά μήκος της μιας πλευράς της αποθήκης με πλάτος γύρω στα 5 μ. Για να γίνεται δεκτό ένα ολόκληρο τρένο το μήκος της πλατφόρμας-αποβάθρας (κατά συνέπεια και το μήκος της μιας πλευρά του κτιρίου) πρέπει να είναι 600 με 750 μ. Η πλατφόρμα είναι αναγκαία για να επιτυγχάνεται η ευθυγράμμιση του ύψους του πατώματος της εμπορευματικής αποθήκης με το ύψος του πατώματος των βαγονιών έτσι, ώστε να επιτρέπεται η φόρτωση / εκφόρτωση εμπορεύματος με χρήση των περνοφόρων οχημάτων (Σχέδιο 3). Αυτός ο σχεδιασμός επιτρέπει τις κατάλληλες λειτουργίες για cross-docking* φορτηγού με τρένο και είναι κατάλληλος για χρήστες αποθηκών που χρησιμοποιούν το τρένο για ένα μεγάλο μέρος των μεταφορικών τους δραστηριοτήτων.

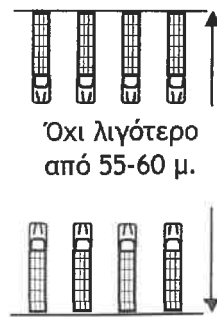


Σχέδιο 3: Ειδική πλατφόρμα που βοηθά στην δυνατότητα παράλληλης διασύνδεσης (cross-docking) τρένου με φορτηγού της εμπορευματικής αποθήκης

2.3.4 Διαμόρφωση Εξωτερικών Χώρων Εμπορευματικών Αποθηκών

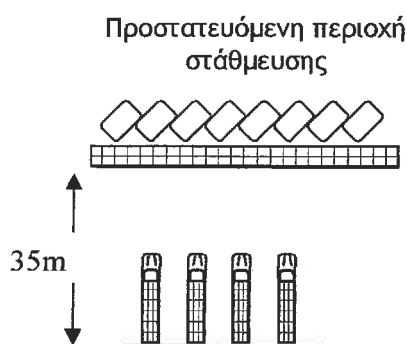
Ένα εμπορευματικό κέντρο χρειάζεται ένα εσωτερικό οδικό δίκτυο που να παρέχει πρόσβαση σε όλες τις αποθήκες, σε όλα τα υπόλοιπα κτίρια υπηρεσιών όπως στο κτίριο διοίκησης στο πρατήριο καυσίμων κ.α. καθώς επίσης και σε περιοχές στάθμευσης (φορτηγών και μικρότερων οχημάτων). Για την άνετη πρόσβαση στις αποθήκες και την επίτευξη των κατάλληλων χειρισμών του οδηγού του φορτηγού, για την στάθμευση μπροστά από την αποθήκη (μανούβρες στάθμευσης), χρειάζεται μια ελεύθερη ζώνη πλάτους 35 μ. Για την περίπτωση αντικριστών πλευρών διαφορετικών αποθηκών το πλάτος αυτής της ζώνης μπορεί να είναι μικρότερο από 70 μ. (2x35) αλλά ποτέ λιγότερο από 55-60 μ. (Σχέδιο 4).[39]

^{*} Δεν υπάρχει αντίστοιχος ελληνικός όρος. Θα μπορούσε να αποδοθεί ως η δυνατότητα απευθείας διαλογής και μεταφόρτωσης εμπορευμάτων από τις παραλαβές στις αποστολές.

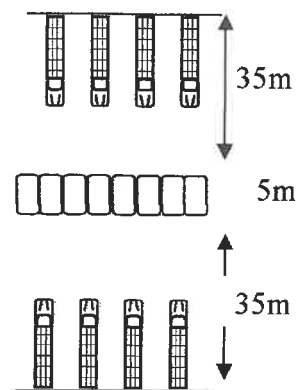


Σχέδιο 4: Μικρότερη δυνατή απόσταση μεταξύ αντικριστών πλευρών διαφορετικών αποθηκών

Ο ιδανικός χώρος για τη στάθμευση των αυτοκινήτων των πελατών-επισκεπτών και των εργαζομένων των εμπορευματικών αποθηκών βρίσκεται παραπλεύρως των αποθηκών που είναι διαχωρισμένος-προστατευμένος μέσω ενός πεζοδρομίου. Με αυτόν τον τρόπο τα αυτοκίνητα δεν εμπλέκονται με τα φορτηγά (Σχέδιο 5). Άλλωστε οι επισκέπτες και οι εργαζόμενοι μπορούν να σταθμεύσουν δίπλα στην επιθυμητή πύλη παραλαβής-αποστολής των εμπορευματικών αποθηκών. Αν δεν υπάρχει διαθέσιμος αρκετός χώρος (όπως στην περίπτωση του Θριασίου) τότε μπορεί να υλοποιηθεί ένας ανοιχτός κατακόρυφος χώρος στάθμευσης όπως φαίνεται στο Σχέδιο 6.[39]



Σχέδιο 5: Προτεινόμενη διαμόρφωση εξωτερικού χώρου εμπορευματικής αποθήκης



Σχέδιο 6: Ανοιχτός, κατακόρυφος χώρος στάθμευσης μεταξύ αντικριστών πλευρών διαφορετικών αποθηκών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ - Η ΜΕΘΟΔΟΣ PROMETHEE -

3.1 Μέθοδοι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων

Η επίλυση ενός δεδομένου (και δομημένου) προβλήματος λήψης αποφάσεων (ΛΑ), εξαρτάται από το σύστημα αξιών του αποφασίζοντα, δηλαδή από το πώς αυτός αξιολογεί τις επιδόσεις των επιλογών σε κάθε κριτήριο και σε τι βαθμό η επίδοση μίας επιλογής σε ένα κριτήριο επηρεάζει τη συνολική της αξιολόγηση.

Για αυτό μετά την ταυτοποίηση και δόμηση του προβλήματος ακολουθεί το στάδιο της μοντελοποίησης των προτιμήσεων. Το σύστημα αξιών ή απλούστερα οι προτιμήσεις του αποφασίζοντα δεν είναι εύκολο να προσδιορισθούν. Κατ' αρχήν γιατί δεν προϋπάρχουν καθαρές και αμετακίνητες στο μυαλό του. Αν και είναι σχετικά εύκολο για ένα άτομο να διακρίνει αν σε ένα κριτήριο προτιμάει μία επίδοση σε σχέση με μία άλλη, είναι πολύ πιο δύσκολο να προσδιορίσει πόσο σημαντική είναι για αυτόν η διαφορά τους σε σύγκριση με κάποια άλλη μεγαλύτερη ή μικρότερη διαφορά. Αντίστοιχα, δυσκολεύεται να εκτιμήσει πόσο πιο σημαντικό είναι ένα κριτήριο σε σχέση με κάποιο άλλο κριτήριο. Για το λόγο αυτό η έκφραση των προτιμήσεων διευκολύνεται με την εφαρμογή τεχνικών που έχουν στόχο να θέσουν με ένα σαφή τρόπο την ουσία του διλήμματος απέναντι στο οποίο θα πρέπει να τοποθετηθεί ο αποφασίζων, και να αποτυπώσουν ποσοτικά τη στάση του έτσι ώστε να ενσωματωθεί στο μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί στην τελική φάση της επίλυσης του προβλήματος.[32]

Οι ανθρώπινες προτιμήσεις σε ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα διακρίνονται στις:

- Ενδοκριτηριακές προτιμήσεις που εκφράζονται σε σχέση με τις επιδόσεις των επιλογών σε ένα κριτήριο (intra-criterion preferences). Τα βασικά στοιχεία που προσδιορίζουν τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα κατά τη θεώρηση ενός μόνου κριτηρίου αξιολόγησης είναι ο προσδιορισμός της κλίμακας αξιολόγησης σε συνδυασμό με την επιθυμητή κατεύθυνση αριστοποίησης, καθώς και η αξιολόγηση των επιδόσεων των επιλογών. Η δεύτερη αυτή διάσταση αντιμετωπίζεται διαφορετικά ανάλογα με την πολυκριτηριακή μέθοδο που επιλέγεται για την επίλυση του προβλήματος. Έτσι, στην περίπτωση των πολυκριτηριακών μεθόδων που βασίζονται στη θεωρία της αξίας ή χρησιμότητας, οι ενδοκριτηριακές προτιμήσεις εκφράζονται με τον καθορισμό των μερικών (ανά κριτήριο) συναρτήσεων αξίας ή χρησιμότητας, ενώ στην περίπτωση των μεθόδων υπεροχής προσδιορίζονται όρια αδιαφορίας ή/και προτίμησης ανά κριτήριο.

- Διακριτηριακές προτιμήσεις που αφορούν τη συμβολή κάθε κριτηρίου στη συνολική αξιολόγηση κάθε λύσης (inter-criterion preferences). Στην περίπτωση αυτή η έκφραση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα επιτυγχάνεται με τη βοήθεια τεχνικών εκτίμησης των συντελεστών βαρύτητας του συνόλου των κριτηρίων.

Σε πολλά κριτήρια η κλίμακα αξιολόγησης αναφέρεται σε μία φυσική και κοινά αποδεκτή κλίμακα μέτρησης των επιδόσεων, όπως για παράδειγμα η κλίμακα χρηματικών μονάδων για την εκτίμηση του κόστους ή του κέρδους, η χιλιομετρική κλίμακα για την εκτίμηση της απόστασης, η ποσότητα ρύπων (σε μονάδες μάζας ή όγκου) για την εκτίμηση των εκπομπών μίας πηγής κλπ. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο ρόλος του αποφασίζοντα δεν είναι ιδιαίτερα κρίσιμος και περιορίζεται στο να συμφωνήσει ότι η κλίμακα αυτή είναι κατάλληλη για την αξιολόγηση των επιλογών ως προς το συγκεκριμένο κριτήριο (π.χ. εκπομπές ή συγκεντρώσεις ρύπων; Καθαρή Παρούσα Αξία ή Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης;), καθώς επίσης και να προσδιορίσει την επιθυμητή κατεύθυνση αριστοποίησης.[32]

Στις περισσότερες περιπτώσεις φυσικών κλιμάκων επιδιώκεται η μεγιστοποίηση ή η ελαχιστοποίηση της τιμής των επιδόσεων στην κλίμακα αυτή (min ή max). Αν και συνήθως η κατεύθυνση αυτή είναι προφανής, σε ορισμένες περιπτώσεις κριτηρίων μπορεί να απαιτείται αποσαφήνιση. Για παράδειγμα, σε ένα πρόβλημα χωροθέτησης μίας επιχείρησης, η μεγάλη απόσταση από αστικά κέντρα μπορεί να είναι πλεονέκτημα (εγγύτητα σε πρώτες ύλες, φθηνότερη τιμή γης) ή μειονέκτημα (μεγάλο κόστος μεταφορά των προϊόντων). Σε παρόμοιες περιπτώσεις μπορεί να κριθεί αναγκαία η διάσπαση του κριτηρίου σε δύο υποκριτήρια.

Σε περίπτωση που το κριτήριο αξιολόγησης δεν μπορεί να μετρηθεί στη βάση μίας φυσικής ποσοτικής κλίμακας, ο αποφασίζων πρέπει να κατασκευάσει μία τεχνητή ποιοτική κλίμακα, είτε αριθμητική είτε λεκτική. Τα θέματα που τίθενται είναι το εύρος της κλίμακας, τα διακριτά επίπεδα χαρακτηρισμού των επιδόσεων και η φορά αξιολόγησης.

Σε ορισμένα κριτήρια, επιδιώκεται μία ενδιάμεση τιμή - στόχος, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση που αξιολογείται η ρευστότητα μίας επιχείρησης. Η κατεύθυνση αριστοποίησης του δείκτη «*κυκλοφορούν κεφάλαιο/ βραχυπρόθεσμες υποχρεώσεις*» δεν είναι ούτε η μεγιστοποίηση (καθώς μεγάλες τιμές θα υποδήλωναν μία μη ορθολογική αξιοποίηση των πόρων της συγκεκριμένης επιχείρησης), ούτε και η ελαχιστοποίηση (καθώς μικρές τιμές θα υποδήλωναν μεγάλη δυσκολία κάλυψης των υποχρεώσεων και κίνδυνο χρεοκοπίας της επιχείρησης). Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει ο αποφασίζων να προσδιορίσει την επιθυμητή τιμή ή επίπεδο τιμών (π.χ. 1.5-2) καθώς και τις ακραίες τιμές πέρα από τις οποίες η επίδοση κρίνεται ως μη αποδεκτή. Η μοντελοποίηση της συμπεριφοράς

του αποφασίζοντα μπορεί να γίνει με ασαφείς αριθμούς, έτσι ώστε οι προτιμήσεις του να αποτυπωθούν σε 3 τιμές $\{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\}$ και στη συνέχεια να γίνει αναγωγή των επιδόσεων των επιλογών στο διάστημα $[0,1]$. [32]

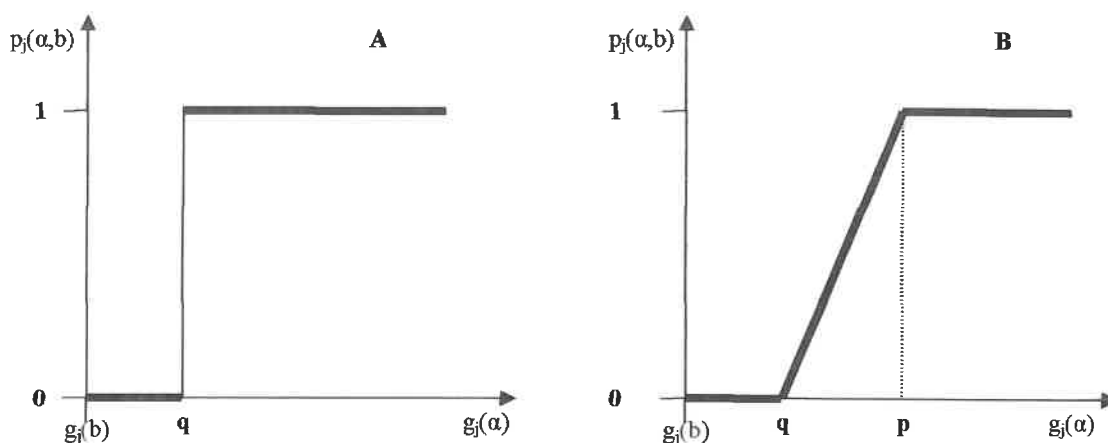
3.2 Κατώφλια Αδιαφορίας και Προτίμησης

Στις μεθόδους υπεροχής ακολουθείτε ένα μοντέλο ενδοκριτηριακών προτιμήσεων. Το μοντέλο αυτό θεωρεί ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά μπροστά σε δύο διαφορετικές επιδόσεις δεν μπορεί να εκφρασθεί ικανοποιητικά μόνο μέσα από δύο καταστάσεις: την αδιαφορία και την προτίμηση. Επίσης, υποστηρίζεται ότι οι έννοιες της αδιαφορίας και της προτίμησης, δεν μπορούν να ορισθούν με απόλυτη μαθηματική αυστηρότητα, ενώ συχνά δεν μπορεί να υπάρξει μία απότομη μετάβαση από τη μία κατάσταση στην άλλη. Αντίθετα, σε μία συγκριτική αξιολόγηση η ανθρώπινη συμπεριφορά διαμορφώνεται μέσα από μία πιο χαλαρή θεώρηση των επιδόσεων, σύμφωνα με την οποία μία μικρή διαφορά επιδόσεων δεν στοιχειοθετεί αυτόματα την ανωτερότητα της μίας επιλογής και δεν μεταφράζεται σε μία σαφή κατάσταση προτίμησης.

Τα δύο κύρια γνωρίσματα αυτού του γενικευμένου μοντέλου προτιμήσεων είναι τα εξής [32]:

- Διεύρυνση της κατάστασης αδιαφορίας έτσι, ώστε ξεπερνώντας την ασφυκτική (και δυσκολότερο να ικανοποιηθεί στην πράξη) προϋπόθεση της ισότητας των επιδόσεων, να ισχύει και για επιλογές που η διαφορά των επιδόσεων τους κρίνεται ότι δεν είναι αρκετή για να δικαιολογήσει προτίμηση της μίας έναντι της άλλης: Για παράδειγμα, στην επιλογή σχεδιαστικής λύσης για το Θριάσιο αν δύο εναλλακτικές λύσεις εμφανίζουν κόστη κατασκευής παραπλήσια με διαφορά 20 χιλ. €, πιθανόν η διαφορά αυτή να αφήνει αδιάφορο τον αποφασίζοντα.
- Διαφοροποίηση της κατάστασης προτίμησης, έτσι ώστε να αναγνωρίζονται διαφορές στην ένταση προτίμησης. Συγκεκριμένα, μικρές διαφορές επιδόσεων (που είναι όμως αρκετές ώστε να μη δικαιολογούν αδιαφορία μεταξύ των επιλογών) συνεπάγονται μία ασθενή προτίμηση για την επιλογή που υπερέχει, ακόμη μεγαλύτερες διαφορές ισχυροποιούν την προτίμηση, ενώ τέλος πολύ μεγάλες διαφορές επιτρέπουν τη διαμόρφωση μίας σαφούς και αναμφισβήτητης προτίμησης.

Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, σε κάθε κριτήριο μπορεί να προσδιορίζονται κατώφλια αδιαφορίας ή/και προτίμησης. Τα κριτήρια που έχουν τέτοια κατώφλια λέγονται ψευδοκριτήρια. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται δύο ψευδοκριτήρια, το Α) μόνο με κατώφλι αδιαφορίας, το Β) με κατώφλι αδιαφορίας και προτίμησης.



Σχήμα 1: Ψευδοκριτήρια με κατώφλια Α) Αδιαφορίας, Β) Αδιαφορίας και Προτίμησης

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1, αν θεωρήσουμε δεδομένη την επίδοση $g_j(b)$ της επιλογής b στο κριτήριο j , και την επίδοση μίας άλλης τυχαίας επιλογής a , $g_j(a)$ να κυμαίνεται στον οριζόντιο άξονα, η σύγκριση τους οδηγεί στις εξής καταστάσεις:

Στην περίπτωση του ψευδοκριτηρίου Α:

- Κατάσταση αδιαφορίας αν: $g_j(a) - g_j(b) \leq q$
- Κατάσταση σαφούς προτίμησης αν: $g_j(a) - g_j(b) > q$

Στην περίπτωση του ψευδοκριτηρίου Β:

- Κατάσταση αδιαφορίας αν: $g_j(a) - g_j(b) \leq q$
- Κατάσταση ασθενούς προτίμησης αν: $q < g_j(a) - g_j(b) \leq p$
- Κατάσταση σαφούς προτίμησης αν: $g_j(a) - g_j(b) > p$

Οι διαφορετικές καταστάσεις προτίμησης αναφέρονται σε συγκρίσεις μεταξύ ενός ζεύγους επιλογών a και b , και προσδιορίζονται με ένα δείκτη προτίμησης $p_j(a,b)$ που παίρνει τιμές στο διάστημα $[0-1]$. Στην κατάσταση αδιαφορίας, καθώς και στην κατάσταση μη προτίμησης, η τιμή του δείκτη είναι ίση με 0, στην κατάσταση σαφούς προτίμησης είναι ίση με 1, ενώ στην κατάσταση μη σαφούς προτίμησης (ασθενούς ή ισχυρής) παίρνει τιμές μεταξύ 0 και 1.

Η χρήση των κατωφλίων αδιαφορίας διευκολύνει τον αποφασίζοντα να εκφράσει τις προτιμήσεις του, χωρίς να χρειάζεται να προσδιορίσει συναρτήσεις αξίας. Ο τύπος και οι τιμές των κατωφλίων εξαρτώνται από τη φύση του κριτηρίου, από τη διασπορά των επιδόσεων των επιλογών, από την αντικειμενική αβεβαιότητα ως προς την ακρίβεια των δεδομένων και από τους υποκειμενικούς δισταγμούς του αποφασίζοντα μπροστά σε μικρές διαφορές επιδόσεων. Ένας εμπειρικός κανόνας για την εκτίμηση των τιμών των κατωφλίων είναι ο υπολογισμός τους ως ποσοστών επί της μέγιστης διαφοράς επιδόσεων, για παράδειγμα το κατώφλι αδιαφορίας

εκτιμάται ως το 5-15% και το κατώφλι προτίμησης ως το 10-30% αυτής της διαφοράς.

3.3 Εκτίμηση Συντελεστών Βαρύτητας

Η επίλυση ενός πολυκριτηριακού προβλήματος λήψης αποφάσεων προϋποθέτει τη σύνθεση των επιδόσεων των επιλογών σε όλα τα κριτήρια στη βάση των ενδοκριτηριακών προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Η συνθετική αυτή διαδικασία πρέπει να λάβει υπόψη τη σχετική σημαντικότητα κάθε κριτηρίου, δηλαδή το βαθμό στον οποίο συμμετέχει για τη διαμόρφωση του συνολικού μέτρου της πολυκριτηριακής αξιολόγησης.

Η σημαντικότητα των κριτηρίων ποσοτικοποιείται με τους συντελεστές βαρύτητας, w_j , ενώ για να γίνει εμφανής η μεταξύ τους σχέση γίνεται αναγωγή των τιμών τους έτσι ώστε για το σύνολο των κριτηρίων i , να ισχύει: $\sum w_j = 1$.

Προκειμένου να διευκολυνθεί ο αποφασίζων να διατυπώσει τις προτιμήσεις του με τρόπο που να αντανakλούν τις αντιλήψεις και προτεραιότητες του, έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές εκτίμησης των συντελεστών βαρύτητας. Οι τεχνικές αυτές διαφοροποιούνται μεταξύ τους ως προς την απλότητα και ευκολία εφαρμογής τους, ενώ μία άλλη συνήθης διάκριση αφορά τον άμεσο ή έμμεσο τρόπο έκφρασης των προτιμήσεων. Οι πιο γνωστές και συχνότερα εφαρμοζόμενες τεχνικές είναι[32]:

- Μέθοδος κατανομής (allocation method): πρόκειται για την απλούστερη μέθοδο άμεσης απόδοσης συντελεστών βαρύτητας. Ο αποφασίζων καλείται να κατανείμει ένα συγκεκριμένο αριθμό μονάδων βάρους (100) στα εξεταζόμενα κριτήρια ανάλογα με τη σημαντικότητα που κατά τη γνώμη του έχουν. Στο σημαντικότερο κριτήριο θα αποδώσει το μεγαλύτερο αριθμό μονάδων, στο επόμενο ένα μικρότερο αριθμό κ.ο.κ. προσέχοντας έτσι ώστε ο συνολικός αριθμός μονάδων να είναι ίσος με 100.
- Αναλογική μέθοδος (ratio method): είναι επίσης μία απλή άμεση μέθοδος εκτίμησης των συντελεστών βαρύτητας που μπορεί να εφαρμοσθεί με διαφορετικούς τρόπους. Μία τεχνική είναι να αποδοθεί τιμή βάρους ίση με 1 στο ή στα λιγότερο σημαντικά κριτήρια και πολλαπλάσια της μονάδας (1.5, 2, 4 κλπ) στα περισσότερα σημαντικά ανάλογα με το λόγο που εκτιμάμε ότι αποτυπώνει τη σχέση σημαντικότητας μεταξύ τους. Μία άλλη τεχνική είναι να αποδοθούν 100 μονάδες στο περισσότερο σημαντικό κριτήριο και ένας αριθμός μικρότερος των 100 σε κάθε ένα από τα άλλα κριτήρια, ανάλογα και πάλι με τη σχετική τους σημαντικότητα ως προς το πρώτο. Γενικά, η δεύτερη αυτή τεχνική μπορεί να αποτυπώσει με μεγαλύτερη ακρίβεια διαφορές σημαντικότητας μεταξύ των κριτηρίων, λόγω της μεγαλύτερης

ευελιξίας που δίνει η κλίμακα 1-100. Σε κάθε περίπτωση, στο τελικό στάδιο αυτής της μεθόδου απαιτείται η κανονικοποίηση των συντελεστών βαρύτητας, ώστε το άθροισμα τους να ισούται με τη μονάδα.

- Βαθμωτή μέθοδος (level ή card method): η άμεση αυτή μέθοδος χρησιμοποιεί μία κλίμακα ιεράρχησης στην οποία ο αποφασίζων τοποθετεί ανάλογα με τη σημασία τους τα κριτήρια. Στην υψηλότερη βαθμίδα τοποθετεί το ή τα πιο σημαντικά κριτήρια και στις επόμενες τα λιγότερο σημαντικά, αφήνοντας πιθανά κενά μεταξύ των βαθμίδων για να υποδηλώσει μεγαλύτερη διαφορά σημαντικότητας. Τα αρχικά βάρη προκύπτουν αριθμώντας τη βάση της κλίμακας με 1 και αυξάνοντας το βάρος μετατοπιζόμενοι προς την κορυφή της κλίμακας. Τα βάρη αυτά στη συνέχεια κανονικοποιούνται με αναγωγή τους στη μονάδα.
- Δυαδική σύγκριση (binary comparisons): η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε διάφορες παραλλαγές και στηρίζεται στη σύγκριση της σημαντικότητας κάθε κριτηρίου με όλα τα υπόλοιπα, ανά ζεύγη. Ο αριθμός N των συγκρίσεων που πραγματοποιείται σε ένα πρόβλημα m κριτηρίων είναι $N = m \cdot (m-1) / 2$. Αυτό που διαφοροποιείται μεταξύ των διαφόρων παραλλαγών της μεθόδου είναι η κλίμακα στην οποία εκφράζονται οι διαφορές σημαντικότητας μεταξύ των συγκρινόμενων επιλογών. Για παράδειγμα, μία από τις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης, η AHP (Analytic Hierarchy Process) έχει ενσωματωμένη τη μέθοδο της δυαδικής σύγκρισης με μία κλίμακα από 1 έως 9, όπου το 1 υποδηλώνει ίδια σημαντικότητα των δύο κριτηρίων και 9 εξαιρετικά πιο σημαντικό το ένα κριτήριο. Οι τελικοί συντελεστές βαρύτητας προκύπτουν από την άθροιση των βαθμών που παίρνει κάθε κριτήριο στη σύγκριση του με τα υπόλοιπα και την αναγωγή τους στη μονάδα. Μία άλλη κλίμακα αποδίδει 0 στο κριτήριο με τη μικρότερη σημασία σε κάθε ζεύγος, ενώ η ισοδυναμία και η μεγαλύτερη σημασία εκφράζονται με βάρη από 1-3 ή 1-5.
- Μέθοδος μετατόπισης (swing method): πρόκειται για μία έμμεση μέθοδο εκτίμησης των συντελεστών βαρύτητας που στηρίζεται στη θεώρηση των χειρότερων και καλύτερων επιδόσεων σε κάθε κριτήριο. Παρουσιάζει ομοιότητες με την αναλογική μέθοδο, διαφέρει όμως στο ότι ο αποφασίζων εκφράζει τις προτιμήσεις του έχοντας καθαρή εικόνα για το εύρος των επιδόσεων στο κριτήριο, επομένως και για τη βελτίωση που είναι δυνατό να επιτευχθεί αποδίδοντας μεγαλύτερη βαρύτητα σε αυτό. Συγκεκριμένα, κατασκευάζουμε μία υποθετική επιλογή που εμφανίζει τις χειρότερες επιδόσεις σε όλα τα κριτήρια και το ερώτημα που τίθεται στον αποφασίζοντα είναι σε πιο κριτήριο θέλει μετατόπιση από τη χειρότερη στην καλύτερη επίδοση. Το κριτήριο αυτό είναι το πιο σημαντικό και βαθμολογείται με 100 μονάδες. Το επόμενο πιο σημαντικό είναι το κριτήριο που ο αποφασίζων επιλέγει να μετατοπίσει ως δεύτερο και στο οποίο

αποδίδει λιγότερες από 100 μονάδες ανάλογα με τη διαφορά σημαντικότητας που πιστεύει ότι υπάρχει μεταξύ πρώτου και δεύτερου κριτηρίου. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι το τελευταίο κριτήριο, και οι συντελεστές βαρύτητας προκύπτουν με αναγωγή των βαθμών κάθε κριτηρίου στη μονάδα.

- Ολιστική μέθοδος (holistic approach): πρόκειται για μία έμμεση μέθοδο που επιχειρεί να αποκρυπτογραφήσει τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα από τη σειρά στην οποία τοποθετεί ένα μικρό δείγμα των προς αξιολόγηση επιλογών. Η εκτίμηση γίνεται με τη βοήθεια ενός μοντέλου παλινδρόμησης που υπολογίζει τους συντελεστές βαρύτητας που ασυνείδητα χρησιμοποιεί ο αποφασίζων. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί μόνο αν ο αριθμός των επιλογών είναι αρκετά μεγάλος. Η πιθανότητα αστοχίας όμως είναι σημαντική, κυρίως σε περίπτωση μεγάλου αριθμού κριτηρίων γιατί ο ανθρώπινος νους δεν μπορεί να επεξεργασθεί ταυτόχρονα πολλές διαστάσεις και τείνει να αγνοήσει κάποια κριτήρια.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει και άλλη μία μέθοδος για την εύρεση των συντελεστών βαρύτητας, η μέθοδος αντιστάθμισης (trade-off method). Όμως οι συντελεστές βαρύτητας στις μεθόδους υπεροχής (μία εκ των οποίων είναι και η μέθοδος PROMETHEE) δεν έχουν το χαρακτήρα των συντελεστών αντιστάθμισης μεταξύ των επιδόσεων στα επιμέρους κριτήρια, γι' αυτό και δεν χρησιμοποιείται η μέθοδος αντιστάθμισης για την εξαγωγή τους. Αντίθετα οι συντελεστές βαρύτητας στις μεθόδους υπεροχής υποδηλώνουν το βαθμό συμβολής κάθε κριτηρίου στη διαμόρφωση του συνολικού δείκτη προτίμησης ή συμφωνίας.

Η επιλογή της τεχνικής εκτίμησης των συντελεστών βαρύτητας εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά και τη σοβαρότητα του προβλήματος, την εμπειρία και την εξοικείωση του αναλυτή ή αποφασίζοντα, τις συνθήκες λήψης απόφασης και το διαθέσιμο χρόνο. Οποσδήποτε, είναι αναμενόμενο ότι κάθε μέθοδος θα δώσει λιγότερο ή περισσότερο διαφοροποιημένα αποτελέσματα. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η μία τεχνική πετυχαίνει έναντι της άλλης, γιατί όπως έχει ήδη αναφερθεί οι ανθρώπινες προτιμήσεις δεν είναι δεδομένες. Για αυτό είναι ωφέλιμο να γίνεται παράλληλη εφαρμογή δύο μεθόδων, έτσι ώστε μέσα από τις διαφορές που πιθανά θα προκύψουν να δοθεί η ευκαιρία στον αποφασίζοντα να ξανασκεφθεί και να καταλήξει ποίοι συντελεστές βαρύτητας αποτυπώνουν καλύτερα τις προτιμήσεις του.[32]

3.4 Η Μέθοδος PROMETHEE

Η μέθοδος PROMETHEE ανήκει στην προσέγγιση των σχέσεων υπεροχής, δηλαδή, βασίζεται στην ανά ζεύγη σύγκριση των επιλογών σε κάθε κριτήριο με βάση τις επιδόσεις τους και τις ενδοκριτηριακές προτιμήσεις του αποφασίζοντα, όπως αυτές εκφράζονται με τα κατώφλια αδιαφορίας ή/και προτίμησης. Χαρακτηριστικό των μεθόδων υπεροχής είναι ότι η σύγκριση γίνεται στην αρχική κλίμακα μέτρησης των επιδόσεων (ποσοτική ή ποιοτική) χωρίς αναγωγή στο διάστημα $[0,1]$. Ο δείκτης που προκύπτει από την ανά κριτήριο σύγκριση συντίθεται στη συνέχεια σε ένα συνολικό δυαδικό δείκτη λαμβάνοντας υπόψη τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων.

Οι δυαδικοί δείκτες χαρακτηρίζουν ζεύγη επιλογών (a,b) και προσδιορίζουν στο διάστημα $[0,1]$ το βαθμό στον οποίο ισχύει η υπόθεση: «η λύση a είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο και η λύση b ». Ανάλογα με τη μέθοδο και τον ακριβή τρόπο υπολογισμού τους, οι δείκτες αυτοί ονομάζονται δείκτες προτίμησης ή δείκτες συμφωνίας (ως προς την υπόθεση). Μία λύση a που εμφανίζει υψηλές τιμές δεικτών προτίμησης σε σχέση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές λύσεις χαρακτηρίζεται από μία σχετική υπεροχή, ενώ αντίθετα άλλες λύσεις που δεν επιβεβαιώνουν την υπόθεση σε σημαντικό βαθμό, κρίνονται ως υποδεέστερες. Επομένως, το τελικό στάδιο στις μεθόδους υπεροχής είναι η επεξεργασία των δυαδικών δεικτών έτσι ώστε να προκύψουν σχέσεις υπεροχής και η τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων.[32]

Λόγω του διευρυμένου μοντέλου προτιμήσεων που ακολουθείται, δεν ισχύει η υπόθεση της μεταβατικότητας των σχέσεων υπεροχής. Δηλαδή, αν ο αποφασίζων κρίνει ότι η λύση a υπερέχει της b , και η λύση b της c , αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η λύση a υπερέχει της c . Αυτό συμβαίνει όταν η πρόταση «η λύση a είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο και η λύση c », δεν επιβεβαιώνεται επαρκώς λόγω των αντιφάσεων που προκύπτουν κατά τη δυαδική τους σύγκριση στα επιμέρους κριτήρια. Επομένως, η αρχική κατάταξη των επιλογών στις μεθόδους υπεροχής δεν είναι πλήρης, καθώς περιλαμβάνει και μη συγκρίσιμες επιλογές. Αν και το χαρακτηριστικό αυτό από πρώτη άποψη μπορεί να θεωρηθεί ως αρνητικό, στην πραγματικότητα παρέχει χρήσιμη πληροφορία στον αποφασίζοντα εντοπίζοντας λύσεις, μεταξύ των οποίων η επιλογή απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και αξιολόγηση των ισχυρών και αδύνατων επιδόσεων τους.[32]

Οι πιο γνωστές μεταξύ των μεθόδων υπεροχής είναι[32]:

- Η οικογένεια των μεθόδων ELECTRE, που αναπτύχθηκαν σταδιακά από τις αρχές του '70 μέχρι σήμερα από την ομάδα του B. Roy στη Γαλλία (με περισσότερο διαδεδομένη τη μέθοδο ELECTRE III),

- και η μέθοδος PROMETHEE (Preference Ordering METHod) που αναπτύχθηκε τη 10ετία του 80 [δύο αναφορές] και έκτοτε έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως (πολλές εφαρμογές στη βιβλιογραφία) ενώ έχουν αναπτυχθεί και αντίστοιχα λογισμικά (Promcalc, Decisison Lab κ.ά.). Παράλληλα έχουν γίνει και προσπάθειες εξέλιξης της μεθόδου αναπτύσσοντας παραλλαγές της.

Γενικότερα, οι μέθοδοι υπεροχής θεωρούνται ως η Ευρωπαϊκή προσέγγιση στην πολυκριτηριακή ανάλυση, σε αντίθεση με τις μεθόδους πολυκριτηριακής συνάρτησης αξίας που έχουν τις ρίζες τους στην Αμερικάνικη προσέγγιση. Οι μέθοδοι ELECTRE χρησιμοποιούν, εκτός των κατωφλίων αδιαφορίας και προτίμησης, και κατώφλι απαγόρευσης (veto), που σημαίνει ότι αν η διαφορά επιδόσεων μεταξύ δύο επιλογών υπερβαίνει το συγκεκριμένο όριο, η υποδεέστερη επιλογή δεν μπορεί να υπερέχει ανεξάρτητα από τις επιδόσεις της στα άλλα κριτήρια.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία επίλυσης που ακολουθείται στη μέθοδο PROMETHEE, η οποία είναι πιο απλή και κατανοητή σε σχέση με τη μέθοδο ELECTRE III, με την οποία θεωρείται συγκρίσιμη και ανταγωνιστική ως προς το εύρος εφαρμογών τους.

Η μέθοδος PROMETHEE, που είναι μεταξύ των πιο γνωστών και ευρέως εφαρμοσμένων μεθόδων σχέσεως υπεροχής, στηρίζεται στην κατασκευή μιας σχέσης προτίμησης μέσω της δυαδικής σύγκρισης των εξεταζόμενων εναλλακτικών λύσεων σε κάθε χωριστό κριτήριο [35], [36]. Με την εισαγωγή διάφορων τύπων γενικευμένων κριτηρίων, η μέθοδος PROMETHEE επιτρέπει έναν εμπλουτισμό των δομών προτίμησης που ταιριάζει καλύτερα για το χειρισμό της αβεβαιότητας ή της ανακρίβειας που χαρακτηρίζουν τα κακοδομημένα προβλήματα. Προτείνει συγκεκριμένα έξι τύπους γενικευμένων κριτηρίων που δέχονται τις διαφορετικές τιμές αδιαφορίας ή/και προτίμησης (ή τη μοναδική τιμή μεταξύ της αδιαφορίας και της προτίμησης) για την οριοθέτηση της περιοχής αδιαφορίας και προτίμησης, καθώς επίσης και τα ενδιάμεσα στάδια προτίμησης. Οι παράμετροι που απαιτούνται για να διευκρινίσουν τα κριτήρια έχουν συνήθως μια στενή σχέση με τις οικονομικές, τεχνικές ή κοινωνικές εκτιμήσεις και μπορούν να προέλθουν άμεσα από τον εκάστοτε αποφασίζοντα.

Ας θέσουμε το v να είναι το σύνολο εναλλακτικών λύσεων και το μ είναι το σύνολο κριτηρίων. Μια σχέση προτίμησης καθορίζεται μέσω της δυαδικής σύγκρισης των εναλλακτικών λύσεων σε κάθε κριτήριο j δηλαδή [33]:

$$P_j(v \times v) \rightarrow (0,1) \quad j \in \mu$$

Για δύο εναλλακτικές λύσεις α και β έχουμε:

$P_j(a, b)=0 \rightarrow$ αδιαφορία μεταξύ της λύσης α και της β

$P_j(a, b) \sim 0 \rightarrow$ αδύνατη προτίμηση της λύσης α σε σχέση με τη λύση τη β στο j-οστό κριτήριο

$P_j(a, b) \sim 1 \rightarrow$ ισχυρή προτίμηση της λύσης α σε σχέση με τη λύση τη β στο j-οστό κριτήριο

$P_j(a, b)=1 \rightarrow$ ακριβής προτίμηση της λύσης α σε σχέση με τη λύση τη β στο j-οστό κριτήριο

Η σχέση προτίμησης είναι μια σχέση που εκφράζει την διαφορά μεταξύ των αποδόσεων των δύο εναλλακτικών λύσεων στο j-οστό κριτήριο και ορίζεται ως[33]:

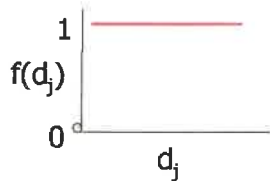
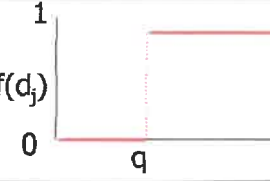
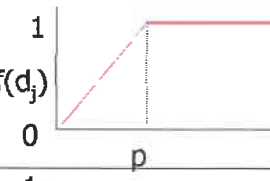
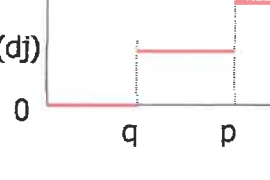
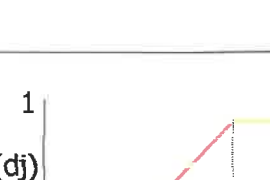
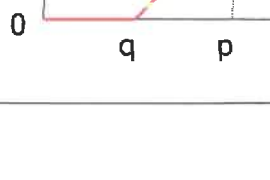
$$d_j = \begin{cases} p_{aj} - p_{bj} & \text{εάν } p_{aj} \geq p_{bj} \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

όπου P_{aj} και P_{bj} είναι οι αποδόσεις των εναλλακτικών λύσεων α και β στο j-οστό κριτήριο. Πρέπει να διαπιστωθεί ότι η ανωτέρω σχέση ισχύει εάν το j είναι ένα κριτήριο μεγιστοποίησης αντίθετα εάν είναι ένα κριτήριο ελαχιστοποίησης πρέπει να αντιστρέψουμε τα σημάδια του P_{aj} και P_{bj} και να εφαρμόσουμε έπειτα την εξίσωση. Συνεπώς η γενικευμένη μορφή της σχέσης προτίμησης είναι[33]:

$$P_j(a, b) = f(d_j)$$

Η λειτουργική μορφή του f επιλέγεται από τον αποφασίζοντα. Έξι τύποι λειτουργικών μορφών εφαρμόζονται συνήθως και καλούνται γενικευμένα κριτήρια ή ψευδό-κριτήρια. Αυτά τα κριτήρια παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 1. Τρία είδη παραμέτρων καθορίζονται: Η παράμετρος αδιαφορίας (q), η ακριβής παράμετρος προτίμησης (p) και η γκαουσιανή παράμετρος (σ). Ο τύπος κάθε κριτηρίου, καθώς επίσης και οι τιμές των παραμέτρων (q, p και σ) επιλέγονται από τον αποφασίζοντα [33].

Οι έξι τύποι ψευδό-κριτηρίων στην μέθοδο PROMETHEE

τύπος ψευδό-κριτηρίου	Μαθηματική έκφραση	Σύντομη περιγραφή	Γραφική παράσταση
1.) Κανονικό κριτήριο (usual type)	$f(d_j) = \begin{cases} 1, & d_j > 0 \\ 0, & d_j = 0 \end{cases}$	Δεν περιλαμβάνει κατώφλια και υποθέτει απότομη μετάβαση από την κατάσταση αδιαφορίας στην κατάσταση προτίμησης.	
2.) Κριτήριο με κατώφλι αδιαφορίας (U-type)	$f(d_j) = \begin{cases} 1, & d_j > q \\ 0, & d_j \leq q \end{cases}$	Περιλαμβάνει μόνο κατώφλι αδιαφορίας q.	
3.) Κριτήριο με κατώφλι προτίμησης (V-type)	$f(d_j) = \begin{cases} 1, & d_j > p \\ \frac{d_j}{p}, & d_j \leq p \end{cases}$	Περιλαμβάνει μόνο κατώφλι προτίμησης p.	
4.) Βαθμωτό κριτήριο (level type)	$f(d_j) = \begin{cases} 1, & d_j > p \\ 0.5, & p \geq d_j > q \\ 0, & q \geq d_j \end{cases}$	Περιλαμβάνει κατώφλι αδιαφορίας q, και κατώφλι προτίμησης p, που ορίζει ένα μόνο επίπεδο ενδιαμέσης προτίμησης μεταξύ αδιαφορίας και σαφούς προτίμησης.	
5.) Γραμμικό κριτήριο (linear type)	$f(d_j) = \begin{cases} 1, & d_j > p \\ \frac{d_j - q}{p - q}, & p \geq d_j > q \\ 0, & q \geq d_j \end{cases}$	Περιλαμβάνει κατώφλι αδιαφορίας q, και γραμμική μετάβαση στην κατάσταση σαφούς προτίμησης που ορίζεται από το κατώφλι προτίμησης p.	
6.) Κριτήριο Gauss (Gauss type)	$f(d_j) = 1 - e^{-d_j^2 / 2\sigma^2}$	Υποθέτει σταδιακή μετάβαση από την κατάσταση αδιαφορίας προς την κατάσταση σαφούς προτίμησης (που θεωρητικά προσεγγίζεται στο άπειρο) ακολουθώντας τη συνάρτηση μίας κατανομής Gauss και προσδιορίζεται από την τυπική απόκλιση της κατανομής σ.	

Πίνακας 1: Ο πίνακας ελήφθη από το δημοσιευμένο άρθρο [34] και πέραν της μετάφρασης τροποποιήθηκε με την προσθήκη της τρίτης στήλης.

Έτσι στο πρώτο στάδιο της μεθόδου PROMETHEE εφαρμόζουμε την Δυαδική Σύγκριση Επιλογών ανά Κριτήριο: στην οποία εξετάζονται διαδοχικά σε κάθε κριτήριο j όλα τα ζεύγη επιλογών a και b και με βάση τη διαφορά των επιδόσεων τους $d_j(a,b)$ και τον τύπο του κριτηρίου υπολογίζονται οι δείκτες προτίμησης $p_j(a,b)$. Οι δείκτες αυτοί παίρνουν τιμές στο διάστημα $[0-1]$ και δείχνουν το βαθμό στον οποίο η επιλογή a προτιμάται από την επιλογή b στο συγκεκριμένο κριτήριο.

Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, στην περίπτωση των κριτηρίων τύπου (1) και (2), ο δείκτης $p_j(a,b)$ παίρνει μόνο τιμές 0 και 1, ενώ στην περίπτωση του τύπου (4), παίρνει και την ενδιάμεση τιμή 0.5. Στην περίπτωση της γραμμικής μεταβολής που ακολουθείται στα κριτήρια τύπου (3) και (5) η τιμή του δείκτη προκύπτει από γραμμική παρεμβολή μεταξύ των ορίων. Έτσι για παράδειγμα στην περίπτωση ενός κριτηρίου τύπου (5) με τιμές κατωφλίων q και p , και διαφορά επιδόσεων των δύο επιλογών $q < d_j(a,b) < p$, η τιμή του δείκτη προτίμησης θα είναι [33]:

$$p_j(a,b) = \frac{d_j(a,b) - q}{p - q}$$

Το αποτέλεσμα της δυαδικής σύγκρισης όλων των ζευγών των εξεταζομένων επιλογών σε ένα κριτήριο αποτυπώνεται σε έναν τετραγωνικό πίνακα διαστάσεων $n \times n$ (n : ο αριθμός των λύσεων). Ο πίνακας δεν είναι συμμετρικός καθώς αν $p_j(a,b) > 0$, τότε εξ ορισμού $p_j(b,a) = 0$, δηλαδή η κατάσταση μη προτίμησης προσδιορίζεται επίσης με μηδενική τιμή του δείκτη. [33]

Το πρώτο στάδιο ολοκληρώνεται όταν εξετασθούν και τα m κριτήρια αξιολόγησης, δηλαδή κατασκευασθούν m τετραγωνικοί πίνακες $n \times n$.

Στο δεύτερο στάδιο της μεθόδου έχουμε τον υπολογισμό Συνολικών Δεικτών Προτίμησης: στον οποίο για κάθε ζεύγος επιλογών a και b υπολογίζουμε έναν συνολικό δείκτη προτίμησης $P(a,b)$ ως άθροισμα των μερικών σχέσεων προτίμησης σε κάθε κριτήριο $p_j(a,b)$, σταθμισμένο ανάλογα με τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων [33]:

$$P(a,b) = \sum_{j=1}^m w_j \cdot p_j(a,b)$$

Οι δείκτες συνολικής προτίμησης $P(a,b)$ παίρνουν τιμές επίσης στο διάστημα $[0,1]$ και υποδηλώνουν αν και σε τι βαθμό η επιλογή a επαληθεύει τον ισχυρισμό ότι υπερέχει έναντι της επιλογής b λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των κριτηρίων. Τα αποτελέσματα του υπολογισμού των συνολικών δεικτών προτίμησης

αποτυπώνονται σε έναν τελικό πίνακα διαστάσεων $n \times n$. Το κελλί (i,j) του πίνακα περιλαμβάνει την τιμή του συνολικού δείκτη προτίμησης της επιλογής i έναντι της επιλογής j .

Στο επόμενο στάδιο της μεθόδου κάνουμε τον υπολογισμό Θετικών και Αρνητικών Ροών: δηλαδή υπολογίζονται για κάθε λύση a , δύο μέτρα αξιολόγησης που δείχνουν σε τι βαθμό η λύση αυτή υπερέχει ή υπολείπεται έναντι όλων των υπολοίπων επιλογών. Τα μέτρα αυτά ονομάζονται θετική και αρνητική ροή, αντίστοιχα και ορίζονται ως εξής[33]:

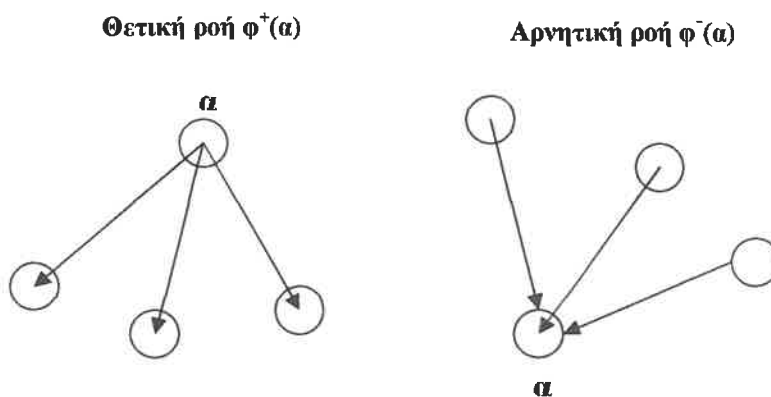
$$\text{Θετική ροή:} \quad \varphi^+(a) = \frac{\sum_{j=1}^n P(a,j)}{n-1}$$

Η θετική ροή για τη λύση a προκύπτει από το άθροισμα των στοιχείων της αντίστοιχης σειράς δια του αριθμού των υπολοίπων επιλογών ($n-1$) και δείχνει το μέσο βαθμό κυριαρχίας της λύσης. Συνάγεται ότι όσο μεγαλύτερη η τιμή της θετικής ροής σε σχέση με τις θετικές ροές των υπολοίπων επιλογών τόσο καλύτερη είναι η λύση αυτή.

$$\text{Αρνητική ροή:} \quad \varphi^-(a) = \frac{\sum_{j=1}^n P(j,a)}{n-1}$$

Η αρνητική ροή για τη λύση a προκύπτει από το άθροισμα των στοιχείων της αντίστοιχης στήλης δια του αριθμού των υπολοίπων επιλογών ($n-1$) και δείχνει το μέσο βαθμό που η λύση αυτή κυριαρχείται από τις υπόλοιπες επιλογές. Συνάγεται ότι όσο μικρότερη η τιμή της αρνητικής ροής σε σχέση με τις αρνητικές ροές των υπολοίπων επιλογών τόσο καλύτερη είναι η λύση αυτή.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται γραφικά η έννοια της θετικής και αρνητικής υπεροχής ή κυριαρχίας.



Σχήμα 2: Η έννοια της θετικής και αρνητικής ροής στη μέθοδο PROMETHEE

Στην συνέχεια προχωρούμε στην **Μερική Κατάταξη των Επιλογών (PROMETHEE I)**: κατά την οποία κατασκευάζονται αρχικά δύο πλήρεις κατατάξεις (χωρίς ασυγκρισιμότητες) με βάση τις τιμές των θετικών και αρνητικών ροών:

Κατάταξη με βάση τις θετικές ροές:

$$\begin{array}{ll} a S^+ b \text{ αν } \varphi^+(a) > \varphi^+(b) & \text{Θετική Υπεροχή} \\ a I^+ b \text{ αν } \varphi^+(a) = \varphi^+(b) & \text{Θετική Αδιαφορία} \end{array}$$

Κατάταξη με βάση τις αρνητικές ροές:

$$\begin{array}{ll} a S^- b \text{ αν } \varphi^-(a) < \varphi^-(b) & \text{Αρνητική Υπεροχή} \\ a I^- b \text{ αν } \varphi^-(a) = \varphi^-(b) & \text{Αρνητική Αδιαφορία} \end{array}$$

Η μερική κατάταξη PROMETHEE I που περιλαμβάνει καταστάσεις προτίμησης, αδιαφορίας και ασυγκρισιμότητας, προκύπτει ως τομή των δύο αυτών κατατάξεων (θετικής και αρνητικής) ως εξής:

$$\begin{array}{ll} \text{Προτίμηση:} & a P_1 b \text{ αν } a S^+ b \text{ και } a S^- b \text{ ή} \\ & a S^+ b \text{ και } a I^- b \text{ ή} \\ & a I^+ b \text{ και } a S^- b \end{array}$$

$$\text{Αδιαφορία:} \quad a I_1 b \text{ αν } a I^+ b \text{ και } a I^- b$$

$$\text{Ασυγκρισιμότητα:} \quad a R_1 b \text{ αν } a S^+ b \text{ και } b S^- a$$

Η μερική κατάταξη PROMETHEE I, αποτελεί το πρώτο αποτέλεσμα από την επίλυση του πολυκριτηριακού προβλήματος και η χρησιμότητα του έγκειται στον εντοπισμό μη συγκρίσιμων επιλογών.

Τέλος προχωρούμε και στην **Πλήρης Κατάταξη των Επιλογών (PROMETHEE II)**: στην οποία κατασκευάζεται μία μοναδική πλήρης κατάταξη των επιλογών με βάση ένα καθαρό μέτρο υπεροχής κάθε επιλογής. Το μέτρο αυτό ονομάζεται καθαρή ροή και προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ θετικής και αρνητικής ροής[33]:

$$\text{Καθαρή Ροή:} \quad \varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

Η καθαρή ροή αποτελεί μέτρο της καθαρής υπεροχής ή κυριαρχίας κάθε επιλογής και αναγνωρίζει μόνο καταστάσεις προτίμησης και αδιαφορίας επιτρέποντας την πλήρη κατάταξη τους:

Προτίμηση: $aP_II b$ αν $\varphi(a) > \varphi(b)$

Αδιαφορία: $aI_{II} b$ αν $\varphi(a) = \varphi(b)$

Η πλήρης κατάταξη PROMETHEE II γίνεται πιο εύκολα αντιληπτή στον αποφασίζοντα περιέχει όμως μικρότερη ποσότητα πληροφορίας από την PROMETHEE I.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ PROMETHEE ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΣΤΟ ΘΡΙΑΣΙΟ

4.1 Συνοπτική Περιγραφή του Εμπορευματικού Κέντρου

4.1.1 Η Περιοχή του Θριασίου

Η περιοχή του Θριασίου βρίσκεται κοντά στην Αττική στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών-Πειραιώς (βλ. Εικόνα 7).



Εικόνα 7: Αεροφωτογραφία της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας. Η περιοχή του Θριασίου φαίνεται στα βορειοδυτικά. Πηγή: Google Earth

Ο Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος (Ο.Σ.Ε) στο πλαίσιο των επιχειρησιακών του σχεδίων, επέλεξε την περιοχή του Θριάσιου για την ανάπτυξη ενός νέου μεταφορικού, σιδηροδρομικού τερματικού σταθμού όπως και για την ανάπτυξη ενός εμπορευματικού κέντρου. Η συνεργασία μεταξύ του σιδηροδρομικού σταθμού και

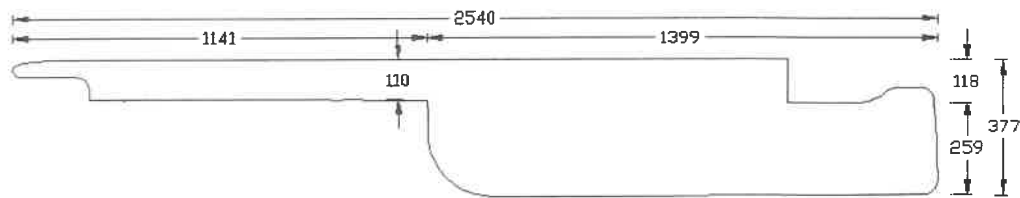
του εμπορευματικού κέντρου αναμένετε να αυξήσει το μερίδιο της σιδηροδρομικής εμπορευματικής κίνησης στην Ελλάδα. Ιδιαίτερα μάλιστα μετά την αναβάθμιση και αύξηση χωρητικότητας της κύριας σιδηροδρομικής γραμμής (Αθήνας-Θεσσαλονίκης). Επιπλέον θετικά εκτιμάται ότι θα συμβάλουν και τα έργα πολιτικού μηχανικού για την σύνδεση του νέου σιδηροδρομικού σταθμού και του εμπορευματικού κέντρου του Θριάσιου με το λιμάνι του Πειραιά. Οι παραπάνω δράσεις είναι σε συμφωνία με την Ευρωπαϊκή πολιτική για την προώθηση των φιλικών προς το περιβάλλον μεθόδων μεταφοράς που από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 η κοινή Ευρωπαϊκή πολιτική μεταφορών προωθεί [37]. Στην περίπτωση του εμπορευματικού κέντρου στο Θριάσιο, η έλλειψη διαθέσιμων εκτάσεων για ανάπτυξη εμπορευματικών αποθηκών στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, η εγγύτητα με την πόλη και η εύκολη πρόσβαση στο οδικό δίκτυο καθώς επίσης και η ύπαρξη σιδηροδρομικού σταθμού, αποτελούν τους κύριους λόγους για την ελκυστικότητα της επένδυσης.[34]

Μετά τις απαραίτητες εγκρίσεις από τις Ελληνικές αρχές, μια περιοχή περίπου 220 εκταρίων προτάθηκε για τον νέο σιδηροδρομικό σταθμό και τα κτίρια υπηρεσιών του εμπορευματικού κέντρου. Η ακριβής περιοχή του εμπορευματικού κέντρου προσδιορίζετε στα 45 εκτάρια. Μια νέα εταιρία (Θριάσιο Α.Ε.) ιδρύθηκε με κύριο σκοπό να διαχειρίζεται το εμπορευματικό κέντρο και να αξιοποιεί τις σιδηροδρομικές εμπορευματικές μεταφορές. Η εταιρία θα αναλαμβάνει συμφωνίες με ιδιωτικές εταιρίες που θα θελήσουν να ενεργοποιηθούν στο εμπορευματικό κέντρο. Ο Ο.Σ.Ε. έχει χορηγήσει στη Θριάσιο Α.Ε. το προνόμιο της εκμετάλλευσης της περιοχής για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο καθώς επίσης και για την σύναψη μισθώσεων με τρίτους.

4.1.2 Γενικές Κατευθύνσεις και Περιορισμοί στο Σχεδιασμό Εμπορευματικού Κέντρου στο Θριάσιο

Μεταξύ των πρώτων δραστηριοτήτων της Θριάσιο Α.Ε. ήταν η σύνταξη μιας προκαταρκτικής μελέτης που θα προσδιόριζε τα κύρια στοιχεία του νέου εμπορευματικού κέντρου (τυπικά μεγέθη των εμπορευματικών αποθηκών, το εσωτερικό οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο, οι πύλες εισόδου και εξόδου, οι θέσεις των γραφείων, εστιατορίων, περιοχών στάθμευσης, κ.λ.π.). [38].

Το σχέδιο του διαθέσιμου οικοπέδου των 45 εκταρίων που προορίζεται για την δημιουργία του εμπορευματικού κέντρου στο Θριάσιο φαίνεται στο σχέδιο 7:



Σχέδιο 7: Σχέδιο διαθέσιμου οικοπέδου για την δημιουργία του εμπορευματικού κέντρου.
(Οι διαστάσεις του σχήματος είναι σε μέτρα.)

Βασική επιδίωξη για τον σχεδιασμό του εμπορευματικού κέντρου είναι να καλυφθούν όλα τα τετραγωνικά μέτρα που επιτρέπει ο συντελεστής δόμησης για εμπορευματικές αποθήκες (στην περίπτωση του Θριάσιου επιτρέπεται να οικοδομηθούν συνολικά 235.000 τ.μ.) . Ωστόσο πολλά από τα σχέδια που μπορεί να δημιουργήσει κανείς δεν αξιοποιούν όλον τον οικοδομήσιμο χώρο και αυτό γιατί υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί. Τέτοιοι είναι η απαίτηση μεγάλων εκτάσεων για την εγκατάσταση των σιδηροδρομικών δικτύων και την οριοθέτηση του εσωτερικού οδικού δικτύου. Ακόμα η απαίτηση για χώρους στάθμευσης φορτηγών και μικρότερων οχημάτων καθώς και η δέσμευση χώρων για τις αναγκαίες εγκαταστάσεις υποδομών και υπηρεσιών όπως το κέντρο διοίκησης, το εστιατόριο, το πρατήριο καυσίμων κ.α. χειροτερεύουν το πρόβλημα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση του διαθέσιμου οικοπέδου υπάρχουν και μορφολογικοί παράγοντες που περιορίζουν την οικοδομήσιμη έκταση, όπως η ύπαρξη πρανών στη βόρεια πλευρά του οικοπέδου. Η εκσκαφή τους είναι μεν δυνατή αλλά απαιτεί υψηλό κόστος. Επίσης ο Ο.Σ.Ε. έχει θέσει ως προϋπόθεση το νότιο τμήμα του οικοπέδου να παραμείνει ελεύθερο για να εγκατασταθεί εκεί μια παράλληλη με το όριο του οικοπέδου σιδηροδρομική γραμμή, για λόγους που δεν αφορούν την συγκεκριμένη εργασία.

Ο προσδιορισμός του κατάλληλου μεγέθους για τις εμπορευματικές αποθήκες δεν είναι εύκολος, διότι δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι κανόνες. Για παράδειγμα στην πόλη της Βερόνας τα εμπορευματικά κέντρα προβάλλουν σαν πλεονεκτικότερες τις μικρές αποθήκες με έκταση γύρω στα 2.000-8.000 τ.μ., ενώ αντίθετα στα υπό κατασκευή εμπορευματικά κέντρα της περιοχής του Παρισιού Moissy-Cramayer καμία αποθήκη δεν προβλέπετε να είναι κάτω από 20.000 τ.μ. Στην περίπτωση του προκαταρκτικού σχεδιασμού του Θριάσιου αποφασίστηκε πως θα ήταν επιθυμητό να υπάρχουν γύρω στις έξι αποθήκες με έκταση 15.000-20.000 τ.μ. και άλλες δύο με έκταση 40.000-60.000 τ.μ. με δυνατότητα (αν ήταν εφικτό) μελλοντικής επέκτασης στα 70.000 τ.μ.[38]

Στο εξής με βάση τα παραπάνω επιθυμητά μεγέθη αποθηκών ορίστηκαν τρεις βασικοί τύποι εμπορευματικών αποθηκών. Οι τύπου 1 με μέγεθος γύρω στα 20.000 τ.μ., οι τύπου 2 με μέγεθος περίπου 50.000 τ.μ. και οι τύπου 3 με μέγεθος γύρω

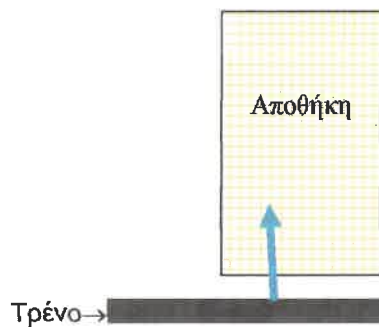
στα 10.000 τ.μ. Λόγω της ύπαρξης της βορειοδυτικής στενόμακρης λωρίδας γης στο τοπογραφικό του οικοπέδου δημιουργήθηκε η δυνατότητα τοποθέτησης μικρότερων αποθηκών τύπου 3.

Εκτός από την έκφραση της προτίμησης των ιδιοκτητών για το επιθυμητό μέγεθος των αποθηκών, εκφράστηκε και η προτίμηση στο να έχουν όλες οι αποθήκες, ή όσο το δυνατόν περισσότερες, σιδηροδρομική πρόσβαση και συνεπώς και δυνατότητα για cross-docking* φορτηγού με τρένο (βλ. κεφ. 2.3.3). Παρ' όλα αυτά τέτοιες επιλογές αποθηκών λόγω της γεωμετρίας του οικοπέδου του Θριάσιου έχουν δύο κύρια μειονεκτήματα:

- Μόνο οι αποθήκες που έχουν έκταση γύρω στα 50.000 τ.μ. επιτρέπουν την στάθμευση ενός ολόκληρου τρένου παράλληλα προς την μια πλευρά τους. Αντίστοιχα οι αποθήκες που έχουν έκταση γύρω στα 20.000 τ.μ. δεν επιτρέπουν την στάθμευση παρά μόνο ενός μέρους του συρμού.
- Η μία πλευρά της αποθήκης (που πρέπει να είναι και μεγάλη) πρέπει να έχει την κατάλληλη πλατφόρμα πλάτους 5 μ. [39] αντί για πύλες παραλαβής-αποστολής που εξυπηρετούν φορτηγά. Έτσι η δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγό χάνει σε πρακτικότητα. Στην περίπτωση που οι σιδηροδρομικές μεταφορές δεν είναι πολύ συχνές, ή κάποια απαραίτητη υποδομή του σιδηροδρομικού δικτύου χαλάσει, τότε η πρωτότερη δυνατότητα της άμεσης σιδηροδρομικής πρόσβασης στην αποθήκη ίσως, να μην αντισταθμίζει την απώλεια της πρακτικότητας της δυνατότητας cross-docking* φορτηγού με φορτηγό.

Στο Θριάσιο η γεωμετρία του χώρου καθώς και οι εναλλακτικές διαδρομές της σιδηροδρομικής γραμμής που μπορούν να σχεδιαστούν, επιτρέπουν την άμεση σιδηροδρομική πρόσβαση στην μικρή πλευρά των παραλληλόγραμμων αποθηκών τύπου 1. Έτσι οι μεγαλύτερες αντικριστές πλευρές που έχουν πρόσβαση από το εσωτερικό οδικό δίκτυο έχουν την δυνατότητα για cross-docking* φορτηγού με φορτηγό. Συνεπώς στην μικρή πλευρά των αποθηκών υπάρχει η εξής δυνατότητα: τα τρένα παραμένουν σταθμευμένα κατά μήκος της βοηθητικής σιδηροδρομικής γραμμής που παραβάλλει δίπλα στην πλατφόρμα και η αποθήκη εξυπηρετείται από τα βαγόνια που βρίσκονται ακριβώς μπροστά της. Όταν η διαδικασία ολοκληρωθεί ο συρμός μετακινείται έτσι ώστε καινούργια βαγόνια να σταθμεύσουν μπροστά στην αποθήκη (Σχέδιο 8) και συνεχίζεται η διαδικασία αυτή έως ότου εξυπηρετηθεί όλο το τρένο.

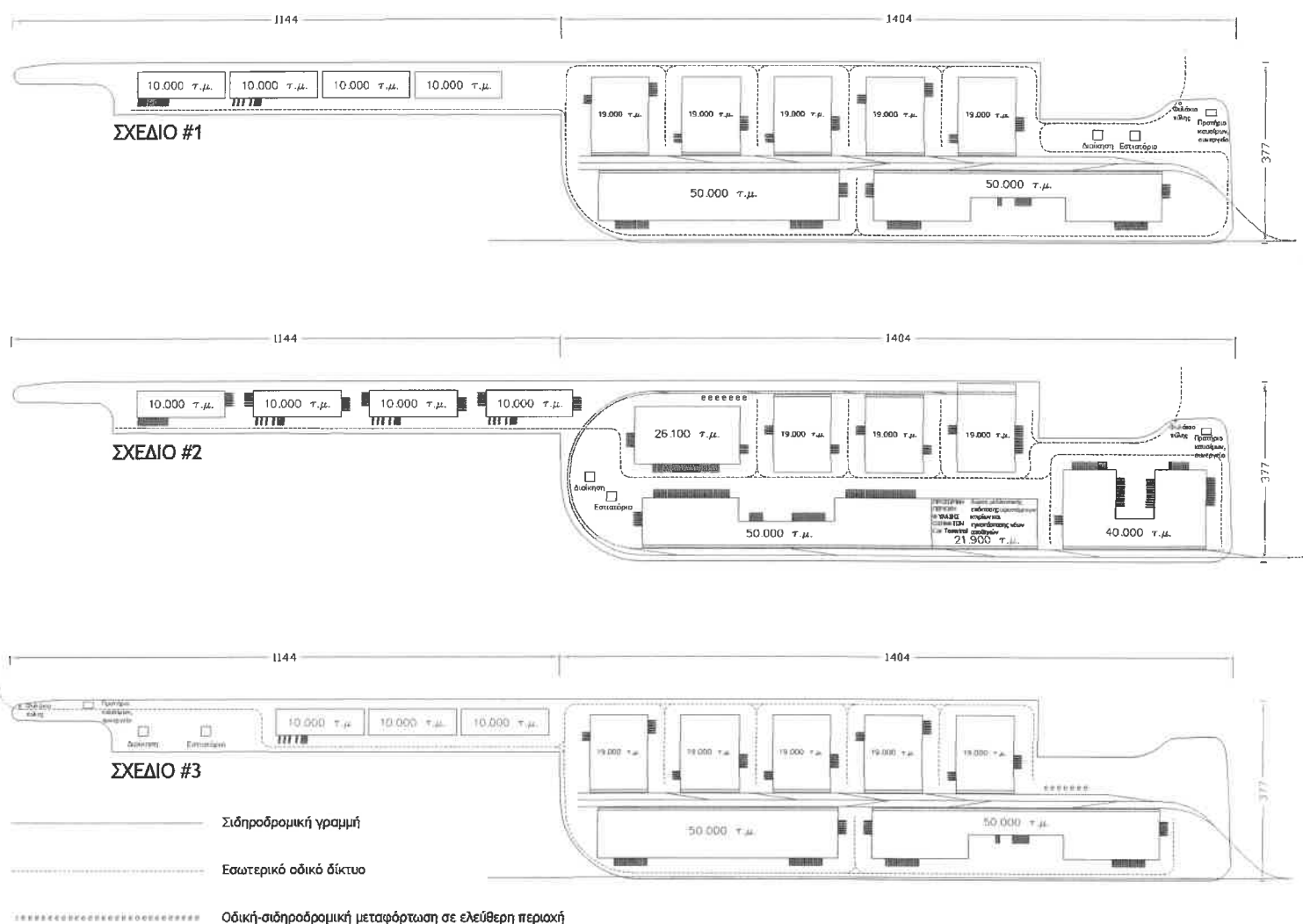
* Δεν υπάρχει αντίστοιχος ελληνικός όρος. Θα μπορούσε να αποδοθεί ως η δυνατότητα απευθείας διαλογής και μεταφόρτωσης εμπορευμάτων από τις παραλαβές στις αποστολές.



Σχέδιο 8: Εξυπηρέτηση βαγονιών που παραβάλουν ακριβώς μπροστά από την μια πλευρά της αποθήκης. Όταν ολοκληρωθεί η εξυπηρέτησή τους τότε νέα βαγόνια του συρμού οδηγούνται ώστε να παραβάλλουν μπροστά από την αποθήκη.

4.1.3 Προταθείσες Λύσεις

Με βάση τις αρχές σχεδιασμού και τους περιορισμούς που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο η ομάδα μελέτης του έργου διατύπωσε τρία βασικά εναλλακτικά σχέδια [38] (Σχέδιο 9).



Σχέδιο 9: Τα τρία βασικά εναλλακτικά σχέδια που προτάθηκαν

Τελικά από τα σχέδια αυτά, μετά από σειρά συσκέψεων των μελετητών με τα στελέχη της Θριάσιο Α.Ε. επιλέχτηκε ως καταλληλότερη η λύση που φαίνεται στο σχέδιο #2. Σε μεταγενέστερη επιστημονική εργασία σχετική με το θέμα [34] οι Α. Μπαλλής και Γ. Μαυρωτάς χρησιμοποίησαν τα στοιχεία της μελέτης για να εξάγουν σχεδιαστική λύση με εφαρμογή της μεθόδου PROMETHEE και κατέληξαν στην ίδια επιλογή δηλαδή το σχέδιο #2. Τα κριτήρια που ελήφθησαν υπ' όψιν για την επιλογή σχεδίου είναι:

- Ποσοστό της μέγιστης επιτρεπτής καλυπτόμενης έκτασης (προκύπτει από τον τοπικό συντελεστή δόμησης) που καταλαμβάνεται από το κάθε σχέδιο,
- προτιμότερο σχέδιο και μέγεθος των εμπορευματικών αποθηκών,
- δυνατότητα παράλληλης διασύνδεσης, δυνατότητα άμεσης μεταφόρτωσης και συνδυασμός σιδηροδρομικής πρόσβασης,
- εύρεση δρομολογίου στο εσωτερικό της εγκατάστασης,

- διανυθείσα απόσταση από και προς το εξωτερικό οδικό δίκτυο,
- πυκνότητα κυκλοφορίας στο εσωτερικό οδικό δίκτυο,
- αριθμός διασταυρώσεων δρόμου-σιδηροδρόμου.

4.2 Εφαρμογή της Μεθόδου PROMETHEE στο Θριάσιο

4.2.1 Μεθοδολογική Προσέγγιση

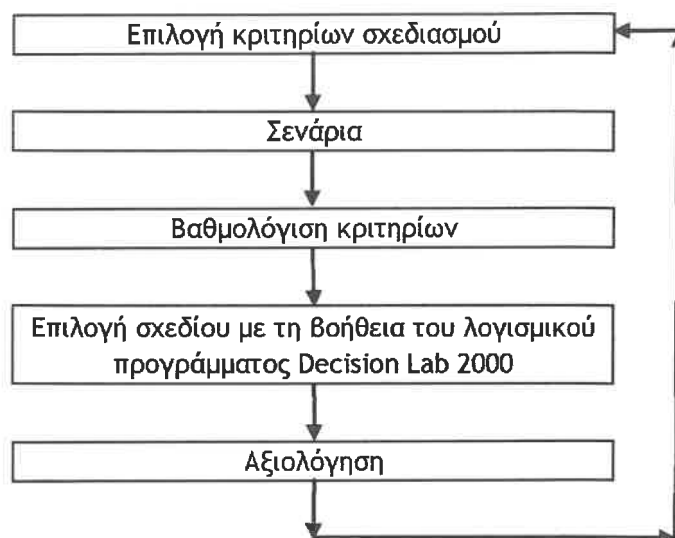
Στην παρούσα διπλωματική εργασία επεκτείνεται και ελέγχεται η προαναφερθείσα μεθοδολογία σχεδιασμού του Θιασίου [34]. Συγκεκριμένα γίνεται επέκταση των κριτηρίων που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο PROMETHEE, καθώς επίσης προτείνονται και μέθοδοι για την βαθμολόγηση των κριτηρίων μιας και στην ανωτέρω εργασία δεν υπήρχαν σαφώς καθορισμένες.

Τα κριτήρια σχεδιασμού επιλέγονται έτσι ώστε να βοηθούν στην περιγραφή των σχεδιαστικών λύσεων μέσω των βαθμολογιών που δίνουν σε κάθε σχέδιο. Συγκεκριμένα τα κριτήρια που προστέθηκαν είναι: της δυνατότητας των αποθηκών τύπου 2 να έχουν μελλοντική επεκτασιμότητα στα 70.000 τ.μ., της δυνατότητας παράλληλης διασύνδεσης φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3, και του κόστους, που μαζί με τα υπόλοιπα κριτήρια μπορούν να αντιστοιχηθούν στις τέσσερις παρακάτω ομάδες:

- Της γενικής διάταξης του εμπορευματικού κέντρου,
- της δυνατότητας cross-docking* και άμεσης σιδηροδρομικής πρόσβασης,
- των κυκλοφοριακών συνθηκών,
- του υψηλού κόστους ειδικών τεχνικών έργων.

* Δεν υπάρχει αντίστοιχος ελληνικός όρος. Θα μπορούσε να αποδοθεί ως η δυνατότητα απευθείας διαλογής και μεταφόρτωσης εμπορευμάτων από τις παραλαβές στις αποστολές.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ακολουθείται η εξής πορεία:



Για την εφαρμογή της μεθόδου PROMETHEE στο Θριάσιο δημιουργήθηκε ένας αριθμός από πιθανές σχεδιαστικές λύσεις που διατυπώθηκαν κατάλληλα ώστε να κριθούν από την μέθοδο. Τα σχέδια που δημιουργήθηκαν είναι 14 εκ των οποίων τα τρία πρώτα είναι εκείνα που πήραν μέρος στην δημοσιευμένη εργασία [34].

Τα σχέδια δημιουργήθηκαν με σκοπό να εξετασθεί αν υπάρχουν συγκεκριμένες περιπτώσεις που η εφαρμογή της μεθόδου με τα συγκεκριμένα κριτήρια μπορεί να δώσει κάποιο σχέδιο προτιμότερο, ενώ εκ των προτέρων φαίνεται πως δεν υπερτερεί.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις παραμέτρους που ελήφθησαν υπ' όψιν για την δημιουργία των 14 εναλλακτικών σχεδίων:

α/α	Θέση σιδηροδρομικής γραμμής	Δυνατότητα cross-docking* (φορτηγό με φορτηγό) για τις αποθηκες τύπου 3	Δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης των αποθηκών τύπου 2	Υπαρξη αποθηκών τύπου 1 στον βορειοδυτικό χώρο του οικοπέδου	Υπαρξη αποθηκών τύπου 1 χωρίς σιδηροδρομική πρόσβαση	Θέση εισόδου του εμπορευματικού κέντρου	Αριθμός σχεδίου
1	Κεντρική ¹	Περιορισμένη	Όχι	Όχι	Όχι	Ανατολική	1
2	Κεντρική ¹	Περιορισμένη	Όχι	Όχι	Όχι	Δυτική	3
3	Κεντρική ¹	Περιορισμένη	Περιορισμένη	Όχι	Όχι	Ανατολική	5
4	Κεντρική ¹	Περιορισμένη	Περιορισμένη	Όχι	Όχι	Δυτική	13
5	Κεντρική ¹	Περιορισμένη	Περιορισμένη	Ναι	Ναι	Δυτική	14
6	Κεντρική ¹	Καλή	Όχι	Όχι	Όχι	Ανατολική	4
7	Περιμετρική ²	Καλή	Περιορισμένη	Όχι	Όχι	Ανατολική	2
8	Περιμετρική ³	Καλή	Περιορισμένη	Όχι	Όχι	Ανατολική	6
9	Περιμετρική ³	Καλή	Περιορισμένη	Ναι	Όχι	Ανατολική	8
10	Περιμετρική ³	Καλή	Περιορισμένη	Ναι	Ναι	Ανατολική	11
11	Περιμετρική ³	Καλή	Περιορισμένη	Ναι	Ναι	Ανατολική	12
12	Περιμετρική ³	Περιορισμένη	Περιορισμένη	Όχι	Όχι	Ανατολική	7
13	Περιμετρική ³	Περιορισμένη	Περιορισμένη	Ναι	Όχι	Ανατολική	9
14	Περιμετρική ³	Περιορισμένη	Όχι	Ναι	Όχι	Ανατολική	10

¹ : διέρχεται από το κέντρο του κύριου τμήματος του οικοπέδου

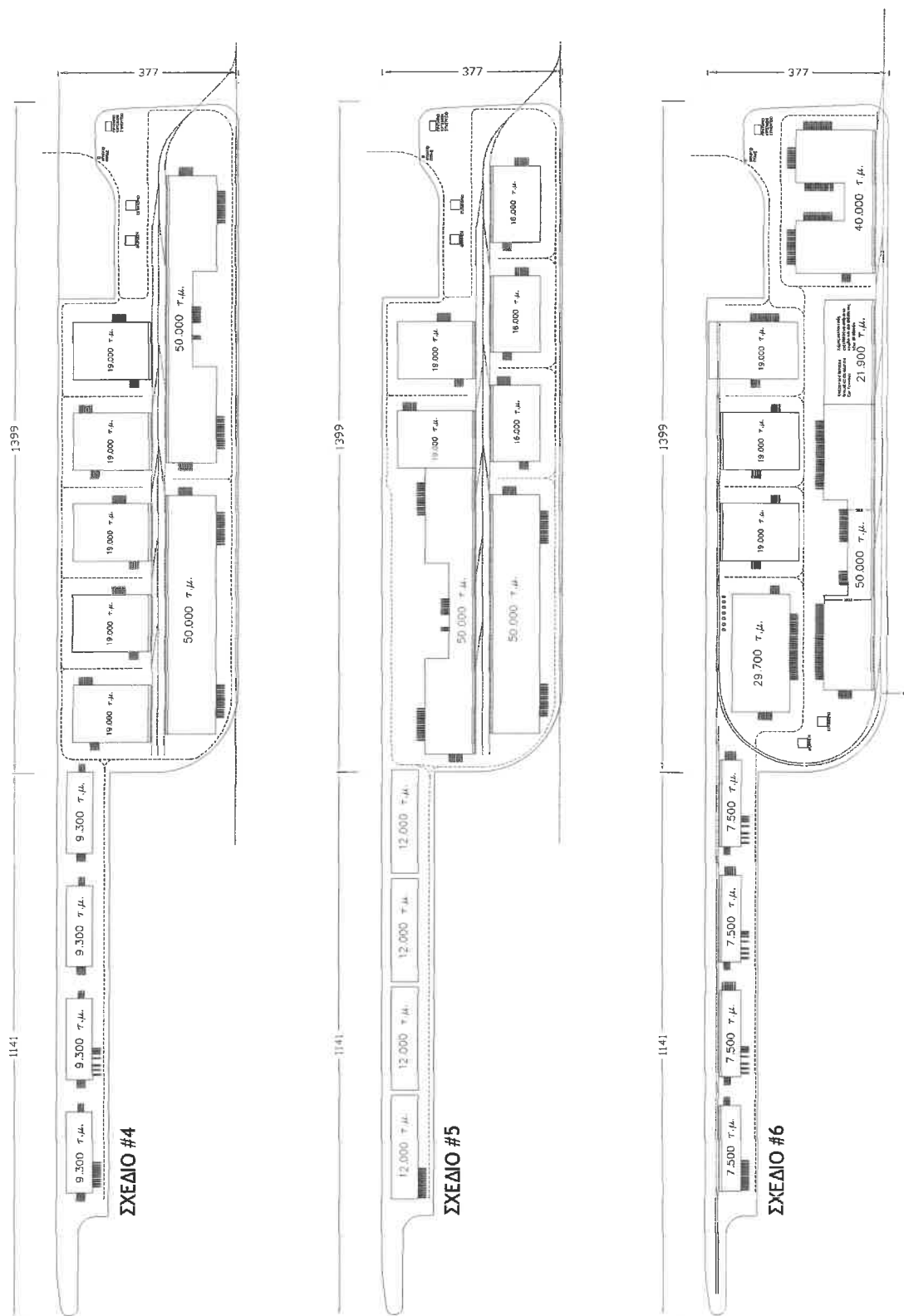
² : διέρχεται περιμετρικά του κύριου τμήματος του οικοπέδου

³ : διέρχεται περιμετρικά του κύριου τμήματος και επεκτείνεται ευθύγραμμο στο βορειοδυτικό τμήμα του οικοπέδου

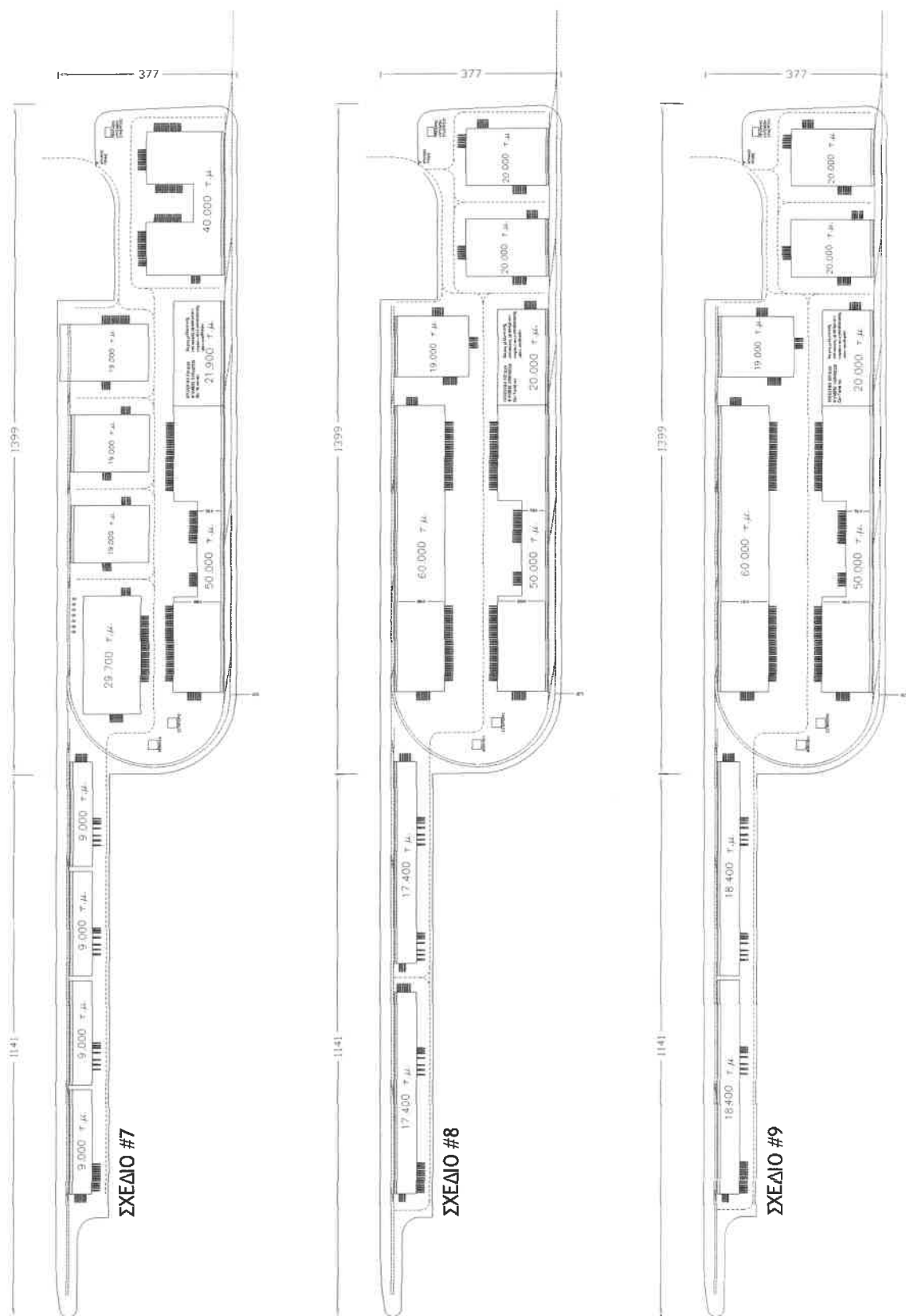
Πίνακας 2: Παράγοντες που ελήφθησαν υπ' όψιν στην δημιουργία των 14 εναλλακτικών σχεδίων

Οι εναλλακτικές σχεδιαστικές λύσεις που παρουσιάζονται στο σχέδιο 10 που ακολουθεί έγιναν με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος AUTOCAD. Ο προσδιορισμός των μεγεθών των εμπορευματικών αποθηκών έγινε λαμβάνοντας υπ' όψιν και τις απαραίτητες αποστάσεις που πρέπει να τηρούνται μεταξύ δύο αποθηκών έτσι, ώστε ο χώρος που διαμορφώνεται να επιτρέπει τη στάθμευση και την κυκλοφορία των φορτηγών (βλέπε παρ. 2.4.5). Όσον αφορά στη χάραξη των σιδηροδρομικών γραμμών τηρήθηκαν και εδώ οι απαιτούμενες αποστάσεις για την άρτια λειτουργία των τρένων και την καλύτερη εξυπηρέτηση των αποθηκών. Στις περιπτώσεις που δεν χρειάστηκε να γίνει εκσκαφή πρανών στην βόρεια πλευρά του οικοπέδου (έλλειψη σιδηροδρομικής γραμμής ή αποθήκης που απαιτεί δέσμευση χώρου που καλύπτεται από τα πρανή) ο οδικός άξονας παρακάμφθηκε για λόγους οικονομίας νοτιότερα.

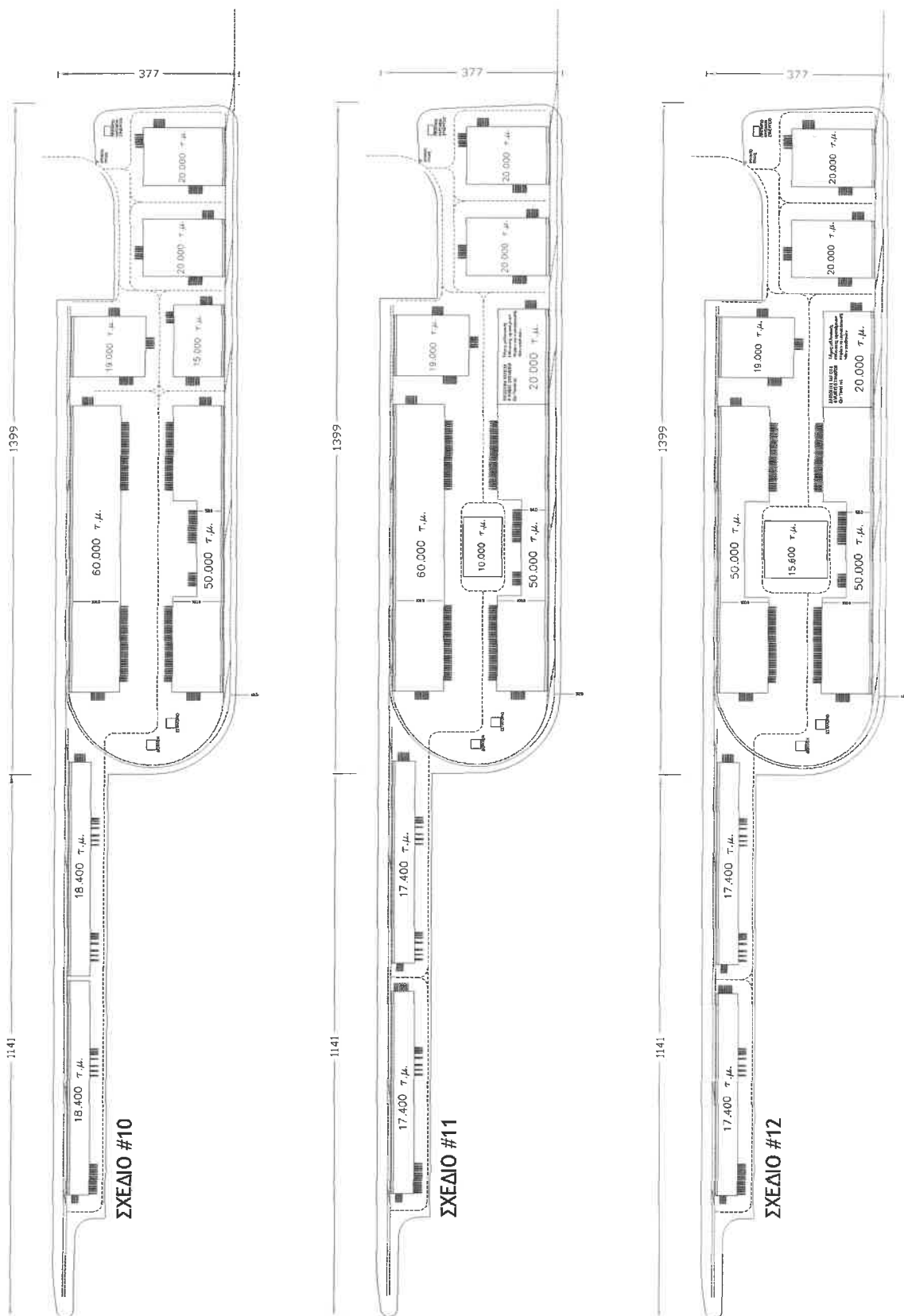
Οι εναλλακτικές σχεδιαστικές λύσεις παρουσιάζονται στο σχέδιο 10 που ακολουθεί.



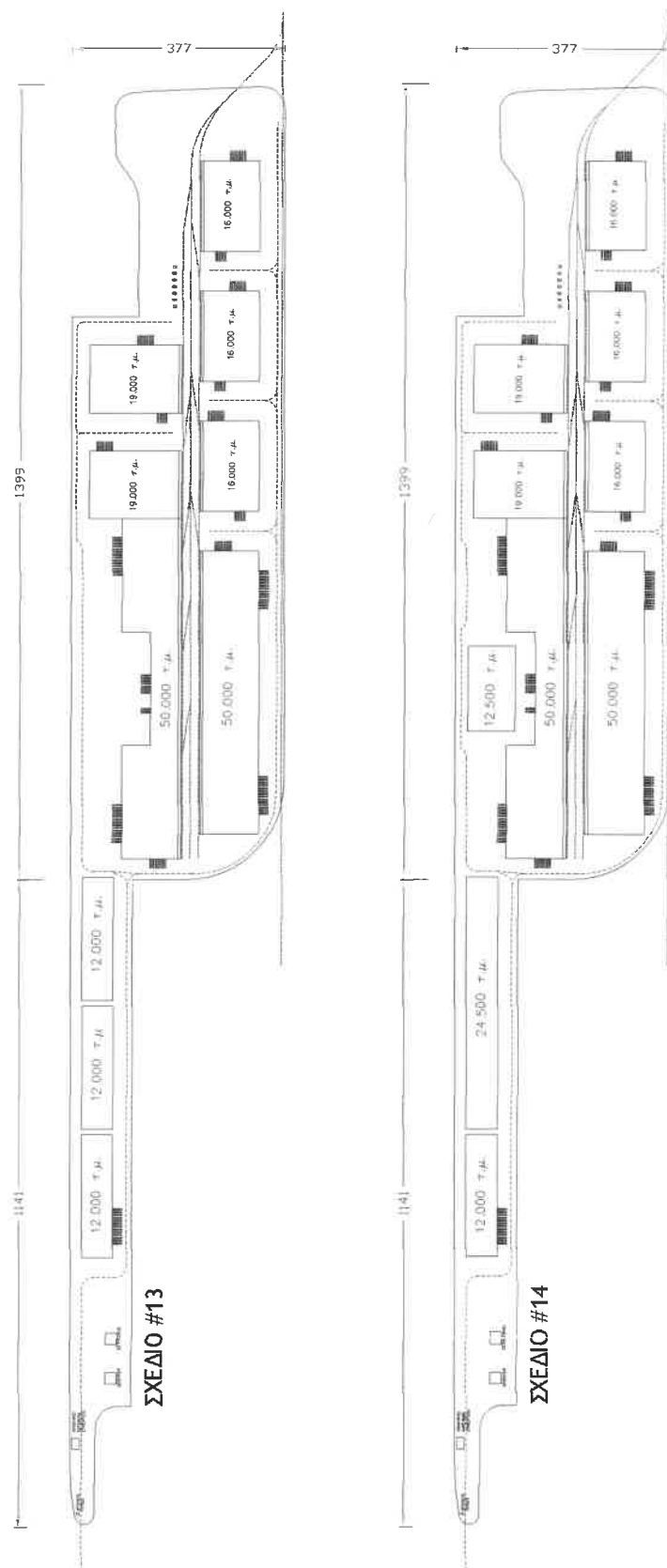
Σχέδιο 10B: Προτεινόμενες σχεδιαστικές λύσεις #4, #5, #6



Σχέδιο 10γ: Προτεινόμενες σχεδιαστικές λύσεις #7, #8, #9



Σχέδιο 10δ: Προτεινόμενες σχεδιαστικές λύσεις #10, #11, #12



Σχέδιο 10ε: Προτεινόμενες σχεδιαστικές λύσεις #13, #14

Το Σχέδιο #4 επιλέγει ως παραλλαγή του #1. Στην συγκεκριμένη παραλλαγή αυξήθηκε η δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγό των Βορειοδυτικών μικρών αποθηκών τύπου 3. Έτσι αναγκαστικά μίκρυνε το μέγεθος τους και κατά συνέπεια και η ολική καλυπτόμενη επιφάνεια του εμπορευματικού κέντρου.

Το Σχέδιο #5 αποτελεί τροποποίηση της σχεδιαστικής λύσης #4. Οι δυο μεγάλες αποθήκες του προηγούμενου σχεδίου τοποθετήθηκαν αντικριστά και προστέθηκε σε αυτήν με το σχέδιο μορφής Π η δυνατότητα επέκτασης στα 69.000 τ.μ. Ο υπόλοιπος χώρος που περίσσευε στα ανατολικά γέμισε με αποθήκες τύπου 1 καθώς και ο βορειοδυτικός στενόμακρος χώρος με αποθήκες τύπου 3.

Το Σχέδιο #6 βασίζεται στην σχεδιαστική λύση #2. Εδώ η σιδηροδρομική γραμμή περνά και στο στενόμακρο τμήμα του οικοπέδου. Έτσι απέκτησαν πρόσβαση σε τρένα και οι εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3 οι οποίες τώρα έχουν μικρότερο πλάτος. Στο σχέδιο #7 τα τετραγωνικά μέτρα των αποθηκών τύπου 3 έχουν αυξηθεί, θυσιάζοντας παράλληλα μέρος της πρωτύτερης ευχρηστίας τους στη δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγό.

Στο Σχέδιο #8 οι μικρές αποθήκες μετασχηματίζονται σε δύο μεγαλύτερες τύπου 1 διατηρώντας την καλή δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγό, ενώ αν μετασχηματιστούν σε ακόμα μεγαλύτερες θυσιάζοντας θέσεις πυλών παραλαβής-αποστολής προκύπτει το σχέδιο #9.

Στο Σχέδιο #10 χάνεται η δυνατότητα της αποθήκης τύπου 2 να έχει μελλοντική επέκταση στα 70.000 τ.μ. Άντ' αυτού στη θέση της επέκτασης προστέθηκε μια αποθήκη τύπου 1.

Το Σχέδιο #11 έχει κοινά στοιχεία με την σχεδιαστική λύση #8, όμως παρεμβάλετε μία αποθήκη τύπου 3 μεταξύ των δύο τύπου 2 και παράλληλα αλλάζει και το εσωτερικό οδικό δίκτυο.

Το Σχέδιο #12 διαφοροποιείται από το #11 διαμορφώνοντας και τις δύο αποθήκες τύπου 2 με το σχήμα Π, δημιουργώντας χώρο ώστε ενδιάμεσά τους να χωρά μία αποθήκη τύπου 1 που όμως δεν έχει σιδηροδρομική πρόσβαση.

Το Σχέδιο #13 αποτελεί τροποποίηση του #3 μόνο που εδώ οι μεγάλες εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 τοποθετήθηκαν αντικριστά, ενώ παράλληλα δε, η μία από αυτές απέκτησε δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης στα 69.000 τ.μ. Στο Σχέδιο #14 εκτός από την διαφορά στις αποθήκες τύπου 3 της στενόμακρης περιοχής του οικοπέδου (έγιναν μια τύπου 3 και μία τύπου 1), έχει προστεθεί άλλη

* Δεν υπάρχει αντίστοιχος ελληνικός όρος. Θα μπορούσε να αποδοθεί ως η δυνατότητα απευθείας διαλογής φορτίων από τις παραλαβές στις αποστολές.

μία μικρή αποθήκη σε σημείο που κάνει απαραίτητη την κοπή και άλλων πρανών στο βόρειο τμήμα του οικοπέδου.

4.2.2 Ομάδα Κριτηρίων που Αφορούν στη Γενική Διάταξη του Εμπορευματικού Κέντρου

Για την βαθμολόγηση του κάθε κριτηρίου ξεχωριστά ακολουθούνται οι διαδικασίες που περιγράφονται παρακάτω. Οι συντελεστές βαρύτητας του κάθε κριτηρίου καθώς και, ο τύπος κριτηρίου και οι παράμετροι σύμφωνα με την μέθοδο PROMETHEE, ελήφθησαν από την εργασία [34].

Η συγκεκριμένη ομάδα κριτηρίων σχεδιασμού περιλαμβάνει 5 κριτήρια που στο σύνολο τους περιγράφουν την γενική διάταξη του εμπορευματικού κέντρου:

- Ολική έκταση εμπορευματικών αποθηκών
- Συμμόρφωση με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 1 (20.000 τ.μ.)
- Συμμόρφωση με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 2 (50.000 τ.μ.)
- Δυνατότητα των αποθηκών τύπου 2 να έχουν μελλοντική επεκτασιμότητα στα 70.000 τ.μ.
- Ποσοστό έκτασης εμπορευματικών αποθηκών που αντιστοιχούν στις τύπου 1 και 2

Στο πρώτο κριτήριο επιδιώκεται η μεγαλύτερη βαθμολόγηση του σχεδίου που καταλαμβάνει τα περισσότερα τ.μ. σε εμπορευματικές αποθήκες. Λόγο του υπάρχον συντελεστή δόμησης στην συγκεκριμένη περιοχή το μέγιστο οικοδομήσιμο εμβαδόν του οικοπέδου ανέρχεται στις 235.000 τ.μ. Κατά συνέπεια όση περισσότερη έκταση καταλαμβάνεται σε ένα σχέδιο για τις αποθήκες τόσο μεγαλύτερη βαρύτητα πρέπει να έχει σε σχέση με τα υπόλοιπα σχέδια που αφιερώνουν λιγότερα τ.μ.

Στο δεύτερο κριτήριο επιδιώκεται η καλύτερη βαθμολόγηση της λύσης, που λόγω της απαίτησης του ιδιοκτήτη του έργου, έχει αποθήκες τύπου 1 με έκταση 20.000 τ.μ. Σε κάθε λύση όσο περισσότερο οι αποθήκες τύπου 1 προσεγγίζουν την έκταση “στόχο” τόσο μεγαλύτερο βαθμό θα παίρνουν. Για τον υπολογισμό αυτού του κριτηρίου ακολουθήθηκε η εξής μέθοδος που δίνει πιθανόν ικανοποιητικούς βαθμούς. Πρώτα εκφράζεται η “συμμόρφωση” για κάθε αποθήκη χωριστά μέσο της αναλογίας των τ.μ. της κάθε αποθήκης με τα ιδανικά 20.000 τ.μ. των αποθηκών τύπου 1 (οι τιμές πρέπει να είναι μεταξύ 0 και 1) . Στη συνέχεια πολλαπλασιάζονται αυτές τις τιμές με τα ποσοστά που καταλαμβάνουν τα τ.μ. της κάθε αποθήκης στα συνολικά τ.μ. των αποθηκών τύπου 1 (και εδώ οι τιμές πρέπει να είναι μεταξύ 0 και 1). Τέλος η άθροιση των παραπάνω τιμών μας δίνει τον τελικό βαθμό που παίρνει κάθε σχέδιο.

Έτσι αν a_i είναι τα τ.μ. μιας συγκεκριμένης αποθήκης (i) και b_i το επιθυμητό εμβαδόν (που στην συγκεκριμένη περίπτωση θεωρούνται τα 20.000 τ.μ.) τότε η “συμμόρφωση” δίδεται από την αναλογία a_i / b_i αν $a_i < b_i$, ή b_i / a_i αν $b_i < a_i$. Έστω A τα συνολικά τ.μ. των αποθηκών, τότε το ποσοστό που αναλογεί σε κάθε αποθήκη δίδεται από την αναλογία a_i / A

Η τελική βαθμολογία του κριτηρίου προκύπτει με την άθροιση των επιμέρους τιμών κάθε αποθήκης που προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό:

$$(a_i / b_i) \cdot (a_i / A) \text{ αν } a_i < b_i$$

$$(b_i / a_i) \cdot (a_i / A) \text{ αν } b_i < a_i$$

Για παράδειγμα υπολογίζεται ο βαθμός που παίρνει το σχέδιο #2 στο συγκεκριμένο κριτήριο στον πίνακα 3:

Βήμα 1	α/α αποθηκών	1	2	3	4	
Βήμα 2	Εμβαδόν κάθε αποθήκης σε τ.μ. (a_i)	19000	19000	19000	19000	Σύνολο A=83100
Βήμα 3	‘Συμμόρφωση’ (b_i)	19000/20000=0,95	19000/20000=0,95	19000/20000=0,95	20000/26100=0,77	
Βήμα 4	Αναλογία έκτασης αποθήκης στα συνολικά τ.μ. των αποθηκών (A_i)	19000/83100=0,23	19000/83100=0,23	19000/83100=0,23	26100/83100=0,31	
Βήμα 5	Βαθμολογία με βάση την σταθμισμένη τιμή του κριτηρίου για τις επιμέρους αποθήκες ($A_i \cdot b_i$)	0,95 * 0,23= 0,2185	0,95 * 0,23= 0,2185	0,95 * 0,23= 0,2185	0,77 * 0,31= 0,2387	
Βήμα 6	Τελική Βαθμολογία σχεδίου $\Sigma(A_i \cdot b_i)$	0,8942				

Πίνακας 3: Παράδειγμα υπολογισμού κριτηρίου συμμόρφωσης με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 1 για το σχέδιο #2

Δηλαδή το σχέδιο #2 στο κριτήριο της συμμόρφωσης με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 1 παίρνει συνολικό βαθμό 89%

Στο τρίτο κριτήριο εργαζόμαστε αναλόγως για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2.

Στο τέταρτο κριτήριο γίνεται προσπάθεια να εκφραστεί η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης των αποθηκών τύπου 2 στα 70.000 τ.μ. Για να γίνει αυτό πρώτα δημιουργείται η αναλογία των 70.000 τ.μ., που θέλουμε να έχει μελλοντικά η κάθε αποθήκη, με αυτά που μπορεί μελλοντικά να δώσει (οι τιμές πρέπει να είναι μεταξύ

0 και 1). Εξ' ορισμού αν μια αποθήκη δεν έχει να δώσει μελλοντική επέκταση τότε δεν ενδιαφέρει η παραπάνω αναλογία και γι' αυτό στο συγκεκριμένο κλάσμα η αποθήκη παίρνει τιμή 0. Στη συνέχεια γίνεται άθροιση αυτών των τιμών και το αποτέλεσμα διαιρείται με το πλήθος των αποθηκών. Έτσι εξάγεται ο τελικός βαθμός που παίρνει το κάθε σχέδιο.

Έτσι αν a_i είναι τα τ.μ. που μπορεί μελλοντικά να έχει μια αποθήκη τύπου 2 (i), τότε η αναλογία που εκφράζει την μελλοντική επέκταση στα 70.000 τ.μ. είναι $B_i = 70.000 / a_i$ αν $a_i > 70.000$, ή $B_i = a_i / 70.000$ αν $a_i < 70.000$
 Η τελική βαθμολογία προκύπτει ως: $[\sum (B_i)] / i$

Για παράδειγμα υπολογίζεται ο βαθμός που παίρνει το σχέδιο #2 στο συγκεκριμένο κριτήριο στον πίνακα 4:

Βήμα 1	α/α αποθηκών	1	2
Βήμα 2	Εμβαδόν κάθε αποθήκης σε τ.μ. (a_i)	50000	40000
Βήμα 3	Μελλοντική έκταση αποθήκης τύπου 2 (a_i)	$50000+21900=71900$	0
Βήμα 4	(B_i)	$70000/71900=0,97$	0
Βήμα 5	Τελική βαθμολογία σχεδίου	$(0,97+0)/2=0,48$	

Πίνακας 4: Παράδειγμα υπολογισμού κριτηρίου δυνατότητας μελλοντικής επέκτασης για τις αποθήκες τύπου 2 για το σχέδιο #2

Δηλαδή το σχέδιο #2 στο κριτήριο της δυνατότητας των αποθηκών τύπου 2 να έχουν μελλοντική επεκτασιμότητα στα 70.000 τ.μ. παίρνει συνολικό βαθμό 48%

Στο πέμπτο κριτήριο πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαθμολογία στα σχέδια που αφιερώνουν τα περισσότερα από τα οικοδομήσιμα τ.μ. στις αποθήκες τύπου 1 και 2. Έτσι εδώ ο βαθμός εκφράζεται ως μια απλή αναλογία των συνολικών τ.μ. που καταλαμβάνουν οι αποθήκες τύπου 1 και 2 προς τα συνολικά οικοδομήσιμα τ.μ. του οικοπέδου που προσφέρει το αντίστοιχο σχέδιο.

Για παράδειγμα στο σχέδιο #2 έχουμε: $(26,1+19+19+19+40+71,9)/235 = 0,829$
 Δηλαδή ο βαθμός εδώ είναι 83%

4.2.3 Ομάδα Κριτηρίων που Αφορούν στη Δυνατότητα Cross-Docking* και Άμεσης Σιδηροδρομικής Πρόσβασης

Η συγκεκριμένη ομάδα κριτηρίων σχεδιασμού περιλαμβάνει 8 κριτήρια:

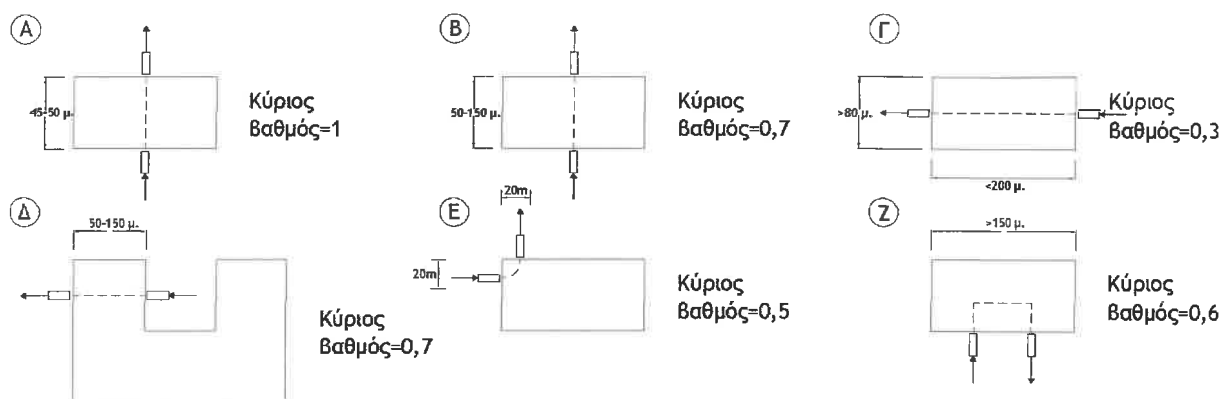
- Η δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγό για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1
- Η δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγό για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2
- Η δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγό για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3
- Η δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1
- Η δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2
- Η δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3
- Το ποσοστό έκτασης των εμπορευματικών αποθηκών τύπου 1 με άμεση σιδηροδρομική πρόσβαση
- Το μέσο μήκος της σιδηροδρομικής αποβάθρας για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2

Για τα κριτήρια που περιέχουν την δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγό ή φορτηγού με τρένο εκτελούνται τα παρακάτω βήματα. Πρώτα υπολογίζεται για κάθε αποθήκη τύπου 1 ή 2 ή 3 (αναλόγως του κριτηρίου) ο αντίστοιχος συνολικός βαθμός δυνατότητας cross-docking* σύμφωνα με την μεθοδολογία που αναπτύσσεται παρακάτω. Στη συνέχεια υπολογίζονται όλα τα κλάσματα από τα τ.μ. της εκάστοτε αποθήκης προς τα συνολικά τ.μ. των αποθηκών των αντίστοιχων τύπων (ανάλογα του κριτηρίου). Μετά πολλαπλασιάζονται ο βαθμός δυνατότητας cross-docking* με την αντίστοιχη τιμή του κλάσματος της κάθε αποθήκης και ο τελικός βαθμός προκύπτει από την άθροιση των τιμών που προέκυψαν από τους παραπάνω πολλαπλασιασμούς.

Αναλυτικότερα για τη βαθμολόγηση κάθε σχεδίου, που θα εκφράζει τη συνολική δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγό κάθε τύπου αποθήκης, ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα. Πρώτιστα διαχωρίζεται η δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγό μιας αποθήκης σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τη ροή του φορτίου που μπορεί να πραγματοποιηθεί και προσδίδεται ένας κύριος

* Δεν υπάρχει αντίστοιχος ελληνικός όρος. Θα μπορούσε να αποδοθεί ως η δυνατότητα απευθείας διαλογής και μεταφόρτωσης εμπορευμάτων από τις παραλαβές στις αποστολές.

βαθμός. Οι κατηγορίες αυτές καθώς και οι κύριοι βαθμοί φαίνονται στο παρακάτω Σχέδιο 11.



Σχέδιο 11: Κατηγορίες δυνατότητας cross-docking* φορτηγού με φορτηγό

Οι κατηγορίες αυτές προσδιορίστηκαν βάσει των σχημάτων των αποθηκών που κυρίως χρησιμοποιήθηκαν στον σχεδιασμό των εναλλακτικών λύσεων. Έτσι στην περίπτωση A εάν οι μεγάλες πλευρές μίας ορθογώνιας παραλληλόγραμμης αποθήκης έχουν την δυνατότητα προσαρμογής πυλών παραλαβής-αποστολής για φορτηγά και παράλληλα το μήκος των μικρότερων πλευρών είναι 45-50 μ. τότε ο κύριος βαθμός της συγκεκριμένης αποθήκης ισούται με 1. Στην B περίπτωση αν ισχύουν όλα τα προηγούμενα εκτός από το μήκος των μικρότερων πλευρών που μπορεί να είναι μεταξύ 50 και 150 μ., τότε ο κύριος βαθμός ισούται με 0,7. Κατά τον ίδιο τρόπο εκφράζονται και οι υπόλοιπες περιπτώσεις σχημάτων αποθηκών στις υπόλοιπες κατηγορίες.

Στη συνέχεια προσδιορίζεται για κάθε αποθήκη ποιες ή ποια από τις παραπάνω κατηγορίες δυνατότητας cross-docking* μπορεί να έχει και προσδίδεται ένας συνολικός βαθμός που προκύπτει από την παρακάτω σχέση. Βέβαια αν κάποια αποθήκη έχει την δυνατότητα της κατηγορίας A τότε της δίνεται συνολικός βαθμός 1.

Συνολική βαθμολογία= $\text{Max}\{\text{κύριων βαθμών}\} + 10\% \cdot (\text{υπόλοιπους κύριους βαθμούς})$

Για παράδειγμα έστω η περίπτωση του σχεδίου #5 και συγκεκριμένα η αποθήκη με εμβαδόν 19.000 τ.μ. Αυτή έχει δυνατότητα cross-docking 2·E και 2·Z και B.

Άρα συνολική βαθμολογία= $0,7 + 10\% \cdot (0,5 + 0,5 + 0,6 + 0,6) = 0,92$

* Δεν υπάρχει αντίστοιχος ελληνικός όρος. Θα μπορούσε να αποδοθεί ως η δυνατότητα απευθείας διαλογής και μεταφόρτωσης εμπορευμάτων από τις παραλαβές στις αποστολές.

Αντίθετα η αποθήκη με εμβαδόν 16.000 τ.μ. έχει δυνατότητα cross-docking 2-E και Z και Γ.

Άρα συνολική βαθμολογία= $0,6+10\% \cdot (0,5+0,5+0,3)= 0,73$

Στη συνέχεια συγκεντρώνονται όλες οι βαθμολογίες όλων των αποθηκών (εδώ τύπου 1) και ανάγονται σε ποσοστά επί του συνολικού εμβαδού των αποθηκών. Το άθροισμα των παραπάνω τιμών μας δίνει την τελική βαθμολογία στο συγκεκριμένο κριτήριο όλου του σχεδίου. Αναλυτικότερα ο τρόπος υπολογισμού του σχεδίου #5 φαίνεται στον πίνακα 12:

Βήμα 1	α/α αποθηκών	1	2	3	4	
Βήμα 2	Εμβαδόν κάθε αποθήκης σε τ.μ.	19000	16000	16000	16000	Σύνολο= 67000
Βήμα 3	Αναλογία έκτασης αποθήκης στα συνολικά τ.μ. των αποθηκών (A_i)	$19000/67000=0,28$	$16000/67000=0,24$	$16000/67000=0,24$	$16000/67000=0,24$	
Βήμα 4	Βαθμολογία αποθήκης ως προς το κριτήριο cross-docking* (B_i)	0,92	0,73	0,73	0,73	
Βήμα 5	Βαθμολογία με βάση την σταθμισμένη τιμή του κριτηρίου για τις επιμέρους αποθήκες ($A_i \cdot B_i$)	$0,28 \cdot 0,92=0,2576$	$0,24 \cdot 0,73=0,1752$	$0,24 \cdot 0,73=0,1752$	$0,24 \cdot 0,73=0,1752$	
Βήμα 6	Τελική Βαθμολογία σχεδίου $\Sigma(A_i \cdot B_i)$	0,783				

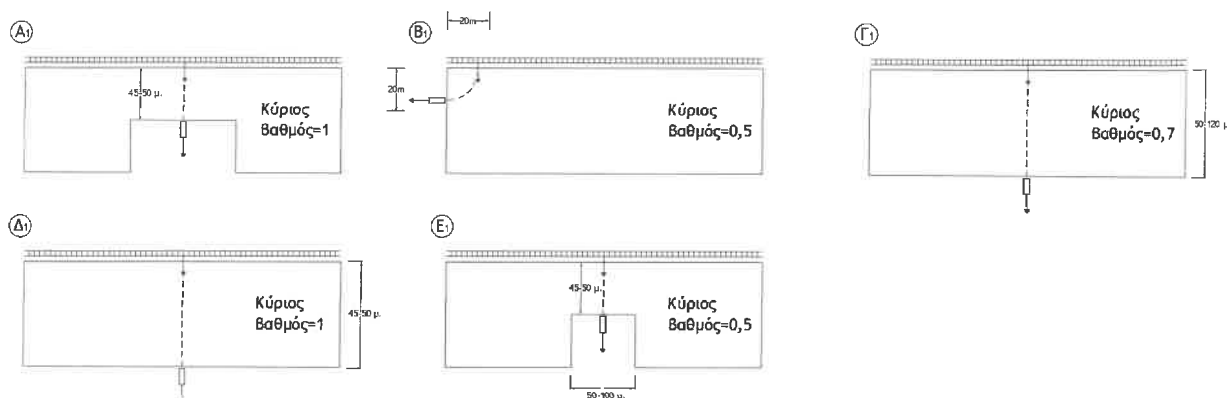
Πίνακας 12: Παράδειγμα υπολογισμού κριτηρίου δυνατότητας cross-docking* φορτηγού με τρένο αποθηκών τύπου 2 για το σχέδιο #5

Στην προκειμένη περίπτωση του σχεδίου #5 ο τελικός βαθμός είναι 0,783 δηλαδή 78,3%.

Ο υπολογισμός του βαθμού που εκφράζει την δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο λαμβάνει υπ' όψιν δύο κριτήρια. Το κριτήριο που έχει να κάνει με την ροή του φορτίου και το κριτήριο που έχει να κάνει με το μήκος της αποβάθρας του τρένου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση του Θριασίου το μήκος της αποβάθρας ταυτίζεται με το μήκος της πλευράς του κτιρίου που την έχει μπροστά της. Και τα δύο κριτήρια θεωρούνται αρκετά σημαντικά γι' αυτό και τους δίνεται από 50% συμμετοχή στην τελική βαθμολογία.

* Δεν υπάρχει αντίστοιχος ελληνικός όρος. Θα μπορούσε να αποδοθεί ως η δυνατότητα απευθείας διαλογής και μεταφόρτωσης εμπορευμάτων από τις παραλαβές στις αποστολές.

Για τον υπολογισμό του κριτηρίου που έχει να κάνει με την ροή του φορτίου διακρίνονται οι εξής πέντε κατηγορίες με τους αντίστοιχους κύριους βαθμούς:



Σχέδιο 13: Κατηγορίες δυνατότητας cross-docking* φορτηγού με τρένο

Στην κατηγορία A1 ο κύριος βαθμός είναι ίσος με 1 στην περίπτωση που το πλάτος του στενού τμήματος της αποθήκης είναι 45 έως 50 μ. και το μήκος είναι περισσότερο από 100 μ. Αν το μήκος όμως είναι 50-100 μ. τότε η περιγραφή πλησιάζει την κατηγορία E1 και λαμβάνεται κύριος βαθμός ίσος με 0,5. Στην κατηγορία Γ1 ο κύριος βαθμός είναι 0,7 στην περίπτωση που η αποθήκη έχει ενιαίο πλάτος κατά μήκος του κτιρίου και ίσο με 50 έως 120 μ. Κατά τον ίδιο τρόπο περιγράφονται και οι υπόλοιπες περιπτώσεις σχημάτων αποθηκών στις υπόλοιπες κατηγορίες.

Στη συνέχεια προσδιορίζονται για κάθε αποθήκη ποια ή ποιες από τις παραπάνω δυνατότητες cross-docking* είναι εφικτές και προσδίδεται ένας συνολικός βαθμός 1 που προκύπτει από την παρακάτω σχέση (η εργασία δηλαδή είναι ανάλογη με την προηγούμενη περίπτωση της δυνατότητας παράλληλης διασύνδεσης φορτηγού με φορτηγό). Βέβαια αν κάποια αποθήκη έχει την δυνατότητα A τότε της προσδίδεται συνολικός βαθμός 1 ίσος με 1.

Συνολική βαθμολογία 1= $\text{Max}\{\text{κύριων βαθμών}\} + 10\% \cdot (\text{υπόλοιπους κύριους βαθμούς})$

Μετά συγκεντρώνονται όλες οι συνολικές βαθμολογίες 1 όλων των αποθηκών (ανάλογα του τύπου που εκφράζει το κριτήριο) και ανάγονται σε ποσοστά επί του

* Δεν υπάρχει αντίστοιχος ελληνικός όρος. Θα μπορούσε να αποδοθεί ως η δυνατότητα απευθείας διαλογής και μεταφόρτωσης εμπορευμάτων από τις παραλαβές στις αποστολές.

συνολικού εμβαδού των αποθηκών. Έτσι προκύπτει ο συνολικός βαθμός 1 του σχεδίου.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η συνολική βαθμολογία 2. Σε αυτό το σημείο οι αποθήκες που λόγω μήκους αποβάθρας έχουν δυνατότητα να δεχτούν άμεσα ένα ολόκληρο τρένο, παίρνουν βαθμό ίσο με 1. Αντίστοιχα οι αποθήκες που μπορούν να δεχτούν μισό τρένο, παίρνουν βαθμό ίσο με 0,5. Οι υπόλοιπες ενδιάμεσες βαθμολογίες μοιράζονται στις υπόλοιπες περιπτώσεις διαθέσιμου μήκους αποβάθρας ως εξής:

	Μήκος αποβάθρας	Συνολική βαθμολογία 2
A ₂	>700 μ.	1.000
B ₂	600-700 μ.	0,875
Γ ₂	500-600 μ.	0,750
Δ ₂	400-500 μ.	0,625
Ε ₂	300-400 μ.	0,500
Ζ ₂	200-300 μ.	0,375
Η ₂	100-200 μ.	0,250
Θ ₂	<100 μ.	0,125

Τέλος συγκεντρώνονται όλες τις συνολικές βαθμολογίες 2 όλων των αποθηκών (ανάλογα του τύπου που εκφράζει το κριτήριο) και ανάγονται σε ποσοστά επί του συνολικού εμβαδού των αποθηκών. Έτσι υπολογίζεται ο συνολικός βαθμός 2 που παίρνει το σχέδιο.

Η τελική βαθμολογία θα προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Τελικός βαθμός} = (\text{συνολικός βαθμός 1} + \text{συνολικός βαθμός 2}) / 2$$

Επειδή ο υπολογισμός των βαθμολογιών στα παραπάνω κριτήρια που αφορούν την δυνατότητα cross-docking* είναι αρκετά χρονοβόρος δημιουργήθηκε στο ηλεκτρονικό εργασιακό περιβάλλον του προγράμματος Microsoft Excel μια φόρμα που εκτελεί τις παραπάνω πράξεις. Έτσι στο παράδειγμα του σχεδίου #5 έχουμε, για την δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγό και φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1 και τύπου 2 αντίστοιχα, τα εξής αποτελέσματα:

* Δεν υπάρχει αντίστοιχος ελληνικός όρος. Θα μπορούσε να αποδοθεί ως η δυνατότητα απευθείας διαλογής και μεταφόρτωσης εμπορευμάτων από τις παραλαβές στις αποστολές.

Σελίδα 5

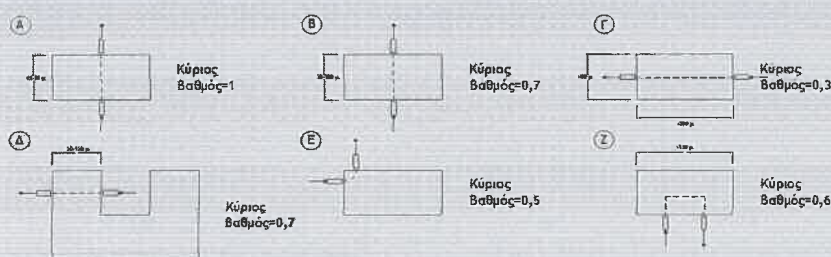
Δεδομένα (input)											
α/α	Εμβαδόν αποθηκών τύπου 1 ή 2 ή 3 (τ.μ.)	Κύριοι βαθμοί ανά αποθήκη									
1 ^η	19000	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7					
2 ^η	16000	0,5	0,5	0,3	0,6						
3 ^η	16000	0,5	0,5	0,3	0,6						
4 ^η	16000	0,5	0,5	0,3	0,6						
5 ^η											
6 ^η											
7 ^η											
8 ^η											
Σύνολο	67000										

Αποτελέσματα (output)		
Ποσοστό συμμετοχής κάθε αποθήκης επί του συνόλου της	Συνολική βαθμολογία ανά αποθήκη	Ποσοστό συμμετοχής βαθμολογίας κάθε αποθήκης
0,284	0,920	0,261
0,239	0,730	0,174
0,239	0,730	0,174
0,239	0,730	0,174
0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000
1,000		

Κύριοι βαθμοί	A	B	Γ	Δ	E	Z
	1	0,7	0,3	0,8	0,5	0,6

Τελική βαθμολογία σχεδίου

78,39%



Σελίδα 5

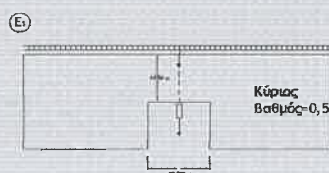
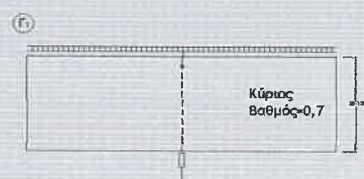
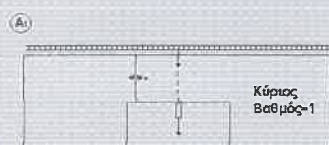
Δεδομένα (input)									
α/α	Εμβαδόν αποθήκων τύπου 1 ή 2 ή 3 (τ.μ.)	Κύριοι βαθμοί ανά αποθήκη (για συνολική βαθμολογία 1)							Συνολική βαθμολογία 2, ανά αποθήκη
1 ^η	50000	1							0,875
2 ^η	50000	0,5	0,5	0,7					0,750
3 ^η									
4 ^η									
5 ^η									
6 ^η									
7 ^η									
8 ^η									
Συνολικά	100000								

Αποτελέσματα (output)			
Ποσοστό συμμετοχής κάθε αποθήκης επί του συνόλου της	Συνολική βαθμολογία 1 ανά αποθήκη	Ποσοστό συμμετοχής βαθμολογίας 1 κάθε αποθήκης	Ποσοστό συμμετοχής βαθμολογίας 2 κάθε αποθήκης
0,500	1,000	0,500	0,438
0,500	0,800	0,400	0,375
0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000
1,000		0,900	0,813

Κύριοι βαθμοί	A1	B1	F1	Δ1	E1
	1	0,5	0,7	1	0,5

Τελική βαθμολογία σχεδίου 85,63%

Συνολική βαθμολογία Z _i ανά αποθήκη	A2	B2	F2	Δ2
	≥700 μ.	600-700 μ.	500-600 μ.	400-500 μ.
	1	0,875	0,750	0,625
	E2	Z2	H2	Θ2
	500-400 μ.	200-300 μ.	100-200 μ.	≤100 μ.
	0,500	0,375	0,250	0,125



Το επόμενο κριτήριο εκφράζει το ποσοστό έκτασης των εμπορευματικών αποθηκών τύπου 1 που έχουν άμεση σιδηροδρομική πρόσβαση. Έτσι κάθε αποθήκη τύπου 1 εκφράζεται σαν ποσοστό επί της συνολικής έκτασης των αποθηκών. Η τελική βαθμολογία του κριτηρίου είναι το άθροισμα των παραπάνω ποσοστών των αποθηκών που παρέχουν άμεση σιδηροδρομική πρόσβαση.

Στο επόμενο κριτήριο υπολογίζεται το συνολικό μήκος των σιδηροδρομικών αποβάθρων που έχουν στο σύνολο τους οι εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 ενός σχεδίου και διαιρείται με το πλήθος των αποθηκών τύπου 2.

4.2.4 Ομάδα Κριτηρίων που Αφορούν στις Κυκλοφοριακές Συνθήκες

Η συγκεκριμένη ομάδα κριτηρίων σχεδιασμού περιλαμβάνει 4 κριτήρια:

- Εύρεση δρομολογίου
- Μέση απόσταση δρομολογίου
- Πυκνότητα κυκλοφορίας στο εσωτερικό οδικό δίκτυο
- Αριθμός διασταυρώσεων δρόμου - σιδηροδρόμου

Το κριτήριο που αφορά στην εύρεση δρομολογίου, είναι ποιοτικό και βαθμολογείται σε μια κλίμακα από 0 έως 1. Η δυνατότητα εύκολης εύρεσης της τοποθεσίας των εγκαταστάσεων, που προσφέρει ένα σχέδιο, απλοποιεί την πορεία των φορτηγών. Επίσης ελαττώνει σημαντικά τις περιττές αναστροφές των φορτηγών στο εσωτερικό οδικό δίκτυο (πράγμα που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για αυτούς που οδηγούν για πρώτη φορά στην εγκατάσταση του εμπορευματικού κέντρου). Για παράδειγμα στο σχέδιο #2 η τοποθέτηση των κτιρίων διοίκησης και εστιατορίου στο τέλος της κεντρικής οδού δεν είναι από τις καλύτερες σχεδιαστικές λύσεις μιας και για να κατευθυνθεί κάποιο φορτηγό που έρχεται για πρώτη φορά στην επιθυμητή αποθήκη πρέπει πρώτα να ψάξει για το κτίριο της διοίκησης. Μια καλύτερη λύση φαίνεται στα σχέδια #1 και #3 στα οποία οι προηγούμενες απαραίτητες κτιριακές εγκαταστάσεις βρίσκονται κοντά στην είσοδο - έξοδο.

Το επόμενο κριτήριο που αφορά στην μέση απόσταση δρομολογίου, υπολογίζεται εκτιμώντας ένα τυπικό δρομολόγιο φορτηγού. Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως τα σχέδια που έχουν την είσοδο στο εμπορευματικό κέντρο στην βορειοανατολική πλευρά (όπως το σχέδιο #1) πλεονεκτούν διότι η συγκεκριμένη πλευρά του οικοπέδου βρίσκεται πολύ κοντά στο υπάρχον εξωτερικό οδικό δίκτυο που οδηγεί στην Αθήνα. Αντίθετα οι σχεδιαστικές λύσεις που προτείνουν είσοδο στο βορειοδυτικό τμήμα του οικοπέδου (όπως το σχέδιο #3) μειονεκτούν μιας και τα φορτηγά πρέπει να φτάσουν από το εξωτερικό οδικό δίκτυο στην πύλη του κέντρου, μέσω δευτερεύουσας οδού, και αντίστροφα. Λόγο μόνο αυτού του

γεγονότος χρειάζεται το κάθε φορτηγό να καλύψει δύο φορές (προσέγγιση στην αποθήκη και επιστροφή) την πρόσθετη απόσταση των 2600 μ. της δευτερεύουσας οδού που θα κατασκευαστεί για αυτόν τον λόγο παράλληλα της βόρειας πλευράς του οικοπέδου.

Το κριτήριο που αφορά στην πυκνότητα κυκλοφορίας είναι και αυτό ποιοτικό. Η χαμηλή πυκνότητα κυκλοφορίας στο εσωτερικό οδικό δίκτυο συμβάλει στην ποιότητα της οδήγησης στην εγκατάσταση. Έτσι μειώνετε η κούραση των οδηγών καθώς επίσης μειώνετε και ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων. Στις σχεδιαστικές λύσεις παρατηρείται πως ορισμένες από αυτές έχουν δύο εσωτερικές κύριες οδικές αρτηρίες για την πρόσβαση στις αποθήκες (π.χ. σχέδιο #1, #3), ενώ άλλες έχουν μόνο μία (π.χ. σχέδιο #2). Συμπερασματικά λοιπόν τα σχέδια με μία μόνο κεντρικά τοποθετημένη οδική αρτηρία πρόσβασης αποθηκών έχει χειρότερη πυκνότητα κυκλοφορίας σε σχέση με άλλες σχεδιαστικές λύσεις, μιας και η πλειονότητα των φορτηγών περνούν από αυτή. Δεν υπάρχει η δυνατότητα δηλαδή να μοιραστεί ο κυκλοφοριακός φόρτος σε δύο αρτηρίες όπως σε άλλα σχέδια.

Το επόμενο κριτήριο αναφέρεται στον αριθμό διασταυρώσεων δρόμου - σιδηροδρόμου. Αυτό είναι γενικά μη ανεπιθύμητο αλλά δυστυχώς κάποιες φορές και αναπόφευκτο κυρίως λόγω του σχεδίου του οικοπέδου. Ακόμα και στην περίπτωση που η διασταύρωση προστατεύεται με μπαριέρες (για την αποφυγή ατυχημάτων), η καθυστέρηση που μπορεί να υπάρξει για αυτούς που χρησιμοποιούν το οδικό δίκτυο, έχει μεγάλη αντίκτυπο στον χρόνο ολοκλήρωσης του δρομολογίου τους. Επίσης και η συνεχής προσπέλαση ενός φορτηγού (με πλήρες φορτίο πάνω του) πάνω από μία σιδηροτροχιά μπορεί να προκαλέσει φθορές στα ελαστικά του επίσωτρα. Εδώ πρέπει να τονιστεί πως περιπτώσεις όπως του σχεδίου #3 μπορεί να μην έχουν μεν καμία τέτοια διασταύρωση αλλά για να επιτευχθεί αυτό, η πύλη του εμπορευματικού κέντρου χρειάστηκε να μεταφερθεί στο βορειοδυτικό τμήμα, πράγμα που από την άλλη αυξάνει σημαντικά την μέση απόσταση δρομολογίου των φορτηγών.

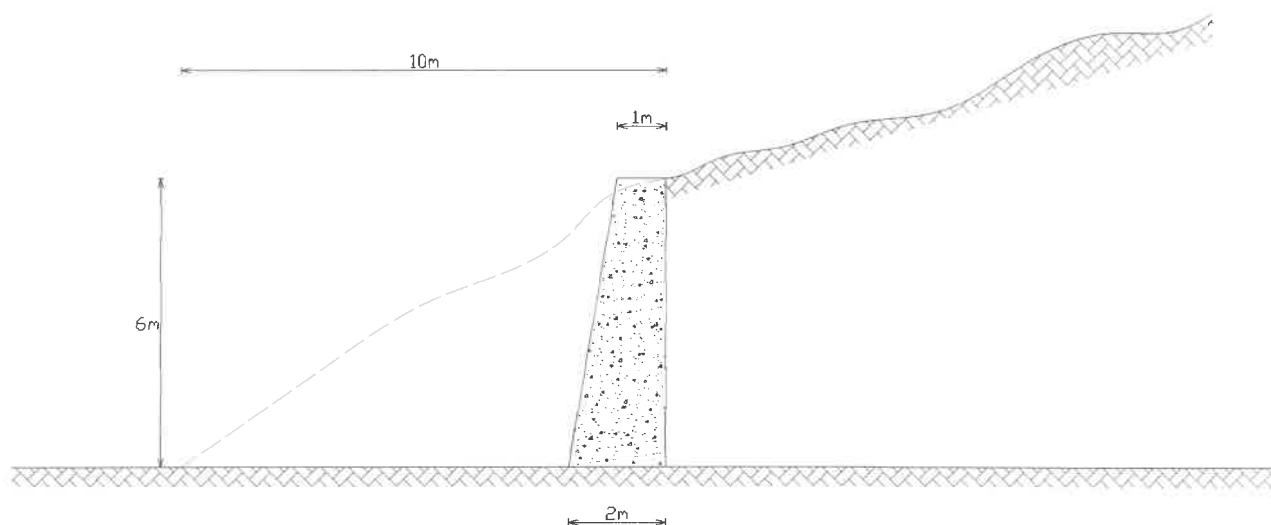
4.2.5 Ομάδα Κριτηρίων που Αφορούν στο υψηλό κόστος ειδικών τεχνικών έργων

Στην γενική ομάδα κριτηρίων του υψηλού κόστους ειδικών τεχνικών έργων περιέχεται το κριτήριο του κόστους αντιστήριξης πρανών και κατασκευής σιδηροδρομικής γραμμής.

Στο συγκεκριμένο κριτήριο λαμβάνονται υπ' όψιν οι οικονομικές διαφορές του κόστους κατασκευής των σχεδιαστικών λύσεων που προκύπτουν κυρίως από δύο παραμέτρους. Από τη διαφορετική χάραξη (γεωμετρία και συνολικό μήκος) της

σιδηροδρομικής γραμμής και από την διαφορετική ποσότητα των πρανών που πρέπει να αφαιρεθούν από το βόρειο τμήμα του οικοπέδου. Οι οικονομικές διαφορές που προκύπτουν από τις διαφορετικές κτιριακές υποδομές που προτείνει το κάθε σχέδιο, θεωρούνται λιγότερο σημαντικές μπροστά στα προηγούμενα κόστη. Η βαθμολόγηση γίνεται σε μια κλίμακα μετρούμενη από 0 έως 1. Βαθμό ίσο με 1 παίρνει το σχέδιο που απαιτεί το υψηλότερο κόστος κατασκευής ειδικών τεχνικών έργων, και 0 το σχέδιο που δεν απαιτεί κοπή πρανών και η σιδηροδρομική γραμμή του είναι η μικρότερη δυνατή.

Για τον υπολογισμό του κόστους αντιστήριξης των πρανών θα χρησιμοποιηθεί η παρακάτω τυπική διατομή τοίχου αντιστήριξης.



Σχήμα 3: Τυπική διατομή τοίχου αντιστήριξης

Το εμβαδόν της διατομής είναι 9 τ.μ. Σε τοίχο αντιστήριξης μήκους ενός μέτρου αντιστοιχούν 9 μ³. Σύμφωνα με το υπουργείο πε.χω.δ.ε. το κόστος για την κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος που χρησιμοποιείται για τοίχους αντιστήριξης είναι 129,55 € ανά μ³ (ΟΔΝ - 2532). Συνεπώς το κόστος κατασκευής του τοίχου αντιστήριξης ανά τρέχον μέτρο είναι $129,55 \cdot 9 = 1165,95$ € ανά μ³.

Αντίστοιχα προκύπτει το κόστος εκσκαφής ανά τρέχον μέτρο. Το εμβαδόν της προς κοπής διατομής είναι 30 τ.μ. Για κοπή πρανών ενός μέτρου κατά μήκος απαιτείται αφαίρεση 30 μ³. Σύμφωνα με το υπουργείο πε.χω.δε το κόστος για την γενική

εκσκαφή σε έδαφος γαιώδες-ημιβραχώδες είναι 3,24 € ανά μ^3 (ΟΔΝ - 2111). Συνεπώς το κόστος εκσκαφής των πρανών είναι $3,24 \cdot 30 = 97,2$ € ανά μ^3 .

Το συνολικό κόστος κατασκευής του τοίχου αντιστήριξης μετά την αφαίρεση των απαραίτητων γεών ανά τρέχον μέτρο είναι $1165,95 + 97,2 = 1263,15$ €

Για το δυσμενέστερο από οικονομικής άποψης σχέδιο θα αντιστοιχεί κατασκευή τοίχου αντιστήριξης μήκους 1800 μ. Δηλαδή κόστους $1800 \cdot 1263,15 = 2273670$ €

Για τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής της σιδηροδρομικής γραμμής θεωρήθηκε τιμή μονάδας 500€ ανά μ. Για το δυσμενέστερο από οικονομικής άποψης σχέδιο θα αντιστοιχεί κατασκευή σιδηροδρομικής γραμμής μήκους 2450 μ. Το μήκος αυτό είναι το πρόσθετο που χρησιμοποιούν οι σχεδιαστικές λύσεις που τοποθετούν την σιδηροδρομική γραμμή περιμετρικά του οικοπέδου σε σχέση με τις λύσεις που τοποθετούν την γραμμή στο κέντρο του οικοπέδου. Συνεπώς το κόστος θα είναι $2450 \cdot 500 = 1225000$ €

Η δυσμενέστερη σχεδιαστική λύση από οικονομικής πλευράς θα παίρνει βαθμό κριτηρίου 1 και θα αντιστοιχεί σε κόστος κατασκευής ειδικών τεχνικών έργων $2273670 + 1225000 = 3498670$ € . Με βάση αυτό υπολογίζεται το πρόσθετο κόστος κατασκευής ειδικών τεχνικών έργων για κάθε προτεινόμενο σχέδιο και βαθμολογείται αναλογικά το κριτήριο.

Συνολικά όλοι ο βαθμοί των κριτηρίων για κάθε σχέδιο φαίνονται συγκεντρωμένα στους παρακάτω πίνακες.

Γενικές ομάδες κριτηρίων	α/α	Κριτήρια (περιγραφή)	Μεγιστοποίηση/ελαχιστοποίηση κριτηρίων	Συντελεστής βαρύτητας	Τύπος Κριτηρίου σύμφωνα με τη μέθοδο PROMETHEE	Παράμετροι κριτηρίου	Επίδοση		
							Σχέδιο #1	Σχέδιο #2	Σχέδιο #3
Γενική διάταξη του εμπορευματικού κέντρου	1	Ολική έκταση εμπορευματικών αποθηκών (τ.μ.)	Max	9	5	q=2000, p=10000	235000	235000	225000
	2	Συμμόρφωση με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 1 (20.000 τ.μ.) (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	95.0%	89.0%	95.0%
	3	Συμμόρφωση με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 2 (%) (50.000 τ.μ.)	Max	8	5	q=2%, p=10%	100.0%	91.0%	100.0%
	4	Δυνατότητα των αποθηκών τύπου 2 να έχουν μελλοντική επεκτασιμότητα στα 70.000 τ.μ. (%)	Max	3	1		0.0%	48.0%	0.0%
	5	Ποσοστό έκτασης εμπορευματικών αποθηκών που αντιστοιχούν στις τύπου 1 και 2 (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	83.0%	83.0%	83.0%
Δυνατότητα cross-docking* και άμεσης σιδηροδρομικής πρόσβασης	6	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1 (%)	Max	7	5	q=2%, p=10%	92.0%	85.0%	92.0%
	7	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (%)	Max	7	5	q=2%, p=10%	81.0%	99.6%	81.0%
	8	Δυνατότητα cross docking φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3 (%)	Max	4	5	q=5%, p=10%	62.5%	70.0%	63.3%
	9	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1 (%)	Max	5	5	q=5%, p=10%	42.5%	47.2%	42.5%
	10	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	87.5%	77.2%	87.5%
	11	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3 (%)	Max	2	5	q=5%, p=10%	0.0%	0.0%	0.0%
	12	Ποσοστό έκτασης των εμπορευματικών αποθηκών τύπου 1 με άμεση σιδηροδρομική πρόσβαση (%)	Max	6	5	q=2%, p=10%	100.0%	69.0%	100.0%
	13	Μέσο μήκος της σιδηροδρομικής αποβάθρας για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (μ)	Max	6	5	q=25, p=50	550	560	550
Κυκλοφοριακές συνθήκες	14	Εύρεση δρομολογίου (0-1)	Max	2	1		0.7	0.8	1
	15	Μέση απόσταση δρομολογίου (km)	Min	2	5	q=0.5, p=1	1.1	0.8	4.6
	16	Πυκνότητα κυκλοφορίας στο εσωτερικό οδικό δίκτυο (0-1)	Min	2	1		0.5	1	0.5
	17	Αριθμός διασταυρώσεων δρόμου-σιδηροδρόμου	Min	2	1		1	1	0
Υψηλό κόστος ειδικών τεχνικών έργων	18	Αντιστήριξη πρανών και κόστος σιδηροδρομικής γραμμής	Min	2	1		0.6	0.75	0.6

Πίνακας 5α: Επίδοση κριτηρίων για τα σχέδια #1, #2, #3

Γενικές ομάδες κριτηρίων	α/α	Κριτήρια (περιγραφή)	Μεγιστοποίηση/ελαχιστοποίηση κριτηρίων	Συντελεστής βαρύτητας	Τύπος Κριτηρίου σύμφωνα με τη μέθοδο PROMETHEE	Παράμετροι	Επίδοση		
							Σχέδιο #4	Σχέδιο #5	Σχέδιο #6
Γενική διάταξη του εμπορευματοκέντρου	1	Ολική έκταση εμπορευματικών αποθηκών (τ.μ.)	Max	9	5	q=2000, p=10000	232200	234000	228600
	2	Συμμόρφωση με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 1 (20.000 τ.μ.) (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	95.0%	84.0%	95.0%
	3	Συμμόρφωση με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 2 (%) (50.000 τ.μ.)	Max	8	5	q=2%, p=10%	100.0%	100.0%	91.0%
	4	Δυνατότητα των αποθηκών τύπου 2 να έχουν μελλοντική επεκτασιμότητα στα 70.000 τ.μ. (%)	Max	3	1		0.0%	49.0%	49.0%
	5	Ποσοστό έκτασης εμπορευματικών αποθηκών που αντιστοιχούν στις τύπου 1 και 2 (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	84.0%	79.0%	87.0%
Δυνατότητα cross-docking* και άμεσης σιδηροδρομικής πρόσβασης	6	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1 (%)	Max	7	5	q=2%, p=10%	92.0%	78.4%	84.5%
	7	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (%)	Max	7	5	q=2%, p=10%	81.0%	81.0%	99.6%
	8	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3 (%)	Max	4	5	q=5%, p=10%	70.0%	62.5%	70.0%
	9	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1 (%)	Max	5	5	q=5%, p=10%	42.5%	51.5%	47.6%
	10	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	87.5%	87.5%	77.2%
	11	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3 (%)	Max	2	5	q=5%, p=10%	0.0%	0.0%	65.0%
	12	Ποσοστό έκτασης των εμπορευματικών αποθηκών τύπου 1 με άμεση σιδηροδρομική πρόσβαση (%)	Max	6	5	q=2%, p=10%	100.0%	100.0%	66.0%
	13	Μέσο μήκος της σιδηροδρομικής αποβάθρας για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (μ)	Max	6	5	q=25, p=50	550	610	560
Κυκλοφοριακές συνθήκες	14	Εύρεση δρομολογίου	Max	2	1		0.7	0.7	0.8
	15	Μέση απόσταση δρομολογίου (km)	Min	2	5	q=0.5, p=1	1.1	1.1	0.8
	16	Πυκνότητα κυκλοφορίας στο εσωτερικό οδικό δίκτυο (0-1)	Min	2	1		0.5	0.5	1
	17	Αριθμός διασταυρώσεων δρόμου-σιδηροδρόμου	Min	2	1		1	1	1
Υψηλό κόστος ειδικών τεχνικών έργων	18	Αντιστήριξη πρανών και κόστος σιδηροδρομικής γραμμής	Min	2	1		0.6	0.55	1

Πίνακας 58: Επίδοση κριτηρίων για τα σχέδια #4, #5, #6

Γενικές ομάδες κριτηρίων	α/α	Κριτήρια (περιγραφή)	Μεγιστοποίηση/ελαχιστοποίηση κριτηρίων	Συντελεστής βαρύτητας	Τύπος Κριτηρίου σύμφωνα με τη μέθοδο PROMETHEE	Παράμετροι	Επίδοση		
							Σχέδιο #7	Σχέδιο #8	Σχέδιο #9
Γενική διάταξη του εμπορευματικού κέντρου	1	Ολική έκταση εμπορευματικών αποθηκών (τ.μ.)	Max	9	5	q=2000, p=10000	234600	223800	225800
	2	Συμμόρφωση με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 1 (20.000 τ.μ.) (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	95%	94%	95%
	3	Συμμόρφωση με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 2 (%) (50.000 τ.μ.)	Max	8	5	q=2%, p=10%	91%	90%	90%
	4	Δυνατότητα των αποθηκών τύπου 2 να έχουν μελλοντική επεκτασιμότητα στα 70.000 τ.μ. (%)	Max	3	1		49%	50%	50%
	5	Ποσοστό έκτασης εμπορευματικών αποθηκών που αντιστοιχούν στις τύπου 1 και 2 (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	85%	100%	100%
Δυνατότητα cross-docking* και άμεσης σιδηροδρομικής πρόσβασης	6	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1 (%)	Max	7	5	q=2%, p=10%	84.46%	83.84%	81.63%
	7	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (%)	Max	7	5	q=2%, p=10%	99.56%	80.00%	80.00%
	8	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3 (%)	Max	4	5	q=5%, p=10%	62.50%	100.00%	100.00%
	9	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1 (%)	Max	5	5	q=5%, p=10%	47.64%	58.27%	58.83%
	10	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	77.22%	87.27%	87.27%
	11	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3 (%)	Max	2	5	q=5%, p=10%	70.00%	100.00%	100.00%
	12	Ποσοστό έκτασης των εμπορευματικών αποθηκών τύπου 1 με άμεση σιδηροδρομική πρόσβαση (%)	Max	6	5	q=2%, p=10%	66%	100%	100%
	13	Μέσο μήκος της σιδηροδρομικής αποβάθρας για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (μ)	Max	6	5	q=25, p=50	560	700	700
Κυκλοφοριακές συνθήκες	14	Εύρεση δρομολογίου	Max	2	1		0.8	0.7	0.7
	15	Μέση απόσταση δρομολογίου (km)	Min	2	5	q=0.5, p=1	0.8	1.1	1.1
	16	Πυκνότητα κυκλοφορίας στο εσωτερικό οδικό δίκτυο (0-1)	Min	2	1		1	0.8	0.8
	17	Αριθμός διασταυρώσεων δρόμου-σιδηροδρόμου	Min	2	1		1	1	1
Υψηλό κόστος ειδικών τεχνικών έργων	18	Αντιστήριξη πρανών και κόστος σιδηροδρομικής γραμμής	Min	2	1		1	1	1

Πίνακας 5γ: Επίδοση κριτηρίων για τα σχέδια #7, #8, #9

Γενικές ομάδες κριτηρίων	α/α	Κριτήρια (περιγραφή)	Μεγιστοποίηση/ελαχιστοποίηση κριτηρίων	Συντελεστής βαρύτητας	Τύπος Κριτηρίου σύμφωνα με τη μέθοδο PROMETHEE	Παράμετροι	Επίδοση		
							Σχέδιο #10	Σχέδιο #11	Σχέδιο #12
Γενική διάταξη του εμπορευματοκέντρου	1	Ολική έκταση εμπορευματικών αποθηκών (τ.μ.)	Max	9	5	q=2000, p=10000	220800	233800	229400
	2	Συμμόρφωση με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 1 (20.000 τ.μ.) (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	93%	95%	91%
	3	Συμμόρφωση με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 2 (%) (50.000 τ.μ.)	Max	8	5	q=2%, p=10%	90%	90%	100%
	4	Δυνατότητα των αποθηκών τύπου 2 να έχουν μελλοντική επεκτασιμότητα στα 70.000 τ.μ. (%)	Max	3	1		0%	50%	50%
	5	Ποσοστό έκτασης εμπορευματικών αποθηκών που αντιστοιχούν στις τύπου 1 και 2 (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	100%	96%	100%
Δυνατότητα cross-docking* και άμεσης σιδηροδρομικής πρόσβασης	6	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1 (%)	Max	7	5	q=2%, p=10%	80.46%	83.84%	81.86%
	7	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (%)	Max	7	5	q=2%, p=10%	80.00%	80.00%	80.00%
	8	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3 (%)	Max	4	5	q=5%, p=10%	100.00%	30.00%	100.00%
	9	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1 (%)	Max	5	5	q=5%, p=10%	58.31%	58.27%	49.96%
	10	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	87.27%	87.27%	95.00%
	11	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3 (%)	Max	2	5	q=5%, p=10%	100%	0%	100%
	12	Ποσοστό έκτασης των εμπορευματικών αποθηκών τύπου 1 με άμεση σιδηροδρομική πρόσβαση (%)	Max	6	5	q=2%, p=10%	100%	100%	85%
	13	Μέσο μήκος της σιδηροδρομικής αποβάθρας για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (μ)	Max	6	5	q=25, p=50	600	700	700
Κυκλοφοριακές συνθήκες	14	Εύρεση δρομολογίου	Max	2	1		0.8	0.7	0.7
	15	Μέση απόσταση δρομολογίου (km)	Min	2	5	q=0.5, p=1	0.8	1.2	1.3
	16	Πυκνότητα κυκλοφορίας στο εσωτερικό οδικό δίκτυο (0-1)	Min	2	1		0.8	1	1
	17	Αριθμός διασταυρώσεων δρόμου-σιδηροδρόμου	Min	2	1		1	1	1
Υψηλό κόστος ειδικών τεχνικών έργων	18	Αντιστήριξη πρανών και κόστος σιδηροδρομικής γραμμής	Min	2	1		1	1	1

Πίνακας 5δ: Επίδοση κριτηρίων για τα σχέδια #10, #11, #12

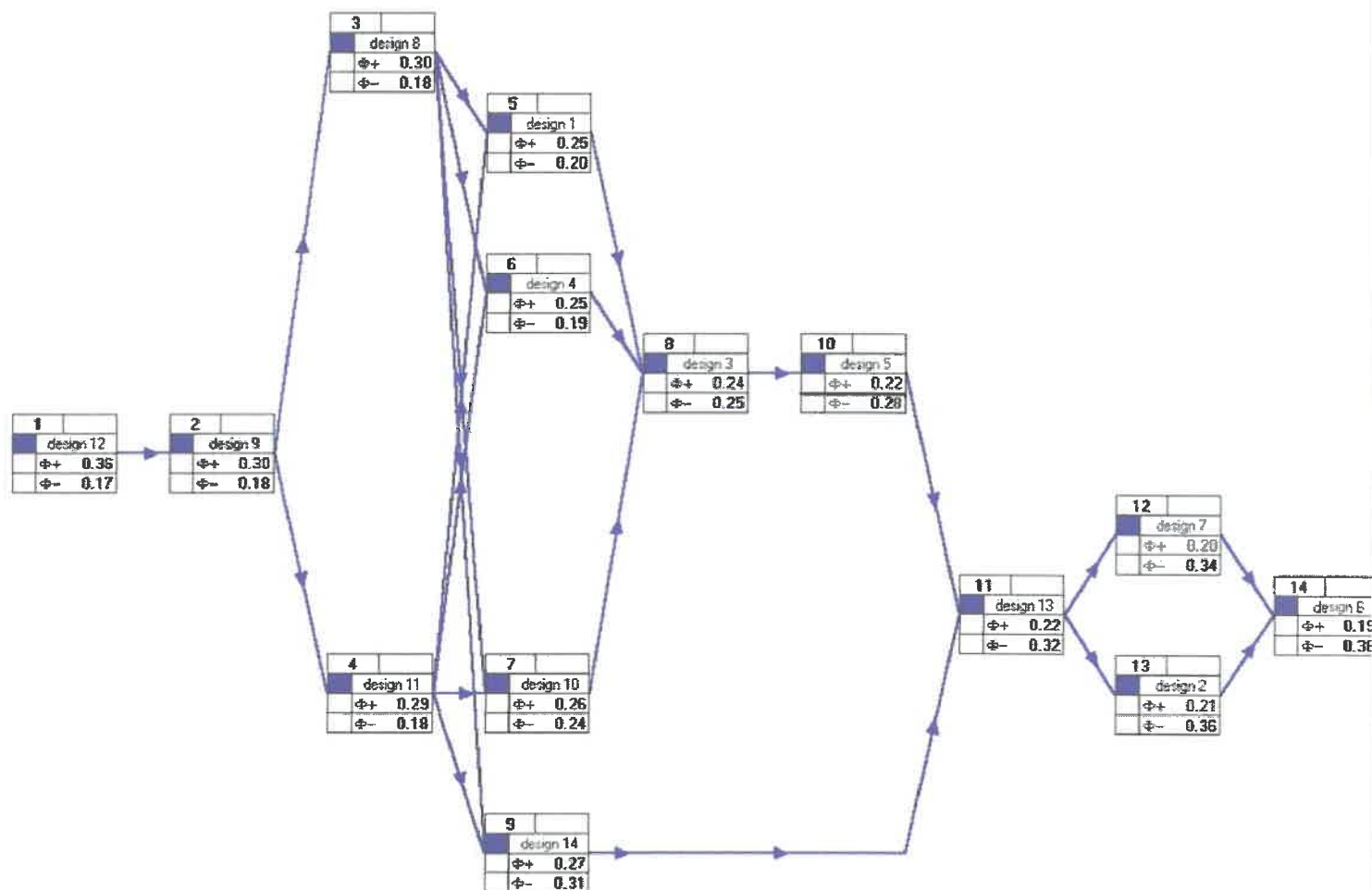
Γενικές ομάδες κριτηρίων	α/α	Κριτήρια (περιγραφή)	Μεγιστοποίηση/ελαχιστοποίηση κριτηρίων	Συντελεστής βαρύτητας	Τύπος Κριτηρίου σύμφωνα με τη μέθοδο PROMETHEE	Παράμετροι	Επίδοση	
							Σχέδιο #13	Σχέδιο #14
Γενική διάταξη του εμπορευματικού κέντρου	1	Ολική έκταση εμπορευματικών αποθηκών (τ.μ.)	Max	9	5	q=2000, p=10000	222000	235000
	2	Συμμόρφωση με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 1 (20.000 τ.μ.) (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	84%	95%
	3	Συμμόρφωση με τα πρότυπα για τις αποθήκες τύπου 2 (%) (50.000 τ.μ.)	Max	8	5	q=2%, p=10%	100%	100%
	4	Δυνατότητα των αποθηκών τύπου 2 να έχουν μελλοντική επεκτασιμότητα στα 70.000 τ.μ. (%)	Max	3	1		49%	49%
	5	Ποσοστό έκτασης εμπορευματικών αποθηκών που αντιστοιχούν στις τύπου 1 και 2 (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	84%	90%
Δυνατότητα cross-docking* και άμεσης σιδηροδρομικής πρόσβασης	6	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1 (%)	Max	7	5	q=2%, p=10%	78.39%	74.80%
	7	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (%)	Max	7	5	q=2%, p=10%	81.00%	81.00%
	8	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με φορτηγού για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3 (%)	Max	4	5	q=5%, p=10%	63.33%	47.14%
	9	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 1 (%)	Max	5	5	q=5%, p=10%	51.46%	37.68%
	10	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (%)	Max	8	5	q=2%, p=10%	87.50%	87.50%
	11	Δυνατότητα cross-docking* φορτηγού με τρένο για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 3 (%)	Max	2	5	q=5%, p=10%	0%	0%
	12	Ποσοστό έκτασης των εμπορευματικών αποθηκών τύπου 1 με άμεση σιδηροδρομική πρόσβαση (%)	Max	6	5	q=2%, p=10%	100%	73%
	13	Μέσο μήκος της σιδηροδρομικής αποβάθρας για τις εμπορευματικές αποθήκες τύπου 2 (μ)	Max	6	5	q=25, p=50	610	610
Κυκλοφοριακές συνθήκες	14	Εύρεση δρομολογίου	Max	2	1		1	0.9
	15	Μέση απόσταση δρομολογίου (km)	Min	2	5	q=0.5, p=1	4.6	4.6
	16	Πυκνότητα κυκλοφορίας στο εσωτερικό οδικό δίκτυο (0-1)	Min	2	1		0.5	0.6
	17	Αριθμός διασταυρώσεων δρόμου-σιδηροδρόμου	Min	2	1		0	0
Υψηλό κόστος ειδικών τεχνικών έργων	18	Αντιστήριξη πρανών και κόστος σιδηροδρομικής γραμμής	Min	2	1		0.5	0.55

Πίνακας 5ε: Επίδοση κριτηρίων για τα σχέδια #13, #14

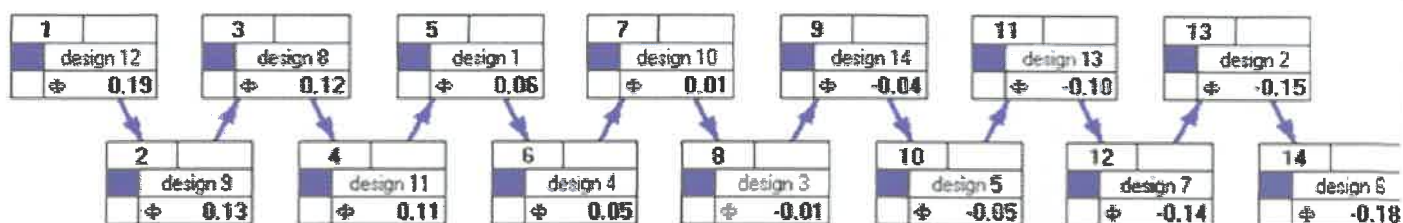
4.2.6 Αξιολόγηση Εναλλακτικών Λύσεων Σχεδιασμού με την Βοήθεια του Decision Lab 2000.

Για την εφαρμογή της μεθόδου PROMETHEE στο συγκεκριμένο πρόβλημα χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή Decision Lab 2000. Αφού έγινε η απαραίτητη εισαγωγή των δεδομένων, τα οποία φαίνονται στους παραπάνω πίνακες, τα αποτελέσματα που ελήφθησαν είναι τα εξής:

Η μερική κατάταξη των σχεδίων (PROMETHEE I) είναι:



Η πλήρης κατάταξη των σχεδίων (PROMETHEE II) είναι:



Η μερική κατάταξη των σχεδίων φανερώνει τις δυσκολίες στη λήψη αποφάσεων τέτοιων περιπτώσεων μιας και πολλά σχέδια είναι μη συγκρίσιμα μεταξύ τους. Παρόλο αυτά φαίνεται να προτιμάται το σχέδιο #12. Κατά την πλήρη κατάταξη των σχεδίων η μέθοδος δείχνει προτίμηση πάλι στο σχέδιο #12.

Το σχέδιο #12 που κατά την μέθοδο φαίνεται να υπερτερεί, προτείνει μια αποθήκη τύπου 1 (15.600 τ.μ.) που και μακριά από τον στόχο των 20.000 τ.μ. είναι και σιδηροδρομική πρόσβαση δεν έχει. Επίσης υπάρχουν δύο αποθήκες τύπου 1 (17.400 τ.μ.) που ενώ πλησιάζουν σαν μέγεθος τις αρχικές απαιτήσεις, το σχήμα τους, που είναι πολύ μακρόστενο, φαίνεται να μην βοηθά την καλή λειτουργία τους. Η μέθοδος προτείνει δηλαδή μια λύση που ενώ σε αρκετά κριτήρια ικανοποιεί τις αρχικές απαιτήσεις σχεδιασμού δεν φαίνεται να είναι ξεκάθαρα ανώτερη από τις υπόλοιπες.

Συμπερασματικά η μέθοδος φαίνεται να αντισταθμίζει τα μειονεκτήματα που έχει η σχεδιαστική λύση #12, λόγο της υπεροχής της σε αρκετά κριτήρια. Η συγκεκριμένη λύση παρουσιάζοντας μια αποθήκη τύπου 1 χωρίς σιδηροδρομική πρόσβαση πιθανόν να μην είναι αποδεκτή αν η απόφαση εξαγόταν με κρίση μηχανικών. Όμως η χαμηλή βαθμολογία που πήρε στο συγκεκριμένο κριτήριο το σχέδιο #12 δεν ήταν ικανή να την απομακρύνει από την πρώτη επιλογή της μεθόδου με δεδομένο τον συγκεκριμένο συντελεστή βαρύτητας. Ένα άλλο μειονέκτημα που παρουσιάζει το σχέδιο #12 έχει να κάνει με την συγκέντρωση της υψηλότερης βαθμολογίας στο κριτήριο (ελαχιστοποίησης) που αφορά το πρόσθετο κόστος ειδικών τεχνικών έργων υψηλού κόστους. Πιθανόν για τα δύο προηγούμενα κριτήρια να είναι προτιμότερη η αύξηση των συντελεστών βαρύτητας που τους αντιστοιχούν.

Ένας ακόμα λόγος που πιθανόν οδήγησε στην εκλογή του σχεδίου #12 έχει να κάνει με την βαθμολογία που του αποδόθηκε στα κριτήρια που βαθμολόγησαν τις δυνατότητες cross-docking* των εμπορευματικών αποθηκών τύπου 3. Όπως φαίνεται στο σχέδιο #12, αποθήκες τύπου 3 δεν υπάρχουν όπως επίσης και στα σχέδια #8, #9, #10. Το γεγονός της μη ύπαρξης αποθηκών τύπου 3 είναι θεμιτό λόγο των αρχικών δεδομένων του σχεδιασμού. Σε αυτές τις περιπτώσεις δόθηκε στα αντίστοιχα κριτήρια δυνατότητας cross-docking* βαθμολογία 100% έτσι ώστε να έχουν συγκριτικό πλεονέκτημα τα σχέδια αυτά έναντι των υπολοίπων που είχαν αποθήκες τύπου 3. Το πρόβλημα σε αυτή την βαθμολόγηση προκύπτει από το γεγονός του ότι βαθμολογείται μια δυνατότητα (cross-docking*) σε κάποιες αποθήκες που εξ' αρχής δεν προτιμούνται. Το ότι δεν προτιμούνται οι αποθήκες τύπου 3 συμπεριλαμβάνεται ως δεδομένο στην μέθοδο μέσω του κριτηρίου που επιθυμείτε η μεγιστοποίηση του και αναφέρεται στο ποσοστό της έκτασης που καταλαμβάνουν οι αποθήκες τύπου 1 και 2 μαζί. Συναντάται δηλαδή εδώ το φαινόμενο όταν το προηγούμενο κριτήριο μεγιστοποιείται να υπάρχει αδυναμία

βαθμολόγησης στα κριτήρια που αφορούν την βαθμολόγηση δυνατότητας cross-docking* των αποθηκών τύπου 3.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας καθώς και εισηγήσεις για επόμενες επιστημονικές εργασίες.

Ο σχεδιασμός εμπορευματικού κέντρου παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες καθώς απαιτείται η ικανοποίηση διάφορων αλληλοσυγκρουόμενων απαιτήσεων. Η εφαρμογή της μεθόδου PROMETHEE μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο βοήθημα στον σχεδιασμό. Η επιλογή και βαθμολόγηση των κατάλληλων κριτηρίων σχεδιασμού (λαμβάνοντας υπ' όψιν και τις δυνατότητες που προσφέρονται από την μέθοδο PROMETHEE) παρουσιάζει δυσκολίες.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία έγινε βελτίωση του μοντέλου σχεδιασμού που παρουσιάστηκε σε προηγούμενη εργασία με το ίδιο θέμα. Πιο συγκεκριμένα έγινε λεπτομερέστερη βαθμολόγηση των κριτηρίων σχεδιασμού καθώς και προσθήκη νέων κριτηρίων. Η προσθήκη αυτή και η λεπτομερέστερη βαθμολόγηση δε φαίνεται να βελτιώνουν τη μέθοδο η οποία και συγκρίθηκε με τα αντίστοιχα αποτελέσματα της προηγούμενης εργασίας.

Πρόταση για επόμενες επιστημονικές εργασίες θα μπορούσε να αποτελεί η ανάλυση ευαισθησίας των συντελεστών βαρύτητας που δίδονται στα κριτήρια σχεδιασμού, γεγονός που ενδεχομένως θα οδηγήσει σε καλύτερη ιεράρχηση των σχεδιαστικών λύσεων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Πηγή: Εταιρεία Pebro - Dexion



Πηγή: Εταιρεία Pebro - Dexion



Πηγή: Εταιρεία InterMetalica



Πηγή: Εταιρεία InterMetalica



Πηγή: Εταιρεία Pebro Dixon



Πηγή: Εταιρεία Spider Equips Stores

Εικόνα 1: Μερικοί Χαρακτηριστικοί Τύποι Ραφιών διάφορων κατασκευαστών



Πηγή: Εταιρεία InterMetalica



Πηγή: Εταιρεία InterMetalica

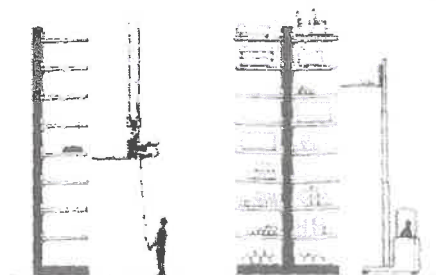


Πηγή: Εταιρεία Ktisissol-Solatube

Εικόνα 2: Διάδρομοι και Ράφια



Εικόνα 3: Μερικοί χαρακτηριστικοί τύποι οχημάτων διαλογής παραγγελιών. Πηγή: Εταιρεία Jungheinrich



Εικόνα 4: Αριστερά αυτοματοποιημένο σύστημα αποθήκευσης με γερανό, Δεξιά σύστημα αποθήκευσης με χρήση περνοφόρου οχήματος. Πηγή: Εταιρεία Θ. Δημητρουλάκος Α.Β.Ε.Ε.



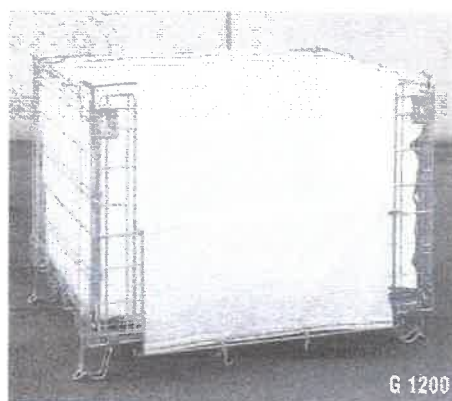
Πηγή: Εταιρεία ΣΜΑΓΡΑΣ



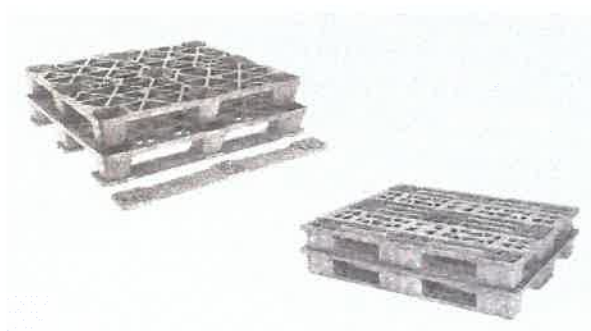
Πηγή: Εταιρεία Β.ΜΟΥΣΤΗΣ



Πηγή: Εταιρεία GL ΕΜΠΟΡΙΚΗ



Πηγή: Εταιρεία GL ΕΜΠΟΡΙΚΗ



Πηγή: Εταιρεία SCHAFER HELLAS



Πηγή: Εταιρεία BIPP



Πηγή: Εταιρεία BIPP

Εικόνα 5: Μερικοί χαρακτηριστικοί τύποι παλετών διάφορων κατασκευαστών

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Νόμος 3333/12. 04. 05 (2005), “Ίδρυση και Λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων και άλλες Διατάξεις” ΦΕΚ Α/91/12. 4. 2005.
- [2] Europlatforms EEIG (2004), “*Logistics Centres Directions for Use*”. In site: www.unece.org/trans/main/eatl/docs/EN-REV-What_is_a_Freight_VillageFinalcorretto.pdf
- [3] Kapros S., Panou K. and Tsamboulas D.A. (2005), “*Evaluation of Intermodal Freight Villages Using a multicriteria approach. CD-ROM*”. Proceedings of the 84th TRB Annual Meeting, Washington, D.C.
- [4] Best Practice Handbook for Logistics Centres in the Baltic Sea Region.
- [5] Cormier G. and Gunn E. (1992), “*A review of warehouse models*”, European Journal of Operational Research vol. 58, 3-13.
- [6] Richter, T. Warehouse. “*Cross & Associates*”. In Site: www.wbdg.org/design/warehouse.php
- [7] Rouwenhorst B., Reuter B., Stockrahm V., Van Houtum G.J., Mantel R.J. and Zijm W.H.M. (2000). “*Invited Review, Warehouse Design and Control: Framework and Literature Review*”. European Journal of Operational Research vol. 122, 515-533.
- [8] Ashayeri J. and Gelders L.F. (1985). “*Invited Review, Warehouse Design Optimization*”. European Journal of Operational Research vol. 21, 285-294.
- [9] Govindaraj, T., E.E. Blanco, D.A. Bodner, M. Goetschalckx, L.F. McGinnis, and G.P. Sharp. “*Design of Warehousing and Distribution Systems: An Object Model of Facilities, Functions and Information*”. Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Nashville, Tennessee, USA, 8-11 October 2000, pp: 1099-1104.
- [10] Navy Department, Naval Supply Systems Command (1985). “*Warehouse Modernization and Layout Planning Guide*”. NAVSUP Publication 529, Washington, D.C.
- [11] Ελληνικός Επιμελητηριακός Σύνδεσμος Μεταφορών (2006). “*Προμελέτη Σκοπιμότητας-Βιωσιμότητας Εμπορευματικού Κέντρου/ Σταθμού Συνδυασμένων Μεταφορών Νομού Φθιώτιδας*”.

- [12] Navy Department, Naval Supply Systems Command, Warehouse modernization and layout planning guide (1985). NAVSUP Publication 529, Washington, D.C.
- [13] Owen H.S. and Daskin M.S. (1998). *"Strategic Facility Location: A review"*. European Journal of Operational Research vol. 111, 423-447.
- [14] Tamir A. (2004). *"Shorting weighted distances with applications to objective function evaluations in single facility location problems"*. Operations Research Letters vol. 32, 249-257.
- [15] Hamacher W.H. and Nickel S. (1996). *"Multicriteria planar location problems"*. European journal of Operational Research vol. 94, 66-86.
- [16] Melachrinoudis E. and Min H. (2000). *"The dynamic relocation and phase-out of a hybrid, two-echelon plant/warehousing facility: A multiple objective approach"*. European Journal of Operational Research vol. 123, 1-15.
- [17] Taniguchi E., Noritake M., Yamada T. and Izumitani T. (1999). *"Optimal size and location planning of public logistics terminals"*. Transportation Research, Part E vol. 35, 207-222.
- [18] Current J., Min H. and Schilling D. (1990). *"Multiobjective analysis of facility location decisions"*. European Journal of Operational Research vol. 49, 295-307.
- [19] Cormier G. and Gunn E. (1996). *"Simple models and Insights for warehouse sizing"*. Journal of the Operational Research Society vol. 47, 690-696.
- [20] Goetschalckx, M., M. Amirhosseini, D. A. Bodner, T. Govindaraj, L.F. McGinnis, and G.P. Sharp. *"Object models and design databases for warehouse applications"*. In site: http://www.isye.gatech.edu/people/faculty/Marc_Goetschalckx/research.html
- [21] Li H. and Love P. (2000). *"Genetic search for solving construction site-level unequal-area facility layout problems"*. Automation in Construction vol. 9, 217-226.
- [22] Ashayeri, J., and Gelders, L.F. (1985). *"Warehouse design optimization"*, European Journal of Operational Research 21, 285-294.

- [23] Rouwenhorst, B., B. Reuter, V. Stockrahm, G.J. Van Houtum, R.J. Mantel, and W.H.M. Zijm. (2000). *"Invited Review, Warehouse design and control: Framework and literature review"*. European Journal of Operational Research, Vol.122,pp:515-533
- [24] Bolten E. (1997). *"Managing time and space in the modern warehouse: With ready-to-use forms, checklists & documentation"*. American management Association.
- [25] Harmon R. (1993). *"Reinventing the warehouse"*. Free press.
- [26] Mulcahy D. (1993). *"Warehouse distribution and operation handbook"*. McGraw-Hill professional, 1st Edition.
- [27] Frazelle Ed. (2001). *"World-class warehouse and material handling"*. McGraw-Hill, 1st Edition.
- [28] Napolitano, M. (2003). *"The time, space & cost guide to better warehouse design"*. Distribution Group, 2nd Edition.
- [29] Goetschalckx, M. (1983). *"Storage and retrieval policies for efficient order picking operations"*, Unpublished Ph.D. Thesis, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA.
- [30] Διαφημιστικό Φυλλάδιο της Εταιρίας GREEMECO A.E. (2005)
- [31] Διαφημιστικό Φυλλάδιο της Εταιρίας ALFA COOL HELLAS (2005)
- [32] Παπαδημητρίου - Σχινάς (2002). Πρόχειρες σημειώσεις από το μάθημα των Logistics στο Πανεπιστήμιο Πειραιά.
- [33] Κοσμίδου Κ., Ζοπουνίδης Κ., Δούμπος Μ. *"Αποφάσεις με πολλαπλά Κριτήρια"*.
- [34] Ballis A. and Mavrotas G. *"Freight Village design using the multicriteria method PROMETHEE"*.
- [35] Brans J. P. and Vincke Ph. (1985). PROMETHEE. *"A new family of outranking methods in MCDM"*. Management Science vol. 31, 6, 647-656.

[36] Brans J. P., Vincke, Ph. And Mareschal B. (1986). *“How to select and how to rank projects: the PROMETHEE Method”*. European Journal of Operational Research 24, 228-238.

[37] European Parliament and European Council. (1996). *“Community guidelines for the development of European Commission*. Decision 1926/96, Brussels.

[38] Iliopoulos K. And Associates - Consultant Engineers (2005). *“Technical report: Master plan study, Provision of consulting services for the construction, operation and exploitation of the Thriasio freight village”*, Athens/Greece, (in Greek).

[39] Ballis A., *“Freight Villages: Warehouse Design and Rail Link Aspects”*, Accepted for publication in the Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board (May 2006).