

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΩΝ
ΩΣ ΠΑΓΙΩΝ :**

**ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ
ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥΣ
ΚΑΙ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**



Διπλωματική Εργασία
Αριστείδη Παντελιά

Επιβλέπων : Δ. Τσαμπούλας, Αν. Καθηγητής

Απρίλιος, 2003
Αθήνα

Σύνοψη

Τίτλος : Διαχείριση Αυτοκινητοδρόμων ως Παγίων : Προσέγγιση με βάση το Κόστος Κύκλου Ζωής τους και την Θεωρία των Συστημάτων

Όνομα : Παντελιάς Αριστείδης

Επιβλέπων : Τσαμπούλας Δ., Αν. Καθηγητής

Απρίλιος 2003

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά την δυνατότητα εφαρμογής μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης στην διαχείριση των αυτοκινητοδρόμων, στο πλαίσιο της Διαχείρισης Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων. Αρχικά πραγματοποιείται η ανάλυση των στοιχείων του Κόστους Κύκλου Ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου, με χρήση της Θεωρίας των Συστημάτων και διατυπώνεται το πλαίσιο μιας μεθοδολογίας υπολογισμού τους μέσω της συστηματικής επιλογής των παραμέτρων επιρροής τους. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και σχολιάζονται δύο εναλλακτικοί τρόποι πρακτικής υλοποίησης της ανωτέρω προτεινόμενης μεθοδολογίας. Τέλος, μέσω ενός απλοποιημένου παραδείγματος, εφαρμόζεται και σχολιάζεται η χρήση της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής, στο πλαίσιο της σύγκρισης εναλλακτικών επιλογών υλοποίησης ενός ελληνικού αυτοκινητοδρόμου.

Λέξεις κλειδιά : Διαχείριση αυτοκινητοδρόμων, Διαχείριση Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων, Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής, Προσέγγιση με τη Θεωρία των Συστημάτων

Abstract

Title : Highway Management in the context of Asset Management : Systems Approach to their Life Cycle Costing

Name : Pantelias Aristeidis

Supervisor : Tsamboulas D., Ass. Professor

April 2003

The present diploma thesis considers the implementation of an integrated approach to highway management, in the context of Asset Management. In the beginning, the Life Cycle Cost elements of a highway are analysed using a Systems Approach and a modelling framework for their computation is formed, through the systematic selection of their parameters. Further on, two alternative options for the practical implementation of the above modelling framework are presented and discussed. Finally, through the use of a simplified example, Life Cycle Costing Analysis is performed and discussed, in the context of comparing alternative implementation options of a greek highway.

Key words : Highway management, Asset Management, Life Cycle Cost Analysis, Systems Approach.

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε μια προσπάθεια επίπονη. Η συμβολή ορισμένων ανθρώπων υπήρξε καθοριστική για την ολοκλήρωσή της.

Θα ήθελα καταρχάς να ευχαριστήσω ειλικρινά τον επιβλέποντα της εργασίας αυτής, Αν. Καθηγητή, κ. Δημήτριο Τσαμπούλα για την υποστήριξη, την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές του στην επίτευξη των στόχων της εργασίας.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Καθηγητή κ. Γ. Κανελλαΐδη και τον Αν. Καθηγητή κ. Α. Σταθόπουλο για τις επισημάνσεις και τις υποδείξεις τους σχετικά με το περιεχόμενο και την παρουσίαση της εργασίας, καθώς επίσης και το Λέκτορα κ. Γ. Γιαννή για την παροχή πολύτιμων στοιχείων και συμβουλών.

Οι ευχαριστίες επεκτείνονται στα στελέχη των : Ε.Υ.Δ.Ε. – Αυτοκινητόδρομος Π.Α.Θ.Ε., Κοινοπραξία Αττική Οδός Α.Ε. και Εγνατία Οδός Α.Ε. για το χρόνο που μου διέθεσαν και τα στοιχεία που μου παραχώρησαν για τη διευκρίνιση πολλών θεμάτων πρακτικής εφαρμογής της κατασκευής και διαχείρισης αυτοκινητοδρόμων στην Ελλάδα.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κ. Μάριο Αντωνίου για την βοήθειά του στην υλοποίηση του έντυπου τεύχους της εργασίας.

Τέλος, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Ζωή και Σαράντη, για την αμέριστη υποστήριξη, συμπαράσταση και βοήθεια που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Πίνακας Περιεχομένων

Σύνοψη	i
Ευχαριστίες	ii
Πίνακας Περιεχομένων	iii
Κατάλογος Πινάκων και Σχημάτων	v
Ευρεία περίληψη	vi
1. Εισαγωγή	1
1.1. Γενικά	1
1.2. Στόχος της διπλωματικής εργασίας	5
1.3. Αντικείμενα της διπλωματικής εργασίας	5
1.4. Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας	5
2. Μεθοδολογικό Υπόβαθρο	7
2.1. Γενικά	7
2.2. Παρουσίαση Μεθοδολογιών	9
3. Προσέγγιση του υπολογισμού κόστους κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου με βάση τη θεωρία των συστημάτων	57
3.1. Γενικά	57
3.2. Ανάλυση του συνολικού κόστους αυτοκινητοδρόμου	60
3.3. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τα στοιχεία κόστους αυτοκινητοδρόμου	74
3.4. Σχέσεις των στοιχείων κόστους αυτοκινητοδρόμου	91
3.5. Μεθοδολογία συστηματικής επιλογής παραμέτρων σχεδιασμού και υλοποίησης αυτοκινητοδρόμου με στόχο τη ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους κύκλου ζωής του	100
4. Πρόταση δημιουργίας συστήματος διαχείρισης αυτοκινητοδρόμου με βάση το κόστος κύκλου ζωής του	111
5. Εφαρμογή της μεθοδολογίας του κόστους κύκλου ζωής για τη διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων κατασκευής αυτοκινητοδρόμου	121
6. Συμπεράσματα	133
6.1. Αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας	133
6.2. Προτάσεις για εφαρμογή	137
6.3. Θέματα για περαιτέρω έρευνα	139
Βιβλιογραφία	141

Παραρτήματα**Α. Συνεντεύξεις με φορείς υλοποίησης αυτοκινητοδρόμων στην Ελλάδα**

1. Συνέντευξη με Ε.Υ.Δ.Ε. – Π.Α.Θ.Ε.
2. Συνέντευξη με Αττική Οδό Α.Ε.
3. Συνέντευξη με Εγνατία Οδό Α.Ε.

Β. Στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή της Δ.Ε.

1. Τεχνική περιγραφή αυτοκινητοδρόμου «Παναγιά –Κουλούρα» της Εγνατίας Οδού
2. Στοιχεία κόστους κατασκευής του τμήματος «Παναγιά – Κουλούρα» της Εγνατίας Οδού (απολογιστικά στοιχεία)
3. Οικονομοτεχνική Μελέτη Σκοπιμότητας Κατασκευής του τμήματος «Παναγιά – Κουλούρα» της Εγνατίας Οδού (τμήμα της Τελικής Έκθεσης)
4. Στοιχεία από διπλωματικές εργασίες (εξώφυλλα, πίνακες)
5. Λοιπά στοιχεία

Κατάλογος Πινάκων και Σχημάτων**Πίνακες**

- Πίνακας 2.1 : Σύγκριση Α.Κ.Κ.Ζ. και Α.Ω.Κ. (Πηγή : [24])
- Πίνακας 3.1 : Συσχετισμός πρωτογενών παραμέτρων – στοιχείων κόστους
- Πίνακας 4.1 : Εισροές μοντέλου
- Πίνακας 5.1 : Κόστος ανά εργολαβία του τμήματος της Εγνατίας Οδού “Τρεβενά – Πολύμυλος” . (Πηγή : [Παράρτημα Β.2])
- Πίνακας 5.2 : Συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμού κόστους κύκλου ζωής εναλλακτικών λύσεων αυτοκινητοδρόμου

Σχήματα

- Σχήμα 2.1 : Τα βήματα της μεθοδολογίας διαχείρισης υποδομών μεταφορών ως παγίων (Πηγή : [24])
- Σχήμα 2.2 : Αποδέκτες και στοιχεία Επικοινωνίας στο πλαίσιο της διαχείρισης υποδομών μεταφορών ως παγίων (Πηγή : [24])
- Σχήμα 2.3 : Παράδειγμα σύνθεσης κόστους κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου (Πηγή : [22], τροποποιημένο)
- Σχήμα 2.4 : Σχέση μεταξύ των στοιχείων κόστους κύκλου ζωής εναλλακτικών λύσεων (Πηγή : [22])
- Σχήμα 2.5 : Κόστος κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου (επίπεδο Κ.τ.Ε.) (Πηγή : [22], τροποποιημένο)
- Σχήμα 2.6 : Παράδειγμα χρόνου ζωής εναλλακτικής λύσης σχεδιασμού (Πηγή : [25])
- Σχήμα 2.7 : Βήματα εφαρμογής θεωρίας συστημάτων (Πηγή : [18])
- Σχήμα 2.8 : Παράδειγμα αιτιακού διαγράμματος (Πηγή : [18])
- Σχήμα 3.1 : Ανάλυση συνολικού κόστους αυτοκινητοδρόμου (χρονικά στιγμιότυπα : κατ’έτος ζωής του) (Πηγή : [1], τροποποιημένο)
- Σχήμα 3.2 : Αιτιακό διάγραμμα κατασκευής
- Σχήμα 3.3 : Αιτιακό διάγραμμα συντήρησης
- Σχήμα 3.4 : Αιτιακό διάγραμμα χρησιτών
- Σχήμα 3.5 : Κόστος κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου (επίπεδο Κ.τ.Ε.) (Πηγή : [22], τροποποιημένο)
- Σχήμα 3.6 : Κόστος κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου (επίπεδο Κ.τ.Ε.) συναρτήσει παραμέτρου ανάλογης επιρροής στα κόστη κατασκευής & συντήρησης λειτουργίας (Πηγή : [22], τροποποιημένο)
- Σχήμα 4.1 : Σχέσεις μεταξύ των υπο-συστημάτων του ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αυτοκινητοδρόμων (Πηγή : [18])
- Σχήμα 4.2 : Σύστημα διαχείρισης αυτοκινητοδρόμου – σχηματική απεικόνιση εισροών – εκροών
- Σχήμα 4.3 : Εσωτερική δομή συστήματος
- Σχήμα 4.4 : Εναλλακτικό σύστημα διαχείρισης αυτοκινητοδρόμου

Ευρεία περίληψη

Στη Ελλάδα τα τελευταία χρόνια υλοποιείται ένα μεγάλο πρόγραμμα έργων κατασκευής αυτοκινητοδρόμων, στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου (TERN). Κάποια από αυτά τα έργα υλοποιούνται ως Δημόσια, ενώ κάποια άλλα υλοποιούνται ή προβλέπεται να υλοποιηθούν με Συμβάσεις Παραχώρησης.

Η διερεύνηση των πρακτικών που εφαρμόζονται στην Ελλάδα, κατέδειξε ότι τις περισσότερες φορές, κατά τον σχεδιασμό των αυτοκινητοδρόμων δεν λαμβάνονται υπόψη οι μελλοντικές ανάγκες συντήρησης, οι οποίες θα συντελούσαν στον καθορισμό εκείνων των χαρακτηριστικών σχεδιασμού του αυτοκινητοδρόμου, που θα ελαχιστοποιούσαν το συνολικό κόστος όλου του κύκλου ζωής του. Επιπρόσθετα, κατά την εξέταση των εναλλακτικών λύσεων υλοποίησής τους, δεν συνυπολογίζεται σχεδόν ποτέ το κόστος που θα δημιουργηθεί στους χρήστες της υποδομής και το οποίο αποτελεί πολύ σημαντικό τμήμα του συνολικού κόστους κύκλου ζωής τους.

Η παρούσα διπλωματική εργασία κινείται προς την κατεύθυνση της συστηματοποίησης μιας πιο ολοκληρωμένης προσέγγισης στην διαχείριση των αυτοκινητοδρόμων, με βάση το Κόστος Κύκλου Ζωής τους και την Θεωρία των Συστημάτων, και υπό το πρίσμα της Διαχείρισης Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων, μεθοδολογίες τις οποίες υιοθέτησε μετά από εκτενή βιβλιογραφική έρευνα.

Σε ένα πρώτο στάδιο της εργασίας, περιγράφονται οι συνιστώσες του οικονομικού κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου. Το συνολικό κόστος αυτό χωρίζεται σε κόστος υποδομής και κόστος χρηστών, με το κόστος της υποδομής να διαχωρίζεται σε κόστος κατασκευής και σε κόστος συντήρησης. Στη συνέχεια κάθε μια από τις τρεις αυτές συνιστώσες του συνολικού κόστους του αυτοκινητοδρόμου, αναλύεται στα επιμέρους στοιχεία που την απαρτίζουν.

Σε ένα επόμενο στάδιο γίνεται μια προσπάθεια αναγνώρισης και ανάλυσης των παραμέτρων που επηρεάζουν τα επιμέρους στοιχεία κόστους του αυτοκινητοδρόμου.

Όσον αφορά τα κόστη κατασκευής και συντήρησης, οι παράμετροι αυτές χωρίζονται, ανάλογα με το πώς επιδρούν στα στοιχεία κόστους, σε παραμέτρους σχεδιασμού και παραμέτρους υλοποίησης.

Από τα τρία επιμέρους στοιχεία του κόστους των χρηστών (λειτουργικό κόστους οχημάτων, κόστος χρόνου, κόστος ατυχημάτων), δίνεται έμφαση στην αναγνώριση και διερεύνηση των παραμέτρων του λειτουργικού κόστους. Οι παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος χρόνου και το κόστος ατυχημάτων αναφέρονται ενδεικτικά.

Μετά τον προσδιορισμό των παραμέτρων αυτών αναζητούνται και αποδίδονται σχηματικά με βάση τη μεθοδολογία της Δυναμικής των Συστημάτων, οι μεταξύ τους αλληλοσυσχετισμοί. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία χρησιμοποιείται και για να αντιμετωπίσει ταυτόχρονα την ενυπάρχουσα μεταβολή των παραμέτρων αυτών συναρτήσει του χρόνου. Οι έντονοι αλληλοσυσχετισμοί των παραμέτρων, που όπως προκύπτει σε πολλές περιπτώσεις έχουν αναδραστικό χαρακτήρα και η χρονική μεταβολή τους, καθιστούν την μαθηματική προσομοίωσή των αλληλεπιδράσεών τους μια διαδικασία ιδιαίτερα πολύπλοκη, η πραγματοποίηση της οποίας δεν ήταν δυνατόν να υλοποιηθεί στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Για το λόγο αυτό μετά την «οπτική» παρουσίαση των αλληλοσυσχετισμών αυτών (σε Αιτιακά Διαγράμματα), η μαθηματική απόδοσή τους θεωρείται γνωστή (παραδοχή).

Με βάση την παραπάνω ανάλυση αναγνωρίζονται και σχολιάζονται οι σχέσεις μεταξύ των στοιχείων κόστους και ειδικότερα:

- μεταξύ κόστους κατασκευής και κόστους συντήρησης και
- μεταξύ κόστους χρηστών και υπολοίπων στοιχείων κόστους.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το γενικό πλαίσιο μιας μεθοδολογίας αντιμετώπισης του προβλήματος που καλείται να επιλύσει η παρούσα εργασία.

Το πρόβλημα, όπως το αντιλαμβάνεται ο γράφων, είναι η κατάλληλη επιλογή των παραμέτρων σχεδιασμού, υλοποίησης και διαχείρισης (συντήρησης, λειτουργίας) ενός αυτοκινητοδρόμου, έτσι ώστε στον κύκλο της ζωής του να είναι σε θέση να ικανοποιεί πάντα την ζήτηση για την οποία κατασκευάστηκε και να διατηρεί ένα προκαθορισμένο επίπεδο εξυπηρέτησης, άνεσης και ασφάλειας, με το ελάχιστο δυνατό κόστος.

Προς την κατεύθυνση αυτή προτείνεται μια πλήρης μεθοδολογία. Αναγνωρίζεται, όμως, ότι για την πρακτική εφαρμογή της απαιτούνται στοιχεία και εργαλεία, που προς το παρόν δεν είναι διαθέσιμα στην Ελλάδα.

Με δεδομένη την δυσχέρεια άμεσης εφαρμογής της προτεινόμενης μεθοδολογίας, στη συνέχεια περιγράφονται δύο εναλλακτικοί τρόποι πρακτικής εφαρμογής της, μέσω της δημιουργίας αντίστοιχων υπολογιστικών συστημάτων. Το κύριο μοντέλο υπολογισμού του κόστους κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου καθενός από τα προτεινόμενα εναλλακτικά συστήματα, οι ανάγκες του σε στοιχεία εισροής και το περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί περιγράφονται αναλυτικά, ενώ παράλληλα παρουσιάζονται οι ωφέλειες που θα μπορούσε να έχει η χρήση τους. Στο τέλος συζητείται η παρεχόμενη ακρίβεια αλλά και η ευκολία ή δυσκολία, με την οποία θα μπορούσαν να υλοποιηθούν.

Για την γενικότερη υποστήριξη της χρήσης της μεθοδολογίας του Κόστους Κύκλου Ζωής στην διαχείριση των αυτοκινητοδρόμων, παρουσιάζεται στη συνέχεια μια απλοποιημένη εφαρμογή της για την διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων υλοποίησης του τμήματος της Εγνατίας Οδού «Γρεβενά – Πολύμυλος». Η εφαρμογή υπολογίζει το κόστος κύκλου ζωής του αυτοκινητοδρόμου για τρία διαφορετικά σενάρια κατασκευής του: με απλό στηθαίο ασφαλείας από σκυρόδεμα, με διπλό στηθαίο ασφαλείας από σκυρόδεμα και χωρίς καθόλου στηθαίο ασφαλείας. Για τους υπολογισμούς έγινε προσπάθεια να συλλεχθούν όσο το δυνατόν καταλληλότερα και ακριβέστερα στοιχεία για το υπό εξέταση τμήμα. Όπου αυτό δεν κατέστη δυνατόν έγιναν υποθέσεις και παραδοχές.

Τέλος, τα κύρια συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η παρούσα διπλωματική εργασία είναι τα εξής :

- ο Η χρήση των μεθοδολογιών της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής και της προσέγγισης με τη Θεωρία των Συστημάτων, στο πλαίσιο της Διαχείρισης Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων, υποβοηθά την αντιμετώπιση των προβλημάτων που σχετίζονται με την διαχείριση των αυτοκινητοδρόμων, με τρόπο αποτελεσματικό. Με την εφαρμογή τους πραγματοποιείται ακριβέστερη προσομοίωση των αλληλοσυσχετισμών των παραμέτρων των κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου, υποβοηθείται η ολοκληρωμένη σύγκριση εναλλακτικών επιλογών υλοποίησής του και τίθενται κριτήρια οικονομικότητάς τους, με βάση τους μακροπρόθεσμους και βραχυπρόθεσμους στόχους των αρμόδιων φορέων διαχείρισής τους.
- ο Οι ανωτέρω μεθοδολογίες υποστηρίζονται από ένα πλήθος εργαλείων και τεχνικών, τα οποία έχουν δημιουργηθεί για την αντιμετώπιση των αβεβαιοτήτων, του κινδύνου και της μεταβολής των οικονομικών αξιών στο χρόνο, έτσι ώστε η τελική προσέγγιση της διαχείρισης των αυτοκινητοδρόμων να είναι όσο το δυνατόν πιο ολοκληρωμένη και συστηματική.
- ο Το βασικότερο πρόβλημα στην εφαρμογή των ανωτέρω μεθοδολογιών είναι η έλλειψη κατάλληλων ιστορικών στοιχείων από την κατασκευή και λειτουργία των υποδομών μεταφορών. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με συγκεκριμένους τρόπους, με σημαντικό βαθμό επιτυχίας.
- ο Στην Ελλάδα δεν υπάρχει ακόμα μια ολοκληρωμένη και συστηματική προσέγγιση της διαχείρισης των αυτοκινητοδρόμων, ούτε από το Δημόσιο αλλά ούτε και από τις Παραχωρησιούχους, που αποτελούν τους δύο φορείς διαχείρισης των υποδομών αυτών. Οι ανωτέρω μεθοδολογίες είναι μεν γνωστές αλλά δεν εφαρμόζονται. Κυριότερος λόγος γι' αυτό είναι η έλλειψη ιστορικών στοιχείων αλλά και η έλλειψη της απαραίτητης οργάνωσης, εξοπλισμού και στελέχωσης των φορέων,

έτσι ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες της προσέγγισης αυτής.

- ο Η προτεινόμενη μεθοδολογία υπολογισμού του Κόστους Κύκλου Ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου, είναι μια πλήρης μεθοδολογία με στόχο την εύρεση της εναλλακτικής λύσης υλοποίησή του με το ελάχιστο κόστος για το σύνολο της περιόδου ζωής του. Βασίζεται στις μεθοδολογίες που αναφέρθηκαν, αλλά οι δυνατότητες άμεσης εφαρμογής της – τουλάχιστον στην Ελλάδα - είναι ακόμα σχετικά περιορισμένες, λόγω της έλλειψης των κατάλληλων στοιχείων και εργαλείων που απαιτεί.
- ο Από το απλοποιημένο παράδειγμα εφαρμογής της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής στην εξέταση εναλλακτικών σεναρίων υλοποίησης ενός ελληνικού αυτοκινητοδρόμου, προκύπτει σαφώς ότι η χρήση της οδηγεί σε επιλογές, οι οποίες διασφαλίζουν την οικονομικότητά του, στο σύνολο της ζωής του. Οι επιλογές αυτές σε σχέση με τις επιλογές που θα προέκυπταν από την εξέταση μόνο του κόστους κατασκευής του, προκύπτει ότι μπορεί να είναι ριζικά αντίθετες.

1. Εισαγωγή

1.1. Γενικά

Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει η κατασκευή εκτεταμένου δικτύου αυτοκινητοδρόμων, στο πλαίσιο του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου.

Σε λίγες περιπτώσεις πρόκειται για αναβάθμιση υφισταμένων τμημάτων του Εθνικού Οδικού Δικτύου σε αυτοκινητόδρομο (π.χ. ΠΑΘΕ), ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις πρόκειται για νέους αυτοκινητοδρόμους, σε νέα χάραξη (π.χ. Εγνατία Οδός, Ιονία Οδός, Κόρινθος – Τρίπολη – Καλαμάτα, αστικοί αυτοκινητόδρομοι, κλπ).

Μέχρι πρόσφατα, τα περισσότερα από αυτά τα έργα κατασκευής αυτοκινητοδρόμων ήταν δημόσια. Τα τελευταία χρόνια όμως έχει προκληруχθεί η κατασκευή αρκετών αυτοκινητοδρόμων (περίπου 800 χλμ. νέων αυτοκινητοδρόμων) με «αυτοχρηματοδότηση» (Συμβάσεις Παραχώρησης).

Οι αυτοκινητόδρομοι που κατασκευάζονται αποτελούν τμήματα του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου (Trans European Road Network – TERN) στην Ελλάδα. Στόχος των ελληνικών Αρχών είναι να έχουν ολοκληρώσει το μεγαλύτερο τμήμα του δικτύου αυτού (περίπου 3.000 χλμ. από τα 4.000 χλμ. του συνόλου) σε ένα μεσοπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα. Για την υλοποίησή του, πέραν των «κλασσικών» μεθόδων χρηματοδότησης από τον κρατικό προϋπολογισμό, συμβάλλουν σε σημαντικό ποσοστό οι χρηματοδοτήσεις των Διαρθρωτικών Ταμείων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέσω των Κοινοτικών Πλαισίων Στήριξης (Κ.Π.Σ.), αλλά και η σύμπραξη του ιδιωτικού τομέα, που καθίσταται δυνατή χάρη στην ανάπτυξη της εθνικής οικονομίας, στην ύπαρξη πολιτικής σταθερότητας, στην ένταξη της χώρας στην Οικονομική και Νομισματική Ένωση (Ο.Ν.Ε.), στην εισαγωγή της σχετικής γνώσης κλπ.

Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους απαιτείται να κατασκευαστούν αυτοκινητόδρομοι στη χώρα μας είναι πολλοί:

- Καταρχήν, η ανάπτυξη της οικονομίας της χώρας σε συνδυασμό με τη διεθνοποίηση των οικονομικών και εμπορικών σχέσεων και την εντατικοποίηση των συναλλαγών με την Ευρωπαϊκή Ένωση, τη Νοτιο – Ανατολική Ευρώπη και τα Βαλκάνια, οδήγησαν στην απαίτηση κατασκευής νέων και οικονομικότερων μεταφορικών υποδομών, από το παλιό Εθνικό Οδικό Δίκτυο.
- Η κυκλοφοριακή συμφόρηση που παρατηρείται σε πολλά μεγάλα αστικά κέντρα (Αθήνα, Θεσσαλονίκη κ.λπ.) οδήγησε επίσης στην κατασκευή νέων αυτοκινητοδρόμων. Στα κέντρα αυτά δημιουργήθηκε η ανάγκη για την κατασκευή παρακάμψεων με στόχο την εκτροπή της διερχόμενης κυκλοφορίας καθώς και για την κατασκευή αστικών αυτοκινητοδρόμων, κυρίως με την μορφή περιφερειακών «δακτυλίων», με σκοπό την εκτροπή των διαμπερών αστικών μετακινήσεων από το κέντρο.

- Το παλιό Εθνικό Οδικό Δίκτυο έχει επίσης ένα σημαντικό αριθμό οδικών ατυχημάτων, με ιδιαίτερα αυξημένα τα ατυχήματα με νεκρούς. Η αναβάθμιση των Εθνικών αυτών Οδών σε αυτοκινητόδρομους, με διαχωρισμό των αντίθετα κινουμένων ρευμάτων κυκλοφορίας, οδηγεί σε μια κάθετη μείωση των θανατηφόρων ατυχημάτων (μετωπικές συγκρούσεις) αλλά και σε μια μείωση των ατυχημάτων γενικότερα. [9, 7]

Όμως, οι ελληνικοί οδικοί άξονες χαρακτηρίζονται από ένα σημαντικό μειονέκτημα, που έχει αρνητική επίπτωση στην ανάπτυξη του δικτύου των αυτοκινητοδρόμων: παρουσιάζουν πολύ χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους. Αν εξαιρέσει κανείς το οδικό δίκτυο γύρω από τα μεγάλα αστικά κέντρα όπου οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι υψηλοί (περίπου $25 - 40 \times 10^3$ Μ.Ε.Α. / ημέρα) (στοιχεία Ταμείου Εθνικής Οδοποιίας), στο υπόλοιπο δίκτυο οι υφιστάμενοι κυκλοφοριακοί φόρτοι δεν θα δικαιολογούσαν την κατασκευή μιας τόσο δαπανηρής υποδομής, όπως είναι ο αυτοκινητόδρομος. Αυτό γίνεται ακόμα πιο φανερό αν αναλογιστεί κανείς πως η κατασκευή ενός αυτοκινητοδρόμου περιλαμβάνει κατά το ελάχιστο, ένα οδόστρωμα δύο λωρίδων ανά κατεύθυνση με βοηθητική λωρίδα έκτακτης ανάγκης (Λ.Ε.Α.), έτσι ώστε να εξασφαλίζονται τόσο ο διαχωρισμός των αντίθετα κινούμενων ρευμάτων κυκλοφορίας, όσο και η δυνατότητα προσπέρασης σε κάθε κατεύθυνση. Παρόλα αυτά, οι προαναφερθέντες λόγοι, καθώς και λόγοι πολιτικής αλλά και εθνικής σκοπιμότητας, οι οποίοι δεν θα αναλυθούν στην εργασία αυτή, καθιστούν την κατασκευή των αυτοκινητοδρόμων στη χώρα μας μια πραγματικότητα, με συνεχή ανάπτυξη και εξέλιξη.

Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός αυτοκινητοδρόμου αντιμετωπίζονται στην Ελλάδα με διαφορετική προσέγγιση, ανάλογα με το αν αυτός υλοποιείται ως δημόσιο έργο ή ως έργο «αυτοχρηματοδότησης».

Στα δημόσια έργα (π.χ. ΠΑΘΕ), οι επιλογές των στοιχείων της κατασκευής των υποδομών γίνεται υπό την θεώρηση ότι την ευθύνη της συντήρησης και της λειτουργίας του δρόμου την έχει το Δημόσιο. Τις περισσότερες φορές, οι υπηρεσίες του Δημοσίου που σχεδιάζουν και κατασκευάζουν τους δρόμους δεν ταυτίζονται με αυτές που τους συντηρούν / λειτουργούν. Έτσι, στις περισσότερες από αυτές τις περιπτώσεις ο σχεδιασμός των αυτοκινητοδρόμων κατά κανόνα δεν λαμβάνει υπόψη του τα συνολικά στοιχεία κόστους όλου του κύκλου ζωής της υποδομής, αλλά μόνο τα αρχικά κόστη κατασκευής. Το επίπεδο των διαθέσιμων πόρων κατασκευής αναδεικνύεται ως η παράμετρος που επηρεάζει κυρίως (σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό απ'ότι ίσως θα έπρεπε) τις προδιαγραφές του σχεδιασμού του αυτοκινητοδρόμου.

Παράλληλα, στην πράξη, λόγω της κοινής προέλευσης των πόρων για κατασκευή και συντήρηση υποδομών (Πρόγραμμα Δημοσίων Επενδύσεων – Π.Δ.Ε.), των σημαντικών ελλείψεων της χώρας σε υποδομές (μεταφορικές και άλλες) αλλά και του ανταγωνισμού των προϋπολογισμών για τα έργα αυτά με άλλους χρηματοδοτούμενους τομείς από το Δημόσιο (Υγεία, Παιδεία κλπ), συνήθως οι διατιθέμενοι

πόροι είναι σημαντικά λιγότεροι από τους απαιτούμενους και αναλώνονται στον τομέα των κατασκευών και όχι της συντήρησης. Οι πολύ μικροί πόροι που διατίθενται για την συντήρηση των υπάρχουσών υποδομών έχουν ως αποτέλεσμα την αντιμετώπιση κυρίως των πολύ μεγάλων προβλημάτων, και μάλιστα όταν αυτά παρουσιάζονται και την απουσία ύπαρξης κάποιας οργανωμένης, συστηματικής συντήρησης. Φυσικά, η συνέπεια των παραπάνω είναι να υπάρχει χαμηλό επίπεδο εξυπηρέτησης των χρηστών, μειωμένη ασφάλεια και μεγαλύτερα κόστη λειτουργίας (κόστη χρηστών). Στο Παράρτημα Α.1 παρατίθενται στοιχεία για την υλοποίηση αυτοκινητοδρόμων ως δημόσιων έργων, που ελήφθησαν από συνέντευξη με στελέχη της ΕΥΔΕ – Αυτοκινητόδρομος ΠΑΘΕ (Υπηρεσίας του ΥΠΕΧΩΔΕ).

Οι περιπτώσεις κατασκευής και λειτουργίας αυτοκινητοδρόμων από ιδιωτικούς φορείς (παραχωρησιούχους ή άλλους) στην Ελλάδα είναι πολύ περιορισμένες μέχρι σήμερα και αναφέρονται μόνο στην Αττική Οδό και εν μέρει στην Εγνατία Οδό (ο φορέας υλοποίησης της Εγνατίας Οδού, η «Εγνατία Οδός Α.Ε.», αν και δημοσίου συμφέροντος, είναι Ανώνυμη Εταιρεία και έχει την συνολική ευθύνη της κατασκευής και διαχείρισης του ομώνυμου αυτοκινητοδρόμου).

Στην περίπτωση της Αττικής Οδού (έργο παραχώρησης), η Παραχωρησιούχος εταιρεία είχε κάθε συμφέρον να διερευνήσει τα στοιχεία σχεδιασμού του αυτοκινητοδρόμου και να καταλήξει στην υλοποίηση μιας κατασκευής που θα της έδιναν το μικρότερο κόστος στην διάρκεια ζωής της Σύμβασης Παραχώρησης. Στην πράξη, οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν δεν ήταν αμιγώς επιστημονικές και συστηματικές: ο παραπάνω στόχος επιδιώχθηκε με κάποιο ειδικό τρόπο, βασισμένο κυρίως στην διεθνή εμπειρία σχετικά με την κατασκευή και διαχείριση ενός αυτοκινητόδρομου. Το αποτέλεσμα ήταν η κατασκευή ενός αυτοκινητόδρομου, που για τους προβλεπόμενους μελλοντικούς φόρτους και τύπους μίξης της κυκλοφορίας, αναμένεται να απαιτήσει μόνο μια εκτεταμένη συντήρηση ανανέωσης του χρόνου ζωής του οδοστρώματος, πέρα από την τακτική συντήρηση που εφαρμόζεται καθημερινά για λειτουργικούς σκοπούς. Στο Παράρτημα Α.2 υπάρχουν στοιχεία και περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την Αττική Οδό, από συνεντεύξεις με στελέχη της Παραχωρησιούχου εταιρείας.

Στην περίπτωση της Εγνατίας Οδού, η «Εγνατία Οδός Α.Ε.» (ΕΟΑΕ), ανώνυμη εταιρεία δημοσίου συμφέροντος, υλοποιεί έναν αυτοκινητόδρομο, ο οποίος, για τους σχετικά χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους πρόβλεψης των περιοχών που διασχίζει, είναι αναγκαστικά υπερδιαστασιολογημένος. Επειδή ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της κατασκευής κάποιων τμημάτων της είχε γίνει από το ΥΠΕΧΩΔΕ πριν η ευθύνη της υλοποίησής της μεταβιβαστεί εξ ολοκλήρου στην ΕΟΑΕ, τα τμήματα αυτά έχουν κατασκευαστεί με προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ, χωρίς ιδιαίτερη διερεύνηση της διαστασιολόγησης των στοιχείων του. Στα νέα τμήματα, που κατασκευάζονται με εξ ολοκλήρου μελέτη από την ΕΟΑΕ, χρησιμοποιείται η διεθνής εμπειρία με στόχο και την

ελαχιστοποίηση ει δυνατόν των μελλοντικών αναγκών συντήρησης. Για το σχεδιασμό της συντήρησης του αυτοκινητοδρόμου, έχουν αποκτηθεί ειδικά λογισμικά H/Y, τα οποία μόλις εγκατασταθούν θα βελτιστοποιήσουν σε πρώτη φάση τον τρόπο διαχείρισης της καθημερινής, τακτικής συντήρησης «ρουτίνας» (λογισμικό RMMS – Routine Maintenance Management System), και στο μέλλον τη συνολική διαχείριση των οδοστρωμάτων (λογισμικό PMS – Pavement Management System). Περισσότερα στοιχεία σχετικά με την Εγνατία Οδό μπορούν να αναζητηθούν στο Παράρτημα Α.3.

Τα τελευταία χρόνια, διεθνώς, έχει πάψει να υπάρχει η ανωτέρω διαφοροποιημένη προσέγγιση Δημοσίου – Ιδιωτών, σε ό,τι αφορά την διαχείριση των αυτοκινητοδρόμων (αλλά και άλλων κοινωφελών υποδομών) και κυριαρχεί μια (ίδια) λογική: η λογική της επιχειρηματικής πρακτικής της Ελεύθερης Αγοράς, που αντιμετωπίζει το έργο ως επένδυση και ως πάγιο. Ακόμα και στην περίπτωση των Δημοσίων Έργων, η συνολική οικονομικότητα της κατασκευής και διαχείρισης (λειτουργίας, συντήρησης κλπ) του αυτοκινητοδρόμου είναι ο επιδιωκόμενος στόχος, στο πλαίσιο πάντοτε των βασικών προδιαγραφών και της λειτουργίας του Δημόσιου Τομέα. [16, 24, 28]

Στο πνεύμα της παραπάνω λογικής, αναπτύσσονται συστήματα και μεθοδολογίες για την συνολική και συστηματική αντιμετώπιση των θεμάτων κατασκευής και διαχείρισης των αυτοκινητοδρόμων, αλλά και γενικότερα των παγίων στοιχείων μιας οποιασδήποτε υποδομής των μεταφορών. [24]

Προς την κατεύθυνση αυτή που εξυπηρετεί τον στόχο της εισαγωγής στην πράξη αυτής της νέας αντίληψης κατασκευής και διαχείρισης των αυτοκινητοδρόμων στον ελληνικό χώρο, προσπαθεί να συμβάλει και η παρούσα διπλωματική εργασία.

1.2. Στόχος της διπλωματικής εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι κυρίως η ανάπτυξη του γενικού πλαισίου μιας μεθοδολογίας για τη συστηματική επιλογή των στοιχείων σχεδιασμού, υλοποίησης και λειτουργίας ενός αυτοκινητοδρόμου (ή οποιασδήποτε παρέμβασης σχετικής με έναν αυτοκινητοδρόμο), που οδηγούν στο ελάχιστο κόστος για τον συνολικό κύκλο ζωής του. Επίσης προτείνονται δύο εναλλακτικοί τρόποι πρακτικής υλοποίησης της ανωτέρω μεθοδολογίας σε συστήματα, τα οποία θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βάση δημιουργίας αντίστοιχων λογισμικών ηλεκτρονικού υπολογιστή.

1.3. Αντικείμενα της διπλωματικής εργασίας

Για την επίτευξη του στόχου της, στα αντικείμενα της παρούσας διπλωματικής εργασίας περιλήφθηκαν τα ακόλουθα:

- Διερεύνηση και επιλογή των κατάλληλων μεθοδολογικών εργαλείων
- Ανάλυση του κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου
- Διερεύνηση των στοιχείων κόστους του αυτοκινητοδρόμου, σε δύο επίπεδα: των χρηματοροών του Κυρίου του Έργου (ΚτΕ) και του οικονομικού κόστους για την Εθνική Οικονομία
- Διατύπωση μεθοδολογίας συστηματικής επιλογής στοιχείων σχεδιασμού, υλοποίησης και λειτουργίας ενός αυτοκινητοδρόμου
- Διατύπωση πρότασης διαμόρφωσης ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αυτοκινητοδρόμου

Επίσης, για την υποστήριξη της χρήσης της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής κατά την εξέταση εναλλακτικών σεναρίων υλοποίησης αυτοκινητοδρόμου παρατίθεται:

- Παράδειγμα υπολογισμού του κόστους κύκλου ζωής ελληνικού αυτοκινητοδρόμου για εναλλακτικά σενάρια κατασκευής του.

1.4. Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από έξι (6) κεφάλαια:

- Το Κεφάλαιο 1 παρουσιάζει το υφιστάμενο περιβάλλον κατασκευής και διαχείρισης αυτοκινητοδρόμων στην Ελλάδα, με παραδείγματα από τρεις φορείς υλοποίησης και διαχείρισής τους και αναγνωρίζει συγκεκριμένα προβλήματα και ανάγκες του. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται επίσης ο στόχος, τα αντικείμενα και η διάρθρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

- Το Κεφάλαιο 2 αποτελεί την βιβλιογραφική ανασκόπηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Στο κεφάλαιο αυτό αναγνωρίζεται η ανάγκη χρησιμοποίησης συγκεκριμένων μεθοδολογικών εργαλείων για την επίτευξη των στόχων της εργασίας, τα οποία και παρουσιάζονται. Οι χρησιμοποιούμενες μεθοδολογίες είναι αυτές της Διαχείρισης των Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων (Asset Management), της Ανάλυσης του Κόστους Κύκλου Ζωής Υποδομών (Life Cycle Costing Analysis), της Θεωρίας των Συστημάτων (Systems Approach) και της Δυναμικής των Συστημάτων (Systems Dynamics).
- Στο Κεφάλαιο 3 πραγματοποιείται μια προσέγγιση του κόστους κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου με βάση τη θεωρία των συστημάτων. Αρχικά αναλύεται το κόστος του αυτοκινητοδρόμου στα επιμέρους στοιχεία του. Στη συνέχεια αναγνωρίζονται οι παράμετροι επιρροής των στοιχείων κόστους του και καθορίζονται οι μεταξύ τους αλληλοσυσχετισμοί, καθώς και ο τρόπος επιρροής τους στα καθαυτά στοιχεία κόστους. Ακολουθεί σχολιασμός της σχέσης που παρουσιάζουν τα στοιχεία κόστους μεταξύ τους, ενώ στο τέλος του κεφαλαίου διατυπώνεται το γενικό πλαίσιο μιας μεθοδολογίας υπολογισμού του κόστους κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου.
- Στο Κεφάλαιο 4 διατυπώνονται δύο εναλλακτικοί τρόποι (συστήματα / μοντέλα) πρακτικής εφαρμογής της μεθοδολογίας υπολογισμού του κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου, που προτάθηκε στο τέλος του προηγούμενου κεφαλαίου. Παρουσιάζεται η δομή και οι ανάγκες σε δεδομένα των συστημάτων αυτών και συζητείται η ευκολία εφαρμογής και οι παράπλευρες ωφέλειές τους.
- Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται μια απλοποιημένη εφαρμογή της μεθοδολογίας του κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου. Η εφαρμογή γίνεται για ένα συγκεκριμένο τμήμα της Εγνατίας Οδού, το τμήμα «Γρεβενά – Πολύμυλος». Το συγκεκριμένο τμήμα του αυτοκινητοδρόμου εξετάζεται για τρία διαφορετικά υποθετικά σενάρια κατασκευής του, για τα οποία υπολογίζεται το κόστος κύκλου ζωής του. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.
- Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγει η παρούσα διπλωματική εργασία και προτείνονται περιοχές εφαρμογής τους, καθώς και θέματα για περαιτέρω διερεύνηση.

2. Μεθοδολογικό Υπόβαθρο

2.1. Γενικά

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της διαχείρισης υποδομών μεταφορών και μάλιστα αυτοκινητοδρόμων, έχουν δημιουργηθεί διεθνώς και κατά καιρούς πολλές μέθοδοι και πολυάριθμα εργαλεία. Οι μέθοδοι και τα εργαλεία αυτά στοχεύουν στην διευκόλυνση των υπευθύνων στην επιλογή λύσεων και γενικότερα στην διευκόλυνση της λήψης των σχετικών αποφάσεων.

Εξαιτίας της πολυπλοκότητας του προβλήματος, μέχρι σήμερα δεν έχει δημιουργηθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα, με το οποίο να μπορεί να γίνει μια συνολική διαχείριση ενός αυτοκινητοδρόμου, από τον σχεδιασμό και την κατασκευή του μέχρι το τέλος της ωφέλιμης ζωής του. Υπάρχουν, βέβαια, σχετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις, οι περισσότερες από τις οποίες βρίσκονται ακόμα υπό διαμόρφωση ή διερευνώνται ως προς τον τρόπο εφαρμογής και τα αποτελέσματά τους.

Παράλληλα, έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται πολλά εργαλεία (μέθοδοι, λογισμικά κ.λπ.), τα οποία ασχολούνται με την εξέταση και διαχείριση επιμέρους στοιχείων της υποδομής ενός αυτοκινητοδρόμου, όπως τα οδοστρώματα ή τα τεχνικά έργα που περιλαμβάνει. Τα εργαλεία αυτά, όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις έχουν δημιουργηθεί για κάποιο ορισμένο τύπο αυτοκινητοδρόμου, ή για συγκεκριμένο περιβάλλον, με αποτέλεσμα ή να χρειάζονται πολύ χρόνο και προσπάθεια (κόστος) για να προσαρμοστούν στα δεδομένα ενός άλλου αυτοκινητοδρόμου (ή περιβάλλοντος), ή να μην μπορούν να παράσχουν τελικά αξιόπιστα, ακριβή, αποτελέσματα, όταν χρησιμοποιούνται χωρίς προσαρμογή σε περιπτώσεις διαφορετικές από αυτές για τις οποίες δημιουργήθηκαν. [15]

Επιπλέον, για την ανάλυση των στοιχείων κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου και τον προσδιορισμό των παραμέτρων που καθορίζουν το εύρος τους, υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία. Το μεγαλύτερο τμήμα της, μάλιστα, είναι ξενόγλωσσο, αφού όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα, στην Ελλάδα μόλις τα τελευταία χρόνια ξεκίνησε η κατασκευή αυτοκινητοδρόμων. Από τη διερεύνηση της βιβλιογραφίας που πραγματοποιήθηκε, έγινε φανερό πως οι παράμετροι που υπεισέρχονται στην ανάλυση του κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου είναι πολλές και επιπλέον σε μεγάλο βαθμό αλληλοσυσχετιζόμενες.

Από την άλλη πλευρά, όπως είναι γνωστό, ένας αυτοκινητόδρομος έχει μεγάλη διάρκεια ζωής. Για να χρησιμοποιήσει κάποιος τα παραπάνω εργαλεία και γνώσεις στην πράξη, θα έπρεπε να διαθέτει στοιχεία από την διαχείριση άλλων αυτοκινητοδρόμων στο παρελθόν, δηλαδή θα έπρεπε κατά οργανωμένο τρόπο να είχε συλλέξει στο παρελθόν (από το σύνολο της μεγάλης διάρκειας ζωής της υποδομής) στοιχεία διαχείρισής της. Αυτό έχει γίνει μόνο σε κάποιες (λίγες) χώρες,

αλλού σε μεγαλύτερο και αλλού σε μικρότερο βαθμό [17, 24, 27]. Αυτό είναι λογικό, αφού η συλλογή - ταξινόμηση - αποθήκευση - επαναχρησιμοποίηση στοιχείων είναι δύσκολη και δαπανηρή υπόθεση και έχει νόημα όταν υπάρχει συγκεκριμένη ανάγκη και στόχος, καθώς και κατεύθυνση ικανοποίησης / επίτευξής τους. Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν τέτοια «ιστορικά» στοιχεία, για προφανείς λόγους.

2.2. Παρουσίαση Μεθοδολογιών

Από την βιβλιογραφική έρευνα και τις συνεντεύξεις με στελέχη του χώρου υλοποίησης αυτοκινητοδρόμων στην Ελλάδα, που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και από την συγκριτική θεώρηση των σχετικών ευρημάτων, προέκυψαν τα ακόλουθα :

- Τα τελευταία χρόνια, στις αναπτυγμένες χώρες με ελεύθερη οικονομία (Αγγλία κ.ά.), κυριαρχεί πλέον η άποψη ότι η Διαχείριση Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων (Asset Management), αποτελεί την πλέον δόκιμη μέθοδο για τη διαχείριση της υποδομής μεταφορών. [24]
Για το λόγο αυτό, στην παρούσα διπλωματική εργασία υιοθετείται αυτή η μεθοδολογία για την αντιμετώπιση του γενικού προβλήματος ελαχιστοποίησης του κόστους που προκύπτει από την υλοποίηση και τη λειτουργία ενός αυτοκινητόδρομου.
- Από τις διαθέσιμες τεχνικοοικονομικές μεθοδολογίες που υπάρχουν για την σύγκριση εναλλακτικών λύσεων σχεδιασμού, υλοποίησης και διαχείρισης ενός αυτοκινητοδρόμου, οι δύο ευρύτερα διαδεδομένες είναι η Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής (Life Cycle Cost Analysis (LCCA)) και η Ανάλυση Κόστους – Ωφελειών (Cost – Benefit Analysis (CBA)). Η LCCA μάλιστα αποτελεί τμήμα της CBA. [24]
Στην παρούσα διπλωματική εργασία, υιοθετείται η χρησιμοποίηση της LCCA, η οποία εξετάζει αποκλειστικά τα κόστη κύκλου ζωής ανταγωνιστικών εναλλακτικών λύσεων κατασκευής και δεν ασχολείται καθόλου με τις ωφέλειες που προκύπτουν από τις λύσεις αυτές.
- Για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου είναι απαραίτητο να συμπεριληφθούν σε αυτό όλες οι συνιστώσες του. Είναι αναγκαίο δηλαδή να αντιμετωπιστεί ο αυτοκινητόδρομος με μια τέτοια προσέγγιση, που να μην αφήνει περιθώρια παράλειψης κάποιων στοιχείων κόστους από το τελικό σύνολο. Επιπλέον, είναι σημαντικό, όλα τα αποτελέσματα και συμπεράσματα να μπορούν να διατυπώνονται σε διάφορα επίπεδα κόστους και για διάφορα επίπεδα ευθύνης λήψης αποφάσεων. Η πλέον δόκιμη προσέγγιση για την επίτευξη των στόχων αυτών, η οποία και υιοθετείται στην παρούσα εργασία, είναι η Προσέγγιση με τη Θεωρία των Συστημάτων (Systems Approach) του προβλήματος. Ο αυτοκινητόδρομος δηλαδή αντιμετωπίζεται ως ένα σύστημα, στο οποίο περιλαμβάνονται όλα τα στοιχεία του (υποδομή αλλά και χρήστες), τα οποία μάλιστα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. [18]
- Τέλος, με δεδομένο τον έντονο αλληλοσυσχετισμό των στοιχείων του συστήματος ενός αυτοκινητοδρόμου και της μεταβολής τους, τόσο λόγω της αλληλεπίδρασης μεταξύ τους και με το «εξωτερικό» περιβάλλον του συστήματος, όσο και σε σχέση με το χρόνο (στο σύνολο της ζωής του αυτοκινητοδρόμου), είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι που να επιτρέπουν την πρόβλεψη και τον

υπολογισμό των στοιχείων κόστους του αυτοκινητοδρόμου, στο πλαίσιο αυτής της δυναμικής συμπεριφοράς τους. Για τον σκοπό αυτό υιοθετείται η χρησιμοποίηση της μεθοδολογίας της Δυναμικής των Συστημάτων (Systems Dynamics), η οποία αναφέρεται σε συστήματα, στα οποία οι παράμετροι μεταβάλλονται με τον χρόνο ή λόγω των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων. [18]

Στα επόμενα γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των παραπάνω μεθοδολογιών, με έμφαση στον τρόπο που χρησιμοποιούνται (ή γίνεται προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν) στην διαχείριση αυτοκινητοδρόμων.

2.2.1. Διαχείριση Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων (Asset Management)

(α) Εισαγωγή¹

Τα τελευταία χρόνια, τόσο διεθνώς, όσο και στην Ελλάδα, έχουν επενδυθεί τεράστιοι πόροι στην κατασκευή και επέκταση των υποδομών των μεταφορών. Με δεδομένη την διαρκώς αυξανόμενη ανάγκη για μεταφορές, είναι φανερό ότι αυτές οι επενδύσεις στις υποδομές μεταφορών αποτελούν καίριο περιουσιακό στοιχείο και παραγωγικό δυναμικό για κάθε χώρα, που πρέπει να διαχειρισθεί κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια, η άποψη των πολιτών (του Κοινού) σχετικά με την αποτελεσματική διοίκηση, έχει γίνει πιο αυστηρή και απαιτητική. Το Κοινό αναμένει μεγαλύτερη ανάληψη ευθύνης και διαχείριση των υποδομών κατά τρόπο αποτελεσματικό και αποδοτικό, σε επίπεδο όπως μιας επιχειρηματικής δραστηριότητας.

Είναι φανερό, πως αν συνεχιστεί η σημερινή τάση και στο μέλλον, οι ιδιοκτήτες και διαχειριστές των υποδομών των μεταφορών, θα πρέπει να αντιμετωπίζουν όλο και μεγαλύτερες ανάγκες του συστήματος των μεταφορών και θα έχουν ανάγκη όλο και περισσότερων πόρων, με περιορισμένο προσωπικό. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να μπορούν να αντιμετωπίζουν την — διαρκώς αυξανόμενη περιπλοκότητα του μεταφορικού συστήματος και τις απαιτήσεις του Κοινού για περισσότερη ανάληψη ευθύνης και υψηλότερο επίπεδο εξυπηρέτησης.

Αναγκαστικά, λοιπόν, οι αρμόδιοι θα πρέπει να επικεντρωθούν στον προσδιορισμό και την αντιμετώπιση των κρίσιμων στοιχείων και θεμάτων, ενώ θα πρέπει να μπορούν να αιτιολογήσουν τις αποφάσεις και τις δράσεις τους και να αναλαμβάνουν την ευθύνη των αποτελεσμάτων τους.

Αυτό πρακτικά, σημαίνει ότι πρέπει να βελτιωθεί η διαδικασία και η τεκμηρίωση της αξιολόγησης των σχετικών προγραμμάτων και της επιλογής των έργων: σε αυτές τις διαδικασίες θα πρέπει να περιληφθούν οι διερευνήσεις της επίδοσης (performance) και της απόδοσης της επένδυσης (return on investment). Κατ' αυτόν τον τρόπο αναμένεται να βελτιωθεί η απόδοση και η παραγωγικότητα του μεταφορικού συστήματος και να αυξηθεί η αξία των υπηρεσιών και προϊόντων προς τους χρήστες του.

Πιο συγκεκριμένα οι απαιτήσεις και οι περιορισμοί που πρέπει να αντιμετωπιστούν με πιο αποτελεσματικό τρόπο είναι οι ακόλουθοι:

- Απαιτήσεις του Συστήματος

Είναι γνωστό ότι οι υποδομές δεν ζουν για πάντα. Υφίστανται μείωση της ποιότητάς τους (φθορά) από την αυξημένη χρήση τους, τις περιβαλλοντικές επιδράσεις και την απλή γήρανση του συστήματος.

Οι συνέπειες εκτείνονται σε δύο διαστάσεις. Η πρώτη αναφέρεται στις αυξημένες ανάγκες για συντήρηση και ανακατασκευή τους. Η

¹ Η παρουσίαση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας αντλεί πολλά στοιχεία από τα [24, 17, 4].

δεύτερη αναφέρεται στη επίδοση του συστήματος : από τη μία πλευρά υπάρχουν οι αυξημένες απαιτήσεις και προσδοκίες των χρηστών για ασφάλεια, άνεση, σιγουριά και προστασία, ενώ από την εμπορική πλευρά, πέρα από τις προηγούμενες προσδοκίες, είναι ιδιαίτερα κρίσιμη η αξιοπιστία του συστήματος, ειδικότερα για την διασφάλιση της έγκαιρης παράδοσης εμπορευμάτων αλλά και άλλες μορφές λειτουργίας, που σχετίζονται με την αύξηση της παραγωγικότητας των μεταφορών.

- Περιορισμοί προσωπικού

Τα θέματα που σχετίζονται με το προσωπικό των οργανισμών που ασχολούνται με τις μεταφορές, είναι πολλά.

Καταρχήν, πολλές υπηρεσίες (κυρίως κρατικές) μειώνουν το προσωπικό τους λόγω οικονομικών περιορισμών και εισαγωγής νέων τεχνολογιών.

Δεύτερον, οι κρατικοί κυρίως οργανισμοί δυσκολεύονται να προσελκύσουν και να συγκρατήσουν ικανό προσωπικό, που να μπορεί να διαχειρίζεται ένα πολυσχιδές και πολύπλοκο σύνολο από προγράμματα, κυρίως λόγω της ανταγωνιστικής φύσης του σύγχρονου οικονομικού περιβάλλοντος και της αγοράς εργασίας. Ως αποτέλεσμα, οι οργανισμοί αυτοί πρέπει να ιεραρχούν τις εργασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν και να επιλέγουν ποιες από τις ανάγκες θα αντιμετωπιστούν, με ποια σειρά, και με ποιο τρόπο. Αυτό που τελικά τείνει να γενικευτεί—στην πράξη είναι ότι οι υπηρεσίες των αυτοκινητοδρόμων ασχολούνται κυρίως με την διοίκηση του συστήματος, ενώ οι καθημερινές τεχνικές εργασίες, καθώς και οι εργασίες λειτουργίας του αυτοκινητοδρόμου ανατίθενται σε εξωτερικούς συνεργάτες.

- Αυξημένη ζήτηση στους προϋπολογισμούς

Η πίεση στους προϋπολογισμούς ασκείται αφενός από τους περιορισμούς στην διαθεσιμότητα των πόρων και αφετέρου από την ίδια τη ζήτηση για πόρους.

Από την πλευρά της προσφοράς, ο τομέας των μεταφορών ανταγωνίζεται με άλλους τομείς που υποστηρίζονται από το Δημόσιο, όπως η παιδεία, η υγεία κλπ.

Από την πλευρά της ζήτησης, η αυξημένη χρήση, τα κόστη και οι ανάγκες για αναβάθμιση της υπάρχουσας υποδομής μεγεθύνουν ακόμα περισσότερο τις απαιτήσεις από τους ήδη περιορισμένους προϋπολογισμούς.

Η πιο συνηθισμένη κατάσταση είναι να υπάρχει έλλειψη πόρων, ή διαφορετικά οι υφιστάμενοι πόροι να μην είναι δυνατόν να καλύψουν όλες τις ανάγκες. Συνεπώς, η εύρεση των βέλτιστων οικονομικά λύσεων στον τομέα των μεταφορών αποτελεί όχι μόνο μια εκ των άνω επιβαλλόμενη αναγκαιότητα, αλλά και μια εσωτερική μεγέθυνση της αποτελεσματικότητας στο πλαίσιο των διαθέσιμων πόρων.

- Απολογισμός στο Κοινό

Ο σκεπτικισμός του Κοινού απέναντι στις κυβερνήσεις, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη προτίμηση των τελευταίων χρόνων για χρησιμοποίηση διαχειριστικών τακτικών του ιδιωτικού τομέα στις

δημόσιες υπηρεσίες, έχει οδηγήσει σε μια απαίτησή του να είναι η Κυβέρνηση πρακτικά υπεύθυνη απέναντι στο Κοινό και να λειτουργεί όλο και περισσότερο σαν ιδιωτική επιχείρηση.

Οι κρατικές υπηρεσίες θα πρέπει να μετρούν συνεχώς και να ανακοινώνουν τις επιδόσεις τους όσον αφορά τα αποτελέσματα, τις εκροές και την προστιθέμενη οικονομική αξία. Σε πολλές περιπτώσεις κάποιων χωρών, μάλιστα, έχει θεσπιστεί και ειδική νομοθεσία, που υπαγορεύει τον τρόπο, με τον οποίο οι δημόσιες υπηρεσίες θα λειτουργούν και θα δικαιολογούν τις δράσεις που αναλαμβάνουν και τα αποτελέσματά τους.

Όλες οι παραπάνω απαιτήσεις και περιορισμοί μπορεί να αντιμετωπιστούν με την μεθοδολογία της Διαχείρισης Υποδομών ως Παγίων (Asset Management).

(β) Συνοπτική παρουσίαση

Η μεθοδολογία της Διαχείρισης Υποδομών ως Παγίων (Asset Management) :

- ο Είναι μια μεθοδολογική προσέγγιση διαχείρισης (του σχεδιασμού, υλοποίησης, λειτουργίας, συντήρησης και αναβάθμισης) μιας υποδομής μεταφορών (ή / και στοιχείων της) :
 - κατά τρόπο:
 - ολοκληρωμένο (δηλαδή ως συνολικό σύστημα, με συνεξέταση όλων των στοιχείων της, των στοιχείων άλλων υποστηρικτικών υποδομών, εξοπλισμού και στοιχείων του ανθρώπινου παράγοντα)
 - μακροπρόθεσμο (δηλαδή σε όλη την περίοδο της ζωής της) και
 - δυναμικό (δηλαδή επιτρέποντας ανάδραση, βάσει ενδιαμέσων αποτελεσμάτων)
 - στη βάση σαφώς προσδιορισμένων στόχων (που συνήθως περιλαμβάνουν την μεγιστοποίηση των ωφελειών προς τους πελάτες / χρήστες της) και
 - στο πλαίσιο των διαθέσιμων πόρων.
- ο Βασίζεται στην μέτρηση (προσδιορισμό) της επίδοσης (performance) της υποδομής (ή / και των στοιχείων της) και περιλαμβάνει :
 - τη διερεύνηση και προσδιορισμό :
 - των μελλοντικών απαιτήσεων και
 - του ευκαιριακού κόστους (opportunity cost), καθώς και
 - την εκτίμηση και μεγιστοποίηση :
 - της απόδοσης της επένδυσης (return on investment)
 - της οικονομικής απόδοσης (economic efficiency) και
 - της απόδοσης ευθύνης (accountability).
- ο Προσφέρει ποσοτικές και ποιοτικές πληροφορίες, που διευκολύνουν :
 - (α) τις αποφάσεις για :
 - προσδιορισμό στόχων

- κατανομή διαθέσιμων πόρων
 - προγραμματισμό δράσεων
 - (β) το διάλογο μεταξύ των διαχειριστών της υποδομής, των χρηστών και όλων των λοιπών ενδιαφερομένων
 - (γ) την εύκολη αναγνώριση και επικέντρωση στα καίρια σημεία των αναγκαίων αποφάσεων
 - (δ) τον προσδιορισμό και αποτίμηση των επιπτώσεων από την επιλογή μιας άλλης εναλλακτικής λύσης (με αναλύσεις του τύπου «τι θα συμβεί αν ...?») .
 - (ε) την τεκμηρίωση και επεξήγηση των στρατηγικών επιλογών και των αποφάσεων για επενδύσεις
 - (στ) τη δυνατότητα σύνδεσης :
 - των προσδοκιών του Κοινού (των πολιτών) σχετικά με την κατάσταση, την επίδοση και την διαθεσιμότητα του συστήματος (της υποδομής)
 - των σχετικών επενδυτικών στρατηγικών και
 - της διαχείρισης της υποδομής.
- ο Έχει (ως μεθοδολογική προσέγγιση) μεγάλη αποτελεσματικότητα, γιατί είναι :
- Πελατο-κεντρική (δηλαδή έχει σαφώς προσδιορισμένους τους «πελάτες» προς τους οποίους απευθύνονται τα αποτελέσματά της)
 - Στοχοθετημένη (δηλαδή λειτουργεί υπό σαφώς προσδιορισμένους στόχους επίδοσης της υποδομής)
 - Προσανατολισμένη στην λογική της Θεωρίας των Συστημάτων (δηλαδή στην λειτουργική διασύνδεση και συνεξέταση όλων των στοιχείων της υποδομής και του περιβάλλοντός της)
 - Μακροπρόθεσμης προοπτικής (δηλαδή καλύπτει όλη την διάρκεια ζωής της υποδομής)
 - Ευέλικτη (δηλαδή μπορεί να προσαρμόζεται εύκολα σε διαφορετικές συνθήκες) και
 - Προσβάσιμη και φιλική στους χρήστες της (πολίτες, επενδυτές, διαχειριστές, ιδιοκτήτες).

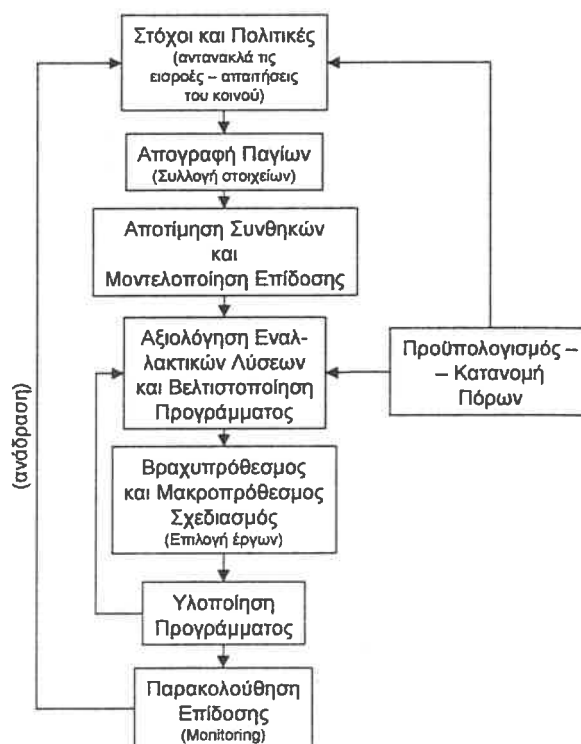
(γ) Περιγραφή της Μεθοδολογίας

Η μεθοδολογία Διαχείρισης Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων, στην ουσία είναι μια στρατηγική (σε αντίθεση με τον όρο «τακτική») προσέγγιση της διαχείρισης των υποδομών των μεταφορών.

Τα βήματα που ακολουθεί (Σχήμα 2.1) είναι τα ακόλουθα :

- Με βάση τους στόχους (απαιτήσεις του Κοινού κ.λπ.), τους διαθέσιμους πόρους και τις οργανωτικές και λοιπές πολιτικές του φορέα διαχείρισης της υποδομής (Κράτους ή άλλου), προσδιορίζεται η αναμενόμενη επίδοσή της, η οποία χρησιμοποιείται για την καθοδήγηση της περαιτέρω διαδικασίας και του πλαισίου λήψης αποφάσεων.

- Συγκεντρώνονται, αναλύονται και ταξινομούνται / καταχωρούνται σε αρχείο διάφορα απογραφικά στοιχεία της υποδομής: π.χ. στοιχεία Μητρώου Οδού, στοιχεία υφιστάμενης επίδοσης κ.α. Τα στοιχεία αυτά τροφοδοτούνται ως εισροές στα χρησιμοποιούμενα στη συνέχεια υπολογιστικά / εκτιμητικά εργαλεία / μεθοδολογίες.
- Με τη χρήση αναλυτικών (οικονομικών και τεχνικών) εργαλείων / μεθοδολογιών και αναπαραγωγικών διαδικασιών, εκτιμούνται μελλοντικές ανάγκες / απαιτήσεις (του φορέα διαχείρισης και των χρηστών της υποδομής) και προσδιορίζονται εναλλακτικές, εφικτές, βιώσιμες και οικονομικά αποδοτικές στρατηγικές και τεχνικές λύσεις, που ικανοποιούν τους περιορισμούς των πόρων και επιτυγχάνουν την ζητούμενη (αναμενόμενη) επίδοση της υποδομής.
- Οι εναλλακτικές αυτές στρατηγικές / λύσεις αξιολογούνται σε λεπτομερέστερο επίπεδο (βάσει τεθέντων πολλών κριτηρίων) και επιλέγονται οι βέλτιστες.
- Γίνεται σχεδιασμός μακροπρόθεσμων και βραχυπρόθεσμων δράσεων υλοποίησης των επιλεγμένων στρατηγικών / λύσεων (Πρόγραμμα Παρεμβάσεων).
- Το πρόγραμμα υλοποιείται. Κατά την υλοποίησή του αξιολογούνται τα αποτελέσματα της εφαρμογής και προτείνονται διορθωτικά μέτρα, εφόσον απαιτηθούν.
- Παρακολουθείται διαρκώς η επίδοση της υποδομής, η οποία επαναξιολογείται περιοδικά (π.χ. σε ετήσια βάση). Η αξιολόγηση αυτή οδηγεί σε ανάδραση για τον επαναπροσδιορισμό των βασικών υποθέσεων / παραδοχών / απαιτήσεων / στόχων.



Σχήμα 2.1 : Τα βήματα της μεθοδολογίας
της Διαχείρισης Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων

(δ) Σημαντικά θέματα για την εφαρμογή της μεθοδολογίας

Είναι προφανές ότι με την υλοποίηση κάθε ενός από τα παραπάνω βήματα της μεθοδολογίας συνδέονται πολλά θέματα, επιμέρους δραστηριότητες και εργαλεία και μέθοδοι εκτιμήσεων – υπολογισμών.

- Εξειδίκευση

Ένα από τα βασικότερα θέματα, που αφορά στο σύνολο των βημάτων, είναι η προσεκτική εξειδίκευση της μεθοδολογίας στην συγκεκριμένη περίπτωση της εξεταζόμενης υποδομής και του συγκεκριμένου φορέα διαχείρισης.

Πρακτικά, η εξειδίκευση αυτή μπορεί να γίνει με μια ανάλυση των απαιτήσεων από τη μεθοδολογία, που μπορεί να στηριχτεί στις απαντήσεις μιας σειράς ερωτημάτων, όπως τα ακόλουθα :

- Ποιά είναι η αποστολή της εφαρμογής της μεθοδολογίας;
- Ποιοί είναι οι στόχοι και οι πολιτικές που πρέπει να ικανοποιηθούν;
- Ποιά είναι τα απογραφικά στοιχεία της εξεταζόμενης υποδομής;
- Ποιά είναι η αξία της υφιστάμενης υποδομής; Ποιές είναι οι λειτουργίες της; Ποιές υπηρεσίες παρέχει;
- Ποιά ήταν στο παρελθόν και ποιά είναι σήμερα η κατάσταση και οι επιδόσεις της υφιστάμενης υποδομής; Ποιά είναι η εκτιμώμενη μελλοντική της κατάσταση και επιδόσεις;
- Πώς μπορεί να διατηρηθεί, συντηρηθεί, και βελτιωθεί η υποδομή για να διασφαλιστεί η μέγιστη χρήσιμη ζωή της και η παροχή αποδεκτών υπηρεσιών προς το κοινό;
- Ποιοί πόροι είναι διαθέσιμοι; Ποιό είναι το επίπεδο του διαθέσιμου προϋπολογισμού; Ποιό είναι το προβλεπόμενο για το μέλλον επίπεδο χρηματοδοτήσεων;
- Ποιές εναλλακτικές τεχνικές λύσεις υπάρχουν για το σύνολο της υποδομής ή για επιμέρους στοιχεία της; Ποιό είναι το αντίστοιχο κόστος και τα οφέλη από αυτές;
- Ποιά τεχνική λύση ή συνδυασμός τεχνικών λύσεων είναι «βέλτιστη/ος»;
- Ποιές είναι οι συνέπειες της μη παρέμβασης (π.χ. μη συντήρησης / βελτίωσης της υποδομής);
- Πώς μπορεί να γίνει η πληροφόρηση του τελικού χρήστη για τις επιπτώσεις της κατάστασης και της επίδοσης της υφιστάμενης υποδομής;
- Πώς μπορεί να γίνει η παρακολούθηση / έλεγχος των επιπτώσεων των αποφάσεων του φορέα διαχείρισης; Πώς μπορεί να προσαρμόζεται το πλαίσιο των αποφάσεων, όταν αυτό απαιτείται;
- Πώς μπορεί να γίνει με τον καλύτερο τρόπο η διαχείριση της υποδομής κατά τη συντήρησή της, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η επιβάρυνση των χρηστών της;

- Χρησιμοποίηση της πληροφορικής

Ένα επίσης πολύ σημαντικό θέμα για την εφαρμογή της μεθοδολογίας είναι η ύπαρξη και δυνατότητα χρησιμοποίησης της καλύτερης δυνατής πληροφορικής τεχνολογίας.

Η μεθοδολογία βασίζεται στην πληροφορική για δύο κρίσιμα θέματα:

1. Την συλλογή, αποθήκευση και επεξεργασία στοιχείων, για την εξαγωγή πληροφοριών. Για τον σκοπό αυτό απαιτούνται όσο το δυνατόν ισχυρότεροι και ταχύτεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές (H/Y) και ειδικά λογισμικά (όπως π.χ. λογισμικά μοντελοποίησης, διαχείρισης γεωγραφικών πληροφοριών κ.ά.)
2. Την παρουσίαση και δημοσιοποίηση (επικοινωνία) των αποτελεσμάτων, σε αυτούς που πρέπει (στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων, στους χρήστες κλπ). Για τον σκοπό αυτό απαιτούνται : ισχυροί υπολογιστές, λογισμικά προσομοίωσης αποτελεσμάτων (με εφαρμογές πολυμέσων) και κυρίως σύνδεση με δίκτυο (όπου απαιτείται) και με το διαδίκτυο (internet).

- Διαμόρφωση πλαισίου λήψης αποφάσεων

Το σημαντικότερο στοιχείο που πρέπει να υπάρχει για την επιτυχή εφαρμογή της μεθοδολογίας είναι η ύπαρξη ενός πλαισίου υποστήριξης της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Ένα τέτοιο πλαίσιο είναι αποτελεσματικό όταν :

- διαθέτει σαφείς και πλήρεις πληροφορίες, σχετικά με τις πολιτικές του φορέα διαχείρισης, τους επιδιωκόμενους στόχους και τα διαθέσιμα μέσα,
- υποστηρίζεται από την απαραίτητη οριζόντια και κάθετη οργάνωση για την υλοποίηση των αποφάσεων στην πράξη,
- διαθέτει τις τεχνικές και την τεχνολογία για την επεξεργασία των πληροφοριών και την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων.

Πολιτικές – στόχοι – μέσα

Η μεθοδολογία αυτή είναι μια διαδικασία λήψης αποφάσεων, η οποία είναι «πελατο-κεντρική» και κατευθυνόμενη από στόχους. Οι στόχοι και οι δείκτες επίδοσης είναι ουσιαστικά οι μοχλοί που κινούν το πλαίσιο αποφάσεων, δημιουργώντας επίπεδα επενδύσεων (λύσεις), που αντικατοπτρίζουν τα επιδιωκόμενα επίπεδα εξυπηρέτησης και που ικανοποιούν τις ανάγκες του Κοινού και τις αντίστοιχες αναγκαίες δεσμεύσεις πόρων.

Οι στόχοι επίδοσης αποτελούν ένα μέσο για την πληροφόρηση του Κοινού, σχετικά με τον τρόπο που οι υπεύθυνοι του φορέα διαχειρίζονται τις δημόσιες υποδομές. Η υπόψη μεθοδολογία μπορεί να παρουσιάζει με λογικό και εμπεριστατωμένο τρόπο και να εξηγεί τις πρακτικές επιπτώσεις των λαμβανομένων αποφάσεων.

Η επιτυχία της στρατηγικής και των πρακτικών, που εφαρμόζονται σε ένα πρόγραμμα παρεμβάσεων σε μια υποδομή, μπορούν να

αξιολογηθούν με βάση τις μεταβολές της επίδοσής της και της υπολειπόμενης ζωής της. Τα κριτήρια και τα μέτρα της αξιολόγησης της επίδοσης βοηθούν επίσης τους λήπτες των αποφάσεων να αναγνωρίσουν τις βασικές ανάγκες της υποδομής και να επικεντρώσουν την προσοχή τους σ' αυτές.

Οι υφιστάμενες πολιτικές του φορέα διαχείρισης της υποδομής μπορεί να θεωρηθούν ως το ευρύ κάλυμμα της όλης διαδικασίας. Μη τεχνικοί ή / και μη οικονομικοί παράγοντες, που αντικατοπτρίζουν τις αξίες, τις σκέψεις ή τις προκαταλήψεις του φορέα, μπορούν να επιφέρουν αλλαγές στις αποφάσεις που βασίζονται στις επιδόσεις. Για παράδειγμα, εγκαθιδρυμένες πολιτικές ή πρακτικές μπορούν να οδηγήσουν τον φορέα στην επιλογή μιας εναλλακτικής λύσης, η οποία βασίζεται σε γνώριμες πρακτικές. Επιπλέον, ο φορέας μπορεί να επιβάλει περιορισμούς μη οικονομικών πόρων (μέσων) σε κάποια στοιχεία της υποδομής.

Το κλειδί για την δημιουργία στόχων επίδοσης είναι ο προσδιορισμός των προτεραιοτήτων, των αξιών και των προτύπων των χρηστών, σχετικά με διάφορες παραμέτρους του επιπέδου εξυπηρέτησης που προσφέρει η υποδομή, όπως η ομαλότητα του ταξιδιού, το συνολικό επίπεδο εξυπηρέτησης, ο χρόνος της μετακίνησης, η ολική κινητικότητα του μεταφορικού συστήματος, η προσβασιμότητα στο σύστημα και η διαθεσιμότητα των βοηθητικών εγκαταστάσεων.

Οργανωτική ολοκλήρωση

Ιδιαίτερης σημασίας για το πλαίσιο λήψης αποφάσεων είναι η οργανωτική ολοκλήρωση του φορέα διαχείρισης. Ο στρατηγικός προσανατολισμός της μεθοδολογίας αυτής απαιτεί την ύπαρξη μιας οργάνωσης η οποία : (α) περιλαμβάνει κανάλια επικοινωνίας που μπορούν να μεταδίδουν τις συγκεντρωτικές πληροφορίες που χρειάζονται οι δημιουργοί των νόμων, το Κοινό, οι υπόλοιποι ενδιαφερόμενοι, οι υψηλά ιστάμενοι (διοίκηση) και οι μηχανικοί του φορέα, και (β) διαθέτει μηχανισμούς παροχής πληροφοριών και συντονισμού των διαφορετικών τμημάτων του φορέα.

Κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας, πολλές πληροφορίες κινούνται τόσο οριζόντια όσο και κάθετα: πληροφορίες για τις υποδομές, την κατάσταση και την επίδοσή τους, καθώς και εναλλακτικές επενδυτικές επιλογές (Σχήμα 2.2).

Τα κανάλια κάθετης επικοινωνίας ξεκινούν από τον φορέα διαχείρισης και φτάνουν ως τους υψηλότερα ιστάμενους λήπτες αποφάσεων. Η κάθετη πληροφόρηση είναι απαραίτητη για την επιτυχία της μεθοδολογίας για δύο λόγους :

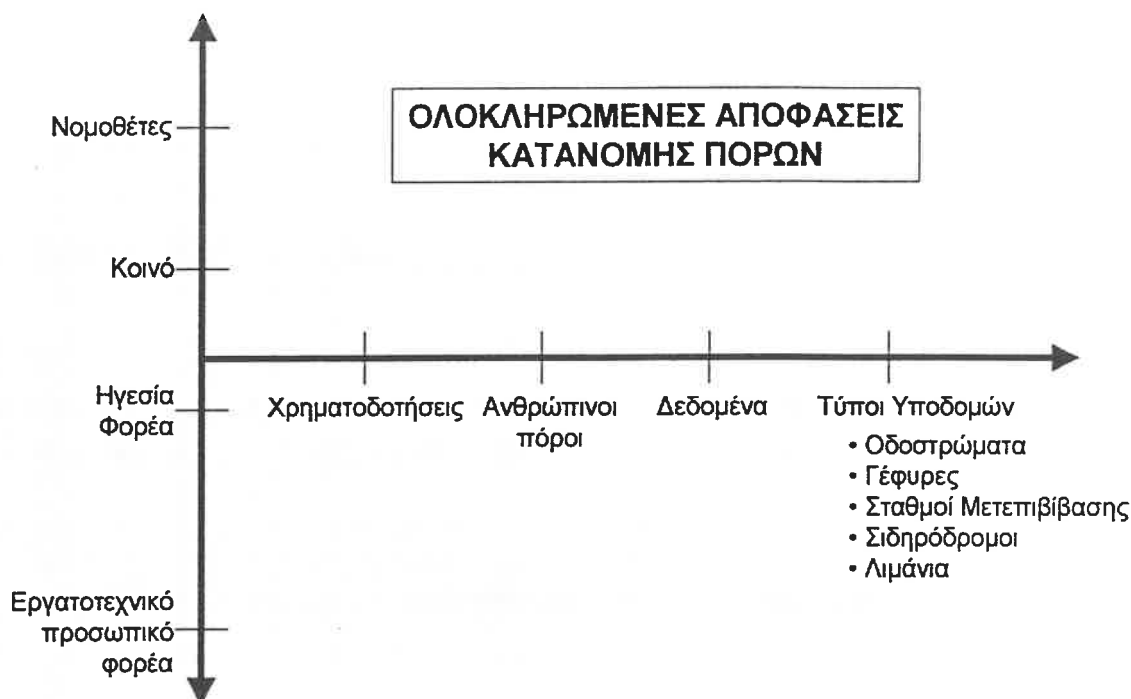
- Πρώτον, γιατί η αποδοτική πληροφόρηση μεταξύ των διαφόρων οργανωτικών επιπέδων βοηθά στην υπερπήδηση των προκλήσεων της υλοποίησης των αποφάσεων :
 - βοηθώντας τους υψηλότερα ιστάμενους της ιεραρχίας να κατανοήσουν τους παράγοντες που υποκινούν τις αποφάσεις στο (κατώτερο) επιχειρησιακό ή εργασιακό επίπεδο και

- παρέχοντας στους εργαζόμενους της πρώτης γραμμής την απαραίτητη πληροφόρηση για να εκτιμήσουν την σχέση μεταξύ των στρατηγικών στόχων του φορέα και των αποφάσεων τακτικής που μεταφράζονται σε συγκεκριμένες δράσεις.

Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η ενσωμάτωση των αρχών, των ιδεών και των τεχνικών της μεθοδολογίας στην οργανωτική κουλτούρα του φορέα και στις επιχειρησιακές πρακτικές του.

- Δεύτερον, η κάθετη επικοινωνία είναι σημαντική για τη διευκόλυνση της ροής της πληροφορίας από το ένα επίπεδο της συνολικής οργάνωσης στο άλλο και παραπέρα. Η αποδοτική πληροφόρηση στο εσωτερικό των υπηρεσιών του φορέα και μεταξύ των υπηρεσιών και του πελάτη – του επιβατικού κοινού – είναι κρίσιμη. Οι στόχοι και τα μέτρα απόδοσης, τα οποία συζητήθηκαν στα προηγούμενα, διευκολύνουν την εκπαίδευση και τη συμμετοχή των χρηστών και των ληπτών των αποφάσεων.

Η οριζόντια επικοινωνία υπονοεί οργανωτική ολοκλήρωση και είναι σημαντική για το πλαίσιο λήψης αποφάσεων, γιατί απαιτεί εισροές από διαφορετικές λειτουργίες, που εκτείνονται από την χρηματοδότηση και το σχεδιασμό, στην διαχείριση των πληροφοριών και τους ανθρώπινους πόρους. Για να γίνει η υπόψη μεθοδολογία μια βιώσιμη διαδικασία, οι υπεύθυνοι του φορέα διαχείρισης (με τις διάφορες ειδικότητες) θα πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με τις αναλύσεις, που δημιουργεί, και θα πρέπει να μπορούν να ενσωματώσουν τα ευρήματα, που συνεπάγεται, στην δική τους εργασία. Επιπρόσθετα, η οριζόντια επικοινωνία είναι πολύ σημαντική μεταξύ των υπευθύνων για τις διάφορες κατηγορίες υποδομών.



Σχήμα 2.2 : Αποδέκτες και στοιχεία Επικοινωνίας στο πλαίσιο της Διαχείρισης Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων

Τεχνικές και εργαλεία

Όταν πολλά στοιχεία είναι ήδη διαθέσιμα, ο στόχος είναι να μετατραπούν σε πληροφορία. Αυτό απαιτεί :

- ικανότητα ανάκτησης, επεξεργασίας, και αξιολόγησης των στοιχείων,
- αναλυτικά εργαλεία για την αξιολόγηση και την επιλογή της οικονομικότερης εναλλακτικής επενδυτικής στρατηγικής, τόσο εσωτερικά όσο και μεταξύ διαφορετικών προγραμμάτων, και
- εργαλεία και εξειδίκευση για την αποτελεσματική επικοινωνία αυτών των πληροφοριών σε άλλες ομάδες που δεν είναι εξοικειωμένες με τα προγράμματα.

Διαχείριση πληροφοριών

Στα τεχνολογικά άλματα, που έχουν γίνει στην διαχείριση των πληροφοριών – συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση, επεξεργασία, ανάλυση και επικοινωνία –, οφείλεται σε σημαντικό βαθμό η υπάρχουσα σήμερα δυνατότητα εφαρμογής της μεθοδολογίας αυτής, που βασίζεται σε στοιχεία και έχει για το λόγο αυτό στον πυρήνα της την διαχείριση των πληροφοριών.

Απαιτεί, για παράδειγμα, πληροφόρηση που βασίζεται σε αρχεία όλων των φυσικών υποδομών, που είναι υπό εξέταση. Η πληροφόρηση αυτή περιλαμβάνει περιγραφές, στόχους, αριθμούς, στοιχεία της κατάστασης και της επίδοσης, που αφορούν το παρελθόν, το παρόν, το προβλεπόμενο μέλλον κ.α.

Πολλοί φορείς έχουν δημιουργήσει βάσεις δεδομένων και διαδικασίες συλλογής πληροφοριών, που υποστηρίζουν τα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης υποδομών, όπως τα οδοστρώματα και οι γέφυρες. Για την ανάπτυξη αυτών των συστημάτων έχουν γίνει σημαντικά βήματα, αλλά, παρόλα αυτά, χρειάζεται πολλή δουλειά ακόμα για την δημιουργία μηχανισμών που θα συνδέουν τα αυτοτελή αυτά συστήματα σε μια κοινή πλατφόρμα λήψης αποφάσεων.

Οι νέες δομές που συνεπάγεται η υπόψη μεθοδολογία είναι λογικό να θεμελιωθούν πάνω στις υπάρχουσες δυνατότητες και τα υπάρχοντα συστήματα. Τα νέα εργαλεία θα πρέπει να είναι συμβατά με τα εγκατεστημένα συστήματα. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας δεν απαιτεί την αντικατάσταση των υφισταμένων διαχειριστικών συστημάτων, εφόσον αυτά συνεχίζουν να είναι κατάλληλα για συγκεκριμένα ζητήματα της διαχείρισης των υποδομών, όπως αυτά που σχετίζονται με το σχεδιασμό των έργων.

Όμως, η υπόψη μεθοδολογία απαιτεί πολύ περισσότερα από μια απλή συστέγαση ενός πλήθους από διαχειριστικά συστήματα (π.χ. για οδοστρώματα και γέφυρες) κάτω από μία ομπρέλα. Αυτά τα συστήματα, τα αναλυτικά τους εργαλεία, οι λειτουργίες τους κλπ, πρέπει να συνδεθούν, έτσι ώστε οι απαιτούμενες πληροφορίες να μεταβιβάζονται στους αποφασίζοντες με τρόπο καθ' όλα κατανοητό. Αυτό δεν υπονοεί την ύπαρξη μιας μοναδικής βάσης δεδομένων. Ανεξάρτητες βάσεις δεδομένων, που περιλαμβάνουν συμβατά συστήματα αναφοράς για την ανταλλαγή πληροφοριών, μπορεί επίσης να είναι εξίσου κατάλληλες.

Το είδος των συλλεγόμενων στοιχείων, η συχνότητα της συλλογής τους, το επίπεδο της ποιότητάς τους και το κόστος τους είναι θέματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν στο πλαίσιο της εφαρμογής της μεθοδολογίας. Η συλλογή στοιχείων εξάλλου δεν είναι αυτοσκοπός. Οι διαδικασίες συλλογής στοιχείων πρέπει πάντα να συμβαδίζουν με τους επιλεγμένους στόχους.

Αναλυτικά εργαλεία

Η χρησιμοποίηση προτύπων (μοντέλων) (τεχνικών, οικονομικών και συμπεριφοράς), είναι απαραίτητη σε πολλά βήματα (στάδια) της μεθοδολογίας.

Τα αναλυτικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται συνδέουν τις επενδύσεις με τις επιδόσεις της υποδομής. Ο πρωταρχικός στόχος είναι η μεγιστοποίηση των ωφελειών για τους χρήστες και η ελαχιστοποίηση του κόστους (κυρίως του φορέα). Η μεθοδολογία αναγνωρίζει την επιρροή της κατάστασης και της επίδοσης του μεταφορικού συστήματος στους χρήστες, καθώς και της επιρροής των χρηστών στο σύστημα.

Τα αναλυτικά εργαλεία διευκολύνουν τη συζήτηση, που βρίσκεται στη βάση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων, παρέχοντας τη δυνατότητα της έκφρασης του διαφορετικού αποτελέσματος της επιλογής μιας εναλλακτικής λύσης έναντι κάποιας άλλης, μέσω τεχνικών και οικονομικών αναλύσεων του τύπου «τι θα συμβεί αν ...?». Η μεγαλύτερη κατανόηση των βασικών συσχετισμών και ιδεών και οι βελτιωμένες διαδικασίες που προκύπτουν από την εφαρμογή τους, συμβάλλουν στον

αξιόπιστο υπολογισμό και παρουσίαση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης διαφορετικών εναλλακτικών επενδυτικών σεναρίων. Αυτά τα εργαλεία παρέχουν ένα μέσο για την παρουσίαση της σημαντικότητας των υποδομών των μεταφορών στο κοινό και στους αποφασίζοντες πολιτικούς.

Υπάρχουν πολλά τεχνικοοικονομικά μοντέλα και εργαλεία, που από κοινού επιτρέπουν την ιεράρχηση ανταγωνιστικών επενδυτικών επιλογών, ανάλογα με τα επίπεδα οικονομικής αποτελεσματικότητας των επιλογών αυτών. Αυτά τα εργαλεία περιλαμβάνουν την ανάλυση κόστους κύκλου ζωής, την ανάλυση κόστους / ωφελειών, την βελτιστοποίηση και ιεράρχηση και την ανάλυση κινδύνου. Όλα τα αναλυτικά εργαλεία λαμβάνουν υπόψη τους τα αρχικά και τα ανηγμένα μελλοντικά κόστη του φορέα, των χρηστών καθώς και άλλα κόστη (όπως τα εξωτερικά κόστη) καθ'όλη τη διάρκεια της ζωής κάθε εναλλακτικής επενδυτικής επιλογής, για να προσδιορίσουν εκείνη την επιλογή που επιτυγχάνει τον επιδιωκόμενο στόχο επίδοσης με το μικρότερο μακροπρόθεσμο κόστος, ή που θα παρέχει τις μέγιστες ωφέλειες για ένα δεδομένο επίπεδο επένδυσης / χρηματοδότησης.

Η τεχνικοοικονομική ανάλυση μπορεί ακόμα να ποσοτικοποιήσει τον κίνδυνο της μη υλοποίησης στην πράξη, του επιπέδου των ωφελειών και του κόστους που προβλέφθηκαν από τα τεχνικοοικονομικά μοντέλα για την στρατηγική που επιλέχθηκε. Όπως είναι γνωστό, υπάρχει αβεβαιότητα σε πολλές από τις χρησιμοποιούμενες υποθέσεις – όπως η διαθεσιμότητα των πόρων, τα κόστη, ο καιρός και η μεταφορική ζήτηση – στις οποίες βασίζονται τα τεχνικοοικονομικά μοντέλα. Το ρίσκο είναι σημαντικό στοιχείο για τους αποφασίζοντες και πρέπει να ληφθεί υπόψη. Υπάρχουν διάφορα μοντέλα που κάνουν ανάλυση κινδύνου και που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό.

Πολύ σημαντική για την επιτυχή εφαρμογή της μεθοδολογίας είναι η χρησιμοποίηση εργαλείων πρόβλεψης, ιδιαίτερα αυτών που συσχετίζουν τα μελλοντικά επίπεδα επενδύσεων με τις μελλοντικές συνθήκες και την επίδοση. Αυτά τα εργαλεία βοηθούν στην αποτίμηση της επίδρασης μιας επιλογής, π.χ. μιας ανεπαρκούς τακτικής συντήρησης ή της αναβολής της υλοποίησής της. Τα εργαλεία πρόβλεψης περιλαμβάνουν πιθανοτικά και ντετερμινιστικά μοντέλα για την πρόβλεψη της επίδοσης καθώς και της κυκλοφορίας.

Κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής για την ανάλυση επενδύσεων, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν συγκρουόμενες καταστάσεις, ως αποτέλεσμα της ανταγωνιστικότητας μεταξύ υποδομών του ιδίου ή διαφορετικών μεταφορικών μέσων. Αυτό είναι πιο πιθανό στην περίπτωση που τίθενται πρότυπα απόδοσης, εκεί που μικρότερα ή μεγαλύτερα τέτοια επίπεδα επιβάλλουν αλλαγές στο επίπεδο της αναγκαίας επένδυσης. Για την υποβοήθηση της επίλυσης των συγκρούσεων αυτών υπάρχουν πολλά αντικειμενικά εργαλεία, με τα οποία είναι δυνατόν να βρεθούν λύσεις όπου όλοι οι εμπλεκόμενοι κερδίζουν και κανείς δεν χάνει (win – win solutions).

2.2.2. Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής (Life cycle cost analysis)**(α) Γενικά²**

Η Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής (Α.Κ.Κ.Ζ.) είναι μια μέθοδος (ένα τεχνικοοικονομικό εργαλείο χρήσιμο) για τη σύγκριση της σχετικής αξίας δύο εναλλακτικών λύσεων υλοποίησης ενός έργου. Συμπεριλαμβάνοντας όλα τα κόστη – του φορέα υλοποίησης / διαχείρισης και των χρηστών – που παρουσιάζονται κατά τη λειτουργική ζωή ενός έργου (μιας υποδομής μεταφορών), αυτή η αναλυτική διαδικασία βοηθά τους ιθύνοντες των μεταφορών να επιλέξουν την οικονομικότερη εναλλακτική λύση. Επιπρόσθετα, η Α.Κ.Κ.Ζ. είναι μια δομημένη μεθοδολογία, που δίνει τη δυνατότητα παρουσίασης των επιπτώσεων των αποφάσεων / δράσεων του φορέα στους χρήστες του μεταφορικού συστήματος (ή μιας υποδομής του) και παρέχει ένα μέσο εξισορρόπησης των επιπτώσεων αυτών στον κύκλο ζωής του συστήματος (ή της υποδομής) στην κατασκευή, στη λειτουργία και στη συντήρησή του.

Η αξία της Α.Κ.Κ.Ζ. ως εργαλείο υποβοήθησης της λήψης αποφάσεων επαφίεται στην κατάλληλη χρήση της. Αν και οι οικονομικές ιδέες που υποστηρίζουν αυτού του είδους την ανάλυση είναι αρκετά απλές και κατανοητές, η εφαρμογή τους παρουσιάζει ένα πλήθος από προκλήσεις. Πολύ συχνά υπάρχουν αβεβαιότητες όσον αφορά στο πώς πρέπει να εφαρμοστεί η Α.Κ.Κ.Ζ. και το ποιές υποθέσεις πρέπει να γίνουν κατά την πορεία της ανάλυσης. Στα επόμενα παρουσιάζονται : η μεθοδολογία της Α.Κ.Κ.Ζ., η διαδικασία εφαρμογής της, καθώς και οι τρόποι αντιμετώπισης των διαφόρων αβεβαιοτήτων που προκύπτουν από αυτή.

(β) Τι είναι η Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής (Α.Κ.Κ.Ζ.)

Η Α.Κ.Κ.Ζ. είναι μια μέθοδος αξιολόγησης, που μπορεί να εφαρμοστεί για την εξέταση εναλλακτικών σεναρίων υλοποίησης υποδομών στον τομέα των μεταφορών. Πιο συγκεκριμένα, όταν έχει αποφασιστεί η υλοποίηση ενός έργου, η Α.Κ.Κ.Ζ. μπορεί να βοηθήσει στον προσδιορισμό του καλύτερου – με το ελάχιστο κόστος – τρόπου υλοποίησης του έργου.

Η προσέγγιση της Α.Κ.Κ.Ζ. επιτρέπει την σύγκριση του ολικού κόστους ανταγωνιστικών εναλλακτικών λύσεων σχεδιασμού, κάθε μία εκ των οποίων είναι κατάλληλη για την υλοποίηση του συγκεκριμένου έργου (υποδομής). Σ' αυτό το ολικό κόστος συμπεριλαμβάνονται όλα τα σχετικά κόστη, που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της ζωής μιας εναλλακτικής λύσης, και όχι απλά τα αρχικά κόστη (π.χ. της κατασκευής). Επίσης, περιλαμβάνονται τα κόστη που συνεπάγονται οι δράσεις της κατασκευής και της συντήρησης της υποδομής στους χρήστες.

² Η παρουσίαση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας αντλεί πολλά στοιχεία από τα [25, 27, 22, 21, 13].

Η Α.Κ.Κ.Ζ. είναι σε λογικά πλαίσια εύκολη στην κατανόηση και στην εφαρμογή.

Σε συντομία, η διαδικασία της Α.Κ.Κ.Ζ. αρχίζει με τη θεώρηση (διαμόρφωση) εναλλακτικών λύσεων για την επίτευξη των στόχων του έργου (της υποδομής). Στη συνέχεια, ο αναλυτής προσδιορίζει το πρόγραμμα των αρχικών και των μελλοντικών δραστηριοτήτων, που εμπλέκονται στην εφαρμογή της κάθε μιας εναλλακτικής λύσης, σε όλη της διάρκεια της ζωής της. Ακολουθώντας, εκτιμώνται τα κόστη των δραστηριοτήτων αυτών (κόστη του φορέα και των χρηστών).

Τα προσδιορισμένα ως άνω περιοδικά κόστη αποτελούν τα προβλεπόμενα κόστη του κύκλου ζωής για κάθε εναλλακτική λύση. Χρησιμοποιώντας μια οικονομική τεχνική γνωστή ως «αναγωγή», τα κόστη αυτά μετατρέπονται σε παρούσες χρηματικές μονάδες και αθροίζονται για κάθε εναλλακτική λύση. Με τη σύγκριση του συνολικού κόστους των εναλλακτικών, ο αναλυτής μπορεί στη συνέχεια να προσδιορίσει ποια εναλλακτική είναι η πιο οικονομική.

Είναι σημαντικό να επισημανθεί πως η χαμηλότερη επιλογή κόστους κύκλου ζωής δεν είναι απαραίτητο ότι θα υλοποιηθεί τελικά, όταν συμπεριλαμβάνονται στην εξέταση θέματα όπως ο κίνδυνος (ρίσκο), οι διαθέσιμοι προϋπολογισμοί και πολιτικοί ή περιβαλλοντικοί ενδοιασμοί. Η Α.Κ.Κ.Ζ. παρέχει κρίσιμες πληροφορίες στην όλη διαδικασία της λήψης αποφάσεων, αλλά δεν παρέχει και την τελική απάντηση.

(γ) Διάκριση μεταξύ Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής (Α.Κ.Κ.Ζ.) και Ανάλυσης Ωφελειών – Κόστους (Α.Ω.Κ.)

Η Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής (Α.Κ.Κ.Ζ.) είναι μια μέθοδος (ένα εργαλείο) για τη σύγκριση του συνολικού κόστους των χρηστών και του Κυρίου του Έργου (Κ.τ.Ε.), στις περιπτώσεις ανταγωνιστικών εναλλακτικών λύσεων εφαρμογής ενός έργου.

Η Α.Κ.Κ.Ζ. είναι υποσύνολο της Ανάλυσης Ωφελειών – Κόστους (Α.Ω.Κ.), η οποία είναι μια μέθοδος (ένα εργαλείο) που συγκρίνει, τόσο τις ωφέλειες, όσο και τα κόστη εναλλακτικών λύσεων εφαρμογής ενός έργου ή εναλλακτικών έργων για την επιλογή του βέλτιστου από αυτά.

Οι διαφορές των δύο αυτών μεθόδων έχουν ως εξής :

Ο φορέας που χρησιμοποιεί την Α.Κ.Κ.Ζ. έχει ήδη αποφασίσει την υλοποίηση ενός νέου έργου ή μιας βελτίωσης υφιστάμενης υποδομής και επιδιώκει να προσδιορίσει τον πιο αποτελεσματικό από πλευράς κόστους τρόπο για να επιτύχει τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα του έργου. Η Α.Κ.Κ.Ζ. είναι κατάλληλη μέθοδος μόνο για τη σύγκριση εναλλακτικών τρόπων υλοποίησης ενός έργου, που οδηγούν στο ίδιο επίπεδο υπηρεσιών και ωφελειών για τους χρήστες του έργου, σε κάθε συγκεκριμένο όγκο κυκλοφορίας.

Για παράδειγμα, η Α.Κ.Κ.Ζ. είναι η ενδεδειγμένη μέθοδος όταν συγκρίνονται δύο εναλλακτικοί τρόποι αντικατάστασης μιας γέφυρας που έχει φτάσει στο όριο ζωής της, όπου κάθε εναλλακτικός σχεδιασμός (τρόπος) συνεπάγεται το ίδιο επίπεδο υπηρεσιών προς τους χρήστες.

Τα κόστη που υπεισέρχονται στην Α.Κ.Κ.Ζ. περιλαμβάνουν οπωσδήποτε όλα τα κόστη του φορέα υλοποίησης / διαχείρισης του έργου (κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης), αλλά και τα κόστη των χρηστών και ιδιαίτερα αυτά που συνδέονται με την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τη μειωμένη ασφάλεια, που προκαλούνται κατά τις περιόδους κατασκευής και συντήρησης του έργου.

Αντίθετα με την Α.Κ.Κ.Ζ., η μέθοδος Α.Ω.Κ. λαμβάνει υπόψη, τόσο τις ωφέλειες, όσο και τα κόστη και συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση εναλλακτικών που δεν οδηγούν στις ίδιες ωφέλειες (π.χ. εναλλακτικές λύσεις αντικατάστασης μιας γέφυρας με διαφορετική δυνατότητα εξυπηρέτησης επιπέδων κυκλοφορίας), καθώς επίσης και τη σύγκριση έργων που επιτυγχάνουν διαφορετικά αποτελέσματα (π.χ. κατασκευή μια νέας χάραξης δρόμου σε σύγκριση με τη διαπλάτυνση του υφιστάμενου). Επιπλέον, η Α.Ω.Κ. μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστεί το εάν ένα έργο πρέπει (αξίζει) να γίνει ή όχι (αν κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του οι ωφέλειες είναι περισσότερες από τα κόστη).

Οι ωφέλειες που υπεισέρχονται στην Α.Ω.Κ. είναι αυτές που συνδέονται με τα επιθυμητά αποτελέσματα του έργου, δηλαδή με τους λόγους για τους οποίους υλοποιείται το έργο, όπως : μικρότερη απόσταση ή χρόνος ταξιδιού, μειωμένα λειτουργικά κόστη οχημάτων, βελτιωμένη ασφάλεια κ.ά. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη και άλλες επιπτώσεις του έργου, όπως οι εκπομπές καυσαερίων και ο θόρυβος, που έχουν επίπτωση, τόσο στους χρήστες, όσο και στους μη χρήστες του έργου (καλούνται "εξωτερικές ωφέλειες ή κόστη").

Συμπερασματικά :

- η μέθοδος Α.Κ.Κ.Ζ. είναι μια μέθοδος επικεντρωμένη στην εξέταση του κόστους, η οποία χρησιμοποιείται για την επιλογή της πιο οικονομικής εναλλακτικής που επιτυγχάνει το επιθυμητό επίπεδο ωφελιών του έργου.
- η Α.Ω.Κ. είναι η κατάλληλη μέθοδος για τη σύγκριση εναλλακτικών που προκαλούν διαφορετικές ωφέλειες (π.χ. ανόμοιων έργων) ή για την απόφαση της υλοποίησης ή όχι ενός έργου.

Τα στοιχεία που περιλαμβάνουν οι δύο αυτές μέθοδοι παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 2.1 :

Πίνακας 2.1. : Σύγκριση Α.Κ.Ζ. και Α.Ω.Κ.

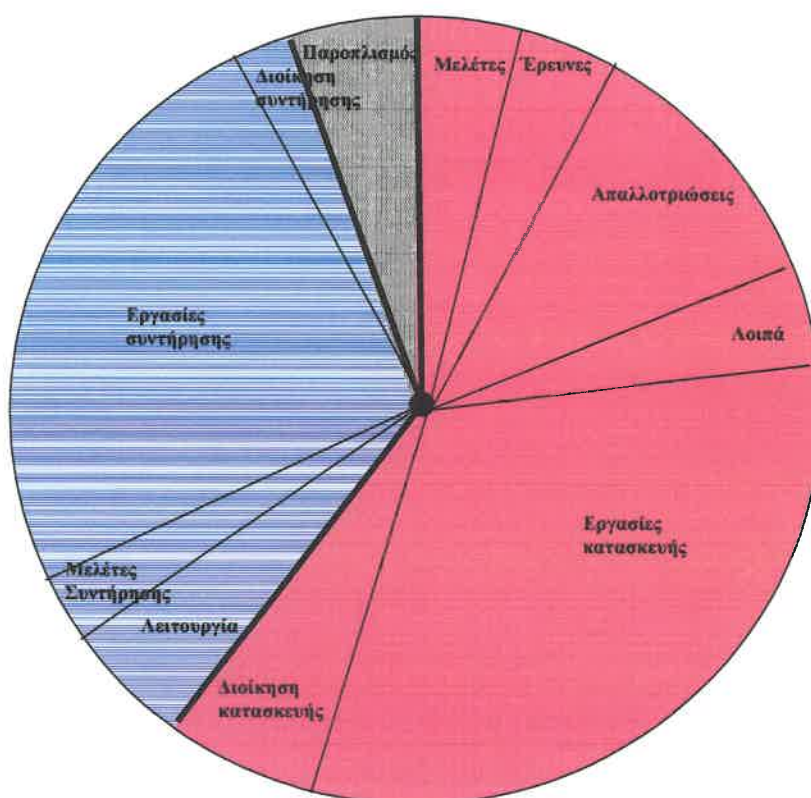
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	Α.Κ.Κ.Ζ.	Α.Ω.Κ.
• Κόστη κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας, του Κ.Τ.Ε. / Διαχειριστή	ΝΑΙ	ΝΑΙ
• Κόστη χρηστών κατά την περίοδο κατασκευής ή συντήρησης	ΝΑΙ	ΝΑΙ
• Κόστη χρηστών κατά την περίοδο κανονικής λειτουργίας του έργου	ΝΑΙ	ΝΑΙ
• Ωφέλειες χρηστών που προκύπτουν από το έργο	ΟΧΙ	ΝΑΙ
• Εξωτερικές ωφέλειες και κόστη που προκύπτουν από το έργο	ΟΧΙ	ΝΑΙ

(δ) Γιατί χρειάζεται η Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής (Α.Κ.Κ.Ζ.)

Οι αποφάσεις που συνδέονται με την υλοποίηση ενός έργου στις μεταφορές γενικά απαιτούν την εξέταση αρκετών εναλλακτικών λύσεων. Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την απόφαση ενός φορέα να διαλέξει μια συγκεκριμένη επιλογή, αν και το αρχικό κόστος (κατασκευής) του έργου μπορεί να είναι ο κυρίαρχος παράγοντας.

Όμως, τα αρχικά κόστη του φορέα είναι ένα μόνο μέρος του συνολικού κόστους που πρέπει να πληρωθεί, αφού η οποιαδήποτε λύση, που τελικά θα επιλεγεί, θα υποχρεώσει το φορέα να καταβάλει μελλοντικά έξοδα για εργασίες λειτουργίας, συντήρησης και επισκευής κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου. Επιπρόσθετα, η επιλεγθείσα εναλλακτική λύση θα δημιουργήσει κόστη στους χρήστες της υποδομής, κυρίως λόγω των εργασιών (κατασκευής και συντήρησης), που επηρεάζουν άμεσα τη δυνατότητα και τον τρόπο χρήσης της υποδομής.

Στο Σχήμα 2.3 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα σύνθεσης του κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου. Το σχετικό μέγεθος κάθε επιμέρους στοιχείου κόστους είναι ενδεικτικό.



Σχήμα 2.3 : Παράδειγμα σύνθεσης κόστους κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου

Η Α.Κ.Κ.Ζ. παρέχει ένα μέσο (εργαλείο) για να συμπεριληφθεί το συνολικό κόστος, τόσο του φορέα, όσο και των χρηστών, στην απόφαση επιλογής. Επιπλέον, η δομή και η τεκμηρίωση της διαδικασίας της Α.Κ.Κ.Ζ. παρέχει στο φορέα τη δυνατότητα να βελτιώσει την φροντίδα του για αυτή την επένδυση σε όλη τη διάρκεια ζωής της. Η τεκμηρίωση λειτουργεί επίσης για το φορέα και ως εκπαιδευτικό εργαλείο για τους νεότερους υπαλλήλους του, αλλά και για τη διατήρηση της θεσμικής του τεχνογνωσίας.

- Κόστη κύκλου ζωής

Η ιδέα πίσω από την Α.Κ.Κ.Ζ. είναι ότι οι αποφάσεις που σχετίζονται με την κατασκευή ενός έργου στον τομέα μεταφορών θα πρέπει να εξετάζουν όλα τα κόστη, που παρουσιάζονται κατά την περίοδο που συγκρίνονται οι εναλλακτικές λύσεις κατασκευών.

Οι υποδομές στον τομέα των μεταφορών αναμένεται να παράσχουν λειτουργική εξυπηρέτηση για πολλά έτη. Η δυνατότητα μιας υποδομής μεταφορών να είναι λειτουργική στο χρόνο, επαφίεται στην κατάλληλη συντήρησή της από το φορέα διαχείρισής της. Για το λόγο αυτό, η απόφαση επιλογής θα πρέπει να εξετάσει, πέρα από τις αρχικές δραστηριότητες που δημιουργούν το δημόσιο αγαθό (κατασκευή), και τις μελλοντικές δραστηριότητες που θα απαιτηθούν για να διατηρηθεί αυτό διαθέσιμο στο Κοινό (λειτουργία και συντήρηση). Αυτές οι μελλοντικές δραστηριότητες αποτελούν μέρος των εναλλακτικών λύσεων που πρέπει να συγκριθούν, όσο και οι αρχικές. Είναι προφανές, πως χωρίς περιοδική συντήρηση και επισκευή, η επένδυση δεν θα μπορεί να έχει συνεχή χρησιμότητα για το κοινό.

Οι συγκεκριμένες μελλοντικές δραστηριότητες λειτουργίας, συντήρησης και επισκευής είναι σε μεγάλο βαθμό εξαρτημένες από την εναλλακτική λύση σχεδιασμού που έχει επιλεγεί. Έτσι, για παράδειγμα μια μεταλλική αμφιέριστη γέφυρα θα χρειάζεται περιοδικό βάψιμο, ενώ μια αμφιέριστη γέφυρα από σκυρόδεμα όχι. Από την άλλη πλευρά, η γέφυρα από σκυρόδεμα είναι πιθανό να μην μπορεί να έχει το άνοιγμα γεφύρωσης που θα είχε η μεταλλική, με αποτέλεσμα κατά την κατασκευή να χρειάζεται την κατασκευή ενός επιπλέον πυλώνα, με τα αντίστοιχα κόστη κατασκευής και συντήρησης που αυτός θα επέφερε. Συνεπώς τα μελλοντικά κόστη θα πρέπει να εξετάζονται σχετικά με τα αρχικά κατά τη λήψη μιας απόφασης επιλογής.

- Τα κόστη των χρηστών

Οι φορείς που κατασκευάζουν και διαχειρίζονται τις υποδομές μεταφορών, ολοένα και περισσότερο θεωρούνται ότι έχουν την ευθύνη για την εξασφάλιση της κινητικότητας του Κοινού. Γι'αυτό το λόγο, ο χρόνος ταξιδιού, το κόστη των οχημάτων και η οδική ασφάλεια έχουν αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία κατά τη λήψη αποφάσεων από τους φορείς αυτούς. Αν και τα κόστη αυτά δεν τα επωμίζονται άμεσα οι φορείς, εντούτοις αυτά επηρεάζουν τους πελάτες τους και τη γνώμη που έχουν αυτοί για την απόδοση των φορέων.

Καθώς το μεταφορικό δίκτυο γερνάει, οι φορείς επικεντρώνονται στη συντήρηση και στην επισκευή της υπάρχουσας υποδομής σε μεγαλύτερο βαθμό. Οι εργασίες σε υπάρχουσες υποδομές μεταφορών, άσχετα με το αν ο σκοπός τους είναι η επισκευή ή η αύξηση της ικανότητας, απαιτούν την δημιουργία ζωνών εργασίας για την προστασία τόσο των χρηστών όσο και των συνεργείων που εκτελούν τις εργασίες. Οι ζώνες εργασίας, όμως, μειώνουν την χωρητικότητα και συχνά αυξάνουν τα κόστη των χρηστών, εξαιτίας της αύξησης του χρόνου διαδρομής, των λειτουργικών εξόδων των οχημάτων ή και του αριθμού και της σοβαρότητας των ατυχημάτων. Οι επιπτώσεις αυτές κάνουν τους φορείς να είναι πιο προσεκτικοί στη μελέτη των αποτελεσμάτων, που έχουν οι ζώνες εργασίας στους χρήστες. Η μέθοδος Α.Κ.Κ.Ζ. παρέχει ένα πλαίσιο για την εξέταση των συσχετισμών μεταξύ του κόστους των χρηστών και των συμπληρωματικών εξόδων των φορέων.

- Διατήρηση

Η διατήρηση των υποδομών είναι μια ταχέως αναπτυσσόμενη έννοια στις μεταφορές. Η Α.Κ.Κ.Ζ. παρέχει μια μέθοδο αξιολόγησης των επιπτώσεων των στρατηγικών διατήρησης.

Οι δραστηριότητες διατήρησης διαφέρουν από τις παραδοσιακές δραστηριότητες συντήρησης και επισκευής: ενώ οι παραδοσιακές δραστηριότητες αφορούν στις διαπιστούμενες αστοχίες στις υποδομές, πολλές δραστηριότητες διατήρησης υλοποιούνται πριν παρουσιαστούν ή ανιχνευτούν αστοχίες. Με την εφαρμογή συγκεκριμένων θεραπειών, πριν παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα, οι δραστηριότητες διατήρησης επιβραδύνουν την φθορά και αυξάνουν την χρήσιμη ζωή των μεταφορικών υποδομών. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται, τόσο τα έξοδα του φορέα, όσο και τα κόστη των χρηστών.

Οι τεχνολογίες διατήρησης προσφέρουν την αύξηση της λειτουργικής ζωής των υποδομών με κάποιο κόστος. Η Α.Κ.Κ.Ζ. παρέχει ένα μέσο για την αξιολόγηση της οικονομικής αποτελεσματικότητας αυτών των δραστηριοτήτων, μέσω της επίδρασής τους στο συνολικό κόστος του κύκλου ζωής της υποδομής. Η μειωμένη ανάγκη για επισκευές και συντήρηση της υποδομής, δηλαδή, αντιδιαστέλλεται με το κόστος των θεραπειών διατήρησής της. Έτσι, η συζήτηση σχετικά με την αξία της διατήρησης περνάει από το ποιοτικό επίπεδο στην παράθεση εμπεριστατωμένων στοιχείων.

- Φροντίδα

Οι υπάλληλοι των φορέων διαχείρισης των υποδομών μεταφορών προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν την παρεχόμενη κινητικότητα στο Κοινό και παράλληλα να ελαχιστοποιήσουν τα κόστη του φορέα και των χρηστών. Η Α.Κ.Κ.Ζ. επιτρέπει την εύρεση της εναλλακτικής λύσης με το μικρότερο ολικό κόστος, η οποία να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της επένδυσης. Αυτό επιτρέπει τη χρησιμοποίηση των διαθέσιμων πόρων, με τρόπο που δημιουργεί το καλύτερο μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα.

Εξαιτίας του συνεχώς αυξανόμενου ενδιαφέροντος του Κοινού, αλλά και της αυξανόμενης σταδιακά γνώσης του, οι ιθύνοντες των φορέων υλοποίησης / διαχείρισης πρέπει να μπορούν να εξηγήσουν και να δικαιολογήσουν τις αποφάσεις, που έλαβαν σχετικά με την επένδυση των χρημάτων των φορολογούμενων πολιτών. Η τεκμηρίωση που σχετίζεται με την διαδικασία της Α.Κ.Κ.Ζ., μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σκοπό αυτό. Οι αποφασίζοντες των φορέων διαθέτουν έτσι ένα αρχείο με στοιχεία, από την εξέταση των διαφορετικών υποθέσεων (λύσεων) και μια επίσημη ανάλυση, που υποστηρίζει την ληφθείσα απόφαση. Αυτά τα αρχεία είναι επισκέψιμα τόσο κατά τη διάρκεια, όσο και μετά το πέρας της Α.Κ.Κ.Ζ.

Η τεκμηρίωση της Α.Κ.Κ.Ζ. βοηθά επίσης στη διάσωση της επένδυσης του φορέα σε τεχνογνωσία. Οι φορείς συχνά χάνουν σημαντικές πηγές πληροφοριών και τεχνογνωσίας, όταν το προσωπικό που απασχολούν συνταξιοδοτείται ή αλλάζει εργασία. Η δομή και η τεκμηρίωση, που σχετίζεται με την διαδικασία της Α.Κ.Κ.Ζ., παρέχει ένα μέσο για την διατήρηση αυτής της θεσμικής γνώσης. Στη συνέχεια, αυτή η γνώση είναι στη διάθεση αυτών που αποφασίζουν και των νέων εργαζομένων, για να την συμβουλευτούν.

• Συμπέρασμα

Η Α.Κ.Κ.Ζ. παρέχει σε αυτούς που αποφασίζουν ένα μέσο που προεκτείνει την εξέταση των εναλλακτικών έργων πέρα από τα αρχικά κόστη, περιλαμβάνοντας και τα μελλοντικά κόστη του φορέα και των χρηστών. Επιπρόσθετα, η τεκμηρίωση της Α.Κ.Κ.Ζ., μαζί βέβαια με την ίδια την ανάλυση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρουσιάσουν την δέσμευση του φορέα για σωστή φροντίδα και για να προσδώσουν μεγαλύτερη διαφάνεια και αποτελεσματικότητα στις σχετικές αποφάσεις του.

(ε) Παρουσίαση της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής

Όταν έχει ληφθεί μια απόφαση για την πραγματοποίηση ενός έργου, η μέθοδος της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής (Α.Κ.Κ.Ζ.) παρέχει έναν ολοκληρωμένο τρόπο για την επιλογή μεταξύ δύο ή περισσότερων εναλλακτικών λύσεων επίτευξής του.

Για να μπορεί να παράσχει η Α.Κ.Κ.Ζ. έγκυρα αποτελέσματα, η κάθε εναλλακτική λύση του έργου, που εξετάζεται, θα πρέπει να αποδίδει το ίδιο επίπεδο εξυπηρέτησης ή χρήσης για ένα συγκεκριμένο, δεδομένο όγκο κυκλοφορίας. Στην περίπτωση που οι εναλλακτικές λύσεις δίνουν διαφορετικό επίπεδο εξυπηρέτησης ή χρήσης, τότε το κατάλληλο εργαλείο για τη σύγκρισή τους είναι η Ανάλυση Ωφελειών – Κόστους και όχι η Α.Κ.Κ.Ζ.

Η χρήση της Α.Κ.Κ.Ζ. από τους αρμοδίους φορείς, επιτρέπει τη σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων ενός έργου, όχι μόνο όταν τα αρχικά κόστη διαφέρουν, αλλά και όταν τα έξοδα, που ακολουθούν τα αρχικά,

αναμένεται να εμφανιστούν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και με ποσοτικές διαφοροποιήσεις.

Τα βήματα που ακολουθεί η Α.Κ.Κ.Ζ. είναι πέντε. Η διαδοχή τους είναι τέτοια ώστε η ανάλυση, καθώς προχωρά, να στηρίζεται σε πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν σε προηγούμενα βήματα. Τα βήματα αυτά, που παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια, είναι :

1. Διαμόρφωση εναλλακτικών λύσεων σχεδιασμού
2. Χρονικός προσδιορισμός δραστηριοτήτων
3. Προσδιορισμός στοιχείων κόστους (φορέα και χρηστών)
4. Υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής
5. Ανάλυση αποτελεσμάτων

Πριν από την παρουσίαση των βημάτων της Α.Κ.Κ.Ζ., σημειώνονται τα ακόλουθα, σχετικά με την Περίοδο Ανάλυσης που υιοθετεί η Α.Κ.Κ.Ζ.

Περίοδος Ανάλυσης

Οι υποδομές μεταφορών κατασκευάζονται για να παρέχουν εξυπηρέτηση για πολλές γενιές. Κατά τη σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων σχεδιασμού, κάθε μια μπορεί να έχει διαφορετική διάρκεια λειτουργικής ζωής, η οποία είναι η περίοδος για την οποία το πάγιο θα είναι διαθέσιμο στο Κοινό προς χρήση. Η Α.Κ.Κ.Ζ. όμως, είναι αναγκαίο να χρησιμοποιεί μια κοινή χρονική περίοδο για την αποτίμηση της διαφοράς του κόστους μεταξύ αυτών των εναλλακτικών, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να μπορούν να συγκριθούν δίκαια. Αυτή η χρονική περίοδος ονομάζεται «Περίοδος Ανάλυσης». Αν επιτρεπόταν η Περίοδος Ανάλυσης να διαφοροποιείται από λύση σε λύση, τότε το αποτέλεσμα θα ήταν η σύγκριση εναλλακτικών λύσεων με διαφορετικά επίπεδα ωφελειών, πράγμα όχι κατάλληλο για την Α.Κ.Κ.Ζ.

Η Περίοδος Ανάλυσης θα πρέπει να παρουσιάζει τις διαφορές του συνολικού κόστους μεταξύ των εναλλακτικών. Συνεπώς, η Περίοδος Ανάλυσης θα πρέπει να είναι αρκετά επιμήκης, ώστε να περιλαμβάνει τα αρχικά κόστη των δραστηριοτήτων κατασκευής ή ευρείας επισκευής και τουλάχιστον μια επόμενη δραστηριότητα επισκευής για κάθε εναλλακτική λύση. Εντούτοις, δεν είναι απαραίτητο ότι κάθε εναλλακτική λύση θα έχει κατά τη διάρκεια της Περιόδου Ανάλυσης των ίδιο αριθμό δραστηριοτήτων συντήρησης ή επισκευής.

Τα βήματα που ακολουθεί η Α.Κ.Κ.Ζ. είναι, αναλυτικά, τα ακόλουθα :

- Βήμα 1^ο : Διαμόρφωση εναλλακτικών λύσεων σχεδιασμού

Η διαδικασία της Α.Κ.Κ.Ζ. αρχίζει όταν μια υποδομή έχει αποφασιστεί να κατασκευαστεί ή να βελτιωθεί και μια ομάδα από δυνατές εναλλακτικές λύσεις για την επίτευξη αυτής της κατασκευής ή βελτίωσης έχουν αναγνωριστεί. Εξετάζονται τουλάχιστον δύο αμοιβαία αποκλειόμενες επιλογές. Η οικονομική διαφοροποίηση μεταξύ των

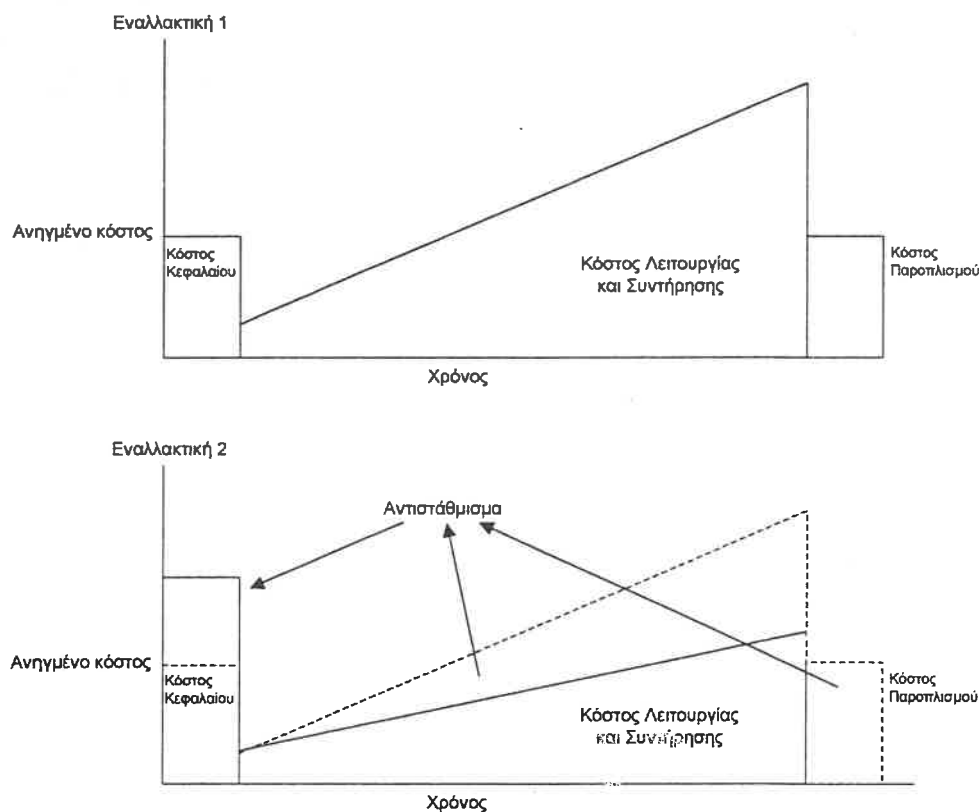
εναλλακτικών λύσεων, θεωρείται ότι προκύπτει από το (αποδίδεται στο) συνολικό κόστος καθεμιάς.

Ο προσδιορισμός των εναλλακτικών λύσεων είναι η αρχική εργασία που πρέπει να υλοποιηθεί στο πλαίσιο της Α.Κ.Κ.Ζ. Στόχος της εργασίας αυτής είναι να προσδιοριστούν λύσεις, που οδηγούν σε διαφοροποίηση των στοιχείων υλοποίησης της υποδομής, από τις οποίες να προκύπτει διαφοροποίηση των στοιχείων κόστους της υποδομής στο σύνολο της διάρκειας ζωής της. Τα στοιχεία του κόστους αυτού για το φορέα υλοποίησης & διαχείρισης της υποδομής είναι :

- το κόστος κατασκευής (κόστος κεφαλαίου)
- το κόστος συντήρησης & λειτουργίας και
- το κόστος παροπλισμού.

Και τα τρία αυτά κόστη είναι σημαντικά και μάλιστα αλληλοσυνδέονται. Θεωρητικά είναι δυνατόν να μικρύνουν τα δύο τελευταία με ταυτόχρονη αύξηση του (των προηγούμενου (-ων)). Δηλαδή, είναι π.χ. δυνατόν, με μεγαλύτερο κόστος κατασκευής να έχουμε μικρότερο κόστος λειτουργίας και συντήρησης ή με μεγαλύτερο κόστος κατασκευής να έχουμε μικρότερο κόστος παροπλισμού.

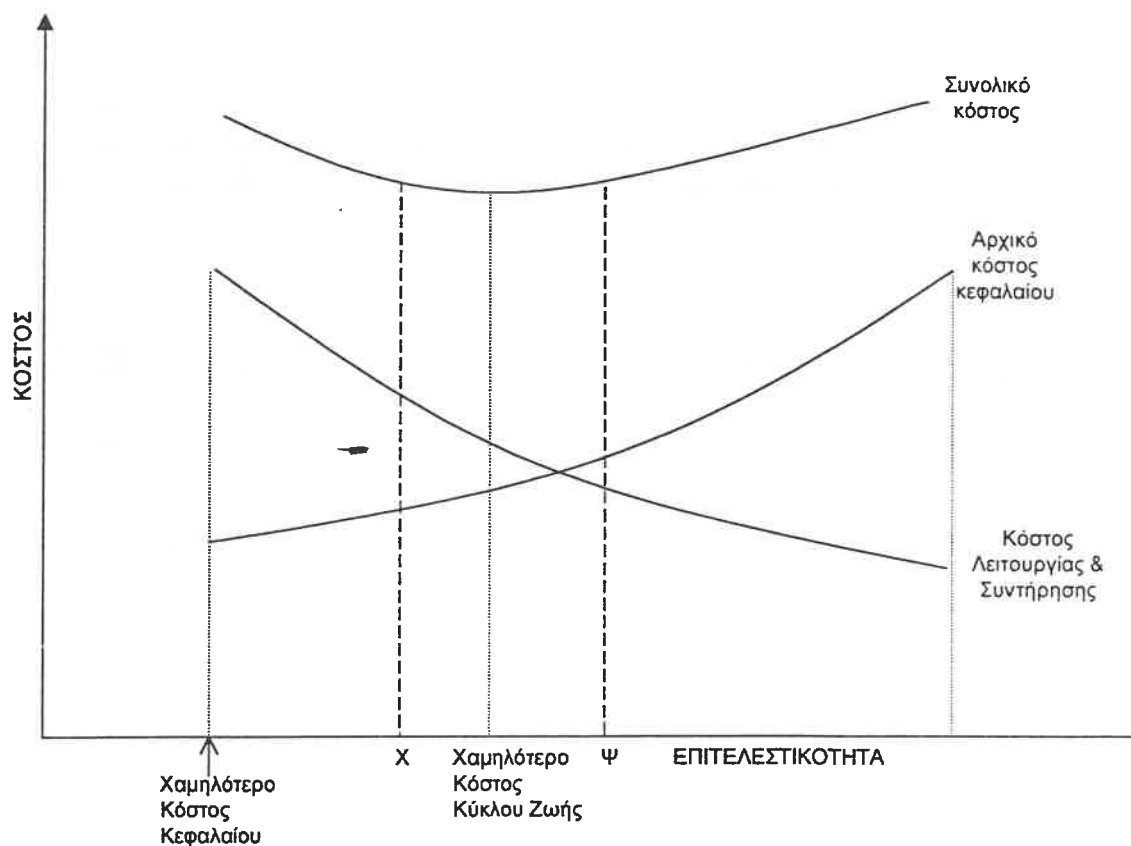
Στο Σχήμα 2.4 παρουσιάζονται δύο θεωρητικές εναλλακτικές λύσεις που δείχνουν τις σχέσεις των στοιχείων Κόστους Κύκλου Ζωής (Κ.Κ.Ζ.).



Σχήμα 2.4 : Σχέση μεταξύ των στοιχείων κόστους κύκλου ζωής εναλλακτικών λύσεων

Η βελτιστοποίηση του Κ.Κ.Ζ. μια υποδομής (με μεταβλητές τα κόστη κατασκευής και συντήρησης – λειτουργίας) παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.5. Καθώς το κόστος κατασκευής μειώνεται, το κόστος συντήρησης – λειτουργίας αυξάνει. Το συνολικό κόστος κατασκευής και συντήρησης – λειτουργίας ακολουθεί την τρίτη καμπύλη, η οποία παρουσιάζει ένα ελάχιστο (στο χαμηλότερο σημείο της).

Στην περιοχή μεταξύ των σημείων Χ και Ψ, υπάρχει ένας αριθμός εναλλακτικών λύσεων που μπορούν να θεωρηθούν ότι οδηγούν στο χαμηλότερο Κ.Κ.Ζ. της υποδομής. Η επιλογή μιας εξ αυτών γίνεται με βάση άλλα κριτήρια εκτός του Κ.Κ.Ζ.



Σχήμα 2.5 : Κόστος κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου (Επίπεδο Κ.τ.Ε)

Με βάση θεωρήσεις όπως οι παραπάνω, προσδιορίζονται οι (τουλάχιστον δύο) εναλλακτικές λύσεις που θα εξεταστούν. Στη συνέχεια υπολογίζονται τα επιμέρους κόστη στα οποία οδηγεί η κάθε εναλλακτική λύση ως ακολούθως :

Προσδιορίζονται λεπτομερώς οι συνιστώσες δραστηριότητες για την υλοποίηση της κάθε εναλλακτικής λύσης και ορίζεται η Περίοδος Ανάλυσης. Κάθε εναλλακτική λύση ορίζεται από τις δραστηριότητες του φορέα που είναι απαραίτητες για την κατασκευή και τη συντήρησή της. Οι δραστηριότητες της κατασκευής της υποδομής αποτελούν μόνο τις αρχικές από αυτές τις δραστηριότητες, αφού απαιτούνται επιπλέον περιοδική συντήρηση και επακόλουθες επισκευές για να μπορεί μια εναλλακτική λύση να παρέχει το συγκεκριμένο επιθυμητό επίπεδο

επίδοσης κατά τη διάρκεια της ζωής της. Οι διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού (κατασκευής) της υποδομής αναμένεται να απαιτούν και διαφορετικές δραστηριότητες συντήρησης. Συνήθως, η αναγνώριση των δραστηριοτήτων συντήρησης και επισκευής, που θα απαιτηθούν στο μέλλον, βασίζεται σε ιστορικά στοιχεία, έρευνες αλλά και στην πολιτική του φορέα.

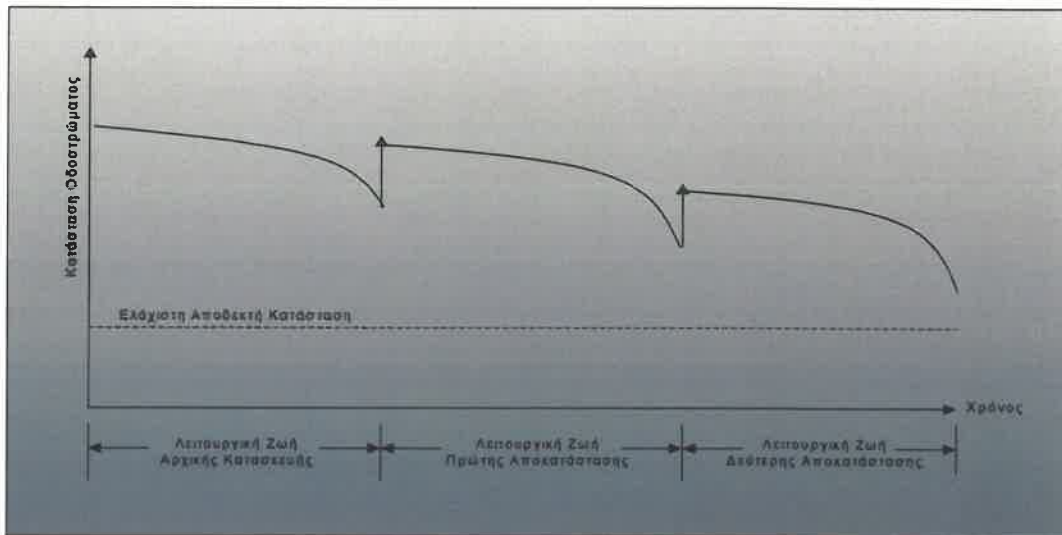
Πολύ βασικής σημασίας σε αυτό το πρώτο βήμα είναι ο καθορισμός της Περιόδου Ανάλυσης, του κοινού δηλαδή χρονικού ορίζοντα κατά τη διάρκεια του οποίου θα αξιολογηθούν τα αρχικά και τα μελλοντικά κόστη των εξεταζόμενων εναλλακτικών λύσεων. Γενικά, η Περίοδος Ανάλυσης θα πρέπει να είναι αρκετά επιμήκης, έτσι ώστε να περιλαμβάνει τουλάχιστον μία ευρεία δραστηριότητα επισκευής για κάθε εξεταζόμενη εναλλακτική λύση.

- Βήμα 2^ο : Χρονικός προσδιορισμός δραστηριοτήτων

Μετά την αναγνώριση των συνιστωσών δραστηριοτήτων κάθε εναλλακτικής λύσης, καταστρώνεται για κάθε μία από αυτές το πλάνο των συντηρήσεων και των επισκευών. Το πλάνο αυτό καταλήγει σε ένα χρονοδιάγραμμα, που καθορίζει πότε θα λάβουν χώρα οι μελλοντικές δραστηριότητες συντήρησης και επισκευής, πότε θα ξοδευτούν οι χρηματικοί πόροι του φορέα και πότε και για πόσο χρονικό διάστημα ο φορέας θα πρέπει να έχει ζώνες εργασιών.

Όταν πρωτοκατασκευάζεται μία υποδομή μεταφορών, η κατάστασή της είναι πολύ καλή και έχει άψογη λειτουργικότητα, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της υλοποίησής της. Η χρήση, ο χρόνος, ο καιρός και άλλοι παράγοντες της προκαλούν σταδιακή φθορά, με αποτέλεσμα το επίπεδο επιδόσεων που παρέχει να μειώνεται. Η περιοδική συντήρηση και οι δραστηριότητες επισκευής σταματούν αυτή τη φθορά και βελτιώνουν την κατάσταση της υποδομής, έτσι ώστε αυτή να διατηρεί ικανοποιητικά επίπεδα συνθηκών, επιδόσεων και ασφάλειας. Κάθε φορέας διαχείρισης αποφασίζει πότε θα προβεί σε αυτές τις δραστηριότητες, βασιζόμενος συνήθως στο επιθυμητό επίπεδο εξυπηρετικότητας της υποδομής.

Το σχήμα 2.6 παρουσιάζει τον κύκλο της κατασκευής, φθοράς και επισκευής μιας τυπικής υποδομής μεταφορών (ενός οδοστρώματος). Καθώς η κατάσταση της υποδομής πλησιάζει την ελάχιστη από το φορέα αποδεκτή κατάσταση, οργανώνονται οι δραστηριότητες επισκευής. Ο ρυθμός φθοράς, όπως αυτός επηρεάζεται από τις πρακτικές διατήρησης των οδοστρωμάτων, καθορίζει το χρονοδιάγραμμα των μελλοντικών δραστηριοτήτων. Οι αρχικές δραστηριότητες λαβαίνουν χώρα στην αρχή της περιόδου ανάλυσης και οι μελλοντικές επιδεικνύονται στο χρόνο που προβλέπεται ότι θα συμβούν.



Σχήμα 2.6 : Παράδειγμα Χρόνου Ζωής Εναλλακτικής Λύσης Σχεδιασμού

Η Α.Κ.Κ.Ζ. απαιτεί την ύπαρξη προβλέψεων σχετικά με τη σειρά των μελλοντικών δραστηριοτήτων συντήρησης και επισκευής για κάθε εναλλακτική λύση σχεδιασμού (κατασκευής ή βελτίωσης) και μάλιστα κατά το δυνατόν ακριβέστερων, διότι τα κόστη, που σχετίζονται με τις δραστηριότητες αυτές, αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό του συνολικού κόστους του όλου έργου. Ο χρονικός προγραμματισμός των δραστηριοτήτων συντήρησης / επισκευής θα πρέπει να βασιστεί σε υπάρχοντα αρχεία απόδοσης, όπως αυτά που είναι διαθέσιμα από τα συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων ή γεφυρών. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να εμπλουτιστούν με ευρήματα από εξωτερικές έρευνες, καθώς και με σχετικά στοιχεία από τοπικές, περιφερειακές και εθνικές πηγές. Όταν υπάρχει έλλειψη ή ακαταλληλότητα πραγματικών στοιχείων, τότε η κρίση εμπειρών μηχανικών μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμη.

• Βήμα 3ο: Προσδιορισμός στοιχείων κόστους

Τα κόστη που εξετάζονται στην Α.Κ.Κ.Ζ. περιλαμβάνουν αυτά που προκαλούνται, τόσο στους φορείς υλοποίησης / διαχείρισης της υποδομής, όσο και στους χρήστες της, ως αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων κατασκευής και συντήρησης που διενεργούν οι φορείς.

Η Α.Κ.Κ.Ζ. δεν απαιτεί να υπολογίζονται όλα τα κόστη που σχετίζονται με κάθε εναλλακτική λύση. Μόνο τα κόστη που παρουσιάζουν τη διαφοροποίηση μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων χρειάζεται να εξεταστούν. Αυτός ο διαχωρισμός έχει μεγάλη σημασία, διότι μπορεί να απλοποιήσει σημαντικά την ανάλυση και τις απαιτήσεις σε στοιχεία.

Στην περίπτωση του κόστους του φορέα, αυτό σημαίνει, για παράδειγμα, ότι πρέπει να συμπεριληφθούν και οι δραστηριότητες επισκευής, αλλά τα κόστη που είναι κοινά σε όλες τις εναλλακτικές λύσεις (π.χ. κόστος απόκτησης γης) μπορούν να αφαιρεθούν από την ανάλυση.

Αν και το κόστος των χρηστών μπορεί να διαφέρει μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων κατά το σύνολο της περιόδου ανάλυσης, οι σημαντικές διαφορές που έχουν σημασία για την διαδικασία της Α.Κ.Κ.Ζ. συνήθως σχετίζονται με τις δράσεις του φορέα, που απαιτούν δημιουργία ζωνών εργασίας πάνω στην υποδομή.

Κατά των προσδιορισμό των μελλοντικών κοστών για μια Α.Κ.Κ.Ζ., είναι απαραίτητο και σωστό να μετατρέπονται τα κόστη αυτά σε σταθερές χρηματικές μονάδες. Με τον όρο σταθερές χρηματικές μονάδες εννοούνται χρηματικές μονάδες (π.χ. ευρώ) που δεν εμπεριέχουν κάποια συνιστώσα που σχετίζεται με τον πληθωρισμό. Για παράδειγμα, τα ίδια μοναδιαία κόστη υλικών και εργασίας, με τα οποία κοστολογήθηκε μια δραστηριότητα στο έτος βάσης μιας ανάλυσης, πρέπει να χρησιμοποιηθούν και στα μελλοντικά χρόνια της ανάλυσης.

Κόστη του φορέα υλοποίησης / διαχείρισης

Πολύ βασικός για μια Α.Κ.Κ.Ζ. είναι ο προσδιορισμός των διαφόρων στοιχείων κόστους του φορέα, που σχετίζονται με την αρχική κατασκευή και με τις δραστηριότητες συντήρησης και επισκευής της υποδομής. Τα κόστη κατασκευής αναφέρονται στην περίοδο μέχρι να τεθεί σε λειτουργία η υποδομή. Στοιχεία για τα κόστη κατασκευής μπορούν να αντληθούν από ιστορικά αρχεία, τρέχουσες προσφορές και την κρίση των μηχανικών (ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται νέα υλικά ή νέες τεχνικές).

Με παρόμοιο τρόπο προσδιορίζονται και τα κόστη που αναφέρονται στις δραστηριότητες συντήρησης και επισκευής της υποδομής, οι οποίες στοχεύουν στην διατήρησή της πάνω από ένα προκαθορισμένο επίπεδο φυσικής κατάστασης, επίδοσης και στάθμης ασφάλειας. Στα κόστη αυτά περιλαμβάνονται οι προληπτικές δραστηριότητες, που στοχεύουν στην επιμήκυνση της ζωής της υποδομής, η καθημερινή τακτική συντήρηση, που αντιμετωπίζει θέματα ασφάλειας και λειτουργικότητας και οι δραστηριότητες επισκευής ή επιδιόρθωσης.

Ένα άλλο ζήτημα, που επηρεάζει αφαιρετικά τα ολικά κόστη του φορέα σε κάθε περίπτωση εναλλακτικής λύσης σχεδιασμού, είναι η αξία της υποδομής στο τέλος της Περιόδου Ανάλυσης.

Ένα είδος τελικής αξίας είναι η «Υπολειπόμενη Αξία» της υποδομής, δηλαδή η καθαρή αξία που μπορεί να προκύψει από την ανακύκλωση των υλικών στο τέλος της ζωής της υποδομής.

Ένα δεύτερο είδος τελικής αξίας είναι η «Υπολειπόμενη Λειτουργική Ζωή» της υποδομής, δηλαδή η υπολειπόμενη αξία μιας βελτίωσης (επισκευής) όταν η λειτουργική ζωή της υποδομής εκτείνεται και μετά το πέρας της Περιόδου Ανάλυσης. Η Υπολειπόμενη Λειτουργική Ζωή μπορεί να διαφοροποιείται σημαντικά, μεταξύ διαφορετικών εναλλακτικών λύσεων και πρέπει οπωσδήποτε να περιλαμβάνεται σε μια Α.Κ.Κ.Ζ. Συνήθως υπολογίζεται ως ποσοστό του κόστους κατασκευής και συντήρησης της υποδομής.

Σημειώνεται ότι η βασική διαφορά αξίας της "Υπολειπόμενης Λειτουργικής Ζωής" μιας υποδομής από την "Υπολειπόμενη Αξία" της

είναι ότι η πρώτη υπάρχει όταν η υποδομή συνεχιζει να λειτουργεί μετά την Περίοδο Ανάλυσης, ενώ η δεύτερη υπάρχει όταν η υποδομή σταματά να λειτουργεί και καταστρέφεται και ανακυκλώνεται. Δηλαδή, όταν υπάρχει η μία από τις δύο αυτές αξίες, δεν μπορεί να υπάρχει και η άλλη.

Κόστη των χρηστών

Η σωστότερη εφαρμογή της Α.Κ.Κ.Ζ. απαιτεί τη συμπερίληψη, τόσο των στοιχείων κόστους του φορέα, που περιγράφηκαν στα προηγούμενα, όσο και του κόστους που δημιουργείται στο ταξιδιωτικό Κοινό (στους χρήστες της υποδομής).

Στην Α.Κ.Κ.Ζ. τα πρωταρχικού ενδιαφέροντος κόστη των χρηστών είναι : το λειτουργικό κόστος των οχημάτων, το κόστος του χρόνου ταξιδιού, και το κόστος των ατυχημάτων.

Αυτά τα κόστη των χρηστών συνήθως δημιουργούνται από το χρονικό προγραμματισμό, την έκταση και τον αριθμό των ζωνών εργασίας, που δημιουργούνται για να διευκολύνουν τις εργασίες κατασκευής και συντήρησης κάθε εναλλακτικής λύσης.

Επειδή συνήθως οι ζώνες εργασίας περιορίζουν την κανονική χωρητικότητα της υποδομής και μειώνουν την κυκλοφοριακή ροή, τα κόστη των χρηστών από αυτές δημιουργούνται εξαιτίας αλλαγών στην ταχύτητα, στάσεων, καθυστερήσεων, παρακάμψεων και τυχαίων περιστατικών. Αν και κατά την κανονική λειτουργία της υποδομής υπάρχουν κόστη των χρηστών, αυτά είναι συνήθως παρόμοια μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων και μπορούν να αφαιρεθούν από την ανάλυση.

Η ενσωμάτωση του κόστους των χρηστών στην Α.Κ.Κ.Ζ. αυξάνει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων, αλλά παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες και προβλήματα, όπως θα φανεί αργότερα.

• Βήμα 4^ο: Υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής

Με τα προηγούμενα βήματα καθορίστηκαν οι εναλλακτικές λύσεις, και υπολογίστηκαν τα αντίστοιχα κόστη, που αυτές επιφέρουν στο φορέα και στους χρήστες, καθώς και ο χρόνος στον οποίο θα συμβούν τα κόστη αυτά. Στο σημείο αυτό, ο στόχος είναι να υπολογιστεί το συνολικό κόστος του κύκλου ζωής για κάθε μια εναλλακτική λύση, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει άμεσα η σύγκρισή μεταξύ τους.

Εντούτοις, επειδή τα χρήματα, που ξοδεύονται σε διαφορετικό χρόνο, έχουν και διαφορετικές παρούσες αξίες, τα προβλεφθέντα κόστη των δραστηριοτήτων των εναλλακτικών λύσεων δεν μπορούν απλά να αθροιστούν μεταξύ τους και να δώσουν έτσι το συνολικό κόστος κύκλου ζωής της κάθε εναλλακτικής λύσης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οικονομικές μέθοδοι, που μετατρέπουν τα μελλοντικά στοιχεία κόστους σε παρούσες χρηματικές αξίες, έτσι ώστε τα συνολικά κόστη του χρόνου ζωής των διαφόρων εναλλακτικών λύσεων να μπορούν να αθροιστούν και άμεσα να συγκριθούν.

Τεχνική οικονομικής ανάλυσης

Πολύ σημαντική για την κατανόηση της Α.Κ.Κ.Ζ. είναι η έννοια της χρονικής αξίας του χρήματος. Ένα ορισμένο ποσό χρημάτων που λαμβάνεται σήμερα έχει μεγαλύτερη αξία από το ίδιο ποσό αν λαμβανόταν σε μια μελλοντική ημερομηνία. Ένας τρόπος για να κατανοήσει κανείς την έννοια αυτή είναι η σκέψη ότι τα χρήματα που λαμβάνονται σήμερα μπορούν αμέσως να επενδυθούν και να αρχίσουν να κερδίζουν τόκους. Η χρονική αξία του χρήματος είναι σημαντική στην Α.Κ.Κ.Ζ., διότι τα κόστη που περιλαμβάνονται στην ανάλυση δημιουργούνται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

Για την ακρίβεια της Α.Κ.Κ.Ζ., τα κόστη που λαμβάνουν χώρα σε διαφορετικούς χρόνους πρέπει να μετατραπούν σε αξίες σε μια κοινή χρονική στιγμή. Για την υλοποίηση αυτή της «αναγωγής» υπάρχουν πολλές τεχνικές. Η ευρύτερα εφαρμοζόμενη προσεγγίσεις είναι αυτές της «παρούσας αξίας» και του «αντίστοιχου ομοιόμορφου ετήσιου κόστους». Και οι δύο αυτές μέθοδοι είναι κατάλληλες για την Α.Κ.Κ.Ζ. Η προσέγγιση της παρούσας αξίας φέρνει τα αρχικά και τα μελλοντικά χρηματικά κόστη σε ένα συγκεκριμένο σημείο στο χρόνο, συνήθως στο παρόν ή στο χρόνο της πρώτης δαπάνης.

Υπολογιστική προσέγγιση

Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις για την προετοιμασία μιας Α.Κ.Κ.Ζ. : η ντετερμινιστική και η πιθανοτική. Οι μέθοδοι διαφέρουν στον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζουν την ποικιλία και την αβεβαιότητα, που σχετίζονται με τις παραμέτρους εισροών (δεδομένων), όπως το κόστος μιας δραστηριότητας, ο χρόνος της δραστηριότητας και το επιτόκιο αναγωγής.

ο Ντετερμινιστική προσέγγιση

Η ντετερμινιστική προσέγγιση προσδίδει σε κάθε μια μεταβλητή των δεδομένων της Α.Κ.Κ.Ζ. μια σταθερή, διακριτή τιμή. Ο αναλυτής προσδιορίζει την πιο πιθανή τιμή για κάθε παράμετρο. Ο προσδιορισμός αυτός συνήθως βασίζεται σε ιστορικές αποδείξεις ή στην επαγγελματική του κρίση. Όλες μαζί αυτές οι παράμετροι χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό μιας πρόβλεψης κύκλου ζωής.

Παραδοσιακά, οι εφαρμογές της Α.Κ.Κ.Ζ. είναι συνήθως ντετερμινιστικές. Ένας ντετερμινιστικός υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής είναι άμεσος και μπορεί να πραγματοποιηθεί πολύ εύκολα με ένα υπολογιστή χειρός ή ένα λογιστικό φύλλο. Εντούτοις, δεν μπορεί να μεταδώσει το βαθμό της αβεβαιότητας, που σχετίζεται με την πρόβλεψη της παρούσας αξίας.

Τα αποτελέσματα της ντετερμινιστικής ανάλυσης μπορούν να βελτιωθούν, μέσω της χρήσης μιας τεχνικής που ονομάζεται «ανάλυση ευαισθησίας». Αυτή η τεχνική περιλαμβάνει :

- τη μεταβολή κάθε φορά μιας παραμέτρου (δεδομένων), όπως το επιτόκιο αναγωγής ή το αρχικό κόστος, μέσα στο εύρος των πιθανών τιμών της, κρατώντας σταθερές όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους και
- τον, συναρτήσει των μεταβολών αυτών, προσδιορισμό μιας σειράς από παρούσες αξίες (οι οποίες αποτελούν τις παραμέτρους αποτελεσμάτων).

Κάθε παρούσα αξία που προκύπτει, σύμφωνα με τα παραπάνω, θα αντικατοπτρίζει την επιρροή της μεταβολής της παραμέτρου. Με τον τρόπο αυτό, δηλαδή μεταβάλλοντας κάθε φορά και άλλη παράμετρο, μπορούν οι παράμετροι να καταταχθούν σύμφωνα με το μέγεθος της επίδρασής τους στα τελικά αποτελέσματα. Αυτή η πληροφορία είναι σημαντική για τους λήπτες αποφάσεων, που θέλουν να κατανοήσουν τη διαφοροποίηση που σχετίζεται με τις εναλλακτικές επιλογές. Επιτρέπει επίσης στο φορέα να αναγνωρίσει τις παραμέτρους εισροών (δεδομένων) ή τους οικονομικούς παράγοντες, που χρήζουν ειδικής προσοχής, όσον αφορά στη διαδικασία προσδιορισμού τους.

Η ντετερμινιστική ανάλυση ευαισθησίας δεν ενδείκνυται για τον προσδιορισμό της επιρροής που θα είχε μια ταυτόχρονη αλλαγή πολλών παραμέτρων εισροών σε ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα κόστους κύκλου ζωής. Επιπρόσθετα, δεν παρέχει καμία πληροφορία σχετικά με την πιθανότητα πραγματικής ύπαρξης μιας επιλεγμένης τιμής μια παραμέτρου. Συνεπώς, η ντετερμινιστική προσέγγιση της Α.Κ.Κ.Ζ. παρέχει μεν σημαντικές περισσότερες πληροφορίες για την οικονομική σκοπιμότητα ενός έργου από ό,τι τα αρχικά μόνο κόστη, αλλά δεν μπορεί να προσφέρει στους λήπτες των αποφάσεων μια ολοκληρωμένη εικόνα των αναμενόμενων τιμών της παρούσας αξίας του συνολικού κόστους κύκλου ζωής της υποδομής.

ο Πιθανοτική προσέγγιση

Με την ντετερμινιστική Α.Κ.Κ.Ζ., προσδίδονται διακριτές τιμές σε κάθε μία από της παραμέτρους. Αντίθετα, η πιθανοτική Α.Κ.Κ.Ζ. επιτρέπει στις τιμές των παραμέτρων της ανάλυσης να οριστούν από μια συχνότητα κατανομής (πιθανότητα).

Ο τρόπος εφαρμογής της έχει ως εξής : Για μια συγκεκριμένη εναλλακτική λύση ενός έργου, αναγνωρίζονται οι αβέβαιες παράμετροι εισροών. Στη συνέχεια, για κάθε αβέβαιη παράμετρο δημιουργείται μια δοκιμαστική κατανομή πιθανών τιμών. Ένα πρόγραμμα προσομοίωσης επιλέγει τυχαία τιμές από την πιθανοτική περιγραφή κάθε παραμέτρου εισροών και χρησιμοποιεί αυτές τις τιμές για τον υπολογισμό μίας και μοναδικής πρόβλεψης της τιμής της παραμέτρου. Αυτή η διαδικασία δοκιμών λαμβάνει χώρα μέσω χιλιάδων επαναλήψεων.

Από την επαναληπτική αυτή διαδικασία δημιουργείται μια ολόκληρη πιθανοτική κατανομή των τιμών της μεταβλητής και στη συνέχεια για την παρούσα αξία του συνολικού Κόστους Κύκλου Ζωής για την εναλλακτική λύση του έργου που εξετάζεται, μαζί με τον μέσο ή τον μέσο όρο της παρούσας αξίας για τη λύση. Η πιθανοτική κατανομή παρούσας αξίας που έχει δημιουργηθεί μπορεί στη συνέχεια να συγκριθεί με τις αντίστοιχες των άλλων εναλλακτικών λύσεων. Ο

προσδιορισμός πλέον της οικονομικότερης επιλογής για την υλοποίηση του έργου έχει γίνει για οποιοδήποτε επίπεδο κινδύνου (ρίσκου).

Η πιθανοτική Α.Κ.Κ.Ζ. αντιμετωπίζει την αβεβαιότητα και τη διαφοροποίηση που παρουσιάζουν οι παράμετροι εισροών σε μελλοντικούς χρόνους. Επιτρέπει επίσης τον ταυτόχρονο υπολογισμό διαφορετικών υποθέσεων για πολλές διαφορετικές παραμέτρους και εκφράζει την πιθανότητα μια συγκεκριμένη πρόβλεψη κόστους κύκλου ζωής να συμβεί πραγματικά.

Από την οπτική γωνία των περισσότερων φορέων διαχείρισης υποδομών μεταφορών, η εφαρμογή της πιθανοτικής Α.Κ.Κ.Ζ. είναι σχετικά καινούρια. Η πιθανοτική Α.Κ.Κ.Ζ. έχει γίνει εφαρμόσιμη χάρη στη σημαντικότερη αύξηση της ικανότητας των επεξεργαστών των Η/Υ τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Η προσομοίωση και η ανάλυση ταυτόχρονων αλλαγών στις παραμέτρους εισροών της Α.Κ.Κ.Ζ. μπορεί πλέον να επιτευχθεί εύκολα και γρήγορα.

• Βήμα 5^ο : Ανάλυση αποτελεσμάτων

Το πέμπτο βήμα της Α.Κ.Κ.Ζ. περιλαμβάνει την ανάλυση και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της. Με υπολογισμένα τα ντετερμινιστικά ή πιθανοτικά κόστη κύκλου ζωής μπορεί να γίνει πλέον η σύγκριση της παρούσας αξίας των διαφορικών κοστών μεταξύ ανταγωνιστικών εναλλακτικών λύσεων. —

Εξαιτίας του γεγονότος ότι το αποτέλεσμα της ντετερμινιστικής προσέγγισης αποτελεί μία και μοναδική τιμή παρούσας αξίας για κάθε εναλλακτική λύση, ενώ της πιθανοτικής προσέγγισης μια κατανομή από αποτελέσματα παρούσας αξίας, οι διαδικασίες που ακολουθούνται για την ανάλυση των αποτελεσμάτων είναι διαφορετικές.

Αν και η βέλτιστη εφαρμογή της Α.Κ.Κ.Ζ. εξετάζει τα κόστη, τόσο του φορέα, όσο και των χρηστών, στην πραγματικότητα πολλοί αναλυτές είναι διστακτικοί στο να προσδώσουν στα κόστη των χρηστών τον ίδιο βαθμό εγκυρότητας, που προσδίδουν στα κόστη του φορέα. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι εναλλακτικές λύσεις να συγκρίνονται κυρίως με βάση τα κόστη του φορέα. Τα κόστη των χρηστών μπορούν να συγκριθούν για να εξεταστεί αν κάποια εναλλακτική λύση έχει δυσανάλογα υψηλή ή χαμηλή επιρροή στους χρήστες σε σχέση με τις υπόλοιπες. Αν η εναλλακτική λύση με το χαμηλότερο κόστος φορέα έχει ταυτόχρονα μια δυσανάλογα μεγάλη επιρροή στο κόστος των χρηστών, ο αναλυτής μπορεί να χρησιμοποιήσει την πληροφορία αυτή για να επανεξετάσει την εναλλακτική για να μειώσει το κόστος των χρηστών ή να προτείνει μια άλλη εναλλακτική λύση με κάπως υψηλότερα κόστη φορέα, αλλά με αρκετά χαμηλότερα κόστη για τους χρήστες, απ'ότι η προηγούμενη.

Ανάλυση αποτελεσμάτων της ντετερμινιστικής Α.Κ.Κ.Ζ.

Η βασικότερη ανάλυση μιας ντετερμινιστικής Α.Κ.Κ.Ζ. είναι η σύγκριση της παρούσας αξίας των στοιχείων κόστους του φορέα και των χρηστών μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων. Η σύγκριση αυτή, βέβαια,

δεν αντιμετωπίζει πάντα την αβεβαιότητα που ενυπάρχει στα αποτελέσματα αυτά.

Όπως προαναφέρθηκε, η εφαρμογή της ανάλυσης ευαισθησίας μπορεί να αποκαλύψει πού τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι πιθανόν να υπόκεινται σε αβεβαιότητα.

Η ντετερμινιστική ανάλυση ευαισθησίας είναι χρήσιμη για τον προσδιορισμό του «πιθανότερου» σεναρίου στο οποίο οι επιλεγμένες τιμές εισροών είναι πιθανότερο να συμβούν (βασισμένη σε αντικειμενικά στοιχεία ή την γνώμη των ειδικών). Στην ιδανική περίπτωση η «καλύτερη» εναλλακτική λύση θα παρουσιάζει την χαμηλότερη παρούσα αξία στο πιθανότερο σενάριο από αυτά που διερευνούνται.

Ανάλυση αποτελεσμάτων της πιθανοτικής Α.Κ.Κ.Ζ.

Η πιθανοτική Α.Κ.Κ.Ζ. επιχειρεί να μοντελοποιήσει και να αποδώσει το πλήρες εύρος των πιθανών αποτελεσμάτων παρούσας αξίας. Επίσης δείχνει την προβλεπόμενη πιθανότητα κάποιου αποτελέσματος να συμβεί πραγματικά. Ο αναλυτής είναι σε θέση να διατάξει τις πληροφορίες αυτές έτσι ώστε η πιθανά ενυπάρχουσα αβεβαιότητα κάθε έργου να αντικατοπτρίζεται στα αποτελέσματα εκροής της παρούσας αξίας. Η ανάλυση αυτή παρέχει επίσης σημαντικές στατιστικές πληροφορίες, χρήσιμες για τους λήπτες των αποφάσεων.

Όπως και με τη ντετερμινιστική Α.Κ.Κ.Ζ., η πιθανοτική Α.Κ.Κ.Ζ. μπορεί να βελτιωθεί με την ενσωμάτωση, στην όλη διαδικασία, της ανάλυσης ευαισθησίας. Η ανάλυση ευαισθησίας θα υποδείξει τις μεταβλητές που επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα της Α.Κ.Κ.Ζ.

Κατά την ερμηνεία της πιθανοτικής Α.Κ.Κ.Ζ., οι λήπτες των αποφάσεων πρέπει να ορίσουν το επίπεδο ρίσκου με το οποίο αισθάνονται άνετα. Για παράδειγμα, αυτοί που έχουν μικρή ανοχή στο ρίσκο προτιμούν μικρότερη διαφοροποίηση στα αποτελέσματα, η οποία μπορεί να επηρεάσει την επιλογή τους μεταξύ των διαφορετικών λύσεων. Στην περίπτωση αυτή, οι λήπτες των αποφάσεων μπορούν να επιλέξουν μια εναλλακτική λύση με κάπως υψηλότερη παρούσα αξία, αλλά με πολύ μικρότερο ρίσκο υπέρβασης του κόστους.

Επαναξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων

Η Α.Κ.Κ.Ζ. τελειώνει με μια επανεξέταση των ευρημάτων για τον προσδιορισμό τυχόντων ρυθμίσεων ή μετατροπών, που μπορεί να χρειάζονται οι εναλλακτικές λύσεις που έχουν προταθεί, πριν την επικύρωση της τελικής επιλογής. Η ανασκόπηση αυτή μπορεί να περιλαμβάνει αλλαγές στο σχεδιασμό, ανανεωμένα κριτήρια για τις ζώνες εργασίας όσον αφορά τους αναδόχους, ή βελτιωμένα κυκλοφοριακά σχέδια για την μείωση του υψηλού κόστους των χρηστών κλπ.

(στ) Σημαντικά θέματα της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής (Α.Κ.Κ.Ζ.)
μια υποδομής

Η Α.Κ.Κ.Ζ. συνιστά μια κατανοητή μεθοδολογία για την υποστήριξη μιας απόφασης επιλογής. Είναι αρκετά απλή, τόσο στην κατανόηση, όσο και την εφαρμογή της και τα αποτελέσματά της είναι πράγματι χρήσιμα στους λήπτες των αποφάσεων.

Παρόλα αυτά, δεν έχει γίνει ακόμα ένα καθημερινό εργαλείο ανάλυσης για τη λήψη αποφάσεων για έργα μεταφορών. Αυτό οφείλεται εν μέρει στην έλλειψη κατανόησης της χρησιμότητάς της στην υποστήριξη των σχετικών αποφάσεων. Οφείλεται όμως επίσης στην πίστη ότι υπάρχουν δυσκολίες για την κατάλληλη εφαρμογή της.

Στα παρακάτω παρουσιάζονται μερικά θέματα που αντιμετωπίζουν οι φορείς που επιλέγουν να ενσωματώσουν την Α.Κ.Κ.Ζ. στη διαδικασία λήψης των αποφάσεών τους.

- Απαιτήσεις στοιχείων από το φορέα

Η Α.Κ.Κ.Ζ. είναι ιδιαίτερα απαιτητική σε στοιχεία, και η αξία της, όπως και σε κάθε άλλη περίπτωση ποσοτικής τεχνικής ανάλυσης, εξαρτάται από την ποιότητα των στοιχείων εισροής.

Διάφοροι φορείς, που ασχολούνται με τις μεταφορές στο εξωτερικό, συγκεντρώνουν στοιχεία για το αρχείο των παγίων τους και την κατάστασή τους εδώ και χρόνια. Παρόλα αυτά, τα δεδομένα που απαιτεί η Α.Κ.Κ.Ζ. (π.χ. μακροπρόθεσμα στοιχεία συντήρησης) συνήθως δεν είναι άμεσα διαθέσιμα από τα συστήματα πληροφοριών των φορέων και πρέπει να εξαχθούν από πολλαπλές πηγές στοιχείων. Με εξαίρεση την περίπτωση, όπου η συλλογή και αποθήκευση στοιχείων έχει σχεδιαστεί ειδικά για την υποστήριξη μιας Α.Κ.Κ.Ζ., είναι απίθανο οι υπάρχουσες πηγές στοιχείων να ταιριάζουν ακριβώς στις ανάγκες της Α.Κ.Κ.Ζ., χωρίς επιπλέον επεξεργασία.

Όμως, η τεχνολογική επανάσταση των τελευταίων δύο δεκαετιών έχει επιτρέψει τη δημιουργία πολλών αυτοματοποιημένων συστημάτων διαχείρισης στοιχείων. Οι φορείς που έχουν επενδύσει σε τέτοια συστήματα, είτε αυτά είναι συστήματα πληροφόρησης έργου, είτε συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων ή γεφυρών, συχνά έχουν πρόσβαση σε κόστη φορέα ή σε στοιχεία λειτουργικής ζωής. Παραταύτα, οι φορείς αυτοί συνειδητοποιούν κατά τη διαμόρφωση των εισροών μιας Α.Κ.Κ.Ζ., πως το πρόβλημα δεν έγκειται στην εύρεση αρκετών στοιχείων εισροής, αλλά μάλλον στην χρησιμοποίηση της απειρίας των τιμών που αυτά παρουσιάζουν.

Τα ιστορικά στοιχεία των φορέων αποτελούν τον ένα από τους μηχανισμούς τροφοδότησης των αναγκών της Α.Κ.Κ.Ζ. σε εισροές. Η γνώμη των έμπειρων, ειδικών στελεχών του προσωπικού του φορέα μπορεί επίσης να παράσχει ένα πλούτο πληροφοριών για την ανάλυση των εναλλακτικών επιλογών, όπως επίσης και η έρευνα που διευθύνεται από τη βιομηχανία και το κράτος. Σε κάθε περίπτωση, ένας φορέας θα πρέπει να αφιερώσει πόρους στην δημιουργία και επικύρωση πηγών για τις εισροές της Α.Κ.Κ.Ζ., καθώς και στην εκμάθηση της χρησιμοποίησής τους.

- Αβεβαιότητα

Κατά τη συλλογή στοιχείων για την υποστήριξη μιας Α.Κ.Κ.Ζ., μπορεί να υπάρξει αβεβαιότητα σχετικά με την απόδοση μιας τεχνικής ή οικονομικής τιμής (αξίας) στις εισροές ή / και στις εκροές. Αυτό αποτελεί σοβαρό ζήτημα, διότι το επίπεδο της εμπιστοσύνης που επιδεικνύουν οι λήπτες των αποφάσεων στα αποτελέσματα της ανάλυσης, βασίζεται στην πίστη τους σχετικά με την ορθότητα και την ακρίβεια των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή τους. Η εμπιστοσύνη αυτή μπορεί να ενισχυθεί μέσω εκπαίδευσης, που να επιτρέπει την εξήγηση της παραγωγής των τιμών αυτών και μέσω έρευνας για τη δημιουργία καλύτερων τιμών.

Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει μια σειρά από τεχνικές που μπορούν να εφαρμοστούν για να αντιμετωπίσουν το ζήτημα της αβεβαιότητας. Παραταύτα, ο αναλυτής ή ο λήπτης αποφάσεων πρέπει να είναι εξοικειωμένος με τις τεχνικές αυτές. Για άλλη μια φορά η εκπαίδευση παρέχει τη λύση στο πρόβλημα, η οποία όχι μόνο θα αυξήσει το επίπεδο εμπιστοσύνης αλλά θα ενδυναμώσει και την αντίληψη της Α.Κ.Κ.Ζ., ως ενός επισταμένου και χρήσιμου εργαλείου ανάλυσης.

Οι σημαντικότερες πηγές αβεβαιότητας κατά την εφαρμογή της Α.Κ.Κ.Ζ. είναι οι ακόλουθες :

- Διαφορές μεταξύ της πραγματικής και την αναμενόμενης επίδοσης των επιμέρους στοιχείων της υποδομής, θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα μελλοντικά κόστη λειτουργίας και συντήρησής τους.
- Αλλαγές στις λειτουργικές παραδοχές, που προκαλούνται από μεταβολές των δραστηριοτήτων των χρηστών.
- Μελλοντικές τεχνολογικές βελτιώσεις, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε εναλλακτικές με μικρότερο κόστος και συνεπώς σε μείωση της οικονομικής ζωής κάποιας λύσης.
- Μεταβολές στα επίπεδα τιμών των κύριων μέσων, όπως της ενέργειας ή του ανθρώπινου δυναμικού, σχετικά με άλλα μέσα.
- Λάθη εκτίμησης των σχέσεων, των τιμών μονάδας κάποιων μέσων και του ρυθμού πληθωρισμού των συνολικών κοστών, στην περίοδο μεταξύ του χρόνου της εκτίμησης και του χρόνου που θα είναι διαθέσιμη η υποδομή.

Για το λόγο αυτό, είναι πρακτικά απαραίτητο να γίνεται ανάλυση ευαισθησίας σε όσο το δυνατόν περισσότερες παραμέτρους, και οπωσδήποτε στις ακόλουθες :

- Συχνότητα επισκευών
- Μεταβολή του χρόνου ζωής (Περίοδος Ανάλυσης)
- Ρυθμός ζήτησης της υποδομής
- Επιτόκιο αναγωγής.

- Κόστος των χρηστών

Τα κόστη χρηστών αποτελούν ίσως τη μεγαλύτερη πρόκληση της εφαρμογής της Α.Κ.Κ.Ζ., από την πλευρά των στοιχείων. Όταν τελικά υπολογιστούν, τα κόστη χρηστών είναι συχνά τόσο υψηλά, που μπορεί να ξεπερνούν σημαντικά τα κόστη του φορέα (κατασκευής & συντήρησης), ιδιαίτερα για υποδομές σε περιοχές με υψηλή κυκλοφορία.

Οι περισσότεροι φορείς διεθνώς έχουν ως τώρα υπάρξει διστακτικοί στο να βασιστούν στις προβλέψεις του κόστους των χρηστών, για πολλούς λόγους.

Ο κυριότερος από αυτούς είναι συνήθως η δυσκολία στην κοστολόγηση του χρόνου καθυστέρησης των χρηστών. Αν και υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία σχετικά με την αξία του χρόνου ταξιδιού, ο χρόνος αυτός σε πολλές περιπτώσεις (εκτός του επαγγελματικού σκοπού μετακίνησης) δεν έχει μια καθορισμένη τιμή αγοράς.

Παρομοίως, υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με την επιρροή των δραστηριοτήτων του φορέα στους ρυθμούς των ατυχημάτων και στα λειτουργικά έξοδα των οχημάτων. Η δυσκολία στην απόδοση μιας έστω και προσεγγιστικής αλλά συγκεκριμένης τιμής στο κόστος των χρηστών έχει καταστήσει τη σύγκρισή τους με τα πραγματικά κόστη του φορέα προβληματική, για πολλούς αναλυτές.

Τέλος, τα κόστη των χρηστών δεν επιβαρύνουν τους προϋπολογισμούς του φορέα, όπως τα ίδια κόστη του. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την αβεβαιότητα ύπαρξης πραγματικών τιμών, έχει κάνει πολλούς λήπτες αποφάσεων του τομέα των μεταφορών να δίνουν μικρότερο κύρος στο κόστος των χρηστών, μειώνοντας την επιθυμία τους να διερευνήσουν τις αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ τους. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο περιορισμός της δυνατότητάς τους να βρουν τις λύσεις με το μικρότερο συνολικό κόστος (φορέα και χρηστών).

Παρόλα αυτά, καθώς η μελλοντική ζήτηση για μεταφορές σπρώχνει το κόστος των χρηστών σε ακόμα υψηλότερα επίπεδα από κάθε άλλη φορά, γίνεται ολοένα και πιο επιτακτικό τα κόστη αυτά να συμπεριλαμβάνονται σε μια ανάλυση συνολικού κόστους.

- Πληθωρισμός και Αναγωγή Τιμών (αξιών)

Ένα συμφυές πρόβλημα σε κάθε είδους αξιολόγηση ή ανάλυση αποφάσεων είναι η δυσκολία της σύγκρισης τιμών που δεν μετρούνται με τις ίδιες μονάδες μέτρησης. Ακόμα και όταν οι τιμές δηλώνονται με χρηματικούς όρους (όπως π.χ. ΕΥΡΩ) οι τιμές μπορεί και πάλι να μην είναι συγκρίσιμες για δύο τουλάχιστον αιτίες : λόγω πληθωρισμού και / ή λόγω "αναγωγής" στην ίδια χρονική στιγμή.

- ο Πληθωρισμός

Οι δαπάνες ενός έργου συμβαίνουν σε διάφορα σημεία του χρόνου (στο παρελθόν ή στο μέλλον). Συνεπώς, όταν μετρούνται, μετρούνται με τιμές μονάδας διαφορετικής αξίας : για παράδειγμα, ένα ΕΥΡΩ του 2000 θα αγόραζε περισσότερα αγαθά το 2000, παρά ένα ΕΥΡΩ του 2002 στο έτος 2002. Η γενική τάση προς υψηλότερες τιμές, καθώς περνά ο χρόνος,

όπως μετρούνται σε ΕΥΡΩ, καλείται πληθωρισμός (inflation). Η αντίθετη τάση προς χαμηλότερες τιμές καλείται αρνητικός πληθωρισμός (deflation).

Τα ΕΥΡΩ που περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα του πληθωρισμού (θετικού ή αρνητικού) καλούνται "ονομαστικά" ή "τρέχοντα" ή ΕΥΡΩ "έτους δεδομένων". Τα ΕΥΡΩ που δεν περιλαμβάνουν την παράμετρο του πληθωρισμού (δηλαδή των οποίων η αγοραστική δύναμη παραμένει αμετάβλητη) καλούνται "σταθερά ΕΥΡΩ ή ΕΥΡΩ "έτους βάσης".

ο Αναγωγή

Κόστη ή ωφέλειες (σε σταθερά ΕΥΡΩ), που δημιουργούνται (συμβαίνουν) σε διαφορετικά σημεία στο χρόνο – στο παρελθόν, στο παρόν και στο μέλλον – δεν είναι δυνατόν να συγκρίνονται χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η "ευκαιριακή αξία του χρόνου". Η "ευκαιριακή αξία του χρόνου", όπως εφαρμόζεται στη σύγκριση τρεχουσών με μελλοντικές χρηματοδοτήσεις, είναι δυνατόν να γίνει κατανοητή :

- από την οικονομική απόδοση που θα μπορούσε να προκύψει (να κερδηθεί) από τις χρηματοδοτήσεις αυτές εάν χρησιμοποιούντο με την αμέσως επόμενη καλύτερη χρήση τους (π.χ. κατατιθέμενες σε Τράπεζα, οπότε θα απέφεραν κάποιο τόκο) ή
- από την αποζημίωση που πρέπει να καταβληθεί σε κάποιο άτομο για να δεχθεί να αναβάλει ένα πρόσθετο ποσό από αυτά που θα κατανάλωνε κατά τρέχον έτος για κάποιο άλλο έτος στο μέλλον.

Η προσαρμογή των τιμών στην "ευκαιριακή αξία του χρόνου" καλείται "αναγωγή".

Η προσαρμογή των τιμών λόγω πληθωρισμού και λόγω αναγωγής είναι δύο διαφορετικά θέματα και δεν πρέπει να συγχέονται, ούτε να γίνεται προσπάθεια ταυτόχρονης αντιμετώπισής τους.

Αντίθετα, τα μελλοντικά κόστη (και ωφέλειες) ενός έργου πρέπει πρώτα να μετατρέπονται σε σταθερές τιμές (ΕΥΡΩ) και μετά να ανάγονται στο χρόνο αναφοράς, με ένα επιτόκιο αναγωγής που να αντικατοπτρίζει μόνο την "ευκαιριακή αξία του χρόνου". (Το επιτόκιο αυτό είναι γνωστό και ως Πραγματικό Επιτόκιο Αναγωγής). Αυτό είναι αναγκαίο γιατί οι ωφέλειες των δημοσίων έργων πρέπει να εξαρτώνται μόνο από πραγματικά κέρδη (μικρότερα κόστη ή μεγαλύτερα αποτελέσματα) αντί από τις επιπτώσεις των τιμών (πληθωρισμού).

Εάν τα μελλοντικά κόστη και ωφέλειες ενός έργου δίδονται σε "ονομαστικά ΕΥΡΩ", η μετατροπή του σε "σταθερά ΕΥΡΩ" μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση δεικτών τιμών, ως εξής :

$$\text{ΕΥΡΩ (έτους βάσης)} = \text{ΕΥΡΩ (έτους δεδομένων)} \times \frac{\text{Δείκτης Τιμών (έτους βάσης)}}{\text{Δείκτης Τιμών (έτους δεδομένων)}}$$

Δείκτες Πληθωρισμού υπάρχουν για διάφορα προϊόντα ή υπηρεσίες. Η επιλογή του Δείκτη Τιμών που θα χρησιμοποιηθεί συναρτάται με το πώς πρόκειται να ερμηνευθούν τα αποτελέσματα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι υπάρχουν, οι ακόλουθοι Δείκτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν :

- Αποπληθωριστής αλυσίδας Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος
- Δείκτης Τιμών Καταναλωτή
- Δείκτης Τιμών Τεχνικών Έργων
- Δείκτης Τιμών Έργων Αυτοκινητοδρόμων
- Δείκτες Τιμών επιμέρους υλικών ή υπηρεσιών.

Τα Πραγματικά Επιτόκια Αναγωγής, που χρησιμοποιούνται, αντιπροσωπεύουν το σύνηθες επιτόκιο δανεισμού κεφαλαίων, μείον τον πληθωρισμό. Επειδή υπάρχει πάντοτε μια Ευκαιριακή Αξία του Χρόνου, τα Πραγματικά Επιτόκια Αναγωγής είναι πάντοτε μεγαλύτερα του μηδενός.

Με τη χρησιμοποίηση ενός Πραγματικού Επιτοκίου Αναγωγής, μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες μετατροπές, οι οποίες διευκολύνουν τη σύγκριση του κόστους (σε σταθερό νόμισμα) εναλλακτικών έργων μεταφορών :

- Επαναπροσδιορισμός στο χρόνο : Ένας αριθμός μπορεί να "μετακινηθεί" (να μετασχηματιστεί σε μια άλλη ισοδύναμη αξία) στο χρόνο (προς το μέλλον ή το παρελθόν, σε σχέση με το σημείο που ευρίσκεται), χωρίς να μεταβληθεί η πραγματική του αξία, δηλαδή η παρούσα αξία του.
- Ανάλυση σε ετήσιες αξίες : Ένα συνολικό ποσό μπορεί να μετασχηματιστεί σε μια ισοδύναμη πολυετή ροή, δηλαδή σε πολλά ίσης αξίας ετήσια ποσά για έναν αριθμό ετών.
- Παρούσα αξία : Ένας οποιοσδήποτε συνδυασμός χρηματοροών (πεπερασμένος ή άπειρος) και αυτοτελών ποσών μπορούν να αθροιστούν σε μια μόνο τιμή σε ένα συγκεκριμένο σημείο του χρόνου.

Ο τύπος για την αναγωγή μελλοντικών κοστών σταθερής αξίας σε παρούσα αξία είναι :

$$\text{Παρούσα Αξία} = \text{Μελλοντική Αξία} \times \frac{1}{(1 + r)^n}$$

όπου : r = Πραγματικό Επιτόκιο Αναγωγής

n = Αριθμός ετών στο μέλλον, όταν τα κόστη θα γίνουν (συμβούν)

Το πηλίκο $(1 + r)^n$ είναι γνωστό ως "παράγοντας αναγωγής" και πάντοτε είναι μικρότερο ή ίσο προς το μηδέν.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές φορές χρησιμοποιείται και ο όρος "Καθαρή Παρούσα Αξία" (Κ.Π.Α.) για την αναφορά στην Παρούσα Αξία του Κόστους Κύκλου Ζωής ενός έργου. Εντούτοις, η Κ.Π.Α. είναι πιο σωστό να χρησιμοποιείται στην Ανάλυση Ωφελειών – Κόστους για να παρουσιάζει την καθαρή διαφορά μεταξύ της Παρούσας Αξίας των Ωφελειών μείον την Παρούσα Αξία του συνολικού κόστους μιας εξεταζόμενης εναλλακτικής λύσης σχεδιασμού ή ενός έργου.

- Διάρκεια ζωής μιας υποδομής

Μια από τις πιο σημαντικές μεταβλητές που πρέπει να εκτιμηθεί προκειμένου η εκτίμηση του Κόστους Κύκλου Ζωής μιας υποδομής μεταφορών να γίνει με καλή ακρίβεια, είναι η διάρκεια ζωής της υποδομής.

Ανεξάρτητα από το εάν η παρέμβαση που εξετάζεται αφορά στην αντικατάσταση μιας υφιστάμενης υποδομής ή σε μία εντελώς νέα υποδομή, η διάρκεια ζωής της είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, ενώ πολλές φορές δεν προσδιορίζεται και με ακρίβεια.

Για το προσδιορισμό των διαφόρων εννοιών που συνδέονται με τη διάρκεια ζωής μιας υποδομής, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι ορισμοί :

- ο Λειτουργική Ζωή : η περίοδος κατά την οποία αναμένεται να υπάρχει ανάγκη για τη λειτουργία της υποδομής.
- ο Φυσική Ζωή : η περίοδος κατά την οποία αναμένεται η υποδομή να υφίσταται φυσικά ή να χρειάζεται αντικατάσταση ή ευρεία ανακατασκευή.
- ο Τεχνολογική Ζωή : η περίοδος μέχρις ότου η τεχνολογική απαξίωση της υποδομής, επιβάλλει την αντικατάστασή της εξ αιτίας της ανάπτυξης μιας τεχνολογικά υπερεπιδεξιότερης εναλλακτικής λύσης.
- ο Οικονομική Ζωή : η περίοδος μέχρις ότου η οικονομική απαξίωση της υποδομής επιβάλλει την αντικατάστασή της από μια εναλλακτική με μικρότερο κόστος.
- ο Κοινωνική και Νομική Ζωή : η περίοδος μέχρις ότου η ανθρώπινη επιθυμία ή νομικές υποχρεώσεις υπαγορεύσουν την αντικατάσταση της υποδομής.

Για την εφαρμογή της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής των υποδομών μεταφορών, χρησιμοποιείται η Οικονομική Ζωή. Κατά τη διάρκεια της Οικονομικής Ζωής της υποδομής, αυτή υφίσταται χρήση, επισκευές, συντήρηση, ίσως κάποιες μετατροπές και τελικά απόσυρση.

- Πανόραμα μοντέλων Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής ενός παγίου περιουσιακού Στοιχείου (γενικά)

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι κοστολόγησης του κύκλου ζωής ενός παγίου (κατασκευής, προϊόντος, εργασίας κ.λπ). Ανεξαρτήτως μεθόδου, η ανάλυση της κοστολόγησης κύκλου ζωής είναι πάντοτε κοινή :

- αναγνώριση των βασικών δαπανών που υπεισέρχονται στο κόστος του παγίου, καθ'όλη τη διάρκεια της ζωής του
- καθορισμός του αλληλοσυσχετισμού μεταξύ των δαπανών αυτών και κατηγοριοποίησή τους. Οι συνήθεις κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται είναι :
 - μελέτη, ανάπτυξη και σχεδιασμός
 - παραγωγή και εφαρμογή (κατασκευή)
 - λειτουργία
- μαθηματική διατύπωση των παραπάνω συσχετίσεων με συναρτήσεις μιας ή παραπάνω ανεξαρτητών μεταβλητών

- αξιολόγηση του κόστους κύκλου ζωής του παγίου μέσω μιας επιλεγμένης μεθόδου.

Τα κυριότερα μοντέλα ανάλυσης του κόστους κύκλου ζωής που χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή είναι τα εξής :

1. το μοντέλο των Fabrycky και Blanchard
2. το μοντέλο του Woodward
3. το μοντέλο των Dahlen και Bolmsjo
4. το μοντέλο κοστολόγησης με βάση δραστηριότητες (A.B.C. – Activity Based Costing)
5. το μοντέλο οικονομικών εισροών – εκροών (Economic Input – Output model)
6. το μοντέλο σχεδιασμού βάσει κόστους (Design to Cost model)
7. το μοντέλο κοστολόγησης προϊόντος σε σύστημα παραγωγής (PLCCA to Manufacturing System) και
8. το μοντέλο αποτίμησης ολικού κόστους (Total Cost Assessment)

Η αξιολόγηση και σύγκριση των παραπάνω μοντέλων [από τους Durairaj, Ong, Nee και Tan] κατέληξε σε χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με την εφαρμοστικότητα τους :

- το μοντέλο (1) είναι ιδιαίτερα αναλυτικό και μπορεί να αξιολογήσει οποιοδήποτε πάγιο σε οποιαδήποτε φάση της ζωής του. Είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο και χρειάζεται μορφοποίηση ανάλογα με τις ανάγκες κάθε περίπτωσης,
- το μοντέλο (2) δημιουργήθηκε κυρίως για την αξιολόγηση επενδύσεων αγοράς ακινήτων. Η αποτελεσματικότητά του εξαρτάται από την ταχεία απόκτηση σχετικών πληροφοριών μεγάλης ακρίβειας, ενώ το μοντέλο αυτοπεριορίζεται στην βελτιστοποίηση της σχέσης κόστους – αξίας (value for money) για αγορά ακινήτων,
- το μοντέλο (3) χρησιμοποιείται κυρίως για τον υπολογισμό του κόστους σε σύστημα παραγωγής υπό την οπτική γωνία του κύκλου επενδύσεων σε μηχανήματα παραγωγής ή εξέλιξη προϊόντων. Το μοντέλο αναλύει την επιρροή της εργασίας στο σύστημα παραγωγής και έτσι βρίσκει εφαρμογή και στην υποβοήθηση κρίσιμων βιομηχανικών αποφάσεων,
- το μοντέλο (4) περιλαμβάνει το σημαντικό προτέρημα ότι μπορεί να διαχειρίζεται παράγοντες που εμπεριέχουν αβεβαιότητα. Είναι γενικό και μπορεί να εφαρμοστεί οπουδήποτε υπάρχουν δραστηριότητες αρκεί να μπορούν να περιγραφούν αναλυτικά και λεπτομερώς. Οι αβεβαιότητες αντιμετωπίζονται με τη χρησιμοποίηση της προσομοίωσης Monte Carlo,
- το μοντέλο (5) αντιπροσωπεύει όλες τις αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ προμηθευτών μιας αλυσίδας προμηθειών σε βιομηχανική παραγωγή. Συμπεριλαμβάνει λεπτομερείς πληροφορίες προϊόντων σε μικτές αναλύσεις εισροών – εκροών. Παρουσιάζει ευκολία, ταχύτητα και οικονομικότητα στην εφαρμογή του,
- το μοντέλο (6) χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων παραγωγής, σε αρχικό στάδιο σχεδιασμού ενός συστήματος παραγωγής,

- το μοντέλο (7) χρησιμοποιείται για τον επανασχεδιασμό μιας διαδικασίας παραγωγής, αξιολογώντας μηχανές και συστήματα παραγωγής,
- το μοντέλο (8) χρησιμοποιείται για την αναγνώριση και κοστολόγηση επενδύσεων πρόληψης της ρύπανσης. Έχει ιδιαίτερη απήχηση σε μικρές βιομηχανίες και βιοτεχνίες.

Ένα τελικό συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση των Durairaj, Ong, Nee και Tan είναι ότι η κοστολόγηση του κύκλου ζωής ενός παγίου μπορεί να πραγματοποιηθεί και εντελώς εξειδικευμένα με τη δημιουργία ενός μοντέλου που να ανταποκρίνεται αποκλειστικά στις ανάγκες και στη φύση του συγκεκριμένου παγίου.

2.2.3. Μεθοδολογία Προσέγγισης με τη Θεωρία των Συστημάτων (Systems Approach)³

Ο όρος "σύστημα" χρησιμοποιείται πολύ συχνά και πολύ γενικά για να περιγράψει διάφορα αντικείμενα ή έννοιες και γι'αυτό είναι αρκετά δύσκολο να βρει κανείς έναν ακριβή ορισμό, που να συμπεριλαμβάνει όλες τις περιπτώσεις στις οποίες χρησιμοποιείται ο όρος "σύστημα". Παρόλα αυτά, ένας αρκετά καλός ορισμός είναι ο εξής : "το σύστημα είναι ένα σύνολο από αντικείμενα τα οποία σχετίζονται μεταξύ τους". Ο ορισμός αυτός μπορεί να ερμηνευτεί ως εξής : ένα σύστημα είναι ένας αριθμός στοιχείων τα οποία μια οργανωμένη οντότητα και των οποίων η ύπαρξη (καθενός από αυτά) βασίζεται στο συσχετισμό του με τα υπόλοιπα στοιχεία. Αυτή η ερμηνεία μπορεί να προεκταθεί ακόμα περισσότερο υποθέτοντας ότι ένα σύστημα αποτελεί μια οντότητα, η οποία διαχωρίζεται από τον υπόλοιπο περίγυρό της μέσω ενός φυσικού ή διανοητικού ορίου. Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο κόσμος περιλαμβάνει έναν αριθμό από συστήματα, κάθε ένα από τα οποία αποτελεί μια μονάδα, η οποία αντιδρά με το περιβάλλον της.

Στη θεωρία των Συστημάτων, το Σύστημα αναπαριστάνει την από κοινού λειτουργία των στοιχείων του συσχετίζοντας τις λειτουργίες κάθε στοιχείου του.

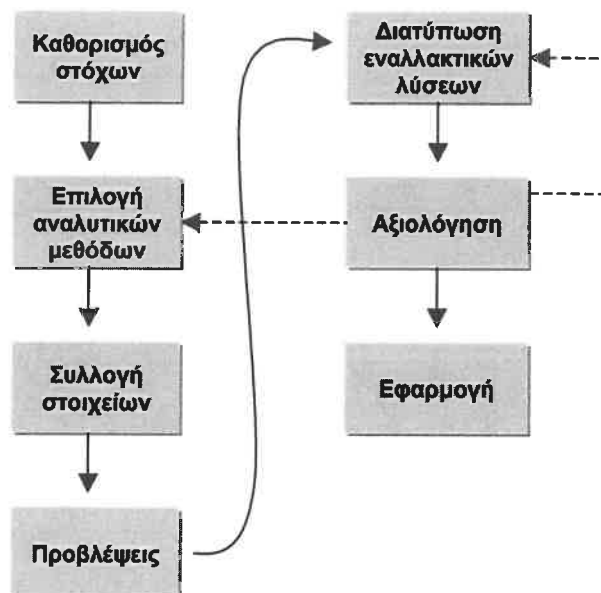
Αυτή είναι και η σημαντική διαφορά της προσέγγισης με βάση τη Θεωρία Συστημάτων από τις κλασσικές μεθόδους : το σύνολο των εξεταζόμενων (αλληλοσυσχετιζόμενων) στοιχείων, θεωρείται ως ένα ενιαίο λειτουργικό σύνολο, του οποίου τα αποτελέσματα προκύπτουν από την αλληλεπίδραση όλων των στοιχείων του (και σε σχέση με "εξωτερικές" παραμέτρους του περιβάλλοντός τους).

Με αυτή την προσέγγιση, είναι δυνατό να ληφθούν υπόψη όλων των ειδών οι αλληλεπιδράσεις των στοιχείων του συστήματος (ευθείες, ανάδρασης κ.λπ.). Έτσι, με την προσέγγιση αυτή, είναι δυνατή η αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου κατά πολύ πιο αξιόπιστο τρόπο (χωρίς τις υπερ-απλουστεύσεις που επιβάλλονται στις άλλες προσεγγίσεις).

Για να μπορέσει κανείς να εφαρμόσει τη Θεωρία Συστημάτων σε ένα πραγματικό πρόβλημα, η προσέγγιση αυτή πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάτω από ένα κατάλληλο πλαίσιο, που να αρμόζει στο υπό εξέταση πρόβλημα. Τα βασικά βήματα για τη διαμόρφωση ενός τέτοιου πλαισίου είναι τα εξής (Σχήμα 2.7) :

- Καθορισμός των υπό επίτευξη ευρύτερων και ειδικών στόχων του συστήματος,
- Επιλογή αναλυτικών μεθόδων προσομοίωσης του συστήματος και επεξεργασία στοιχείων για την επίτευξη των στόχων,
- Συλλογή στοιχείων,
- Πρόβλεψη μελλοντικών καταστάσεων,
- Διατύπωση εναλλακτικών λύσεων,
- Αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων και τέλος,
- Εφαρμογή της εναλλακτικής λύσης που επιλέχθηκε.

³ Η παρουσίαση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας αντλεί πολλά στοιχεία από το [18].



Σχήμα 2.7 : Βήματα Εφαρμογής Θεωρίας Συστημάτων

Σχετικά με τα χαρακτηριστικά αυτά "βήματα", παρατηρούνται τα εξής :

Καταρχήν, η συγκέντρωση των στοιχείων πρέπει να έπεται της επιλογής των αναλυτικών μεθόδων που θα χρησιμοποιηθούν. Συνήθως με τον όρο "αναλυτική μέθοδος" εννοείται η διαμόρφωση κάποιου μοντέλου, που προσομοιώνει το υπό εξέταση πρόβλημα. Είναι, λοιπόν, προφανές ότι τα στοιχεία που θα συγκεντρωθούν πρέπει να ανταποκρίνονται στις ανάγκες του μοντέλου. Σε αντίθετη περίπτωση θα παρουσιαστούν φαινόμενα έλλειψης ή περίσσειας στοιχείων : η έλλειψη παρατηρείται όταν μετά τη διαμόρφωση του μοντέλου διαπιστώνεται ότι βασικά στοιχεία που χρειάζεται το μοντέλο για να λειτουργήσει λείπουν, ενώ περίσσεια στοιχείων παρατηρείται όταν πολλά από τα στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί για τη λειτουργία του μοντέλου πριν τη δημιουργία του είναι άχρηστα. Είναι προφανές ότι και οι δύο αυτές καταστάσεις καθιστούν χρονοβόρα και με μεγάλο κόστος τη διαδικασία της μοντελοποίησης χωρίς να υπάρχει λόγος.

Επιπλέον, επισημαίνεται ότι στην ανωτέρω προσέγγιση είναι σημαντικό να υπάρχουν βρόγχοι ανάδρασης (feedback loops). Έχει διατυπωθεί από πολλούς ερευνητές ότι σε μια διαδικασία προσομοίωσης και επίλυσης ενός προβλήματος με ένα σύστημα είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση, τόσο σειριακών, όσο και επαναληπτικών μεθόδων, προκειμένου να γίνει δυνατή η επίτευξη οικονομικών λύσεων κατά την εξέταση διαφόρων εναλλακτικών. Εξάλλου, η εσωτερική λειτουργία ενός συστήματος (μοντέλου) πρέπει να έχει επαναληπτικό χαρακτήρα, για να επιτελεί τη βασική λειτουργία του μοντέλου : την αναπαράσταση του πραγματικού συστήματος και την πρόβλεψη της πιθανής μελλοντικής συμπεριφοράς του, μέσω του προσδιορισμού των παραμέτρων του.

Κατά την εφαρμογή της προσέγγισης με βάση τη Θεωρία των Συστημάτων, ορίζεται καταρχήν το "Σύστημα" (δηλαδή προσδιορίζονται τα στοιχεία / οντότητες, τα οποία συνεργαζόμενα ή αλληλεπιδρώντα, προκαλούν / παράγουν κάποια διακριτά αποτελέσματα). Τα κύρια τμήματα (επιμέρους ομάδες στοιχείων / οντοτήτων) κατηγοριοποιούνται ως "υπο-συστήματα". Αυτή η διάκριση "υπο-συστημάτων" σε ένα "σύστημα" μπορεί να αναλυθεί ακόμα περισσότερο : δηλαδή κάποιο "υπο-σύστημα" να αναλυθεί σε "υπο-υποσυστήματα". Τα επίπεδα ανάλυσης ενός "συστήματος" δεν πρέπει να είναι πολλά για λόγους μείωσης της πολυπλοκότητας.

Στο αρχικό στάδιο της "μοντελοποίησης" ενός συστήματος, κάθε "υπο-σύστημα" (ή "υπο-υποσύστημα") μοντελοποιείται χωριστά και στη συνέχεια συνδυάζεται με τα άλλα "υπο-συστήματα" (ή "υπο-υποσυστήματα") μέσω αλληλοσυσχετιζομένων εξωτερικών μεταβλητών.

Οι μεταβλητές που απαρτίζουν, ένα "υπο-σύστημα" (ή "υπο-υποσύστημα") κατά παραδοχή έχουν την ίδια έννοια με τα "συστατικά μέρη" ενός συστήματος.

Είναι φανερό ότι η προσέγγιση αυτή στην εφαρμογή της, υλοποιείται σε διαδοχικές φάσεις : μία φάση ανάλυσης των στοιχείων του συστήματος και προσδιορισμού των αλληλοσυσχετίσεών τους και μια φάση σύνθεσης των στοιχείων αυτών στα διάφορα επίπεδα "υπο-συστημάτων", "υπο-υποσυστημάτων" κ.λπ. και μαθηματικοποίησης των (εσωτερικών – εξωτερικών) συσχετισμών τους (μοντελοποίηση). Φυσικά στην πράξη ακολουθούν δοκιμαστικές εφαρμογές, αξιολόγηση αποτελεσμάτων και διορθωτικές παρεμβάσεις για την ενίσχυση της αξιοπιστίας της αναπαράστασης του προβλήματος από το σύστημα.

2.2.4. Μεθοδολογία Δυναμικής των Συστημάτων (Systems Dynamics)⁴

Η "Δυναμική των Συστημάτων" είναι μία μεθοδολογία που χρησιμοποιεί την προσέγγιση και μαθηματικές τεχνικές για να προσομοιώνει πολύπλοκα, μη γραμμικά και με πολλούς επαναληπτικούς βρόγχους ανάδρασης, συστήματα.

Ο όρος "δυναμική" αναφέρεται σε μία κατάσταση του συστήματος, η οποία μεταβάλλεται με το χρόνο. Η "δυναμική" μπορεί επίσης να μεταφραστεί ως αλλαγή στην κατάσταση ενός συστήματος, η οποία δημιουργείται λόγω αλλαγών στις μεταβλητές εισόδου. Η κατανόηση της "δυναμικής", σε συνδυασμό με τον ορισμό του συστήματος, οδηγεί σε έναν ορισμό της "Δυναμικής των Συστημάτων" ως "της μαθηματικής μοντελοποίησης ενός συνδυασμού από στοιχεία ενός συστήματος, με σκοπό την επίλυση κάποιων εξισώσεων, που αντιπροσωπεύουν τη δυναμική συμπεριφορά του συστήματος και που η επίλυσή τους θα προσδιορίσει την απόκριση του συστήματος σε διαφόρων ειδών ερεθίσματα".

Η πρωταρχική υπόθεση (παραδοχή) της Δυναμικής των Συστημάτων είναι ότι οι δυναμικές τάσεις ενός πολύπλοκου συστήματος πηγάζουν από την αιτιακή και την αναδραστική δομή του. Αυτό σημαίνει ότι η δομή ενός συστήματος βασίζεται στις αιτιακές συσχετίσεις και στους βρόγχους ανάδρασης μεταξύ των διαφόρων στοιχείων του.

Στη "Δυναμική των Συστημάτων", η διαδικασία της μοντελοποίησης ξεκινά με τη σύλληψη και κατανόηση του πραγματικού υπό θεώρηση συστήματος. Στη συνέχεια, αυτή η σύλληψη και κατανόηση μεταφράζεται σε συστημική δομή, σε διάφορους τύπους "γλωσσών". Αυτή η δομή αποτελείται από επιμέρους δομικά στοιχεία, τα οποία μπορούν να παρουσιαστούν με τρεις τρόπους (που συνήθως χρησιμοποιούνται και οι τρεις με την ακόλουθη σειρά) :

- α) Με ένα "λεκτικό", δηλαδή με λόγια. Στο μοντέλο αυτό περιγράφονται (ορίζονται) τα υφιστάμενα ή πιθανά προβλήματα, προσδιορίζονται τα συστατικά στοιχεία του συστήματος και οι σχέσεις τους. Είναι φανερό ότι ένα τέτοιο μοντέλο προκύπτει μετά από διανοητική σύλληψη του συνήθως περίπλοκου πραγματικού συστήματος.
- β) Με ένα "οπτικό μοντέλο", δηλαδή με μια γραφική αναπαράσταση του μηχανισμού λειτουργία του συστήματος (χρησιμοποιώντας απλούς και αφαιρετικούς συμβολισμούς). Η αναπαράσταση αυτή επιτυγχάνεται με ένα διάγραμμα "αιτιών – αποτελεσμάτων" (ή αλλιώς "Αιτιακό Διάγραμμα"), που παρουσιάζει την αιτιακή σχέση των συστατικών μερών του συστήματος.

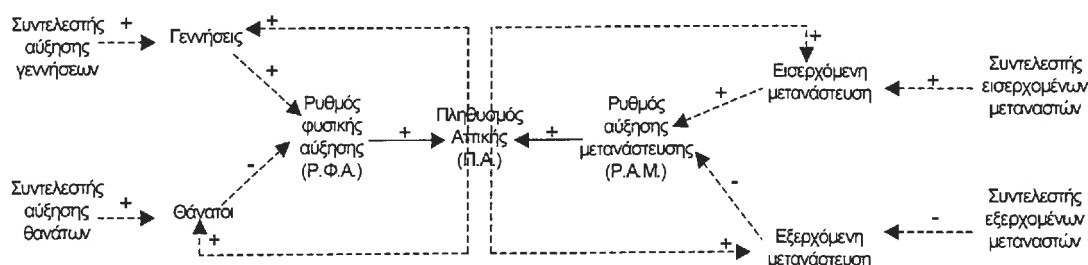
⁴ Η παρουσίαση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας αντλεί πολλά στοιχεία από το [18].

Σε ένα τέτοιο διάγραμμα (Σχήμα 2.8) χρησιμοποιούνται :

- τρεις τύποι "μεταβλητών" :
 - Η "Μεταβλητή επιπέδου κατάστασης" ("level variable"), η οποία προκύπτει από την :
 - "Μεταβλητή βαθμού κατάστασης" ("rate variable") και την
 - "Βοηθητική μεταβλητή" ("auxiliary variable") (ενδιάμεση μεταβλητή).

Όλες οι "μεταβλητές" μπορούν να είναι, είτε "ανεξάρτητες" (δηλαδή δεν προκύπτουν από άλλες), είτε "εξαρτημένες".

- "Σταθερές", που είναι οι τιμές των παραμέτρων που τροφοδοτούν τις μεταβλητές.
- "Πρόσημα" (+ ή -), που δηλώνουν τη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών : το + σημαίνει ότι η επηρεαζόμενη μεταβλητή μεταβάλλεται ανάλογα με τη μεταβολή της επηρεάζουσας μεταβλητής, ενώ το - δηλώνει αντιστρόφως ανάλογη μεταβολή των μεταβλητών.
- "Βέλη", που δηλώνουν τη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών : στην "αιχμή" του βέλους είναι η επηρεαζόμενη, ενώ στην "αρχή" του βέλους είναι η επηρεάζουσα μεταβλητή. Τα βέλη από συνεχή γραμμή δηλώνουν φυσικές ροές, ενώ αυτά από διακεκομμένη γραμμή δηλώνουν ροές πληροφοριών.



Σχήμα 2.8. : Παράδειγμα Αιτιακού Διαγράμματος

Τα "διαγράμματα αιτιών - αποτελεσμάτων" είναι πολύ παραστατικά και εύκολα στην κατανόηση. Χρειάζονται, όμως, μεγάλη προσοχή κατά την κατάρτισή τους. Ακόμα και ένα πρόσημο να μπει λάθος, μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα το χρήστη του μοντέλου.

- γ) Με ένα "μαθηματικό μοντέλο", δηλαδή με μια σειρά μαθηματικών εξισώσεων. Τα "Διαγράμματα αιτιών – αποτελεσμάτων" δεν μπορούν να παρουσιάσουν την ακριβή συμπεριφορά ενός συστήματος, κυρίως σχετικά με τις μεταβλητές που εξαρτώνται από το χρόνο. Επίσης, η σχέση δύο μεταβλητών όπως εκφράζεται με το πρόσημο είναι πολύ γενική και δεν παρουσιάζει το μέγεθος και τη δομή της διασύνδεσής τους. Αντίθετα, στο μαθηματικό μοντέλο, οι σχέσεις αναπαρίστανται με μαθηματικές εξισώσεις. Η βασική μαθηματική άποψη, που χρησιμοποιείται στις εξισώσεις, είναι η συνάθροιση διακριτών μεγεθών ή η ολοκλήρωση συνεχών μεγεθών.

Παραδείγματα εξισώσεων για τον υπολογισμό "μεταβλητών επιπέδου" από "μεταβλητές βαθμού", συναρτήσει του χρόνου :

Για Διακριτά μεγέθη :
$$L(t+1) = L(t) + (dt) \sum_{i=1}^n R_i(t)$$

Για Συνεχή μεγέθη :
$$L(t+1) = L(t) + \int_t^{t+1} R(t) \cdot dt$$

όπου : $L(t+1)$ = Τιμή της "Μεταβλητής Επιπέδου" στο χρόνο $t+1$
 $L(t)$ = Τιμή της "Μεταβλητής Επιπέδου" στο χρόνο t
 $R_i(t)$ = Τιμή "Μεταβλητής Βαθμού" στο χρόνο t
 dt = Τιμή μεταβολής του χρόνου (χρονική διάρκεια μέσα στην οποία η τιμή της Μ.Β. θεωρείται ότι παραμένει σταθερή).

Παράδειγμα

Η σχέση του "Πληθυσμού Απτικής" (Π.Α.) με το "Ρυθμό Φυσικής Αύξησης" (Ρ.Φ.Α.) και το "Ρυθμό Αύξησης Μετανάστευσης" (Ρ.Α.Μ.) μαθηματικοποιείται ως εξής :

$$D(\Pi.A.)_t = [(P.\Phi.A.)_t + (P.A.M.)_t] dt$$

Η εξίσωση αυτή ολοκληρώνεται ως προς το χρόνο και τελικά εκφράζεται ως συνδυασμός Σταθερών και χρόνου.

Με τη μαθηματοποίηση των σχέσεων των διαφόρων τύπων μεταβλητών, επιτυγχάνεται η ποσοτικοποίηση των συστατικών στοιχείων του συστήματος.

Αυτή η προσομοίωση (με το μαθηματικό μοντέλο) διευκολύνει την ανάλυση των συμπεριφορών του συστήματος κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης χρονικής περιόδου.

Η μοντελοποίηση, στο πλαίσιο της "Δυναμικής των Συστημάτων", πρέπει να βασίζεται στη διερεύνηση και κατανόηση των Δομών Ανάδρασης που υπάρχουν σε όλα τα περίπλοκα συστήματα. Η αιτιακή σχέση δύο μεταβλητών δεν εξαντλείται απαραίτητα στη μεταξύ τους σύνδεση. Συχνά, ένας συνδυασμός συνδέσεων συνεπάγεται το σχηματισμό ενός Βρόγχου Ανάδρασης. Οι Βρόγχοι Ανάδρασης γίνονται πολύ εύκολα ορατοί στα "διαγράμματα αιτιών – αποτελεσμάτων".

Η μεταβολή της αξίας μιας μεταβλητής σε έναν Βρόγχο Ανάδρασης μπορεί να προκαλέσει "Φαινόμενο Ντόμινο" στις τιμές των άλλων μεταβλητών του βρόγχου.

Ένας βρόγχος μπορεί να έχει συνολικά θετική επίπτωση (πρόσημο) ή αρνητική. Θετικό πρόσημο έχει όταν ο αριθμός των συνδέσεων (βελών) είναι άρτιος (ζυγός), αρνητικό πρόσημο όταν είναι περιττός (μονός). Ένας θετικός βρόγχος προκαλεί σταθερή αύξηση ή μείωση των μεταβλητών του. Ένας αρνητικός βρόγχος έχει επίπτωση στις μεταβλητές που ταλαντεύονται ή φθάνουν σε ισορροπία με την παρέλευση του χρόνου.

Περισσότεροι από έναν Βρόγχοι Ανάδρασης, εάν συνδεθούν μεταξύ τους, σχηματίζουν ένα Σύστημα Ανάδρασης.

Τα Συστήματα Ανάδρασης κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των Βρόγχων Ανάδρασης που περιλαμβάνουν και το συνολικό αριθμό των "μεταβλητών επιπέδου" του συστήματος. Για κάθε κατηγορία, έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται ειδικές αναλυτικές μέθοδοι μοντελοποίησης.

Η πλήρης κατανόηση των Δομών Ανάδρασης ενός συστήματος αποτελεί βασική προϋπόθεση επιτυχίας της μοντελοποίησής του και της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της. Γενικά υποστηρίζεται ότι η ανάλυση ενός συστήματος δεν πρέπει να σταματά στον προσδιορισμό των σχέσεων αιτίας – αποτελέσματος, αλλά πρέπει να καταλήγει σε ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων δομών. Μέσα σ' αυτές τις δομές, μια δράση μπορεί να προκαλέσει, όχι μόνο μια απλή μεταβολή, αλλά μια παλινδρόμηση ή αντίδραση προς το σύστημα. Αυτές οι διαφορετικές επιπτώσεις, που είναι συμφυείς σε μια Δομή Ανάδρασης, πρέπει να αναμένονται και λαμβάνονται υπόψη κατά τη διάρκεια της ανάλυσης της Μεθοδολογίας της Δυναμικής των Συστημάτων.

Η επίλυση των μαθηματικών εξισώσεων του μοντέλου του συστήματος διευκολύνεται με δύο τρόπους : με αναλυτική μέθοδο επίλυσης και με προσομοίωση σε Ηλεκτρονικό Υπολογιστή. Υπάρχει εκτεταμένη σχετική βιβλιογραφία και υφιστάμενα σχετικά προγράμματα (λογισμικό) H/Y. [...]

Γενικά, η προσομοίωση σε H/Y βασίζεται στην αναλυτική επίλυση. Ο προσομοιωτής παράγει κάθε μία εκτίμηση χρησιμοποιώντας μαθηματικούς τύπους, είτε για διακριτές, είτε για συνεχείς τιμές.

Ο τρόπος λειτουργίας έχει ως εξής : Υποθέτοντας ότι το σύστημα φτάνει σε ισορροπία μετά σε κάποιο συγκεκριμένο χρόνο, διακρίνονται δύο φάσεις λειτουργίας του συστήματος : μία πριν από την επίτευξη της ισορροπίας και μία μετά την επίτευξη ισορροπίας. Κατά την πρώτη φάση, (χρησιμοποιούνται για τις μεταβλητές διάφορες εξισώσεις συναρτήσεων του χρόνου για να περιγράψουν τη συμπεριφορά του συστήματος ("παροδική ανάλυση", "transient analysis"). Στη δεύτερη φάση ("ανάλυση σταθερής κατάστασης", "steady-state analysis"), η επίλυση των εξισώσεων του συστήματος είναι εύκολη, βάζοντας σε όλες τις "μεταβλητές βαθμού" τιμή ίση με το μηδέν ($\emptyset$).

Αυτή η μέθοδος βασίζεται στο γεγονός ότι μετά το σημείο ισορροπίας, η "μεταβλητές βαθμού" δεν επηρεάζουν τις "μεταβλητές επιπέδου", που έτσι μένουν σταθερές. Σημειώνεται ότι ο τύπος της

επίλυσης της "παροδικής ανάλυσης" ποικίλει σύμφωνα με το πρόσημο της ανάδρασης, την τάξη του Συστήματος Ανάδρασης και τον τύπο του συστήματος.

Το εάν ένα σύστημα θα φτάσει σε ισορροπία ή όχι, εξαρτάται από τη δομή του μοντέλου και όχι από τη ρύθμιση των παραμετρικών τιμών. Η μεταβολή των παραμετρικών τιμών επηρεάζει μόνο το μέγεθος της συμπεριφοράς, αλλά όχι τον τύπο της συμπεριφοράς. Εάν σε κάποια περίπτωση, ένα μοντέλο συστήματος δείχνει τύπο συμπεριφοράς, συναρτήσει του χρόνου, διαφορετικό από την πραγματικότητα, τότε η διόρθωση πρέπει να γίνει, όχι με αλλαγές στα στοιχεία, αλλά με αλλαγές της δομής του μοντέλου.

3. Προσέγγιση του υπολογισμού κόστους κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου με βάση τη θεωρία των συστημάτων

3.1. Γενικά

Ένα βασικό θέμα που καλούνται σήμερα να αντιμετωπίσουν οι μηχανικοί, όταν πρόκειται να ασχοληθούν με τον σχεδιασμό της κατασκευής και διαχείρισης μιας υποδομής, είναι αυτό της ελαχιστοποίησης των οικονομικών εκροών της (κόστους, εξόδων) και της μεγιστοποίησης των οικονομικών εισροών της (χρηματοδοτήσεις, έσοδα κλπ) καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής της. Ειδικότερα δε στην περίπτωση έργων συγκοινωνιακής υποδομής, όπου τα οικονομικά μεγέθη βρίσκονται σε δυσθεώρητα ύψη, η ανάγκη αυτής της διαδικασίας βελτιστοποίησης είναι ιδιαίτερα αυξημένη, αφού τα λάθη εδώ πληρώνονται πολύ πιο ακριβά. Στην παρούσα εργασία δεν εξετάζεται το θέμα της μεγιστοποίησης των οικονομικών εισροών, αλλά μόνο το θέμα της ελαχιστοποίησης των οικονομικών εκροών ενός αυτοκινητοδρόμου.

Ξεκινώντας την ανάλυση για τον σχεδιασμό ενός αυτοκινητοδρόμου, ο αναλυτής αναγνωρίζει αρχικά δύο κεφαλαιώδη στοιχεία κόστους : το κόστος της υποδομής και το κόστος των χρηστών. Ως κόστος υποδομής νοείται το κόστος της κατασκευής και το κόστος συντήρησης (και λειτουργίας) του αυτοκινητοδρόμου, το οποίο αναλαμβάνεται από τον ιδιοκτήτη και διαχειριστή του.

Ως κόστος χρηστών νοείται το άθροισμα των στοιχείων κόστους που αναλαμβάνονται από τους χρήστες του αυτοκινητοδρόμου (π.χ. καύσιμα, διόδια, ασφάλιση, κόστος χρόνου ταξιδιού, κόστος ατυχημάτων κλπ).

Ο συνυπολογισμός και των δύο αυτών στοιχείων κόστους είναι απαραίτητος διότι μόνον έτσι είναι δυνατή η συνολική θεώρηση του κόστους του έργου μέχρι το τέλος της ωφέλιμης ζωής του. Η συνηθισμένη πρακτική του υπολογισμού μόνο του κόστους της υποδομής και μάλιστα τις περισσότερες φορές μόνο του αρχικού κόστους της κατασκευής της, η οποία ακολουθείται για λόγους απλούστευσης και ευκολίας της προσέγγισης, είναι προφανώς ελλειμματική και δεν παρουσιάζει την πραγματική κατάσταση και εικόνα του κόστους.

Η υποτίμηση του φαινομενικά μικρού κόστους συντήρησης που προκύπτει ανά έτος είναι εντελώς λανθασμένη, αν υπολογίσει κανείς το συνολικό κόστος συντήρησης που προκύπτει στο βάθος της ωφέλιμης ζωής της υποδομής από το άθροισμα όλων των χρονικά διεσπαρμένων εργασιών συντήρησης και κυρίως αν συνυπολογίσει το άμεσο και έμμεσο κόστος που θα προκύψει να δεν διατεθεί για την συντήρηση το κατάλληλο ύψος χρηματοδότησης.

Το ίδιο συμβαίνει και με την παραμέληση του κόστους των χρηστών κατά τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής της υποδομής. Μπορεί μεν το κόστος αυτό να μην το υφίσταται αυτός που κατασκευάζει και συντηρεί το δρόμο, αλλά αν γίνει η θεώρηση πιο γενικά, σε επίπεδο κράτους (Εθνικής Οικονομίας), τότε το κόστος που προκύπτει στους

χρήστες επιβαρύνει την εθνική οικονομία, όπως την επιβαρύνει και το κόστος της υποδομής.

Είναι συνεπώς σαφές πως για την ελαχιστοποίηση των συνολικών οικονομικών εκροών ενός αυτοκινητόδρομου πρέπει να συμπεριληφθούν στη θεώρηση τόσο τα κόστη της υποδομής (κατασκευή, συντήρηση) όσο και το κόστος των χρηστών.

Η ανάλυση στη συνέχεια πρέπει να επικεντρωθεί στη διερεύνηση των παραγόντων, που ενυπάρχουν μέσα στα στοιχεία κόστους και στην προσπάθεια εύρεσης των νόμων που διέπουν την ύπαρξή τους, του εύρους των τιμών τους, των αλληλοσυσχετισμών τους αλλά και – το κυριότερο – της επιρροής τους στα στοιχεία κόστους καθαυτά. Ο καθορισμός των συσχετισμών αυτών είναι που τελικά θα οδηγήσει στην διαμόρφωση μιας μεθοδολογίας συστηματικής επιλογής τους, κατά τρόπο που να οδηγεί στο χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής του αυτοκινητοδρόμου.

Το οικονομικό περιβάλλον ενός έργου περιλαμβάνει πολλές παραμέτρους. Ένα τέτοιο έργο, όπως ο αυτοκινητόδρομος, έχει προεκτάσεις προς όλες τις κατευθύνσεις και επηρεάζεται από πολλά και διαφορετικά στοιχεία της ανθρώπινης δραστηριότητας. Μπορεί κανείς με μια πρώτη ματιά να αναγνωρίσει τις επιρροές του ανθρώπινου παράγοντα ως κατασκευαστή και ως χρήστη ή ακόμα και ως παρόδιου, που ωφελείται ή ζημιώνεται, του παράγοντα της επιστήμης που καθορίζει ανάλογα με τις απαιτήσεις του σχεδιασμού τις τεχνικές λύσεις, του παράγοντα της οικονομίας που με τη μορφή του πληθωρισμού ή του κόστους χρηματοδότησης επηρεάζει την οικονομία του έργου κλπ.

Ο πολύ μεγάλος αριθμός των παραγόντων αυτών οδήγησε σε μια διαδικασία αποκλεισμού ορισμένων από αυτούς με σκοπό να φανούν καθαρότερα κάποια αποτελέσματα. Έγιναν δηλαδή ορισμένες απλουστεύσεις και παραδοχές με σκοπό να απλοποιηθεί το περιβάλλον επιρροής και να δοθεί το απαραίτητο βάρος σε εκείνες τις μεταβλητές, που κρίθηκαν περισσότερο ουσιαστικές για το σκοπό της εργασίας.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάλυση του κόστους κατασκευής και του κόστους συντήρησης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε παραμέτρους σχεδιασμού και παραμέτρους υλοποίησης.

Οι παράμετροι σχεδιασμού είναι παράμετροι που υπεισέρχονται στις μελέτες σχεδιασμού του αυτοκινητοδρόμου, και καθορίζουν με τις τιμές και τη φύση τους τα σχεδιαστικά μεγέθη του έργου. Αποτελούν δηλαδή κρίσιμες μεταβλητές πάνω στις οποίες βασίζεται ο σχεδιασμός ενός τέτοιου έργου.

Οι παράμετροι υλοποίησης υπεισέρχονται στην φυσική υλοποίηση του έργου από το σχεδιαστήριο στο εργοτάξιο. Στις παραμέτρους αυτές βασίζεται η τελική (στην πράξη) διαμόρφωση των εργασιών κατασκευής και συντήρησης αλλά και όλων των άλλων οικονομικών μεγεθών, που συναντούνται κατά τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής της υποδομής.

Όλες οι παράμετροι – σχεδιασμού ή υλοποίησης – που χρησιμοποιούνται στην συγκεκριμένη εργασία, μπορούν να ταξινομηθούν σε μικρότερες κατηγορίες, ανάλογα με τη φύση τους και την πηγή δημιουργίας τους. Έτσι, στην ανάλυση του κόστους

αυτοκινητοδρόμου που ακολουθεί, συναντώνται παράμετροι κυκλοφοριακές, μεταφορικές, κοινωνικές, οικονομικές, τεχνικές κλπ, κάθε μια από τις οποίες έχει ένα συγκεκριμένο ρόλο να παίξει και κάποιο περιορισμό ή ανάγκη να επιβάλλει στον σχεδιασμό και την υλοποίηση του αυτοκινητοδρόμου.

Παρόλο που η επιρροή καθεμιάς από αυτές τις μεταβλητές είναι γενικά γνωστό πώς αντιμετωπίζεται στην πράξη, όταν δηλαδή πρόκειται να κατασκευαστεί το έργο, εντούτοις για πολλές από αυτές, δεν υπάρχει ολοκληρωμένο και επιστημονικά τεκμηριωμένο υπόβαθρο μελέτης της επιρροής τους στα στοιχεία κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου. Επίσης, δεν υπάρχει μια ολοκληρωμένη ανάλυση και ποσοτικοποιημένη προσομοίωση της επιρροής τους, υπό το πλήρες καθεστώς όλων των αλληλοσυσχετίσεών τους, όπως αυτή υπάρχει στην πραγματικότητα. Επειδή η ποσοτική διερεύνηση αυτών των συσχετισμών είναι μια διαδικασία χρονοβόρα και πολυδάπανη, η οποία επιπλέον υπερβαίνει τους στόχους αυτής της διπλωματικής εργασίας, η επιρροή των παραμέτρων αυτών θα προσεγγιστεί κυρίως ποιοτικά, χάριν απλούστευσης του όλου προβλήματος και για να επικεντρωθεί η ανάλυση στην διατύπωση μιας μεθοδολογίας για την επίτευξη του ελάχιστου κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου.

Παρά ταύτα, για την ανάλυση και τον υπολογισμό του κόστους κύκλου ζωής του αυτοκινητοδρόμου θα ακολουθηθεί μια προσέγγιση βασισμένη στη θεωρία των συστημάτων, προκειμένου να επιτευχθεί – έστω και στην απλοποιημένη του μορφή – μια συνολική προσέγγιση του κόστους αυτού. Στην προσέγγιση αυτή θα συμπεριλαμβάνονται τόσο οι αλληλεπιδράσεις, όσο και η δυναμική μεταβολή στο χρόνο των στοιχείων του.

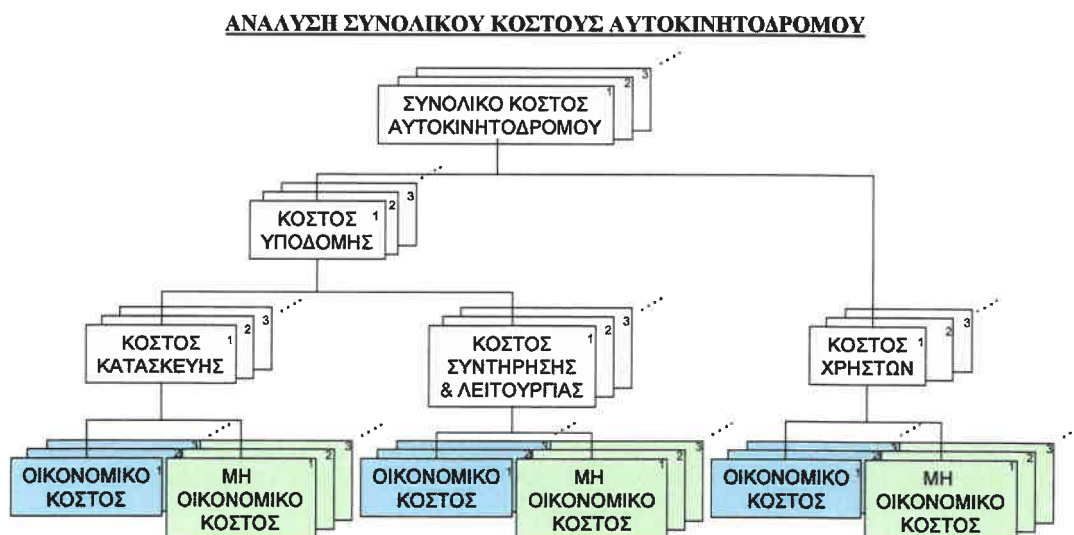
3.2. Ανάλυση του συνολικού κόστους αυτοκινητοδρόμου

(α) Γενικά

Ο αυτοκινητόδρομος αποτελεί ένα τμήμα του γενικότερου συστήματος των χερσαίων μεταφορών. Μπορεί να είναι αστικός ή υπεραστικός, χαρακτηρίζεται από πλήρη έλεγχο των προσβάσεων του και επιτρέπει υψηλές ταχύτητες κίνησης στα οχήματα που τον χρησιμοποιούν. [8]

Από τη φύση του ο αυτοκινητόδρομος αποτελεί μια μεταφορική υποδομή των μεταφορών μείζονος σημασίας. Η μεταφορική εξυπηρέτηση που προσφέρει επηρεάζει την ανάπτυξη των εξυπηρετούμενων περιοχών δραστικά, οδηγώντας σε αλλαγές τόσο των χρήσεων γης όσο και των καθημερινών συνηθειών των ανθρώπων. Η ύπαρξη και λειτουργία ενός αυτοκινητοδρόμου δημιουργεί πολλών ειδών ωφέλειες στους εξυπηρετούμενους χρήστες αλλά και στους παρόδους, ενώ από την άλλη πλευρά δημιουργεί και αρκετά στοιχεία κόστους. Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν θα ασχοληθεί με τις ωφέλειες που προκύπτουν από την υλοποίηση και λειτουργία ενός αυτοκινητοδρόμου. Αντίθετα, θα ασχοληθεί αποκλειστικά με τα κόστη που δημιουργούνται.

Κάθε μια από αυτές τις τρεις κύριες συνιστώσες του συνολικού κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου (κόστος κατασκευής, κόστος συντήρησης – λειτουργίας και κόστος χρηστών), χωρίζεται σε δύο επιμέρους κατηγορίες: το οικονομικό και το μη οικονομικό κόστος (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1 : Ανάλυση Συνολικού Κόστους Αυτοκινητοδρόμου
(χρονικά στιγμιότυπα : κατ'έτος ζωής του)

Ως οικονομικό κόστος εννοείται το χρηματικό κόστος, ενώ ως μη οικονομικό κόστος εννοούνται οι διάφορες επιβαρύνσεις (αλλαγές) που προκαλούνται ή προκύπτουν στο περιβάλλον του αυτοκινητοδρόμου και που δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν σε χρηματική μορφή. Η

παρούσα διπλωματική θα ασχοληθεί αποκλειστικά και μόνο με τα χρηματικά κόστη ενός αυτοκινητοδρόμου και μάλιστα με αυτά που σχετίζονται με την κατασκευή, την συντήρηση – λειτουργία και τους χρήστες. Τα μη χρηματικά κόστη των υπολοίπων συνιστωσών του συνολικού κόστους θα αναφερθούν επιγραμματικά χωρίς να αποτελέσουν τμήμα της ανάλυσης που θα ακολουθήσει.

Επιπρόσθετα, κατά την ανάλυση θα εξεταστεί ο αυτοκινητόδρομος ως προς τις βασικές υποδομές του, που παρέχουν μεταφορική εξυπηρέτηση. Δεν θα εξεταστούν παρόδιες χρήσεις – εξυπηρετήσεις [Σταθμοί Εξυπηρέτησης Αυτοκινητιστών (Σ.Ε.Α.), ξενοδοχεία, τηλεπικοινωνιακή υποδομή κ.λπ.) που προκύπτουν από την ύπαρξη και λειτουργία του αυτοκινητόδρομου, ούτε ως προς το κόστος κατασκευής – συντήρησης – λειτουργίας – χρήσης τους, ούτε και ως προς τα αναμενόμενα οφέλη τους στον Κύριο του Έργου, τους χρήστες και τους παρόδιους.

- Μη οικονομικό κόστος αυτοκινητοδρόμου

Η συνιστώσα του μη οικονομικού κόστους της κατασκευής ενός αυτοκινητοδρόμου έχει πολλά κοινά στοιχεία με την αντίστοιχη της συντήρησης – λειτουργίας του.

Ως μη οικονομικό κόστος γενικά εννοούνται οι συνέπειες που συνεπάγεται το έργο στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Το κόστος αυτό πολύ δύσκολα εκφράζεται σε χρηματικές μονάδες. Ως μη οικονομικό κόστος ενός αυτοκινητοδρόμου θεωρούνται οι εξής συνέπειες [1]:

- ρύπανση περιβάλλοντος (αέρα, θάλασσας, γης)
- θόρυβοι
- επιπτώσεις στο αισθητικό περιβάλλον και στον χαρακτήρα της περιοχής
- κοινωνικά προβλήματα από την αλλαγή της χρήσης της γης και τις ενδεχόμενες απαλλοτριώσεις
- μεταβολές της κοινωνικής συμπεριφοράς και του τρόπου ζωής στην περιοχή του έργου ή ευρύτερα
- μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον και ενδεχόμενες σχετικές επιπτώσεις.

Όπως καθίσταται φανερό από τη φύση των παραπάνω συνεπειών, το μη οικονομικό κόστος το υφίστανται τόσο οι χρήστες της συγκοινωνιακής υποδομής όσο και οι μη χρήστες. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτό τόσο στο στάδιο της κατασκευής και κυρίως στο στάδιο της λειτουργίας και της συντήρησης, όπου η χρήση της υποδομής από τα οχήματα είναι έντονη. Στην κατάσταση της πλήρους λειτουργίας ενός αυτοκινητοδρόμου το μη οικονομικό κόστος είναι πολύ έντονο για τους παρόδιους κατοίκους της υποδομής, στοιχείο που οι χρήστες κατά κόρον τείνουν να αγνοούν ή να υποβαθμίζουν μπροστά, στα οφέλη της εξυπηρέτησης που τους παρέχεται.

Σχετικά με το κόστος των χρηστών, νεώτερες μελέτες καταδεικνύουν πως είναι σωστότερο να γίνεται διαχωρισμός μεταξύ των

εσωτερικών και των εξωτερικών στοιχείων κόστους χρήσης (αντί του διαχωρισμού σε οικονομικό και μη οικονομικό κόστος). Τα εσωτερικά στοιχεία κόστους θα αναλυθούν στη συνέχεια διεξοδικά, αφού αποτελούν τμήμα του συνολικού οικονομικού κόστους του συστήματος ενός αυτοκινητοδρόμου. [20, 12]

Τα εξωτερικά κόστη των χρηστών αποτελούν τα περιβαλλοντολογικά κόστη, που προέρχονται από την χρήση της υποδομής: τον θόρυβο και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα κόστη αυτά τα παράγουν και τα υφίστανται (μαζί βέβαια και με τους μη χρήστες) οι χρήστες της υποδομής και αναφέρονται στην δημιουργούμενη κούραση, απώλεια παραγωγικότητας, επιβάρυνση της υγείας κλπ, που προκαλείται κατά τη χρήση της υποδομής από τα οχήματα. Αν και αυτά τα κόστη δεν ποσοτικοποιούνται στο εσωτερικό κόστος των χρηστών, εντούτοις τα τελευταία χρόνια γίνεται μια προσπάθεια να συμπεριληφθούν με τη μορφή μιας προσαύξησης των τελών χρήσης της υποδομής (διόδια), με βάση την αρχή του «ο ρυπαίνων πληρώνει». Με τη αρχή αυτή που προωθείται και από την Ευρωπαϊκή Ένωση [12] και αρχίζει να εφαρμόζεται σε ολοένα και περισσότερες χώρες, κάθε τύπος οχήματος ανάλογα με τη ρύπανση που προκαλεί (με βάση στατιστικά στοιχεία) καλείται να πληρώσει μια επιπλέον προσαύξηση των τελών χρήσης της υποδομής για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί, έτσι ώστε με τους κατ' αυτόν τον τρόπο αθροιζόμενους πόρους να λαμβάνονται μέτρα πρόληψης και/ή άρσης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων. Στην παρούσα διπλωματική πάντως τα εξωτερικά κόστη των χρηστών δεν θα συμπεριληφθούν στην ανάλυση του κόστους των χρηστών που θα ακολουθήσει.

Στα επόμενα κεφάλαια ακολουθεί μια διερεύνηση και ανάλυση των οικονομικών στοιχείων κόστους που χαρακτηρίζουν έναν αυτοκινητόδρομο (κόστη κατασκευής, συντήρησης – λειτουργίας, χρηστών), καθώς και των παραμέτρων που επηρεάζουν τα υπό ανάλυση αυτά στοιχεία κόστους.

3.2.1. Κόστος Κατασκευής

Το κόστος της κατασκευής ενός αυτοκινητοδρόμου αφορά τον Κύριο του Έργου και επιβαρύνει αποκλειστικά αυτόν. Στις περισσότερες περιπτώσεις παγκοσμίως Κύριος του Έργου είναι το Κράτος και έτσι το κόστος της κατασκευής ενός αυτοκινητοδρόμου επιβαρύνει τον κρατικό προϋπολογισμό. Την ευθύνη για την υλοποίηση της κατασκευής ενός αυτοκινητόδρομου φέρει ο αρμόδιος φορέας που ασχολείται με τις μεταφορές ή τα δημόσια έργα και αυτός οργανώνει τις διαδικασίες με τις οποίες το έργο θα δημοπρατηθεί, παραχωρηθεί, κατασκευαστεί κλπ. Αρμόδιος φορέας για την υλοποίηση ενός αυτοκινητοδρόμου στη χώρα μας είναι το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ).

Το οικονομικό κόστος κατασκευής που καλείται να αναλάβει ο Κ.τ.Ε. για έναν αυτοκινητόδρομο αποτελείται από πολλά στοιχεία. Επιγραμματικά ο Κ.τ.Ε. καλείται να αναλάβει το κόστος για :

- Μελέτες κατασκευής (οικονομικές, περιβαλλοντικές, τεχνικές κ.λπ.) (CMK)
- Έρευνες κατασκευής (γεωλογικές, γεωτεχνικές κλπ) (CEΓΓΚ)
- Απαλλοτριώσεις, αποζημιώσεις, νομικά έξοδα εύρους κατάληψης (CAA)
- Αρχαιολογικές έρευνες (CAPX)
- Μετακινήσεις δικτύων Οργανισμών Κοινής Ωφελείας (COKΩ)
- Εργασίες κατασκευής με ή χωρίς υλικά κατασκευής (χωματουργικά, οδόστρωμα, τεχνικά έργα, βοηθητικός εξοπλισμός) (CEK)
- Υλικά κατασκευής (CYK) (προαιρετικά ανάλογα με τις πληρωμές των εργασιών κατασκευής)
- Διοίκηση και επίβλεψη – έλεγχος κατασκευής (CΔΕΚ)
- Μέτρα ασφάλειας κατά τις εργασίες κατασκευής (CMAK)
- Κόστος χρηματοδότησης κατασκευής (CΧΡΚ)

Σε μορφή εξίσωσης το κόστος της κατασκευής ενός αυτοκινητοδρόμου δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Cκατ,ολ} = \text{CMK} + \text{CEΓΓΚ} + \text{CAA} + \text{CAPX} + \text{COKΩ} + \text{CEK} + \\ + \text{CYK} + \text{CΔΕΚ} + \text{CMAK} + \text{CΧΡΚ}$$

Το κόστος των μελετών και των ερευνών περιλαμβάνει τις πληρωμές μελετητών για τις μελέτες σκοπιμότητας, χρηματοοικονομικές μελέτες, κοινωνικοοικονομικές μελέτες, τεχνικές μελέτες (αναγνωριστικές, προμελέτες, οριστικές) κλπ, καθώς και επιστημονικών συνεργειών ή ειδικευμένων εταιρειών για έρευνες γεωτεχνικές, γεωλογικές, υδρογραφικές κλπ, που αφορούν την υλοποίηση του έργου. Η ποιότητα και η αξιοπιστία των μελετών και των ερευνών αυτών αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην οικονομία του έργου.

Το κόστος των απαλλοτριώσεων, αποζημιώσεων και νομικών εξόδων που προκύπτουν από τις διαδικασίες αυτές αποτελούν κόστος του Κ.τ.Ε. αποκλειστικά. Αναφέρονται στην εξαγορά της γης αλλά και στις αποζημιώσεις ιδιοκτητών ακινήτων κλπ, όλων όσων βρίσκονται μέσα στο συνολικό εύρος κατάληψης του αυτοκινητοδρόμου. Στην διεθνή βιβλιογραφία τα κόστη αυτά ονομάζονται rights – of – way costs.

Το κόστος αρχαιολογικών ερευνών προκύπτει σε περίπτωση που στην ζώνη κατάληψης του αυτοκινητοδρόμου αναμένεται να βρεθούν, ή βρεθούν ή/και χρειαστεί να μετακινηθούν ή/και προστατευτούν αρχαιολογικά ευρήματα ή μνημεία. Το κόστος αυτό βαρύνει τον ΚτΕ και εκτός από χρηματικό αποτελεί συνήθως και πολύ μεγάλο κόστος χρόνου (το οποίο βέβαια τελικά είναι και αυτό οικονομικό κόστος).

Το κόστος των μετακινήσεων των δικτύων των Οργανισμών Κοινής Ωφελείας, βαρύνει επίσης αποκλειστικά τον Κ.τ.Ε. και αναφέρεται στην μετακίνηση ή αντικατάσταση των δικτύων του ΟΤΕ, της ΔΕΗ κλπ που βρίσκονται μέσα στο εύρος κατάληψης του αυτοκινητοδρόμου. Το κόστος αυτό είναι πιθανό να αποτελεί τεράστια δαπάνη σε περίπτωση που ο αυτοκινητόδρομος διασχίζει αστικές περιοχές όπου τα δίκτυα των ΟΚΩ είναι πυκνά.

Το κόστος των εργασιών κατασκευής είναι το κόστος της φυσικής υλοποίησης του έργου. Συνήθως τα υλικά κατασκευής συμπεριλαμβάνονται στις συμβάσεις των εργολάβων που αναλαμβάνουν την κατασκευή. Παρόλα αυτά υπάρχουν και περιπτώσεις που το Κράτος διαθέτει μηχανισμούς και παρέχει το ίδιο μερικά από τα υλικά κατασκευής (π.χ. ασφαλτος ή υλικά λατομείου).

Το κόστος διοίκησης της κατασκευής αποτελεί ένα στοιχείο κόστους που εξαρτάται από το αν το έργο είναι δημόσιο ή αν είναι έργο παραχώρησης. Στην πρώτη περίπτωση τη διοίκηση του έργου έχουν οι αρμόδιες υπηρεσίες του Κ.τ.Ε. και συγκεκριμένα η «Προϊσταμένη Αρχή», η οποία ασκεί εποπτεία και η «Διευθύνουσα Υπηρεσία», η οποία ασχολείται με την καθημερινή διοίκηση της κατασκευής. Στην περίπτωση αυτή η σύμβαση που συνάπτει η Προϊσταμένη Αρχή με τους εργολάβους μεταβιβάζεται και εκτελείται διοικητικά στην Διευθύνουσα Υπηρεσία, η οποία έχει και τη διοικητική ευθύνη. Η Προϊσταμένη Αρχή επιτελεί εποπτεία και ασχολείται κυρίως με τυχόν τροποποιήσεις τις αρχικής σύμβασης που μπορεί να προκύψουν κατά τη εκτέλεση του έργου. Με το πέρας όμως και την επικύρωση των τροποποιήσεων από την Προϊσταμένη Αρχή, η διοικητική ευθύνη μεταβιβάζεται εκ νέου στην Διευθύνουσα Υπηρεσία, η οποία καλείται πλέον να εφαρμόσει τη νέα τροποποιημένη σύμβαση με τους εργολάβους. Τόσο η Προϊσταμένη Αρχή όσο και η Διευθύνουσα Υπηρεσία υποβοηθούνται στο έργο της διοίκησης με την πρόσληψη εξωτερικών συνεργατών, που ασχολούνται είτε με την διοίκηση των έργων (project management) είτε με την επίβλεψη της κατασκευής (construction management). Στην περίπτωση του έργου παραχώρησης, η Παραχωρησιούχος κοινοπραξία ή εταιρεία επιτελεί τη διοίκηση του έργου με τους δικούς της εσωτερικούς μηχανισμούς διοίκησης.

Στις παραπάνω εργασίες διοίκησης της κατασκευής περιλαμβάνεται και η επίβλεψη και ο έλεγχος της κατασκευής (quality control).

Στην περίπτωση του δημοσίου έργου την ευθύνη του ποιοτικού ελέγχου έχει η Διευθύνουσα Υπηρεσία, η οποία ασχολείται και με τον έλεγχο ποιότητας, εκτός από τις επιμετρήσεις, την υγεία και ασφάλεια των εργοταξίων, τις πιστοποιήσεις και τις πληρωμές.

Στην περίπτωση του έργου παραχώρησης την επίβλεψη και τον έλεγχο της ποιότητας της κατασκευής αναλαμβάνει η Παραχωρησιούχος με δικούς της μηχανισμούς, υπό την εποπτεία συμβούλων του Κ.τ.Ε. και των τραπεζών που χρηματοδοτούν το έργο. Επιπρόσθετα υπάρχει και ένας «Ανεξάρτητος Μηχανικός» (independent engineer), ο οποίος προβλέπεται από τη σύμβαση παραχώρησης να εποπτεύει το έργο ως αντικειμενικός κριτής (ο οποίος παραταύτα πληρώνεται μέσω της Παραχωρησιούχου).

Το κόστος των μέτρων ασφαλείας κατά την εκτέλεση των εργασιών κατασκευής αποτελεί δαπάνη, που στοχεύει στην προστασία τόσο του προσωπικού και του εξοπλισμού που εργάζεται στα εργοτάξια κατασκευής, όσο και τυχόν διερχόμενων χρηστών της υποδομής σε περίπτωση που το έργο παραδίδεται τμηματικά σε χρήση. Το κόστος αυτό βαρύνει βεβαίως τον Κ.τ.Ε.

Τέλος με τον όρο κόστος χρηματοδότησης εννοούνται οι τόκοι των δανείων που συνάπτονται για την χρηματοδότηση των έργων κλπ, είτε από τον Κ.τ.Ε. (δημόσια έργα), είτε από τον Παραχωρησιούχο.

Τα παραπάνω στοιχεία κόστους αποτελούν τα χρηματικά έξοδα που καλείται να πληρώσει ο Κ.τ.Ε. (ή / και ο Παραχωρησιούχος) για την κατασκευή ενός αυτοκινητόδρομου. Αποτελούν δηλαδή τις χρηματικές εκροές για την κατασκευή της υποδομής.

3.2.2. Κόστος συντήρησης – λειτουργίας

Το κόστος συντήρησης – λειτουργίας αναφέρεται στην χρήση του αυτοκινητόδρομου, μετά το πέρας της κατασκευής του, και στην διατήρησή του σε μια λειτουργική κατάσταση, η οποία συνήθως προδιαγράφεται από τη σύμβαση του έργου. Το κόστος συντήρησης – λειτουργίας βαρύνει είτε το Κράτος είτε μια εταιρεία ή κοινοπραξία εταιρειών (Operator), ανάλογα με το αν το έργο είναι δημόσιο έργο ή έργο παραχώρησης.

Στην περίπτωση του δημοσίου έργου το κόστος αυτό το αναλαμβάνει το Κράτος, το οποίο αναλαμβάνει, μέσω των υπηρεσιών του, την διοίκηση και διαχείριση της υποδομής μετά το πέρας της κατασκευής της. Ο κρατικός μηχανισμός με διαδικασίες παρόμοιες με αυτές της κατασκευής μπορεί να διατηρήσει τη διαχείριση του αυτοκινητοδρόμου σε δικές του υπηρεσίες ή να τις αναθέσει μέσω δημοπράτησης σε εξωτερικούς συνεργάτες. Στην Ελλάδα στα δημόσια έργα τη διοίκηση της συντήρησης ασκούν ειδικευμένες υπηρεσίες κρατικού συμφέροντος (π.χ. ΕΥΔΕ – Συντήρησης Αυτοκινητοδρόμων) ενώ οι εργασίες συντήρησης ανατίθενται μέσω διαγωνισμών σε ιδιωτικές εταιρείες. Σε κάθε περίπτωση πάντως το κόστος συντήρησης και λειτουργίας βαρύνει τον κρατικό προϋπολογισμό.

Στην περίπτωση του έργου παραχώρησης, η Παραχωρησιούχος έχει αναλάβει μέσω της σύμβασης παραχώρησης την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση του έργου για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Μετά το πέρας της κατασκευής, είναι στην ευχέρεια της Παραχωρησιούχου να οργανώσει τις διαδικασίες λειτουργίας και συντήρησης του αυτοκινητοδρόμου, όπως αυτή νομίζει ή την συμφέρει, με την προϋπόθεση βέβαια ο αυτοκινητόδρομος να πληροί σε κάθε περίπτωση τις απαιτήσεις της σύμβασης. Σε αυτήν την περίπτωση, το κόστος τόσο της λειτουργίας όσο και της συντήρησης βαρύνουν αποκλειστικά και μόνο την Παραχωρησιούχο και εξαρτώνται από τις εσωτερικές δομές ή εξωτερικές συνεργασίες (συμβάσεις) που έχει συνάψει για το σκοπό αυτό.

Το χρηματικό κόστος, που καλείται να πληρώσει σε κάθε περίπτωση ο υπεύθυνος για την συντήρηση και λειτουργία ενός αυτοκινητοδρόμου, χωρίζεται για λόγους ανάλυσης σε κόστος λειτουργίας και κόστος συντήρησης, αν και σε διεθνές επίπεδο έχει καθιερωθεί το κόστος λειτουργίας, επειδή είναι σημαντικά μικρότερο από το κόστος συντήρησης, να συμπεριλαμβάνεται στο κόστος συντήρησης (εκτός από τις πληρωμές του προσωπικού λειτουργίας που υπολογίζονται ξεχωριστά) [20, 15, 26]. Σε κάθε περίπτωση ο υπεύθυνος έχει να καταβάλει χρηματικό αντίτιμο για τα εξής :

Κόστος Λειτουργίας (C_{Λει,ολ}) (στο οποίο περιλαμβάνονται:)

- Διοίκηση λειτουργίας (C_{ΔΛ})
- Προσωπικό λειτουργίας (C_{ΠΠΛ})

- Έξοδα λειτουργίας (ηλεκτρικό ρεύμα, κλπ δαπάνες ΟΚΩ) (CEΛ)

Κόστος Συντήρησης (Cσυντ,ολ) (στο οποίο περιλαμβάνονται:)

- Μελέτες συντήρησης (CΜΣ)
- Εργασίες συντήρησης με ή χωρίς υλικά συντήρησης (CΕΣ)
- Υλικά συντήρησης (CΥΣ) (προαιρετικά ανάλογα με τη σύμβαση)
- Διοίκηση και επίβλεψη – έλεγχος συντήρησης (CΔΕΣ)
- Μέτρα ασφάλειας και διαχείρισης της κυκλοφορίας κατά τις εργασίες συντήρησης (CΜΑΣ)
- Κόστος χρηματοδότησης της συντήρησης (CΧΡΣ)

Είναι δηλαδή :

$$\mathbf{C_{\text{Λειτουργίας+συντήρησης,ολ}} = C_{\text{Λειτουργίας,ολ}} + C_{\text{συντήρησης,ολ}} \text{ και}}$$

$$\mathbf{C_{\text{Λειτουργίας,ολ}} = C_{\text{ΔΛ}} + C_{\text{ΠΠΛ}} + C_{\text{ΕΛ}}}$$

$$\mathbf{C_{\text{συντήρησης,ολ}} = C_{\text{ΜΣ}} + C_{\text{ΕΣ}} + C_{\text{ΥΣ}} + C_{\text{ΔΕΣ}} + C_{\text{ΜΑΣ}} + C_{\text{ΧΡΣ}}}$$

Αναλυτικά τα παραπάνω χρηματικά κόστη αντιπροσωπεύουν τα εξής :

Το κόστος διοίκησης της λειτουργίας αποτελεί τις δαπάνες που γίνονται για τις πληρωμές των διοικητικών οργάνων, που ασχολούνται με την οργάνωση της λειτουργίας του αυτοκινητόδρομου. Σε περίπτωση δημοσίου έργου πρόκειται για το κόστος της ειδικής υπηρεσίας που ασχολείται με τη λειτουργία, ενώ στην περίπτωση έργου παραχώρησης το κόστος αυτό συμπεριλαμβάνεται στα έξοδα της Παραχωρησιούχου (κόστος Operator).

Το κόστος του προσωπικού, που εργάζεται για την εύρυθμη λειτουργία του αυτοκινητόδρομου, μαζί με το κόστος του εξοπλισμού διαχείρισης και παρακολούθησης – επιτήρησης του αυτοκινητοδρόμου που χρησιμοποιεί, προφανώς επιβαρύνει τον διαχειριστή (Δημόσιο ή Παραχωρησιούχος).

Τα έξοδα λειτουργίας περιλαμβάνουν τις δαπάνες ΟΚΩ. Το ύψος τους συναρτάται από το είδος, τον αριθμό και το μέγεθος των υποδομών που διαθέτει ο αυτοκινητόδρομος (σήραγγες, γέφυρες, βοηθητικός εξοπλισμός κ.λπ.).

Το κόστος των μελετών συντήρησης αποτελεί τις δαπάνες για την εκπόνηση των κατάλληλων μελετών προγραμματισμού της συντήρησης που χρειάζεται ο αυτοκινητόδρομος. Η ποιότητά τους συντελεί στην τελική διαμόρφωση του κόστους συντήρησης του αυτοκινητοδρόμου. Σε περίπτωση δημοσίου έργου το κόστος αυτό βαρύνει τον Κ.τ.Ε., ενώ σε περίπτωση έργου παραχώρησης την Παραχωρησιούχο.

Το ίδιο περιεχόμενο (με ακριβείς αντιστοιχίες με όσα ειπώθηκαν στην κατασκευή) έχουν οι εργασίες συντήρησης, τα υλικά συντήρησης, η

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

Տե՛ղ ուղղժք Տե՛ղնա՛ն Տե՛ղնա՛ն ու՛ր կե՛ղնա՛ն
(Տե՛ղնա՛ն) Տե՛ղնա՛ն Տե՛ղնա՛ն (Տե՛ղնա՛ն)
Տե՛ղնա՛ն :Տե՛ղնա՛ն Տե՛ղնա՛ն Տե՛ղնա՛ն
Տե՛ղնա՛ն Տե՛ղնա՛ն Տե՛ղնա՛ն Տե՛ղնա՛ն

[illegible]

επιστράτευση τροχονόμων κ.λπ. Το κόστος που προκύπτει από την εκπλήρωση των μέτρων ασφάλειας είναι καίριας σημασίας και συνήθως αρκετά υψηλό και επιβαρύνει τον Κ.τ.Ε. ή την Παραχωρησιούχο, ανάλογα με τον τρόπο υλοποίησης του έργου.

Τα παραπάνω αποτελούν τα χρηματικά στοιχεία κόστους που καλείται να πληρώσει ο υπεύθυνος της διαχείρισης ενός αυτοκινητοδρόμου. Πρόκειται για τα έξοδα που αναφέρονται στην σωστή διοίκηση και λειτουργία του αυτοκινητόδρομου καθώς και στην οργάνωση και επιτέλεση των εργασιών συντήρησης.

3.2.3. Κόστος χρηστών

Οι χρήστες αποτελούν βασικό στοιχείο του συστήματος ενός αυτοκινητόδρομου. Χωρίς αυτούς η υποδομή του αυτοκινητόδρομου δεν έχει καμιά λειτουργική αξία, αφού κύριος σκοπός της ύπαρξής της είναι η εξυπηρέτηση της ζήτησής τους για μεταφορικό έργο.

Οι χρήστες κρίνουν την λειτουργικότητα της υποδομής. Εάν η προσφερόμενη εξυπηρέτηση είναι η απαιτούμενη, το ποσοστό της χρήσης αυξάνεται, ενώ σε αντίθετη περίπτωση μειώνεται.

Οι χρήστες επίσης διαμορφώνουν και τις συνθήκες κυκλοφορίας επί της υποδομής. Με τη χρήση τους διαμορφώνονται τα κυκλοφοριακά μεγέθη της λειτουργίας, αλλά και με τη οδική συμπεριφορά τους και τη συμμόρφωσή τους ή όχι στους κανόνες του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (ΚΟΚ) καθορίζεται η σχετική τάξη ή αταξία κατά την ροή των οχημάτων.

Σε κάθε περίπτωση οι χρήστες αλληλεπιδρούν με την υποδομή και τα χαρακτηριστικά της και γι'αυτό χωρίς τον υπολογισμό του κόστους της χρήσης τους δεν μπορεί να εννοηθεί το σύστημα ενός αυτοκινητοδρόμου ως «κλειστό».

Το κόστος της χρήσης που επιβαρύνει τους χρήστες, ολοκληρώνει την οικονομική θεώρηση του συνολικού κόστους ενός αυτοκινητόδρομου και σε αντίθεση αλλά και συμπληρωματικότητα με τα κόστη κατασκευής και συντήρησης που αφορούν αποκλειστικά τον ΚτΕ, ανάγει τη συνολική αυτή θεώρηση σε επίπεδο πλέον εθνικής οικονομίας. Η σημασία της συνολικής αυτής οικονομικής θεώρησης αναλύεται σε ξεχωριστό κεφάλαιο (κεφάλαιο 3.3.2.)

Στοιχεία κόστους χρηστών

Το συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος που επιβαρύνει τους χρήστες ενός αυτοκινητοδρόμου αποτελείται από τρεις συνιστώσες: το λειτουργικό κόστος των οχημάτων, το κόστος του χρόνου κατά την μετακίνηση και το κόστος των ατυχημάτων.

Είναι δηλαδή:

$$\text{Κοστος Χρηστών} = \text{Κλειτ} + \text{Κχρον} + \text{Κατυχ}$$

όπου Κοστος Χρηστών = το συνολικό κόστος των χρηστών

Κλειτ = το λειτουργικό κόστος των οχημάτων

Κχρον = το κόστος χρόνου και

Κατυχ = το κόστος των ατυχημάτων

• Λειτουργικό κόστος οχημάτων

Η κίνηση των οχημάτων σε έναν αυτοκινητόδρομο προκαλεί ένα λειτουργικό κόστος. Το κόστος αυτό σχετίζεται με κάποια πάγια και κάποια μεταβλητά κόστη, που προκύπτουν από τη χρήση του αυτοκινητόδρομου και του οχήματος [1, 2, 3]. Αναλυτικά τα πάγια και τα μεταβλητά έξοδα ενός οχήματος είναι τα εξής:

- Πάγια κόστη ($C_{\text{παγ}}$)
 - Κόστος απόκτησης διπλώματος οδήγησης ($C_{\Delta O}$)
 - Ετήσια τέλη κυκλοφορίας (C_{TK})
 - Ετήσιο κόστος ασφάλισης ($C_{ΑΣΦ}$)
 - Κόστος χρονικής απαξίωσης οχήματος ($C_{ΧΑΟ}$)
 - Κόστος λειτουργικής απαξίωσης οχήματος ($C_{ΛΑΟ}$)
- Μεταβλητά κόστη ($C_{\text{μεταβλ}}$)
 - Τέλη χρήσης αυτοκινητοδρόμου (διόδια) (C_{Δ})
 - Καύσιμα κίνησης (C_K)
 - Ελαστικά (C_E)
 - Λιπαντικά κινητήρα (C_{Λ})
 - Κόστος συντήρησης οχήματος ($C_{ΣΟ}$)

Είναι δηλαδή:

$$C_{\text{λειτουργ}} = C_{\text{παγ}} + C_{\text{μεταβλ}} \quad \text{και}$$

$$C_{\text{παγ}} = C_{\Delta O} + C_{TK} + C_{ΑΣΦ} + C_{ΧΑΟ} + C_{ΛΑΟ}$$

$$C_{\text{μεταβλ}} = C_{\Delta} + C_K + C_E + C_{\Lambda} + C_{ΣΟ}$$

Τα παραπάνω κόστη, όπως είναι φανερό, σχετίζονται άμεσα με την λειτουργία των οχημάτων, τα χιλιόμετρα που διανύουν και βέβαια με τον τύπο του οχήματος, ο οποίος καθορίζει τα μεταβλητά κόστη. Τα κόστη αυτά επιβαρύνουν αποκλειστικά και μόνο τους χρήστες και καλύπτονται από το εισόδημά τους.

- Κόστος χρόνου

Το κόστος του χρόνου μιας μετακίνησης αντικατοπτρίζει την αξία του χρόνου, που χρειάστηκε για την μετακίνηση αυτή, σε χρηματικές μονάδες.

Το κόστος χρόνου διαφέρει ανάλογα με το αν η μετακίνηση περιλαμβάνει πρόσωπα ή αγαθά. Είναι προφανές πως άλλη αξία δίνεται στο χρόνο μετακίνησης προσώπων και άλλη στο χρόνο μετακίνησης των αγαθών, με αρκετές παραταύτα διακυμάνσεις.

Επιπλέον, το κόστος του αναλυσκόμενου χρόνου υπολογίζεται διαφορετικά, ανάλογα με το αν κατά τη διάρκεια της μετακίνησης επικρατούν ή όχι, συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης.

Σχετικά με την ποσοτικοποίηση του κόστους χρόνου μιας μετακίνησης υπάρχουν διεθνώς πολλές μελέτες και εκτεταμένη βιβλιογραφία. Εντούτοις, δεν έχει υπάρξει ως σήμερα μια διεθνώς κοινά αποδεκτή μεθοδολογία υπολογισμού του κόστους αυτού, με αποτέλεσμα τη μη ύπαρξη κοινά αποδεκτών τιμών κοστολόγησης του

καταναλισκόμενου σε μια μετακίνηση χρόνου. Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν θα ασχοληθεί εκτενέστερα με την αποτίμηση του κόστους του χρόνου μιας μετακίνησης.

- Κόστος ατυχημάτων

Τα ατυχήματα αποτελούν δυστυχώς μια πραγματικότητα, που αφορά το σύνολο του συστήματος των μεταφορών. Από αυτά το μεγαλύτερο ποσοστό λαμβάνει χώρα στο οδικό δίκτυο. Έτσι, κατά τον υπολογισμό του συνολικού κόστους των χρηστών σε έναν αυτοκινητόδρομο, είναι απαραίτητο να συνυπολογιστούν και τα κόστη που προκύπτουν λόγω των ατυχημάτων. Αν και στον υπολογισμό του κόστους αυτού υπεισέρχονται ηθικά ζητήματα σχετικά με την κοστολόγηση της ανθρώπινης ζωής ή του τραυματισμού, εντούτοις η ποσοτικοποίησή τους για στατιστικούς λόγους είναι μια πραγματικότητα διεθνώς.

Το κόστος που προκύπτει από ένα ατύχημα περιλαμβάνει τις εξής χρηματικές συνιστώσες:

- Κόστος ανθρώπινης ζωής (CAZ)
- Κόστος τραυματισμού (CTP)
- Κόστος υλικών ζημιών στο όχημα (CYZO)
- Κόστος υλικών ζημιών στην υποδομή του αυτοκινητοδρόμου (CYZY)
- Κόστος καθυστερήσεων λόγω ατυχήματος (CKA) και
- Κόστος κυκλοφοριακών διευθετήσεων λόγω ατυχήματος (CKΔA)

Είναι δηλαδή:

$$\mathbf{Catux = CAZ + CTP + CYZO + CYZY + CKA + CKΔA}$$

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω συνιστώσες, το κόστος ενός ατυχήματος επηρεάζει τόσο τον χρήστη που υπέστη το ατύχημα, όσο και τους υπόλοιπους χρήστες που χρησιμοποιούσαν την υποδομή την ίδια χρονική περίοδο. Επιπλέον είναι φανερό πως ορισμένες συνιστώσες του κόστους δεν αφορούν καθόλου τους χρήστες, αλλά τον ΚτΕ και/ή την εθνική οικονομία γενικότερα: π.χ. το κόστος της ανθρώπινης ζωής αποτελεί χρηματικό κόστος για την εθνική οικονομία, όπως και το κόστος των υλικών ζημιών της υποδομής, που αποτελεί κόστος και για τον Κ.τ.Ε.

Επίσης τα ατυχήματα έχουν γενικότερες κοινωνικές επιπτώσεις και κόστος που δεν μπορεί να ποσοτικοποιηθεί: π.χ. ο θάνατος ή ο τραυματισμός χρηστών από ατύχημα προκαλεί ψυχική οδύνη και συναισθηματικό κόστος στους συγγενείς, φίλους και γενικά στον κοινωνικό περίγυρό τους. Το κόστος αυτό είναι προφανές πως δεν μπορεί να εκφραστεί σε χρηματικές μονάδες.

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό του κόστους των ατυχημάτων υπάρχουν, όπως και για το κόστος χρόνου, πολλές μελέτες και εκτεταμένη βιβλιογραφία. Ο ακριβής και κοινά αποδεκτός τρόπος

υπολογισμού του δεν έχει ακόμα προσδιοριστεί εξαιτίας κυρίως της αδυναμίας ποσοτικοποίησης σε χρηματικές μονάδες κατά τρόπο κοινά αποδεκτό της αξίας της ανθρώπινης ζωής. Χρήσιμα στοιχεία προς την κατεύθυνση αυτή μπορούν να αντληθούν από τις ασφαλιστικές εταιρείες, στα οποία εξάλλου βασίζονται και οι περισσότερες μελέτες που ασχολούνται με τον υπολογισμό του κόστους των ατυχημάτων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν θα ασχοληθεί διεξοδικότερα με την ανάλυση του κόστους των ατυχημάτων.

3.3. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τα στοιχεία κόστους αυτοκινητοδρόμου

3.3.1. Παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος κατασκευής

Η ανάλυση των παραμέτρων που επηρεάζουν το κόστος κατασκευής ενός αυτοκινητοδρόμου οδήγησε στην μελέτη δύο διαφορετικών τύπων παραμέτρων : τις παραμέτρους σχεδιασμού και τις παραμέτρους υλοποίησης.

Οι παράμετροι σχεδιασμού αποτελούν τα στοιχεία που λαμβάνει ο μελετητής μηχανικός υπόψη του κατά το σχεδιασμό ενός αυτοκινητόδρομου σε περιβάλλον γραφείου. Περιλαμβάνουν δηλαδή όλα τα χαρακτηριστικά του αυτοκινητόδρομου που χρειάζεται να προσδιοριστούν για τη διαστασιολόγησή του και που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το «μέγεθος» του έργου που πρόκειται να υλοποιηθεί.

Οι παράμετροι υλοποίησης αποτελούν όλους τους υπόλοιπους παράγοντες που υπεισέρχονται στην κατασκευή ενός αυτοκινητόδρομου από τη στιγμή που εγκριθεί η οριστική μελέτη και το έργο δημοπρατηθεί ή παραχωρηθεί για να κατασκευαστεί.

Οι διαφορές των δύο αυτών τύπων παραμέτρων είναι οι εξής:

Οι παράμετροι σχεδιασμού βασίζονται στην επιστήμη του μηχανικού και στην υπάρχουσα τεχνική και επιστημονική γνώση σχετικά με το σχεδιασμό ενός αυτοκινητοδρόμου. Είναι επομένως εύκολο να προσδιοριστούν επακριβώς και να ποσοτικοποιηθεί η επιρροή τους στα κόστος της κατασκευής.

Αντίθετα, οι παράμετροι υλοποίησης εξαρτώνται, όπως θα φανεί και παρακάτω, από την υπάρχουσα τεχνογνωσία κατασκευής και διάφορους άλλους εξωτερικούς παράγοντες. Οι παράμετροι υλοποίησης προσδιορίζουν ποιοτικά στοιχεία της κατασκευής αλλά και το οικονομικό περιβάλλον από το οποίο θα εξαρτηθεί η υλοποίησή της.

Η ανάλυση που επιτελείται και στους δύο αυτούς τύπους παραμέτρων γίνεται σε βάθος, με σκοπό της εξακρίβωση τόσο των εσωτερικών τους δομών και των υποπαραμέτρων που κρύβονται στο εσωτερικό τους, όσο και των μεταξύ τους αλληλοσυσχετισμών.

Στη γενικότερη πλέον θεώρηση των παραμέτρων που επηρεάζουν όλα τα στοιχεία του συνολικού κόστους ενός αυτοκινητόδρομου (κόστος κατασκευής, συντήρησης – λειτουργίας, χρησιών) θα φανεί πως πολλές από αυτές τις παραμέτρους υπεισέρχονται σε πολλά και διαφορετικά στοιχεία κόστους και πως οι αλληλοσυσχετισμοί μεταξύ τους δημιουργούν βρόχους ανάδρασης που επηρεάζουν δραστικά τα στοιχεία κόστους και τη μεταξύ τους σχέση, με τρόπο σχεδόν хаοτικό. Η хаοτική αυτή σχέση μεταξύ των παραμέτρων αποτελεί εξάλλου βασικό χαρακτηριστικό ενός κλειστού συστήματος, όπως αυτό του αυτοκινητόδρομου.

(α) Παράμετροι σχεδιασμού της κατασκευής αυτοκινητοδρόμου

Το κόστος της κατασκευής ενός αυτοκινητοδρόμου βρέθηκε ότι εξαρτάται από τις εξής παραμέτρους σχεδιασμού :

Σκατ = f (Γεωμετρικός Σχεδιασμός, Σχεδιασμός Οδοστρωμάτων, Σχεδιασμός Τεχνικών Έργων, Σχεδιασμός Βοηθητικού Εξοπλισμού)

Κάθε μία από αυτές τις παραμέτρους αναλύεται σε νέες υποπαραμέτρους ως εξής:

Ο Γεωμετρικός Σχεδιασμός εξαρτάται από :

- Τύπος οδού
- Ταχύτητα μελέτης
- Κατά μήκος κλίση (περιορισμός)
- Μορφολογία εδάφους (ανάγλυφο)
- Επίπεδο εξυπηρέτησης
- Περιβαλλοντικοί περιορισμοί

Ο Σχεδιασμός Οδοστρωμάτων εξαρτάται από :

- Τύπος οδοστρώματος (εύκαμπτο, δύσκαμπτο και ιδιότητες υλικών επιμέρους στρώσεων)
- Κυκλοφοριακός φόρτος
- Σύνθεση κυκλοφορίας (μίξη)
- Αντοχή εδάφους έδρασης
- Κλίμα

Ο Σχεδιασμός Τεχνικών Έργων (γέφυρες, σήραγγες) εξαρτάται από :

- Τύπος τεχνικού έργου
- Κυκλοφοριακός φόρτος
- Σύνθεση κυκλοφορίας
- Αντοχή εδάφους έδρασης – Υπέδαφος (γεωλογία)
- Κλίμα

Ο Σχεδιασμός Βοηθητικού Εξοπλισμού (σήμανση, ηλεκτροφώτιση κλπ) εξαρτάται από :

- Τύπος βοηθητικού εξοπλισμού
- Τύπος οδού
- Επίπεδο εξυπηρέτησης
- Κλίμα

Η παραπάνω ανάλυση των παραμέτρων είναι φανερό πως περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα στο μελετητή μηχανικό στοιχεία για την διαστασιολόγηση των επιμέρους χαρακτηριστικών ενός αυτοκινητόδρομου: της χάραξης και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του, των οδοστρωμάτων του, των μεγάλων τεχνικών έργων που προκύπτουν κατά τη χάραξη (γέφυρες, σήραγγες) και του βοηθητικού εξοπλισμού λειτουργίας του. Τα μικρότερα τεχνικά έργα που παρουσιάζονται στο μήκος του αυτοκινητοδρόμου συμπεριλαμβάνονται στο σχεδιασμό των οδοστρωμάτων.

Οι υποπαράμετροι που συνθέτουν τις κύριες παραμέτρους που επηρεάζουν το κόστος σχεδιασμού ενός αυτοκινητόδρομου χωρίζονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς.

Με τον όρο πρωτογενείς εννοούνται οι παράμετροι που δεν μπορούν να αναλυθούν σε απλούστερες. Τέτοιες παράμετροι είναι οι εδαφικές, οι κλιματικές και οι καθαρά σχεδιαστικές που εξαρτώνται μόνο από την επιλογή του μελετητή μηχανικού.

Δευτερογενείς παραμέτρους αποτελούν οι παράμετροι της κυκλοφορίας, δηλαδή ο κυκλοφοριακός φόρτος και η σύνθεση της κυκλοφορίας. Οι παράμετροι αυτές εξαρτώνται από το γενικότερο μεταφορικό και κοινωνικό σύστημα της περιοχής που εξυπηρετεί ο αυτοκινητόδρομος και είναι πιθανόν να παρουσιάζουν μεταβολές στο χρόνο. Ειδικότερα έχει βρεθεί πως οι παράμετροι της κυκλοφορίας επηρεάζονται δραστικά από παραμέτρους του γενικότερου συστήματος των μεταφορών και κοινωνικές παραμέτρους.

Οι παράμετροι επιρροής του συστήματος μεταφορών είναι η γενικότερη ζήτηση που υπάρχει για μετακινήσεις στην περιοχή εξυπηρέτησης και οι χρονικές διακυμάνσεις της καθώς και ο ανταγωνισμός του αυτοκινητοδρόμου με άλλες μεταφορικές υποδομές (σιδηρόδρομος, αεροπλάνο, κλπ), που προσφέρουν αντίστοιχη μεταφορική εξυπηρέτηση. Ο συνδυασμός αυτών των δύο παραμέτρων οδηγεί σε μια διαμόρφωση της βασικής κυκλοφορίας που αναμένεται να υπάρχει στον αυτοκινητόδρομο, καθώς και σε μια δημιουργούμενη και μια εκτρεπόμενη κυκλοφορία, που σχετίζεται με αυτόν και τον ανταγωνισμό του με τις άλλες μεταφορικές υποδομές. Είναι ιδιαίτερης σημασίας για την αποφυγή της υπερδιαστασιολόγησης ή υποδιαστασιολόγησης του αυτοκινητοδρόμου να έχει γίνει σωστή πρόβλεψη των μελλοντικών αυτών κυκλοφοριακών μεγεθών.

Τα κυκλοφοριακά αυτά όμως μεγέθη δεν σχετίζονται μόνο με το μεταφορικό σύστημα αλλά, όπως προαναφέρθηκε και με τις κοινωνικοοικονομικές δομές της εξυπηρετούμενης — περιοχής. Οι κοινωνικές παράμετροι, που επηρεάζουν τα κυκλοφοριακά μεγέθη σχεδιασμού ενός αυτοκινητοδρόμου, είναι πάρα πολλές: ενδεικτικά αναφέρονται ο πληθυσμός, το κατά κεφαλήν εισόδημα των κατοίκων καθώς και διάφοροι οικονομικοί δείκτες, όπως ο δείκτης ιδιοκτησίας ΙΧ αυτοκινήτου, το ποσοστό απασχόλησης κλπ. Οι κοινωνικές αυτές παράμετροι βρίσκονται σε μια δυναμική συσχέτιση με τον αυτοκινητόδρομο, αφού ως γνωστόν ο αυτοκινητόδρομος ως μεταφορική υποδομή, προωθεί την οικονομική ανάπτυξη και συντελεί στην αλλαγή πολλών κοινωνικοοικονομικών μεγεθών.

Είναι συνεπώς προφανές πως για τον κατάλληλο προσδιορισμό των κυκλοφοριακών μεγεθών ενός αυτοκινητοδρόμου πρέπει να έχουν συντελεστεί και ειδικές μελέτες που να αφορούν στη συμμετοχή των κοινωνικοοικονομικών αυτών παραμέτρων στην τελική διαμόρφωσή των μελλοντικών τιμών τους. Τέτοιες μελέτες αποτελούν για παράδειγμα οι μελέτες προέλευσης – προορισμού και γενικότερα η εφαρμογή των μοντέλων του σχεδιασμού των μεταφορικών συστημάτων για την εύρεση των παραγόμενων μετακινήσεων, της κατανομής τους, της επιλογής του μέσου κ.λπ.

Φυσικά, είναι προφανές ότι στην τελική διαμόρφωση των κυκλοφοριακών μεγεθών του αυτοκινητοδρόμου επιδρούν τόσο οι παράμετροι του συστήματος μεταφορών, όσο και οι κοινωνικές παράμετροι, οι οποίες και αλληλοσυσχετίζονται με δυναμικό τρόπο.

Οι παράμετροι σχεδιασμού ενός αυτοκινητοδρόμου επιδρούν στην διαστασιολόγηση των επιμέρους χαρακτηριστικών της υποδομής και διαμορφώνουν τις πληρωμές των εργολάβων κατασκευής.

(β) Παράμετροι υλοποίησης της κατασκευής αυτοκινητοδρόμου

Οι παράμετροι υλοποίησης επηρεάζουν το κόστος της κατασκευής ενός αυτοκινητοδρόμου, σε σχέση με την υλοποίησή του στο φυσικό περιβάλλον. Αυτές είναι οι εξής:

- η διαθεσιμότητα της χρηματοδότησης της κατασκευής
- η μέθοδος κατασκευής
- οι τιμές μονάδος (υλικών, εργασίας)

Όπως είναι φανερό, οι παράμετροι υλοποίησης επιδρούν στην τελική ποιότητα του παραδοτέου έργου, στα κόστη του κατασκευαστή (υλικά, εργασία) αλλά και στο κόστος των απαλλοτριώσεων και λοιπών εξόδων του εύρους κατάληψης για όλο το μήκος του αυτοκινητοδρόμου, με βάση τις τρέχουσες τιμές, καθώς και σε τυχόν χρονικές καθυστερήσεις.

Οι παράμετροι υλοποίησης, όπως και οι παράμετροι σχεδιασμού, εξαρτώνται με τη σειρά τους από κάποια άλλα μεγέθη, που σχετίζονται με εξωγενείς παράγοντες προς τα σχεδιαστικά μεγέθη του αυτοκινητοδρόμου.

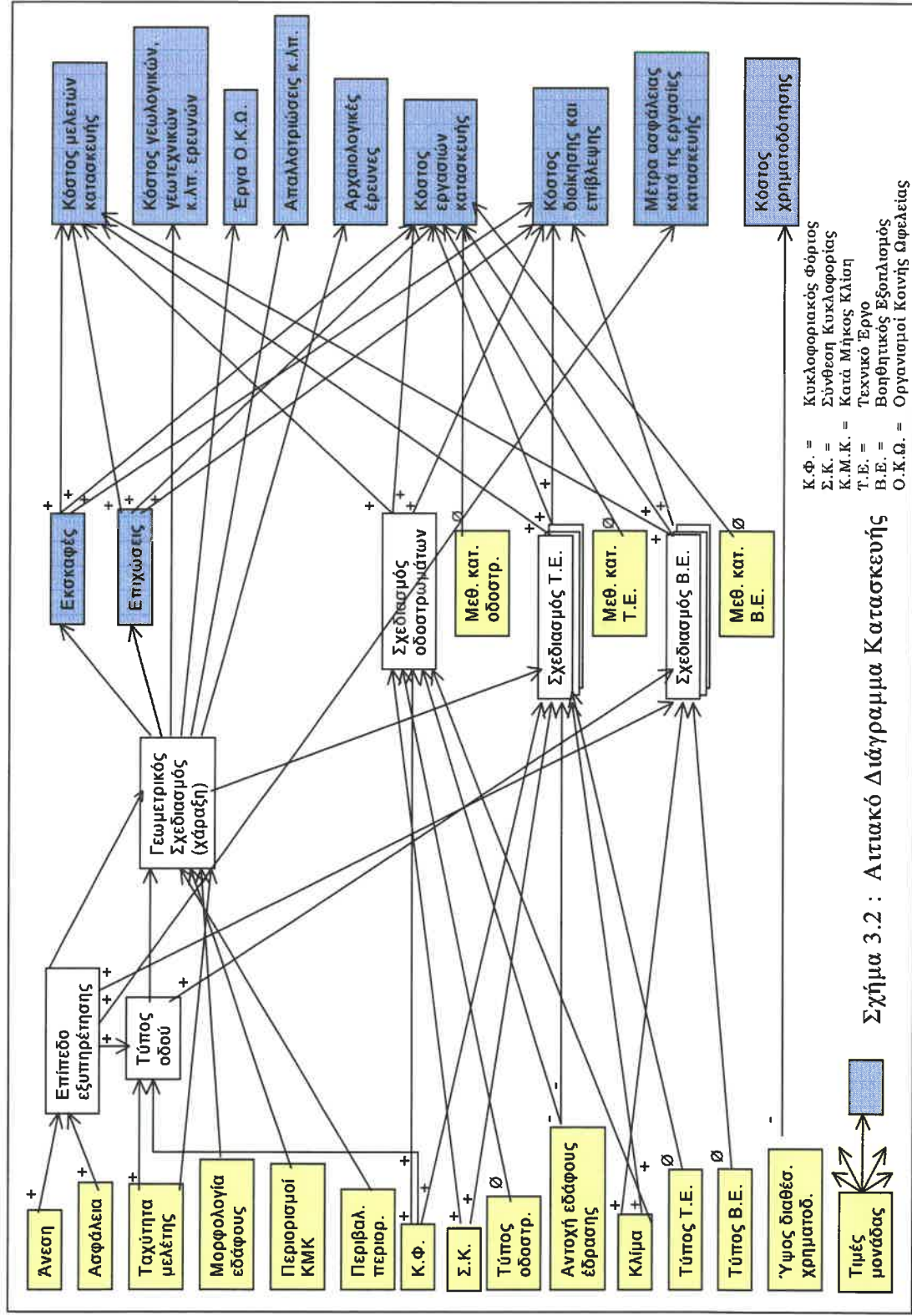
Έτσι, η χρηματοδότηση και οι τιμές μονάδος των υλικών και της εργασίας σχετίζονται με την αγορά και κατά προέκταση με την πορεία της εθνικής οικονομίας, όσον αφορά τα επιτόκια δανεισμού, τον πληθωρισμό κλπ. Παρόλα αυτά, με τα σημερινά δεδομένα και την παγκοσμιοποίηση των διεθνών αγορών, η συσχέτιση των τιμών των παραπάνω παραμέτρων τείνει να απεξαρτηθεί από την εθνική οικονομία και να αποτελεί πλέον συνέπεια της πορείας της παγκόσμιας οικονομίας και της παγκόσμιας αγοράς.

Η μέθοδος κατασκευής, που έχουν εκπονηθεί για την κατασκευή του αυτοκινητοδρόμου, αποτελεί συνάρτηση της υπάρχουσας τεχνολογίας, τεχνογνωσίας και επιστημονικής γνώσης αλλά και των διαθέσιμων μέσων. Αν και οι παράμετρος αυτή συναρτάται άμεσα με το επίπεδο της χώρας από την οποία προέρχονται τα κατασκευαστικά συνεργεία, εντούτοις, λόγω πλέον της παγκοσμιοποίησης και της δυνατότητας εταιρειών της αλλοδαπής να συμμετέχουν σε έργα της ημεδαπής, ο συσχετισμός αυτός τείνει να αναχθεί στα παγκόσμια τεχνολογικά και επιστημονικά δεδομένα.

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει πως η κατασκευή ενός αυτοκινητοδρόμου είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, που το κόστος της εξαρτάται από πολλούς και διαφορετικούς στη φύση τους παράγοντες. Το άθροισμα της επιρροής των παραμέτρων σχεδιασμού και των

παραμέτρων υλοποίησης είναι που τελικά δίνει το ολικό χρηματικό κόστος της κατασκευής ενός αυτοκινητοδρόμου. Η επιρροή των πρώτων έγκειται στον καθορισμό του «μεγέθους» του έργου που πρόκειται να κατασκευαστεί, δηλαδή στη διαστασιολόγησή του, ενώ η επιρροή των δεύτερων έγκειται στα πρακτικά ζητήματα που προκύπτουν κατά την υλοποίηση του έργου από το σχέδιο στο εργοτάξιο.

Μια σχηματική απεικόνιση των συσχετισμών των παραμέτρων σχεδιασμού και υλοποίησης με τα πραγματικά στοιχεία κόστους της κατασκευής ενός αυτοκινητοδρόμου φαίνεται στο Σχήμα 3.2. Το διάγραμμα αυτό ονομάζεται αιτιακό διάγραμμα (causal diagram) [18]. Σε κάθε γραμμή σύνδεσης μεταξύ των παραμέτρων ή / και των στοιχείων κόστους υπάρχει (όπου έχει νόημα) ένα πρόσημο (+ ή -), το οποίο υποδηλώνει τη σχέση ανάλογης ή αντιστρόφως ανάλογης μεταβολής μεταξύ της επηρεάζουσας και της επηρεαζόμενης παραμέτρου ή στοιχείου κόστους. Ως επηρεάζουσα παράμετρος θεωρείται αυτή που βρίσκεται στην αρχή του βέλους σύνδεσης, ενώ ως επηρεαζόμενη παράμετρος αυτή που βρίσκεται στην αιχμή του βέλους σύνδεσης.



Σχήμα 3.2 : Αιτιακό Διάγραμμα Κατασκευής

Διαχείριση Αυτοκινητοδρόμων ως Παγίων :
 Προσέγγιση με βάση το Κόστος Κύκλου Ζωής τους και τη Θεωρία των Συστημάτων
 Αριστέιδης Παντελής - Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π.

3.3.2. Παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος συντήρησης

Όπως και στην περίπτωση του κόστους κατασκευής, η ανάλυση θεωρεί πως οι παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος της συντήρησης ενός αυτοκινητοδρόμου, χωρίζονται σε παραμέτρους σχεδιασμού και παραμέτρους υλοποίησης.

(α) Παράμετροι σχεδιασμού της συντήρησης αυτοκινητοδρόμου

Το κόστος της συντήρησης βρέθηκε ότι αποτελεί συνάρτηση των εξής παραμέτρων σχεδιασμού:

$$\text{Κοστ} = f(\text{Φθορά οδοστρωμάτων, Φθορά τεχνικών έργων, Φθορά βοηθητικού εξοπλισμού, Επίπεδο εξυπηρέτησης})$$

Η ανάλυση των παραμέτρων αυτών έχει ως εξής:

Η Φθορά Οδοστρωμάτων εξαρτάται από:

- Αρχικό Σχεδιασμό Οδοστρωμάτων
- Μεταβολές (Κυκλ. Φόρτου, Συνθ .Κυκλοφορίας και Κλίματος)
- Ποιότητα κατασκευής οδοστρωμάτων
- Ποιότητα συντήρησης οδοστρωμάτων
- Γήρανση υλικών και κατασκευών οδοστρωμάτων

Η Φθορά Τεχνικών Έργων εξαρτάται από:

- Αρχικός σχεδιασμός τεχνικών έργων
- Μεταβολές (Κυκλ. Φόρτου, Συνθ .Κυκλοφορίας και Κλίματος)
- Ποιότητα κατασκευής τεχνικών έργων
- Ποιότητα συντήρησης τεχνικών έργων
- Γήρανση υλικών και κατασκευών τεχνικών έργων

Η Φθορά Βοηθητικού Εξοπλισμού εξαρτάται από:

- Αρχικός σχεδιασμός βοηθητικού εξοπλισμού
- Μεταβολές (Κυκλ. Φόρτου, Συνθ .Κυκλοφορίας και Κλίματος)
- Ποιότητα κατασκευής βοηθητικού εξοπλισμού
- Ποιότητα συντήρησης βοηθητικού εξοπλισμού
- Γήρανση υλικών και κατασκευών βοηθητικού εξοπλισμού

Το Επίπεδο Εξυπηρέτησης εξαρτάται από:

- Απαιτηση ποιότητας λειτουργίας (άνεση)
- Απαιτηση ασφάλειας λειτουργίας

Η ανάλυση των παραμέτρων σχεδιασμού της συντήρησης, όπως είναι φυσικό, περιλαμβάνει όλες τις πιθανές επιδράσεις που είναι δυνατόν να υπάρξουν κατά το σχεδιασμό της συντήρησης ενός αυτοκινητοδρόμου. Όπως γίνεται φανερό, ο σχεδιασμός της συντήρησης εξαρτάται άμεσα από τον αρχικό σχεδιασμό που έγινε στη φάση της κατασκευής και βέβαια με την υλοποίησή της, η οποία ενυπάρχει στις υποπαραμέτρους της ποιότητας της κατασκευής. Η φθορά που θα

υποστούν τα οδοστρώματα, τα τεχνικά έργα καθώς και ο βοηθητικός εξοπλισμός του αυτοκινητοδρόμου εξαρτάται δηλαδή από την ποιότητα του αρχικού σχεδιασμού και την ποιότητα υλοποίησής της. Ο αρχικός αυτός σχεδιασμός σε συνδυασμό και με την πρόβλεψη των μεταβολών στις κυκλοφοριακές και κλιματικές παραμέτρους σχεδιασμού που συμβαίνουν με την πάροδο του χρόνου, οδηγούν στην δημιουργία ενός μοντέλου φθοράς για τα οδοστρώματα, τα τεχνικά έργα και τον βοηθητικό εξοπλισμό, πάνω στο οποίο βασίζεται ο προγραμματισμός των εργασιών συντήρησης. Σε περίπτωση που είτε ο αρχικός σχεδιασμός, είτε η υλοποίησή του, είτε ακόμα η πρόβλεψη των παραπάνω μεταβολών δεν έχει γίνει σωστά, είναι προφανές ότι ο αυτοκινητόδρομος πάσχει από υπέρ ή υπό – διαστασιολόγηση. Έτσι στην πρώτη περίπτωση έχει κοστίσει παραπάνω χρήματα η κατασκευή από αυτή που θα ήταν αναγκαία, ενώ στη δεύτερη η φθορά του είναι ταχύτερη με αποτέλεσμα αύξηση των αναγκών συντήρησής του από τις αρχικά προβλεπόμενες. Είναι φανερό δηλαδή η άμεση συσχέτιση του σχεδιασμού της κατασκευής και του σχεδιασμού της συντήρησης με τα κόστη τα οποία συνεπάγονται και με την προσπάθεια βελτιστοποίησης του αθροίσματός τους.

Επιπρόσθετα, επειδή η συντήρηση είναι μια σειρά από εργασίες που λαμβάνουν χώρα καθ'όλη τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του αυτοκινητοδρόμου, η φθορά σε κάποιο ενδιάμεσο στάδιο της ζωής της υποδομής θα εξαρτάται και από την ποιότητα των προηγούμενων εργασιών συντήρησης που πραγματοποιήθηκαν, κατ' αντιστοιχία με την επιρροή της ποιότητας της κατασκευής.

Φυσικά, η φθορά της υποδομής υπόκειται και στη φυσική διαδικασία γήρανσης των υλικών και των κατασκευών της, ως συνέπεια της παρόδου του χρόνου. Αυτό σημαίνει δηλαδή πως ακόμα κι αν η υποδομή δεν είχε καμία φθορά λόγω χρήσης, θα είχε κάποια φθορά λόγω παλαιώσης των υλικών και των κατασκευών της.

Στις παραπάνω παραμέτρους σχεδιασμού της συντήρησης υπεισέρχονται βεβαίως και κάποιες απαιτήσεις (ποιότητας και ασφάλειας λειτουργίας και διαθεσιμότητας της οδού) οι οποίες προέρχονται από τη σύμβαση λειτουργίας του έργου και οι οποίες προστατεύουν τους χρήστες και υποχρεώνουν τον διαχειριστή της υποδομής να διατηρεί τον αυτοκινητόδρομο σε κάποια λειτουργική κατάσταση, η οποία έχει καθοριστεί ως αποδεκτή για τους χρήστες και την ασφάλειά τους. Οι απαιτήσεις αυτές, καθορίζουν το επίπεδο εξυπηρέτησης που θέλει ή πρέπει να προσφέρει στους χρήστες ο διαχειριστής του αυτοκινητοδρόμου. Καθορίζουν δηλαδή έμμεσα την ποιότητα της επιφάνειας κύλισης, την ύπαρξη κατάλληλης οριζόντιας και κατακόρυφης σήμανσης και άλλες λειτουργικές συνθήκες που πρέπει να πληρούνται σύμφωνα με τις προδιαγραφές λειτουργίας και συντήρησης του εξοπλισμού του αυτοκινητοδρόμου.

Κατ'αντιστοιχία επίσης με την ανάλυση των παραμέτρων σχεδιασμού της κατασκευής, οι υποπαράμετροι στις οποίες αναλύονται οι κύριες παράμετροι επιρροής στο κόστος σχεδιασμού της συντήρησης, χωρίζονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς (αν και σε πολλές περιπτώσεις υπάρχουν και υποπαράμετροι οι οποίες είναι τριτογενείς ή μεγαλύτερου βαθμού ανάλυσης).

Ως πρωτογενείς υποπαράμετροι στο κόστος σχεδιασμού της συντήρησης μπορούν να θεωρηθούν οι απαιτήσεις για ποιότητα λειτουργίας, ασφάλεια λειτουργίας, καθώς και οι υποπαράμετροι της ποιότητας κατασκευής και συντήρησης.

Πράγματι, οι υποπαράμετροι αυτές εξαρτώνται από εξωτερικούς προς το σχεδιασμό παράγοντες. Οι απαιτήσεις ποιότητας και ασφάλειας λειτουργίας (άνεση και ασφάλεια) εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη σύμβαση λειτουργίας – συντήρησης του ΚτΕ με τον διαχειριστή και τις προδιαγραφές ασφαλείας των κατασκευαστών του εξοπλισμού του αυτοκινητοδρόμου.

Η ποιότητα τόσο της κατασκευής όσο και της συντήρησης εξαρτώνται από τις συνθήκες υλοποίησής τους και ειδικότερα από:

- την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα των μέσων κατασκευής / συντήρησης (υλικά, συνεργεία, μηχανικός εξοπλισμός)
- την ποιότητα των μελετών και των ερευνών κατασκευής / συντήρησης
- την αποτελεσματικότητα της διοίκησης της κατασκευής / συντήρησης
- την ποιότητα της επίβλεψης της κατασκευής / συντήρησης
- απρόβλεπτους παράγοντες (καιρικές συνθήκες, ανωτέρα βία, κ.λπ.)

Η ποιότητα και η διαθεσιμότητα των μέσων κατασκευής σχετίζονται αποκλειστικά με τον κατασκευαστή του έργου και το δυναμικό του καθώς βέβαια και με την ύπαρξη κατάλληλων και διαθέσιμων μέσων με αυτά που απαιτούνται στην κατασκευή, στην αγορά.

Η ποιότητα των μελετών και των ερευνών αποτελεί συνάρτηση της υπάρχουσας τεχνολογίας, τεχνογνωσίας και επιστημονικής γνώσης.

Η αποτελεσματικότητα της διοίκησης και η ποιότητα της επίβλεψης από την πλευρά τους σχετίζονται καταρχήν με τον τρόπο υλοποίησης του έργου, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στην ανάλυση της διοίκησης και της επίβλεψης της κατασκευής. Στην περίπτωση που το έργο είναι δημόσιο, οι παραπάνω παράμετροι εξαρτώνται από τον Κ.τ.Ε., αφού σε αυτόν υπάγονται η Προϊσταμένη Αρχή και η Διευθύνουσα Υπηρεσία που έχουν την ευθύνη της διοίκησης και της επίβλεψης της κατασκευής (μεταξύ των άλλων αρμοδιοτήτων τους). Στην περίπτωση που το έργο είναι έργο παραχώρησης, την ευθύνη για την αποτελεσματικότητα της διοίκησης και την ποιότητα της επίβλεψης έχει ο παραχωρησιούχος και οι μηχανισμοί που χρησιμοποιεί για να διασφαλίσει την γενικότερη ποιότητα του έργου. Βέβαια υπάρχουν και άλλοι μηχανισμοί εποπτείας της ποιότητας κατασκευής του έργου, που λειτουργούν (στο πλαίσιο των προβλέψεων της Σύμβασης Παραχώρησης) για λογαριασμό του Δημοσίου ή / και των Δανειστριών Τραπεζών. Όμως η διοίκηση της ποιότητας την έχει η Παραχωρησιούχος.

Τέλος, οι απρόβλεπτοι παράγοντες, όπως υποδηλώνει και το όνομά τους, εξαρτώνται από τυχαίες συγκυρίες που σχετίζονται με το κλίμα και τα καιρικά φαινόμενα, την σταθερότητα της παγκόσμιας οικονομίας, την ειρήνη και τον πόλεμο, κλπ.

Στο σημείο αυτό γίνεται εμφανής η πολύ μεγάλη σημασία της διασφάλισης της ποιότητας κατά την κατασκευή αλλά και η συμβολή της τεχνολογίας, τεχνογνωσίας και επιστημονικής αρτιότητας προς το σκοπό

αυτό. Είναι προφανές πως η κακή ποιότητα κατασκευής ή συντήρησης επιταχύνει τη φθορά της υποδομής του αυτοκινητόδρομου και επαυξάνει τις νέες ανάγκες συντήρησης, τόσο όσον αφορά τη συχνότητά τους, όσο και όσον αφορά την κλίμακα των εργασιών.

Ως δευτερογενείς (ή μεγαλύτερου βαθμού) υποπαράμετροι αναγνωρίζονται όλες οι υπόλοιπες.

Ο σχεδιασμός των οδοστρωμάτων, των τεχνικών έργων και του βοηθητικού εξοπλισμού παραπέμπει στην ανάλυση του σχεδιασμού τους στην φάση της κατασκευής, όπου προκύπτει ότι εξαρτάται από τον τύπο του έργου, τις κυκλοφοριακές παραμέτρους λειτουργίας της κυκλοφορίας (φόρτος, σύνθεση), καθώς και διάφορους εδαφο-γεωλογικο-μορφολογικούς και κλιματικούς παράγοντες. Παράλληλα τα ίδια τα κυκλοφοριακά μεγέθη αναλύθηκε πώς εξαρτώνται από τις παραμέτρους του συστήματος μεταφορών και τις κοινωνικές παραμέτρους της περιοχής εξυπηρέτησης.

Οι μεταβολές των κυκλοφοριακών μεγεθών εξαρτώνται, όπως και οι αρχικές κυκλοφοριακές παράμετροι σχεδιασμού από τα χαρακτηριστικά του συστήματος μεταφορών και τα κοινωνικά χαρακτηριστικά της εξυπηρετούμενης περιοχής και είναι αναγκαία η έγκυρη και όσον το δυνατόν ακριβέστερη μελλοντική πρόβλεψη των τιμών τους, ώστε να γίνει ένας σωστός προγραμματισμός της φθοράς της υποδομής και να καθοριστούν τα χρονικά διαστήματα στα οποία θα επιτελεστούν οι εργασίες συντήρησης.

Επιπρόσθετα, από την παραπάνω ανάλυση των παραμέτρων σχεδιασμού της συντήρησης φαίνεται ο δυναμικός αλληλοσυσχετισμός τους, τόσο μεταξύ τους, όσο και με τις παραμέτρους σχεδιασμού της κατασκευής.

(β) Παράμετροι κόστους υλοποίησης της συντήρησης

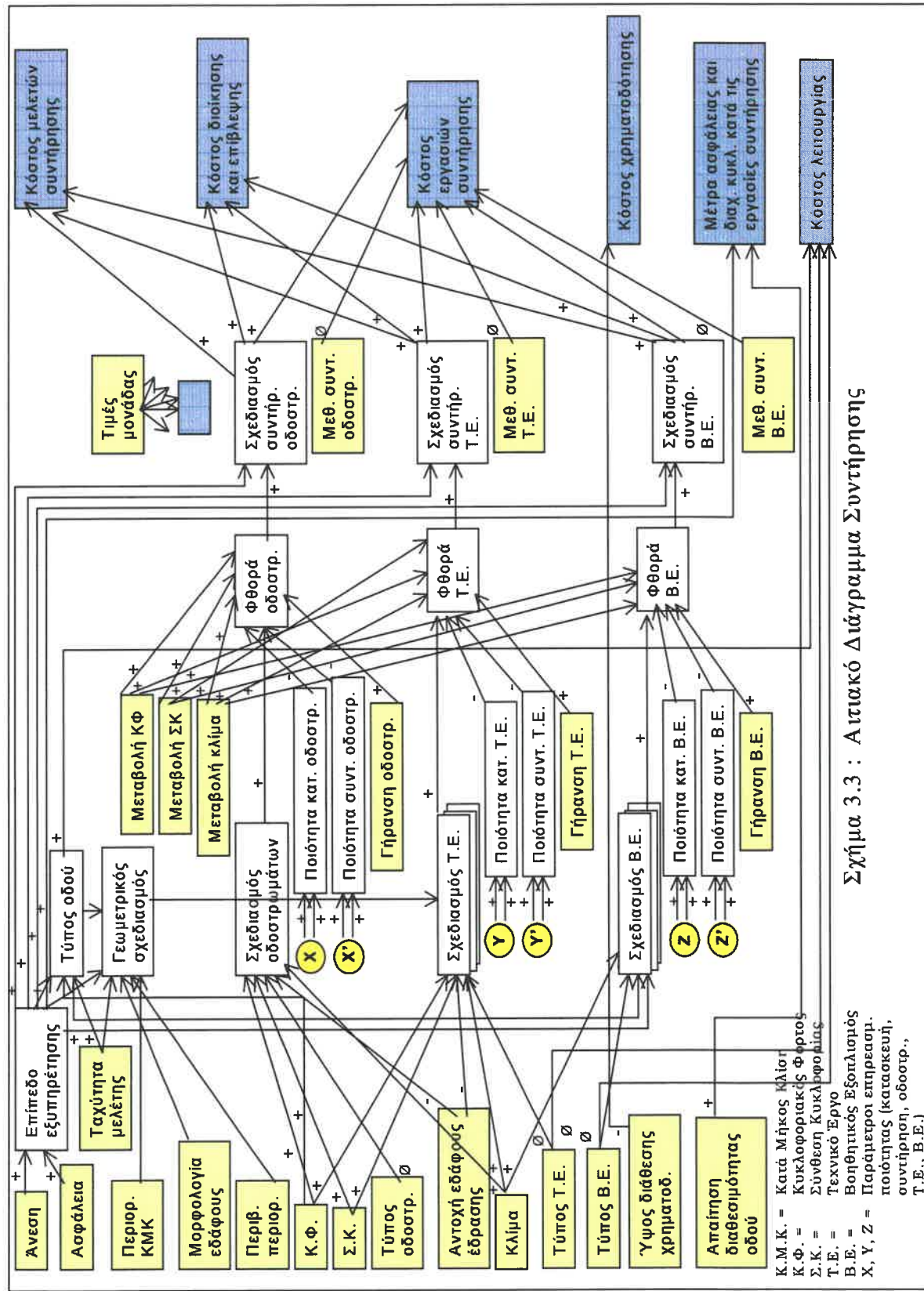
Οι παράμετροι υλοποίησης επηρεάζουν το κόστος που δημιουργείται κατά την συντήρηση ενός αυτοκινητοδρόμου. Οι παράμετροι υλοποίησης των εργασιών συντήρησης είναι οι ίδιες με αυτές της υλοποίησης της κατασκευής, για τον απλούστατο λόγο ότι και η συντήρηση αποτελεί μια κατασκευή που είναι απλά μικρότερης κλίμακας από την αρχική.

Αναλυτικά, οι παράμετροι υλοποίησης που επηρεάζουν το κόστος της συντήρησης ενός αυτοκινητοδρόμου είναι οι εξής:

- η διαθεσιμότητα της χρηματοδότησης της συντήρησης
- η μέθοδος συντήρησης
- οι τιμές μονάδος (υλικών, εργασίας)

Η ανάλυση των παραμέτρων αυτών είναι βέβαια η ίδια με αυτή των παραμέτρων της κατασκευής.

Η απεικόνιση όλων των παραπάνω συσχετισμών μεταξύ των παραμέτρων σχεδιασμού και υλοποίησης και των πραγματικών στοιχείων κόστους της συντήρησης φαίνεται στο αιτιακό διάγραμμα που παρουσιάζει το Σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3 : Αιτιακό Διάγραμμα Συντήρησης

3.3.3. Παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος χρηστών

(α) Παράμετροι που επηρεάζουν το λειτουργικό κόστος των οχημάτων

Το λειτουργικό κόστος των οχημάτων εξαρτάται από τις εξής παραμέτρους :

Κλειτ = f (Γεωμετρικός σχεδιασμός, Επιφάνεια Κύλισης, Ταχύτητα οχήματος (μέση), Τύπος οχήματος, Πολιτική διοδίων, Νομοθεσία, Τιμές μονάδος)

Οι παράμετροι αυτές εξαρτώνται με τη σειρά τους από άλλες υποπαραμέτρους. Η ανάλυσή τους είναι η εξής:

Ο Γεωμετρικός Σχεδιασμός εξαρτάται από:
(όπως στην κατασκευή και τη συντήρηση)

Η Επιφάνεια Κύλισης εξαρτάται από:
- Φθορά οδοστρωμάτων

Η Ταχύτητα οχήματος (μέση) εξαρτάται από:

- Γεωμετρικό σχεδιασμό
- Επιφάνεια κύλισης
- Κυκλοφοριακό φόρτος
- Καιρικές συνθήκες (κλίμα)
- Τύπο οχήματος
- Αστυνόμευση ταχύτητας
- Χρήστη

Ο Τύπος οχήματος εξαρτάται από:

- Μεταφορικές παραμέτρους
- Κοινωνικές παραμέτρους
- Χρήστη

Η Πολιτική διοδίων εξαρτάται από:

- Διαχειριστή αυτοκινητοδρόμου
- Κράτος

Η Νομοθεσία και οι Τιμές μονάδος εξαρτώνται από:

- Κράτος
- Εθνική οικονομία
- Διεθνή οικονομία

Είναι έκδηλο από την παραπάνω ανάλυση πως και οι υποπαραμέτροι στις οποίες αναλύονται οι παράμετροι επιρροής στο λειτουργικό κόστος των οχημάτων, χωρίζονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς (ή μεγαλύτερου βαθμού ανάλυσης).

Ως πρωτογενείς υποπαραμέτροι κατηγοριοποιούνται καταρχήν οι μεταφορικές και κοινωνικές παράμετροι, η ανάλυση των οποίων έγινε

επισταμένα στο κεφάλαιο του κόστους κατασκευής και συμπληρώθηκε στο κεφάλαιο του κόστους συντήρησης.

Επιπρόσθετα, πρωτογενείς υποπαράμετροι θεωρούνται το Κράτος, ο Διαχειριστής του αυτοκινητοδρόμου, η Εθνική και η Διεθνής οικονομία, η αστυνόμευση της ταχύτητας καθώς και οι καιρικές συνθήκες. Οι παράμετροι αυτές είναι προφανές ότι δεν αναλύονται σε μεγαλύτερο βαθμό και ότι επηρεάζονται από και αποτελούν μεγέθη εξωτερικά προς το σύστημα του αυτοκινητοδρόμου.

Ως τελευταία πρωτογενής υποπαράμετρος εξετάζεται ο χρήστης. Ο χρήστης αποτελεί, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα εδάφια, βασικό στοιχείο του συστήματος του αυτοκινητοδρόμου. Αλληλεπιδρά με την υποδομή και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της. Η επίδραση του χρήστη στις συγκεκριμένες παραμέτρους επιρροής του λειτουργικού κόστους των οχημάτων (ταχύτητα οχήματος, τύπος οχήματος), έγκειται στο ότι ο χρήστης, πέρα από όλα τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντός του, διαθέτει προσωπική βούληση και επομένως αποφασίζει ο ίδιος για ορισμένα ζητήματα που τον αφορούν. Το κόστος δηλαδή που προέρχεται από την ταχύτητα με την οποία κινείται ένα όχημα, αλλά και ο τύπος του οχήματος που χρησιμοποιεί ο χρήστης, συναρτώνται άμεσα με προσωπικές επιλογές του ίδιου του χρήστη και δευτερευόντως με τις επιρροές του μεταφορικού και κοινωνικοοικονομικού περιβάλλοντός του σε αυτόν. Η επισήμανση αυτή είναι αναγκαία για τον υπολογισμό του λειτουργικού κόστους των οχημάτων, αφού πέρα από τα χαρακτηριστικά της υποδομής και τους υπόλοιπους παράγοντες που καθορίζουν το μέγεθός του, η τελική διαμόρφωσή του επαφίεται στην συμπεριφορά και τις επιλογές του χρήστη.

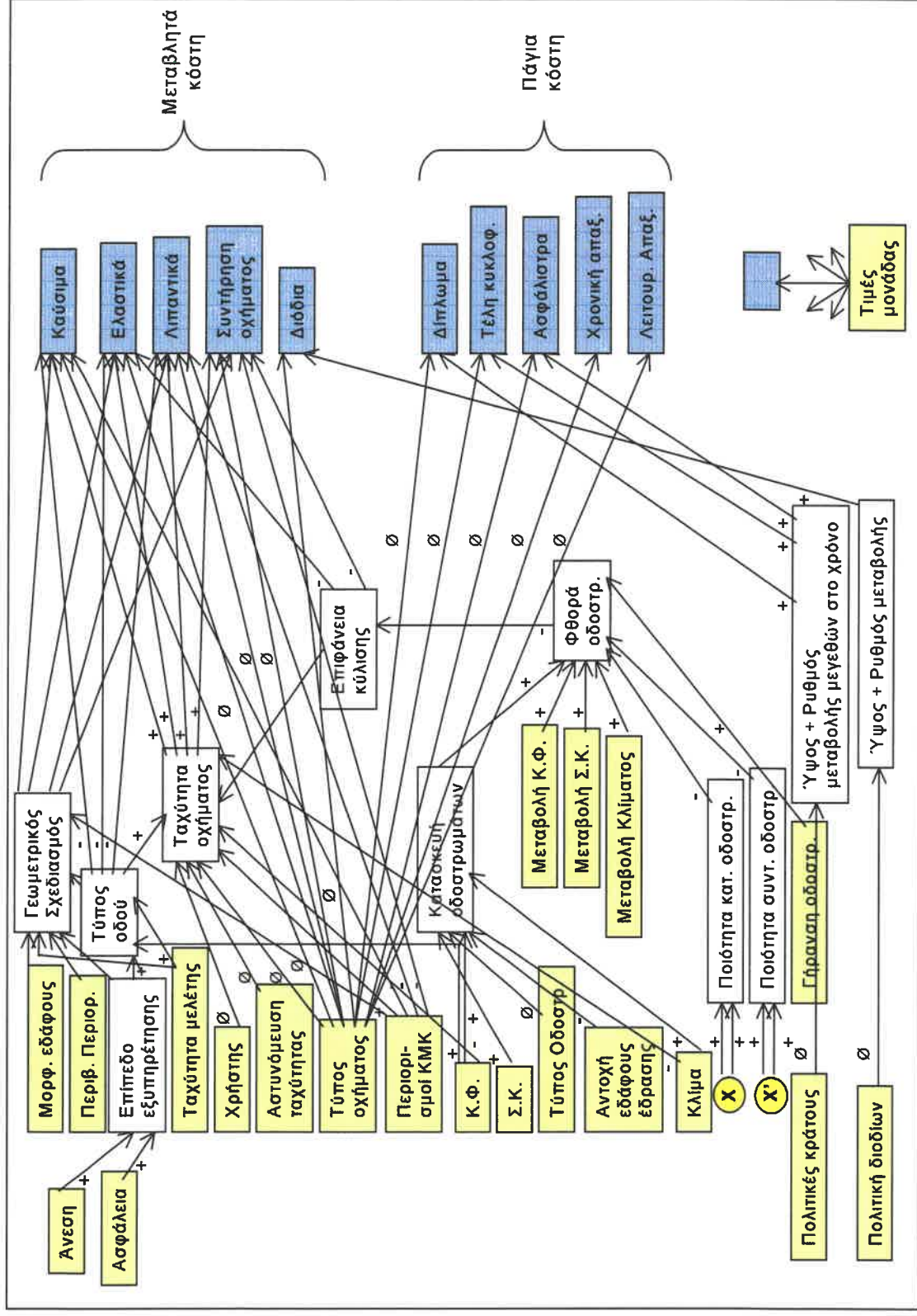
Ως δευτερογενείς (ή μεγαλύτερου βαθμού) υποπαράμετροι εννοούνται όλες οι υπόλοιπες.

Ο Γεωμετρικός Σχεδιασμός, όπως αναλύθηκε και στο κόστος κατασκευής, εξαρτάται από κυκλοφοριακούς και εδαφο – γεωλογικό – μορφολογικούς και άλλους παράγοντες.

Η Επιφάνεια Κύλισης εξαρτάται από τους ίδιους σχεδόν παράγοντες που επηρεάζουν το σχεδιασμό της συντήρησης του αυτοκινητοδρόμου (πράγμα φυσικό, αφού η επιφάνεια κύλισης σχετίζεται άμεσα με την συντήρηση αλλά και την αρχική κατασκευή του αυτοκινητοδρόμου).

Τέλος, οι παράμετροι της κυκλοφορίας εξαρτώνται όπως προαναφέρθηκε από τις παραμέτρους του συστήματος μεταφορών και από τις κοινωνικές παραμέτρους της εξυπηρετούμενης περιοχής.

Η απεικόνιση των συσχετισμών μεταξύ των παραμέτρων επιρροής και των πραγματικών στοιχείων του λειτουργικού κόστους των χρηστών, παρουσιάζονται στο αιτιακό διάγραμμα του Σχήματος 3.4.



Σχήμα 3.4 : Αιτιακό Διάγραμμα Χρηστών

(β) Κόστος χρόνου

Όσον αφορά τις παραμέτρους που επηρεάζουν το κόστους του χρόνου διαδρομής για μια μετακίνηση, καταρχήν πρέπει να γίνει διαχωρισμός μεταξύ των δύο περιπτώσεων υπολογισμού του: σε κατάσταση ομαλής ροής των οχημάτων και σε κατάσταση κυκλοφοριακής συμφόρησης.

Στην πρώτη περίπτωση το κόστος χρόνου είναι μια απλή συνάρτηση της απόστασης της διαδρομής και της μέσης ταχύτητας του οχήματος.

Στην δεύτερη περίπτωση το κόστος εξαρτάται και από τον αριθμό των άλλων οχημάτων που βρίσκονται στον αυτοκινητόδρομο.

Ανεξάρτητα πάντως από τις συνθήκες κυκλοφορίας που επηρεάζουν τον τρόπο υπολογισμού του κόστους του χρόνου μιας μετακίνησης, στη συνέχεια παρατίθενται και ορισμένοι άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος αυτό. Η αναφορά αυτή είναι απλά ενδεικτική.

Το κόστος χρόνου εξαρτάται από (και όχι αποκλειστικά):

- τύπος οχήματος
- ώρα της ημέρας κατά την οποία γίνεται η μετακίνηση
- σκοπός μετακίνησης
- επίπεδο εξυπηρέτησης αυτοκινητοδρόμου
- μέση ταχύτητα κίνησης οχήματος
- εισόδημα χρήστη
- συμπεριφορά και επιλογές χρήστη
- κ.λπ.

(γ) Κόστος ατυχημάτων

Κατ'αντιστοιχία με την εξέταση του κόστους χρόνου, παρατίθενται στη συνέχεια κάποιοι παράμετροι επιρροής στο κόστος των ατυχημάτων. Σε καμία περίπτωση δεν θεωρείται η παράθεση αυτή κάτι παραπάνω από ενδεικτική.

Παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος των ατυχημάτων είναι οι εξής :

- αποτελέσματα ατυχήματος (σοβαρότητα, υλικές ζημιές κλπ)
- τύπος οχήματος
- χαρακτηριστικά χρήστη
- κ.λπ.

Η ύπαρξη του χρήστη ως παραμέτρου επιρροής του κόστους χρόνου, αποτελεί και τον κυριότερο λόγο για τον οποίο δεν είναι δυνατή η ακριβής ποσοτικοποίηση της αξίας του χρόνου, αφού αυτή μεταβάλλεται ανάλογα με το χρήστη και τα χαρακτηριστικά του.

3.4. Σχέσεις των στοιχείων κόστους αυτοκινητοδρόμου

Στα προηγούμενα παρουσιάστηκαν τα τρία βασικά στοιχεία κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου (κόστος κατασκευής, το κόστος συντήρησης και κόστος των χρηστών) και έγινε μια προσπάθεια ανάλυσής τους σε παραμέτρους που επηρεάζουν το εύρος των τιμών τους.

Τα στοιχεία κόστους αυτά συνδέονται μεταξύ τους, αφού πολλές από τις παραμέτρους που τα επηρεάζουν είναι κοινές. Οι σχέσεις τους μπορεί να είναι θετικές ή αρνητικές, υπό την έννοια ότι μια κοινή παράμετρος επιρροής μπορεί να έχει θετική (ανάλογη) επίπτωση σε ένα στοιχείο κόστος και αρνητική (αντιστρόφως ανάλογη) σε ένα άλλο. Είναι λοιπόν λογικό η συνδυασμένη θεώρησή των ανωτέρω τριών στοιχείων κόστους αυτοκινητοδρόμου να δίνει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα του οικονομικού περιβάλλοντος ενός αυτοκινητοδρόμου, η οποία ανάλογα με το ποια στοιχεία περιλαμβάνονται έχει και διαφορετικό σημείο αναφοράς (ή αλλιώς έχει διαφορετικό αποδέκτη).

Οι συνδυασμένες θεωρήσεις με σημαντική προστιθέμενη αξία, που μπορούν να γίνουν είναι δύο :

- στην πρώτη εξετάζονται τα κόστη κατασκευής και συντήρησης
- στην δεύτερη εξετάζονται και τα τρία στοιχεία κόστους μαζί

Στην πρώτη περίπτωση το άθροισμα των δύο στοιχείων κόστους έχει ως σημείο αναφοράς την οικονομία του Κ.τ.Ε. ή γενικά του κατασκευαστή / διαχειριστή της υποδομής.

Στην δεύτερη περίπτωση, το άθροισμα των τριών στοιχείων κόστους, δηλαδή το συνολικό κόστος του αυτοκινητόδρομου, έχει ως σημείο αναφοράς την εθνική οικονομία της χώρας στην οποία ανήκει ο αυτοκινητόδρομος.

Και οι δύο αυτές συνδυασμένες θεωρήσεις των στοιχείων κόστους αυτοκινητοδρόμου, γίνονται με σκοπό τη βελτιστοποίησή τους, μέσω του προσδιορισμού των κατάλληλων πεδίων τιμών των παραμέτρων που τα επηρεάζουν.

Είναι προφανές ότι ο ακριβής προσδιορισμός των σχέσεων μεταξύ των επιμέρους στοιχείων κόστους του αυτοκινητοδρόμου (σε συνάρτηση των κοινών τους παραμέτρων) είναι «συνθήκη εκ των ων ουκ άνευ» («*conditio sine qua non*») για την βελτιστοποίηση της συνδυασμένης θεώρησής τους.

Μια αναλυτική παρουσίαση των σχέσεων αυτών των στοιχείων κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου, ακολουθεί στα επόμενα.

3.4.1. Σχέση μεταξύ κόστους κατασκευής και κόστους συντήρησης αυτοκινητοδρόμου

Από την ανάλυση των παραμέτρων που επηρεάζουν το κόστος ενός αυτοκινητοδρόμου έχει γίνει φανερό πως πολλές από τις παραμέτρους του κόστους κατασκευής εμπεριέχονται αυτούσιες ως παράμετροι και του κόστους συντήρησης. Ο αλληλοσυσχετισμός αυτός δεν είναι βέβαια τυχαίος. Οφείλεται:

(α) στο ότι όλα τα μεγέθη (τιμές) των παραμέτρων επηρεασμού του κόστους τόσο της κατασκευής όσο και της συντήρησης :

- προκύπτουν από την ίδια πηγή ανθρώπινης δραστηριότητας και
- βρίσκονται υπό την διαχείριση του ίδιου (κατά κανόνα) φορέα.

Πράγματι, η διαστασιολόγηση που γίνεται κατά το σχεδιασμό ενός αυτοκινητοδρόμου, πέρα από τα χαρακτηριστικά του φυσικού περιβάλλοντος που λαμβάνει υπόψη, βασίζεται στα κυκλοφοριακά μεγέθη. Τα κυκλοφοριακά μεγέθη σχετίζονται άμεσα με την ανθρώπινη δραστηριότητα και ανάπτυξη, η οποία και υπαγορεύει τον ρυθμό αύξησης ή μείωσής τους. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, δηλαδή, σε συνδυασμό με τα δημογραφικά και οικονομικά χαρακτηριστικά της περιοχής που εξυπηρετεί ο αυτοκινητόδρομος, καθορίζουν την ζήτηση για μεταφορές. Η ζήτηση αυτή, όπως εκτιμάται με τις προβλέψεις που γίνονται για την μελλοντική εξέλιξή της, αποτελούν τον οδηγό για το σωστό και οικονομικό σχεδιασμό της κατασκευής ενός αυτοκινητοδρόμου.

Στα ίδια ακριβώς στοιχεία ζήτησης βασίζεται και ο σχεδιασμός και προγραμματισμός της συντήρησης του αυτοκινητοδρόμου, αφού η ύπαρξη στην πράξη και ικανοποίηση αυτής της ζήτησης θα προκαλέσει τη φθορά της υποδομής, που θα απαιτήσει την συντήρηση.

Είναι λοιπόν σαφές πως ο σχεδιασμός των χαρακτηριστικών ενός αυτοκινητοδρόμου σχετίζεται άμεσα και καίρια με τη δυναμικότητα, την ανάπτυξη και την εξέλιξη των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αυτό δικαιολογεί την εμφάνιση των ίδιων παραμέτρων επιρροής και στα δύο αυτά στοιχεία του κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου, άλλες φορές σε πρωτογενή βαθμό και άλλες φορές μέσα σε άλλες δευτερογενείς (ή μεγαλύτερου βαθμού) παραμέτρους. Ταυτόχρονα εξηγεί το γιατί μια αλλαγή στις παραμέτρους αυτές δημιουργεί αλυσιδωτές αλλαγές σε άλλες συσχετιζόμενες παραμέτρους επιρροής, καθώς και αναδράσεις, που συνολικά καθιστούν το σύστημα πολύπλοκο στην λειτουργία και δυσχεραίνουν την διερεύνηση των εναλλακτικών λύσεων.

Από την άλλη πλευρά, όλες οι διαδικασίες λήψης απόφασης και διαχείρισης της υποδομής (του αυτοκινητοδρόμου), δηλαδή οτιδήποτε αφορά στον σχεδιασμό και υλοποίηση τόσο της κατασκευής όσο και της συντήρησής της, κατά κανόνα αναλαμβάνονται από τον ίδιο φορέα: τον Κ.τ.Ε. (δημόσιο έργο) ή την Παραχωρησιούχο (έργο παραχώρησης). Είναι λογικό λοιπόν, οι κοινές παράμετροι του κόστους κατασκευής και του κόστους συντήρησης που εξαρτώνται από αποφάσεις του ΚτΕ (ή της Παραχωρησιούχου) να έχουν τις ίδιες ακριβώς τιμές και μεταβολές, είτε αναφέρονται στην κατασκευή είτε αναφέρονται στην συντήρηση του

αυτοκινητοδρόμου. Τέτοιες παράμετροι είναι π.χ. όλες αυτές που επηρεάζουν την ποιότητα της κατασκευής.

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζεται η επιρροή (θετική ή αρνητική) των κυριότερων παραμέτρων επιρροής στα τρία στοιχεία κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου.

- (β) στο ότι η κατασκευή αποτελεί την βάση, πάνω στην οποία λειτουργεί συμπληρωματικά η συντήρηση, με στόχο την διατήρηση της επιτελεστικότητας⁵ του δρόμου στο επιθυμητό επίπεδο. Πρόκειται δηλαδή για δύο αλληλοσυμπληρούμενες δράσεις για την αντιμετώπιση του τελικού στόχου της παροχής δυνατότητας μεταφορικών λειτουργιών προς τους χρήστες σε συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας.

Από αυτόν και μόνο τον χαρακτήρα της συμπληρωματικότητας προκύπτει και μακροσκοπικά η αντιστρόφως ανάλογη σχέση του κόστους κατασκευής με το κόστος συντήρησης: όσο πιο μεγάλο είναι το κόστος κατασκευής (από την προσπάθεια επίτευξης υψηλής δομικής και λειτουργικής ποιότητας), τόσο πιο μικρό θα είναι το κόστος συντήρησης που θα απαιτηθεί για την διατήρηση της επιτελεστικότητας του δρόμου.

Οι βασικοί παράγοντες του κόστους κατασκευής που επηρεάζουν τον αλληλοσυσχετισμό του με το κόστος συντήρησης είναι :

- i. Η αρχική ποσότητα, με την έννοια του κατά πόσο ο αυτοκινητόδρομος έχει κατασκευαστεί υπερδιαστασιολογημένος ή υποδιαστασιολογημένος, σε σχέση με τις πραγματικές απαιτήσεις, όπως διαμορφώνονται στην πράξη, κατά τη διάρκεια ζωής του. Στην πρώτη περίπτωση θα έχουμε ένα υπερβολικά μεγάλο κόστος κατασκευής και ένα μικρό σχετικά κόστος συντήρησης, αφού η φθορά του δρόμου θα προκύπτει κυρίως από την γήρανση των στοιχείων του και λιγότερο από τη χρήση του. Στην δεύτερη περίπτωση θα έχουμε ένα μικρό κόστος κατασκευής αλλά μεγάλο κόστος συντήρησης, που θα είναι αποτέλεσμα κυρίως της μεγάλης φθοράς, λόγω της υπερβολικής – για τη διαστασιολόγησή του – χρήσης του.
- ii. Η αρχική ποιότητα κατασκευής, με την έννοια του κατά πόσο ο αυτοκινητόδρομος έχει κατασκευαστεί σωστά, δηλαδή με σωστές προδιαγραφές (σε σχέση με τις απαιτήσεις, όπως διαμορφώνονται στην πράξη κατά τη διάρκεια ζωής του) και με πλήρη εφαρμογή των προδιαγραφών αυτών, τόσο ως προς τις μεθόδους, όσο και ως προς τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Είναι προφανές ότι κάθε αρνητική απόκλιση από τις προδιαγραφές αυτές, λόγω μη πλήρους εφαρμογής τους (που συνεπάγεται μικρότερο κόστος κατασκευής άσχετα αν την διαφορά την επωφελείται τελικά ο Κ.τ.Ε. ή ο κατασκευαστής του αυτοκινητοδρόμου), θα προκαλέσει μεγαλύτερη φθορά και μεγαλύτερο κόστος συντήρησης. Επίσης, εάν οι απαιτήσεις ποιότητας,

⁵ Ως "επιτελεστικότητα" νοείται το επίπεδο επιδόσεων (λειτουργίας, εξυπηρέτησης) για το οποίο έχει σχεδιαστεί ο δρόμος.

όπως θα διαμορφωθούν κατά τη χρησιμοποίηση της υποδομής υπερβαίνουν αυτές που είχαν τεθεί κατά τον σχεδιασμό του αυτοκινητοδρόμου, τότε το κόστος της συντήρησης θα είναι αυξημένο, εξαιτίας των μεγαλύτερων φθορών που θα προκύπτουν από την ως άνω διαφορά ποιότητας κατασκευής.

Πίνακας 3.1 : Συσχετισμός πρωτογενών παραμέτρων - Στοιχείων Κόστους

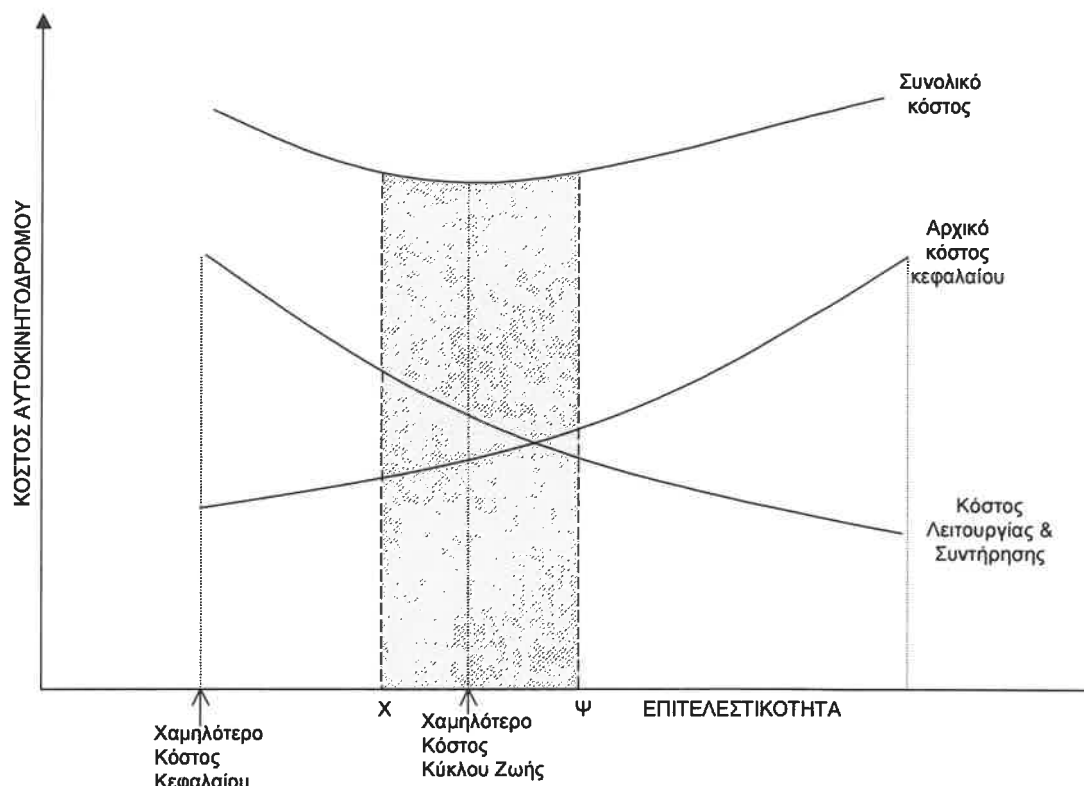
Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΠΙΡΡΟΗ (+ ή -)		
		ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΤΩΝ
1.	Δείκτης Άνεσης	+	+	+/-
2.	Δείκτης Ασφάλειας	+	+	+/-
3.	Ταχύτητα Μελέτης	+	+	+/-
4.	Μορφολογία Εδάφους	+	0	+/-
5.	Αντοχή Εδάφους Έδρασης	-	-	0
6.	Κατά Μήκος Κλίση (Περιορισμοί)	+/-	0	-
7.	Περιορισμοί Περιορισμοί	+	0	0
8.	Κυκλοφοριακός Φόρτος	+	+	+/-
9.	Σύνθεση Κυκλοφορίας	+	+	0
10.	Κλίμα	+	+	+/-
11.	Τύπος Οδοστρώματος	0	0	0
12.	Τύπος Τεχνικού Έργου (Τ.Ε.)	0	0	0
13.	Τύπος Βοηθητικού Εξοπλισμού (Β.Ε.)	0	0	0
14.	Μέθοδος κατασκευής οδοστρ.	0	0	0
15.	Μέθοδος κατασκευής Τ.Ε.	0	0	0
16.	Μέθοδος κατασκευής Β.Ε.	0	0	0
17.	Μέθοδος συντήρησης οδοστρ.	0	0	0
18.	Μέθοδος συντήρησης Τ.Ε.	0	0	0
19.	Μέθοδος συντήρησης Β.Ε.	0	0	0
20.	Απαιτησιότητα οδού	0	+	-
21.	Πολιτικές Κράτους	+/-	+/-	+
22.	Πολιτική Διαδίων	0	0	+
23.	Αστυνόμευση Ταχύτητας	0	0	-
24.	Τύπος Οχήματος	0	0	0
25.	Υψος διαθ. χρηματοδ. Κατασκευής	-	0	0
26.	Υψος διαθ. χρηματοδ. Συντήρησης	0	-	0
27.	Τιμές Μονάδας	+	+	+
28.	Δείκτης γήρανσης οδοστρ.	0	+	+
29.	Δείκτης γήρανσης Τ.Ε.	0	+	+
30.	Δείκτης γήρανσης Β.Ε.	0	+	+
31.	Μεταβολή Κυκλοφοριακού Φόρτου	0	+	+
32.	Μεταβολή Σύνθεσης Κυκλοφορίας	0	+	0

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΠΙΡΡΟΗ (+ ή -)		
		ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΤΩΝ
33.	Μεταβολή Κλίματος	0	+	+
34.	Δ.Π.Κ. - Μέσα κατασκευής οδοστρ.	-	-	-
35.	Δ.Π.Κ. - Μελέτες - Έρευνες οδοστρ.	-	-	-
36.	Δ.Π.Κ. - Διοίκηση οδοστρ.	-	-	-
37.	Δ.Π.Κ. - Επιδέψη οδοστρ.	-	-	-
38.	Δ.Π.Κ. - Απρόβλεπτοι παράγοντες	-	-	-
39.	Δ.Π.Κ. - Μέσα Τ.Ε.	-	-	0
40.	Δ.Π.Κ. - Μελέτες - Έρευνες Τ.Ε.	-	-	0
41.	Δ.Π.Κ. - Διοίκηση Τ.Ε.	-	-	0
42.	Δ.Π.Κ. - Επιδέψη Τ.Ε.	-	-	0
43.	Δ.Π.Κ. - Απρόβλεπτοι παράγοντες	-	-	0
44.	Δ.Π.Κ. - Μέσα κατασκευής Β.Ε.	-	-	0
45.	Δ.Π.Κ. - Μελέτες - Έρευνες Β.Ε.	-	-	0
46.	Δ.Π.Κ. - Διοίκηση Β.Ε.	-	-	0
47.	Δ.Π.Κ. - Επιδέψη Β.Ε.	-	-	0
48.	Δ.Π.Κ. - Απρόβλεπτοι παράγοντες	-	-	0
49.	Δ.Π.Σ. - Μέσα συντήρησης οδοστρ.	0	-	-
50.	Δ.Π.Σ. - Μελέτες οδοστρ.	0	-	-
51.	Δ.Π.Σ. - Διοίκηση συντ. οδοστρ.	0	-	-
52.	Δ.Π.Σ. - Επιδέψη συντ. οδοστρ.	0	-	-
53.	Δ.Π.Σ. - Απρόβλεπτοι παράγοντες συντ. οδοστρ.	0	-	-
54.	Δ.Π.Σ. - Μέσα συντήρησης Τ.Ε.	0	-	0
55.	Δ.Π.Σ. - Μελέτες συντήρησης Τ.Ε.	0	-	0
56.	Δ.Π.Σ. - Διοίκηση συντ. Τ.Ε.	0	-	0
57.	Δ.Π.Σ. - Επιδέψη συντ. Τ.Ε.	0	-	0
58.	Δ.Π.Σ. - Απρόβλεπτοι παράγοντες συντ. Τ.Ε.	0	-	0
59.	Δ.Π.Σ. - Μέσα συντήρησης Β.Ε.	0	-	0
60.	Δ.Π.Σ. - Μελέτες συντήρησης Β.Ε.	0	-	0
61.	Δ.Π.Σ. - Διοίκηση συντ. Β.Ε.	0	-	0
62.	Δ.Π.Σ. - Επιδέψη συντ. Β.Ε.	0	-	0
63.	Δ.Π.Σ. - Απρόβλεπτοι παράγοντες συντ. Β.Ε.	0	-	0

ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ : + θετική (ανάλογη),
- αρνητική (αντιστρόφως ανάλογη),
+/- χρειάζεται διερεύνηση,
0 = μηδενική (εξωγενής παράγοντας ως προς το σύστημα)

Δ.Π.Κ. = Δείκτης Ποιότητας Κατασκευής
Δ.Π.Σ. = Δείκτης Ποιότητας Συντήρησης

Αυτή η αντίστροφη τελικά σχέση του κόστους κατασκευής και του κόστους συντήρησης ενός αυτοκινητοδρόμου δίνεται από το Σχήμα 3.5. Στο διάγραμμα αυτό παρουσιάζεται η σχετική μεταβολή των δύο αυτών στοιχείων κόστους, καθώς και η μεταβολή του αθροίσματός τους, συναρτήσει της μεταβολής των ανωτέρω παραγόντων κόστους κατασκευής.



Σχήμα 3.5 : Κόστος κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου (Επίπεδο Κ.τ.Ε)

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα αυτό, μιλώντας πάντα για μια κοινή χρονική περίοδο ωφέλιμης ζωής του έργου, μια ακριβή κατασκευή επιφέρει μικρά μελλοντικά κόστη συντήρησης, ενώ μια φθηνή κατασκευή επιφέρει στη συνέχεια αυξημένα κόστη συντήρησης. Το ελάχιστο άθροισμα των δύο στοιχείων κόστους δεν επιτυγχάνεται ούτε με πολύ υψηλό αλλά ούτε με πολύ χαμηλό κόστος αρχικής κατασκευής. Υπάρχει ένα βέλτιστο σημείο του άξονα της επιτελεστικότητας⁶ του αυτοκινητοδρόμου (άξονας Χ), η προβολή του οποίου τέμνει στο μέσο περίπου την αθροιστική καμπύλη, σε ένα σημείο το οποίο αποτελεί το ελάχιστο άθροισμα του κόστους κατασκευής και του κόστους συντήρησης. Η επιλογή των συγκεκριμένων συνθηκών που οδηγούν στα κόστη αυτά θεωρείται η βέλτιστη. Παραταύτα, σε ένα μικρό διάστημα εκατέρωθεν του σημείου αυτού μπορούμε να θεωρήσουμε πως το

⁶ Ως "επιτελεστικότητα" νοείται το επίπεδο επιδόσεων (λειτουργίας, εξυπηρέτησης) για το οποίο έχει σχεδιαστεί ο αυτοκινητόδρομος.

άθροισμα είναι βέλτιστο, ακόμα και αν δεν είναι το «απόλυτο βέλτιστο», σε σχέση με τα υπόλοιπα τμήματα της καμπύλης προς τα άκρα της.

Η επιλογή αυτού του βέλτιστου διαστήματος ως στόχου για το άθροισμα του κόστους κατασκευής και του κόστους συντήρησης ενός αυτοκινητοδρόμου, καταρχήν ελαχιστοποιεί εν γένει το συνολικό κόστος ζωής της υποδομής, αλλά επίσης δίνει δυνατότητες (περιθώρια) επιλογής μεταξύ επιμέρους λύσεων, που ικανοποιούν εξωτερικούς περιορισμούς (π.χ. μείωση κατά το δυνατόν του κόστους των χρηστών) στον σχεδιαστή της υποδομής.

Δεδομένου δε ότι τα οικονομικά μεγέθη ενός αυτοκινητοδρόμου κινούνται σε δυσθεώρητα ύψη, ακόμα και μια μικρή φαινομενικά διαφοροποίηση στο συνολικό άθροισμα επί της βέλτιστης περιοχής της καμπύλης, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά διαφορετικό σχεδιασμό του αυτοκινητοδρόμου, με θεωρητικά όμως πάντα βέλτιστο τελικό αποτέλεσμα. Έτσι, είναι δυνατό να επιτευχθεί για παράδειγμα μια φθηνότερη αρχική κατασκευή, λόγω έλλειψης διαθέσιμου αρχικού κεφαλαίου, με τακτικότερη μελλοντική συντήρηση, από ότι θα ήθελε ίσως ο σχεδιαστής μηχανικός, αλλά σε βάθος χρόνου η λύση να είναι το ίδιο οικονομική με μια που θα περιλάμβανε ακριβότερη αρχική κατασκευή με αραιότερη συντήρηση.

Τελικά, από όλα τα παραπάνω γίνεται σαφές πως τα οικονομικά μεγέθη της υποδομής ενός αυτοκινητοδρόμου, υπό το κατάλληλο πρίσμα, που δεν είναι άλλο από αυτό της θεώρησης του συνολικού κόστους κύκλου ζωής του (Α.Κ.Κ.Ζ.), μπορούν να βελτιστοποιηθούν έτσι ώστε το άθροισμά τους να είναι στο βάθος του χρόνου το ελάχιστο δυνατό, χωρίς «εκπτώσεις» στην ποιότητα ή το μέγεθος του έργου ή την ικανοποίηση υφισταμένων περιορισμών ή άλλων στόχων.

Παράλληλα, με την θεώρηση του αυτοκινητοδρόμου υπό το πρίσμα της Α.Κ.Κ.Ζ., αποφεύγονται φαινόμενα ακραίων υπερσχεδιασμών ή υποσχεδιασμών και το συνολικό κόστος για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου ελαχιστοποιείται.

Αντίστροφα, με την ανάπτυξη μιας πλήρους μεθοδολογίας Α.Κ.Κ.Ζ., η οποία περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν τα κόστη κατασκευής και συντήρησής ενός αυτοκινητοδρόμου, γίνεται εφικτή η διερεύνηση αλλά και κοστολόγηση όλων των στοιχείων που επιδρούν στην ποιότητα της υποδομής και κατά προέκταση στις συνέπειές τους στις μελλοντικές ανάγκες συντήρησης. Μια τέτοια μεθοδολογία είναι και αυτή που παρουσιάζεται στη συνέχεια (κεφ. 3.5).

3.4.2. Σχέση μεταξύ κόστους χρηστών και λοιπών στοιχείων κόστους

Από την ανάλυση των παραμέτρων που επηρεάζουν τις τρεις συνιστώσες του κόστους των χρηστών (λειτουργικό κόστος, κόστος χρόνου, κόστος ατυχημάτων), γίνεται φανερό ότι πολλές από αυτές είναι κοινές με τις παραμέτρους που επηρεάζουν τα στοιχεία κόστους συντήρησης και κατασκευής του αυτοκινητοδρόμου.

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι βασικές παράμετροι³, που επηρεάζουν τα τρία στοιχεία κόστους αυτοκινητοδρόμου (κατασκευής, συντήρησης, χρηστών).

Πέραν όμως των ανωτέρω συσχετισμών, το κόστος των χρηστών αποτελεί (όπως και το κόστος συντήρησης – λειτουργίας) συνάρτηση του χρόνου. Αυτό συμβαίνει διότι με την πάροδο του χρόνου ο αριθμός των χρηστών μεταβάλλεται αλλά και διότι αυτά τα στοιχεία κόστους τα θεωρούμε στο σύνολο της ζωής του αυτοκινητοδρόμου (ως άθροισμα των αντίστοιχων ετήσιων στοιχείων κόστους).

Η μεταβολή του αριθμού των χρηστών σημαίνει μεταβολή του αριθμού οχημάτων και αυτό συνεπάγεται μεταβολή των καταναλώσεων σε μεταβλητά αλλά και πάγια λειτουργικά κόστη. Επιπρόσθετα, το κοινωνικό και βιοτικό επίπεδο μεταβάλλεται όπως και το κατά κεφαλήν εισόδημα, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται σταδιακά και η αξία του ανθρώπινου χρόνου αλλά και η αξία της ανθρώπινης ζωής. Επιπλέον, όσο περισσότεροι είναι οι χρήστες τόσο μεγαλύτερος είναι και ο αριθμός των ατυχημάτων, αφού τα δύο αυτά μεγέθη έχει αποδειχθεί πως σχετίζονται μεταξύ τους αυξητικά. Είναι δηλαδή φανερό πως με την πάροδο του χρόνου όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος των χρηστών οδηγούν το τελικό άθροισμα σε μια διαρκή μεταβολή (συνήθως σε αύξηση).

Εξαιτίας των ανωτέρων παραμέτρων επιρροής, υπάρχει τελικά έντονος συσχετισμός του κόστους των χρηστών με τα κόστη κατασκευής και συντήρησης. Ενδεικτικά αναφέρονται τα ακόλουθα :

- Η αρχική ποσότητα της κατασκευής, επηρεάζει άμεσα το κόστος χρηστών: ο υπερδιαστασιολογημένος δρόμος προσφέρει μεγαλύτερη άνεση, ταχύτητα και ασφάλεια στον χρήστη, αφού διατίθεται μεγαλύτερη χωρητικότητα και καλύτερη επιφάνεια κύλισης (οδοστρώματος) λόγω μειωμένων φθορών από τον μειωμένο κυκλοφοριακό φόρτο (σε σχέση με τον φόρτο που είχε ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό της υποδομής).
- Επίσης, η αρχική ποιότητα της κατασκευής επηρεάζει το μεταβλητό λειτουργικό κόστος, αφού η φθορά του οδοστρώματος εξαρτάται από αυτή. Για τον ίδιο λόγο και τα άλλα δύο στοιχεία του κόστους των

³ Σημειώνεται ότι οι παράμετροι του πίνακα αυτού σε καμία περίπτωση δεν εξαντλούν το σύνολο των παραμέτρων, που πραγματικά επηρεάζουν στην πράξη τα τρία αυτά στοιχεία κόστους.

χρηστών (κόστος χρόνου, κόστος ατυχημάτων) επηρεάζονται από την αρχική ποιότητα κατασκευής.

- Το κόστος των χρηστών εξαρτάται επίσης από την ποιότητα συντήρησης του οδοστρώματος, που συνεπάγεται καλύτερη ή χειρότερη επιφάνεια κύλισης και συνεπώς επηρεάζει την ταχύτητα των οχημάτων, τις παραμέτρους ασφάλειας και τα μεταβλητά κόστη.

Συνολικά θα μπορούσαν να διατυπωθούν οι ακόλουθες βασικές σχέσεις :

- Μια υπερδιαστασιολογημένη κατασκευή συνεπάγεται μεγαλύτερο όγκο εργασιών συντήρησης, λόγω μεγέθους της κατασκευής, αλλά ταυτόχρονα μικρότερη συχνότητα συντήρησης, λόγω μικρότερων φθορών. Σε μια τέτοια περίπτωση συνεπώς θα υπάρχει μεγαλύτερο κόστος κατασκευής και μεγαλύτερο ή μικρότερο κόστος συντήρησης (απαιτείται διερεύνηση). Ταυτόχρονα, οι μεταβλητές λειτουργικές δαπάνες των χρηστών, το κόστος χρόνου και το κόστος ατυχημάτων θα είναι μικρότερα, αφού η πυκνότητα κυκλοφορία θα είναι σχετικά μικρή, η επιφάνεια κύλισης (οδοστρώματος) καλή και ο περιορισμός της διαθεσιμότητας στους χρήστες του συνόλου της χωρητικότητας του δρόμου μικρός (λόγω μικρής συχνότητας εργασιών συντήρησης).
- Όσο καλύτερη είναι η αρχική ποιότητα της κατασκευής, τόσο το κόστος κατασκευής είναι μεγαλύτερο. Ταυτόχρονα, όμως, το κόστος συντήρησης είναι μικρότερο, αφού η φθορά της υποδομής θα είναι μικρότερη, με αποτέλεσμα να απαιτούνται λιγότερες (ή αραιότερες) εργασίες συντήρησης. Παράλληλα, το κόστος των χρηστών θα είναι μικρότερο, λόγω των μικρότερων φθορών του οδοστρώματος (αλλά και των λοιπών στοιχείων της υποδομής).
- Όσο καλύτερη (ευρύτερη, συχνότερη) συντήρηση γίνεται σε ένα αυτοκινητόδρομο, τόσο το κόστος συντήρησης είναι μεγαλύτερο. Παράλληλα, το λειτουργικό κόστος των χρηστών, το κόστος χρόνου και το κόστος ατυχημάτων, ενώ γενικά μειώνονται, είναι αυξημένα κατά τις περιόδους υλοποίησης της συντήρησης (λόγω μικρής διαθεσιμότητας του αυτοκινητοδρόμου). Η επίπτωση στο κόστος κατασκευής είναι μηδαμινή.

Είναι φανερό ότι η ταυτόχρονη θεώρηση όλων των ανωτέρω υποθέσεων δεν είναι δυνατό να οδηγήσει σε όλες τις περιπτώσεις στην διατύπωση συμπερασμάτων για την ακριβή σχέση των στοιχείων κόστους του αυτοκινητοδρόμου μεταξύ τους, λόγω της πολυπλοκότητας των αλληλεπιδράσεών τους. Για μια τέτοια θεώρηση – η οποία θα οδηγούσε στη δυνατότητα ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους αυτοκινητοδρόμου – είναι αναγκαίο να βρεθούν και να συσχετιστούν ποσοτικά όλες οι παράμετροι που επιδρούν στα στοιχεία κόστους. Μια μεθοδολογία για την επίτευξη αυτού του στόχου παρουσιάζεται στα επόμενα.

3.5. Μεθοδολογία συστηματικής επιλογής παραμέτρων σχεδιασμού και υλοποίησης αυτοκινητοδρόμου με στόχο τη ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους κύκλου ζωής του

Με βάση την προηγούμενη ανάλυση των στοιχείων κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου, στη συνέχεια αναπτύσσεται μια μεθοδολογία επιλογής, με συστηματικό και οργανωμένο τρόπο, μιας ομάδας παραμέτρων σχεδιασμού και υλοποίησης ενός αυτοκινητοδρόμου με στόχο την επίτευξη του χαμηλότερου (μεταξύ διαφόρων εναλλακτικών λύσεων) συνολικού κόστους κύκλου ζωής του αυτοκινητοδρόμου αυτού.

Η μεθοδολογία αναπτύσσεται για τα δύο σενάρια ελαχιστοποίησης του κόστους που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα. Πιο συγκεκριμένα:

- το πρώτο αναφέρεται στο κόστος κύκλου ζωής του αυτοκινητοδρόμου, όπως αυτό επιδρά στην οικονομία του Κυρίου του Έργου
- το δεύτερο αναφέρεται στο κόστος κύκλου ζωής του αυτοκινητοδρόμου, όπως αυτό επιδρά στην Εθνική Οικονομία.

Σχετικά με την προσπάθεια ανάπτυξης της μεθοδολογίας αυτής σημειώνονται τα ακόλουθα:

Γενικά, δηλαδή ανεξάρτητα από το σενάριο αναφοράς, το πρόβλημα της ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου, σύμφωνα με τη γνώμη του γράφοντα, είναι το ακόλουθο :

«Σήμερα, που σχεδιάζεται η κατασκευή και η συντήρηση του αυτοκινητοδρόμου για όλη την περίοδο της ωφέλιμης ζωής του, πρέπει να αποφασιστεί και να επιλεγεί (από έναν αριθμό εναλλακτικών λύσεων) εκείνος ο σχεδιασμός της υποδομής (μέγεθος, ποιότητα, εξοπλισμός κλπ) και εκείνο το πρόγραμμα συντήρησής της, που να οδηγούν στο μικρότερο συνολικό κόστος στη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής της.»

Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί αν ήταν γνωστά ή μπορούσαν να υπολογιστούν με ακρίβεια :

- (α) η ζήτηση για μεταφορική ικανότητα (χωρητικότητα, ασφάλεια, άνεση κ.λπ.) του αυτοκινητοδρόμου για κάθε ένα έτος της περιόδου της ωφέλιμης ζωής του
- (β) η φθορά που θα υφίστατο κάθε χρόνο ο αυτοκινητόδρομος, τόσο λόγω της χρήσης του από την κάλυψη της ζήτησης, όσο και λόγω γήρανσης.

Με βάση τα στοιχεία αυτά θα μπορούσε να σχεδιαστεί η κατασκευή του αυτοκινητοδρόμου μαζί με ένα πρόγραμμα συντήρησής του, ώστε να καλύπτεται (με την ελάχιστη δυνατή υπέρβαση κάλυψης κατ' έτος) η ζήτηση.

Προφανώς, κατά τον σχεδιασμό αυτό θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη και ένας βαθμός ασφαλείας, για την διαφοροποίηση της ποιότητας τόσο της κατασκευής όσο και της συντήρησης κατά την υλοποίησή τους, δηλαδή κατά την εφαρμογή τους από το σχεδιαστήριο στο εργοτάξιο.

Στην πράξη, κατά κανόνα, η ζήτηση γενικά αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου, μέχρις ότου φθάσει σε μια κατάσταση ισορροπίας (δυναμική ισορροπία).

Αντίθετα, η πραγματική ικανότητα του δρόμου μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, λόγω φθορών.

Έτσι, φαίνεται αναπόφευκτο, προκειμένου να καλύπτεται πάντα η ζήτηση, να πρέπει να υπάρχει αργούσα ικανότητα του αυτοκινητοδρόμου, αφού δεν είναι πρακτικά δυνατόν να γίνονται πολύ συχνές παρεμβάσεις για την αναβάθμιση της ικανότητάς του, προκειμένου αυτή να είναι τέτοια ώστε να καλύπτει πάντα οριακά τη ζήτηση.

Συνεπώς, το πρόβλημα, σύμφωνα με τον γράφοντα, ανάγεται στον ακριβή υπολογισμό :

- i. της ζήτησης για μεταφορική ικανότητα του αυτοκινητοδρόμου για κάθε χρόνο της ωφέλιμης ζωής του
- ii. της υποδομής που απαιτείται για την κάλυψη αυτής της ζήτησης, λαμβανομένων υπόψη:
- iii. της φθοράς σε κάθε χρόνο της ωφέλιμης ζωής του αυτοκινητοδρόμου, που συναρτάται από τη αρχική ποσότητα και ποιότητα κατασκευής της υποδομής και από την χρήση της και
- iv. της συντήρησης που απαιτείται ώστε ο αυτοκινητόδρομος να είναι σε θέση να καλύπτει πάντα τη ζήτηση.

Για να γίνει δυνατός ο υπολογισμός των ανωτέρω στοιχείων είναι απαραίτητο να είναι γνωστά τα εξής :

- οι παράμετροι που επηρεάζουν τη διαμόρφωση των στοιχείων αυτών στο χρόνο,
- οι αλληλοσυσχετισμοί τους
- το μέγεθος της επιρροής τους στα στοιχεία αυτά και
- οι τιμές τους για κάθε ένα έτος της περιόδου της ωφέλιμης ζωής του αυτοκινητοδρόμου.

Παράλληλα, είναι απαραίτητο να είναι γνωστές πολλές τεχνικές παράμετροι (εκτός από την προφανή απαίτηση γνώσης σχεδιασμού του αυτοκινητοδρόμου, δηλαδή της χάραξης, των οδοστρωμάτων, των τεχνικών έργων και του βοηθητικού εξοπλισμού), όπως :

- στοιχεία σχετικά με τον ρυθμό φθοράς διαφόρων υλικών και κατασκευών, συναρτήσει της έντασης χρησιμοποίησής τους
- στοιχεία σχετικά με τον ρυθμό γήρανσης υλικών, κατασκευών κλπ
- στοιχεία σχετικά με την επίπτωση της φθοράς / γήρανσης των υλικών / κατασκευών στην επίδοση του αυτοκινητοδρόμου (σχετικά με συγκεκριμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά του)
- στοιχεία σχετικά με την επίπτωση στα μεταβλητά λειτουργικά κόστη των χρηστών της επιφάνειας κύλισης του οδοστρώματος, της ταχύτητας του οχήματος κ.α.,

καθώς και χρηματο-οικονομικές παράμετροι όπως :

- μέγεθος υφιστάμενης δυνατότητας χρηματοδότησης της κατασκευής και της συντήρησης του αυτοκινητοδρόμου
- μοναδιαία κόστη υλικών, εργασίας, μηχανημάτων, ολοκληρωμένων επιμέρους εργασιών / έργων κλπ και την μεταβολή τους κατά τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του αυτοκινητοδρόμου
- αξία χρήματος (κόστος ευκαιρίας χρήματος) για κάθε έτος ή (κατά συνθήκη) κατά μέσο όρο σε όλη τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του αυτοκινητοδρόμου
- πληθωρισμό, για κάθε έτος ή κατά μέσο όρο, σε όλη τη διάρκεια ωφέλιμης ζωής του αυτοκινητοδρόμου κλπ.

Είναι φανερό, πως η ύπαρξη ή η απόκτηση όλων των παραπάνω στοιχείων είναι σχεδόν αδύνατη (σε διεθνές επίπεδο). Ιδιαίτερα δύσκολος (αν όχι ακατόρθωτος, τουλάχιστον με τις υφιστάμενες δυνατότητες διεθνώς) είναι ο συσχετισμός όλων των ανωτέρω στοιχείων και η συνεξέτασή τους κατά συνολικό τρόπο.

Η γενική προσέγγιση μηχανικού για την επίλυση τέτοιων πολύπλοκων προβλημάτων είναι η απλούστευσή τους, βάσει συγκεκριμένων, (κατά κανόνα) ελεγχόμενων παραδοχών, έτσι ώστε να υποκατασταθούν από άλλα επιλύσιμα προβλήματα. Ταυτόχρονα, γίνεται διερεύνηση των παραδοχών αυτών, έτσι ώστε σταδιακά να πάψουν να είναι παραδοχές και να μπορέσουν να ενσωματωθούν τελικά στα επιλύσιμα προβλήματα.

Για την απλούστευση του συγκεκριμένου προβλήματος γίνονται αποδεκτά (όπως έχουν αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια) τα ακόλουθα:

- ο Δεν εξετάζονται το κόστος χρόνου, το κόστος ατυχημάτων και τα πάγια στοιχεία του λειτουργικού κόστους των χρηστών
- ο Θεωρούνται ως «εξωτερικές μεταβλητές», δηλαδή ως δεδομένα (και μάλιστα με εύχρηστο τρόπο) :
 - η ζήτηση (κυκλοφοριακός φόρτος, σύνθεση κυκλοφορίας, επίπεδο εξυπηρέτησης κλπ) για μεταφορές και τα χαρακτηριστικά της
 - τα στοιχεία του γεωγραφικού υποβάθρου (μορφολογία εδάφους, γεωλογικά / γεωτεχνικά δεδομένα κλπ)
 - τα κλιματολογικά δεδομένα (βροχοπτώσεις, χιονοπτώσεις, εύρος θερμοκρασιών κλπ)
 - οι διάφοροι περιορισμοί [περιβαλλοντικοί, τεχνικοί (π.χ. κατά μήκος κλίση οδού κ.λπ.), οικονομικοί (π.χ. ύψος χρηματοδότησης) κ.λπ.]
 - η ταχύτητα μελέτης του αυτοκινητοδρόμου
 - η απαίτηση της διαθεσιμότητας της οδού
 - ο ρυθμός γήρανσης διαφόρων τύπων οδοστρωμάτων, τεχνικών έργων και βοηθητικού εξοπλισμού

- οι τιμές μονάδος πάσης φύσεως υλικών, εργασίας, μηχανημάτων, επιμέρους κατασκευών κ.λπ.
- η κατά έτος (στην διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του αυτοκινητοδρόμου) μεταβολή των τιμών:
 - του κυκλοφοριακού φόρτου
 - της σύνθεσης κυκλοφορίας
 - των κλιματολογικών συνθηκών (ποσοτικοποιημένων)
- ο Θεωρούνται ότι υπάρχουν εκτεταμένες βάσεις δεδομένων:
 - τύπων οδοστρωμάτων και μεθόδων κατασκευής και συντήρησής τους, σε συνάρτηση της ζητούμενης αντοχής τους και της αντοχής του εδάφους έδρασής τους
 - τύπων τεχνικών έργων (γεφυρών, σιράγγων κλπ) και μεθόδων κατασκευής και συντήρησής τους, σε συνάρτηση με τα ζητούμενα χαρακτηριστικά τους
 - τύπων βοηθητικών εγκαταστάσεων / εξοπλισμού (ηλεκτροφωτισμός, τηλεφωνοδότηση, σήμανση, σηματοδότηση κλπ) και μεθόδων κατασκευής και συντήρησής τους σε συνάρτηση με τα ζητούμενα χαρακτηριστικά τους
 - στοιχείων συνάρτησης της φθοράς των ανωτέρω οδοστρωμάτων, τεχνικών έργων και βοηθητικών εξοπλισμών, συναρτήσει της χρήσης τους (π.χ. του κυκλοφοριακού φόρτου)
- ο Θεωρείται ότι υπάρχει διαθέσιμη ικανότητα γεωμετρικού σχεδιασμού του αυτοκινητοδρόμου (οριζοντιογραφίας, μηκοτομής)
- ο Θεωρείται ότι είναι δυνατός (με τα υφιστάμενα επιστημονικά δεδομένα) ο υπολογισμός ποσοτήτων υλικών, εργασίας, κ.λπ., βάσει των επιλογών φυσικού σχεδιασμού του αυτοκινητοδρόμου.

Όπως είναι φανερό, οι παραπάνω παραδοχές που οδηγούν στην απλούστευση του προβλήματος θα μπορούσε να είναι περισσότερες ή λιγότερες, ανάλογα με το στόχο και το μέγεθος της εργασίας αυτής, τον διαθέσιμο χρόνο, την ικανότητα του αναλυτή κλπ.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διατύπωση του γενικού πλαισίου μιας μεθοδολογίας επίλυσης του προβλήματος και όχι η επίλυσή του κάτω από οποιονδήποτε αριθμό και επίπεδο παραδοχών.

Σενάριο 1^ο: Ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους κύκλου ζωής του αυτοκινητοδρόμου, για τον Κύριο του Έργου

Η περίπτωση αυτή αναφέρεται στην βελτιστοποίηση του αθροίσματος του κόστους κατασκευής και του κόστους συντήρησης του αυτοκινητοδρόμου για τον χρονικό ορίζοντα της ωφέλιμης ζωής του.

Στο άθροισμα αυτό δεν συμπεριλαμβάνονται τα στοιχεία του κόστους των χρηστών της υποδομής, αφού αυτά δεν επιβαρύνουν τον Κ.τ.Ε. Παρόλα αυτά οι χρήστες έχουν μια σημαντική έμμεση συμμετοχή

στη διαμόρφωση του αθροίσματος αυτού, διότι επιβάλλουν ένα περιορισμό στον Κ.τ.Ε. για την διατήρηση της υποδομής σε ένα ελάχιστο αποδεκτό επίπεδο εξυπηρέτησης και ασφάλειας.

Χωρίς τον περιορισμό αυτό της διατήρησης του επιπέδου εξυπηρέτησης και ασφάλειας των χρηστών, είναι φανερό πως ο ΚτΕ ελαχιστοποιεί το κόστος του απλά με το κατασκευάσει τον αυτοκινητόδρομο με το μικρότερο δυνατό κόστος και χωρίς να επιτελέσει στο μέλλον καμιά εργασία συντήρησης. Αν δηλαδή δεν τεθεί ο περιορισμός αυτός, τότε δεν μπορεί κανείς να υποχρεώσει τον ΚτΕ να συντηρήσει την υποδομή και βέβαια στην περίπτωση αυτή το ελάχιστο κόστος για τον ΚτΕ διαμορφώνεται με βάση μόνο την οικονομικότητα της κατασκευής: όσο φθηνότερη γίνει η κατασκευή, τόσο φθηνότερα θα κοστίσει το έργο.

Έχοντας ένα επίπεδο ασφάλειας και εξυπηρέτησής των χρηστών ως υποχρεωτικό περιορισμό (όρο) για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση των εργασιών συντήρησης, το πρόβλημα της ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους κύκλου ζωής του αυτοκινητοδρόμου γίνεται πολύπλοκο, αφού πρέπει πλέον να βελτιστοποιηθεί το άθροισμα του κόστους κατασκευής και του κόστους συντήρησης για τον χρονικό ορίζοντα της ωφέλιμης ζωής της υποδομής.)

Το ζητούμενο δηλαδή είναι:

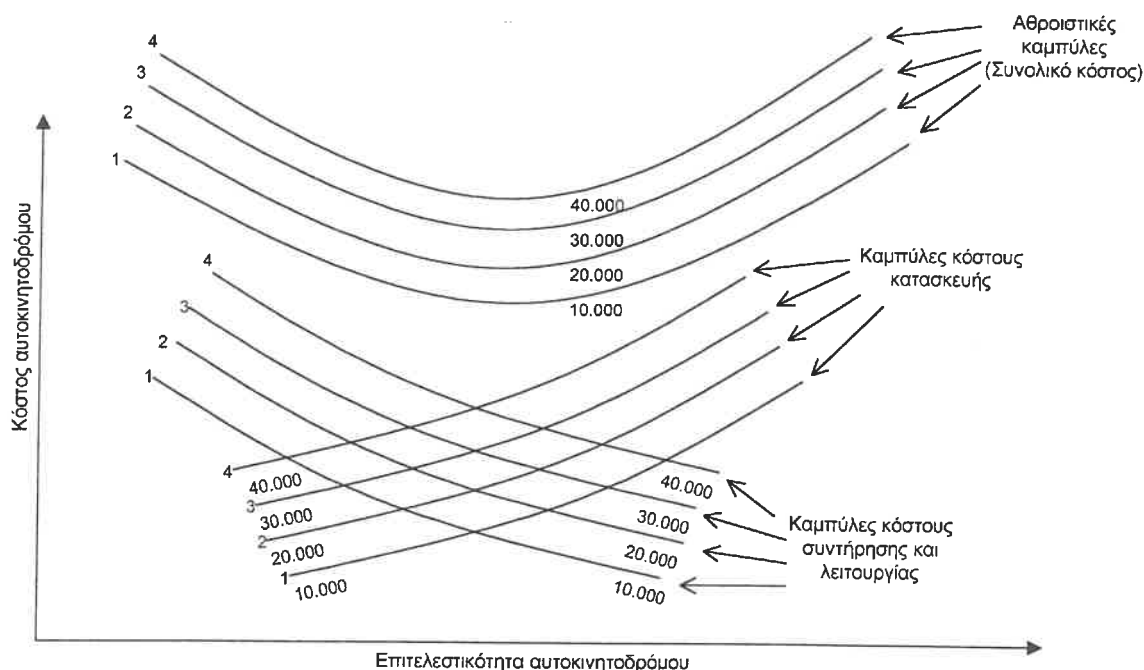
$$\min C_{\text{cc,ολ}} = \min (C_{\text{κατ,ολ}} + C_{\text{συντ,ολ}})$$

όπου $C_{\text{cc,ολ}}$ = το ολικό κόστος κύκλου ζωής του αυτοκινητοδρόμου
 $C_{\text{κατ,ολ}}$ = το κόστος κατασκευής του αυτοκινητοδρόμου και
 $C_{\text{συντ,ολ}}$ = το κόστος συντήρησης του αυτοκινητοδρόμου.

Όπως έχει αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, το στοιχείο κόστους της κατασκευής και της συντήρησης επηρεάζονται από πολλές παραμέτρους. Οι παράμετροι αυτές είναι διαφορετικές για την κατασκευή και διαφορετικές για την συντήρηση εκτός από ένα περιορισμένο αριθμό παραμέτρων που είναι κοινές. Οι κοινές παράμετροι ανήκουν στην κατηγορία των παραμέτρων σχεδιασμού.

Η ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των στοιχείων κόστους της κατασκευής και της συντήρησης οδηγεί στην εξέταση κυρίως των παραμέτρων, οι οποίες έχουν διαφορετική – αντίθετη – επίδραση στα κόστη αυτά. Η ελαχιστοποίηση δηλαδή μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε περιπτώσεις που υπάρχουν παράμετροι με αντίθετη επίδραση πάνω στα υπό ελαχιστοποίηση στοιχεία κόστους, διότι τότε μόνο υπάρχει ελάχιστο στο άθροισμά τους. Η επιρροή των υπολοίπων παραμέτρων έγκειται στη διαμόρφωση της απόλυτης τιμής του ελάχιστου κόστους, καθώς οι παράμετροι αυτές επηρεάζουν την θέση (και την κλίση) των καμπύλων του κόστους κατασκευής και του κόστους συντήρησης. Τα παραπάνω παρουσιάζονται πιο καθαρά στο Σχήμα 3.6.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΖΩΗΣ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**



Σχήμα 3.6 : Κόστος κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου (Επίπεδο Κ.τ.Ε)
συναρτήσει παραμέτρων ανάλογης επιρροής
στα κόστη κατασκευής & συντήρησης λειτουργίας

Η προσπάθεια, συνεπώς, για την ελαχιστοποίηση του αθροίσματος του κόστους κατασκευής και του κόστους συντήρησης ενός αυτοκινητοδρόμου, ουσιαστικά ανάγεται στην βελτιστοποίηση των συναρτήσεων των στοιχείων κόστους με τις παραμέτρους επιρροής τους. Η διαφοροποίηση, δηλαδή, των τιμών των παραμέτρων επιρροής μεταβάλλει την τιμή των στοιχείων κόστους κατά έναν τρόπο, που με μια συνδυασμένη και επαναληπτική διαδικασία δοκιμών μπορεί τελικά να καταλήξει σε ένα βέλτιστο / ελάχιστο άθροισμα.

Το ζητούμενο συνεπώς γίνεται:

$$\begin{aligned} \min Cl_{cc,o\lambda} &= \min C_{κατ,o\lambda} + C_{συντ,o\lambda} = \\ &= \min \{f(\Gamma\Sigma, \Sigma O, \Sigma TE, \Sigma BE) + f(Y\delta\chi\rho\eta\mu K)\} + \\ &+ \{f(\Phi O, \Phi TE, \Phi BE, EE\xi) + f(Y\delta\chi\rho\eta\mu\Sigma, A\Delta\iota a\theta O)\} \end{aligned}$$

όπου :

- $Cl_{cc,o\lambda}$ = το ολικό κόστος κύκλου ζωής του αυτοκινητοδρόμου
- $C_{κατ,o\lambda}$ = το κόστος κατασκευής του αυτοκινητοδρόμου
- $C_{συντ,o\lambda}$ = το κόστος συντήρησης του αυτοκινητοδρόμου
- $\Gamma\Sigma$ = Γεωμετρικός Σχεδιασμός
- ΣO = Σχεδιασμός Οδοστρωμάτων
- ΣTE = Σχεδιασμός Τεχνικών Έργων
- ΣBE = Σχεδιασμός Βοηθητικού Εξοπλισμού

ΥδχρημΚ = Ύψος διαθέσιμης χρηματοδότησης Κατασκευών
ΦΟ = Φθορά οδοστρώματος
ΦΤΕ = Φθορά Τεχνικών Έργων
ΦΒΕ = Φθορά Βοηθητικού Εξοπλισμού
ΕΕΞ = Επίπεδο Εξυπηρέτησης
ΥδχρημΣ = Ύψος διαθέσιμης χρηματοδότησης Συντήρησης
Αδιαθο = Απαίτηση διαθεσιμότητας Οδού

Οι παράμετροι που οδηγούν στην ελάχιστη τιμή της εξίσωσης είναι μόνο οι κοινές παράμετροι που έχουν αντίθετη επιρροή στο κόστος κατασκευής και στο κόστος συντήρησης. Τέτοιες παράμετροι είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος, η σύνθεση της κυκλοφορίας, το κλίμα, κ.ά.

Στην ιδανική περίπτωση που θα μπορούσαμε να απομονώσουμε την επιρροή των παραμέτρων αυτών στα εξεταζόμενα στοιχεία κόστους η εξίσωση θα γινόταν :

$$\begin{aligned} \min C_{lcc,ol} &= \min (C_{κατ,ol} + C_{συντ,ol}) = \\ &= \min \{f(K\Phi, \Sigma K, K\Lambda, \dots) + y(K\Phi, \Sigma K, K\Lambda, \dots)\} \end{aligned}$$

όπου : $K\Phi$ = Κυκλοφοριακός Φόρτος
 ΣK = Σύνθεση Κυκλοφορίας
 $K\Lambda$ = Κλίμα

Στην κατάσταση αυτή πλέον, με μια επαναληπτική διαδικασία δοκιμών μεταβολής των παραμέτρων επιρροής των συναρτήσεων f και y , θα μπορούσε να προσδιοριστεί το βέλτιστο άθροισμα.

Για την επίτευξη της παραπάνω βελτιστοποίησης είναι αναγκαίο να είναι γνωστές οι συναρτήσεις που συσχετίζουν τις παραμέτρους επιρροής με τα στοιχεία κόστους, τόσο για όλες τις παραμέτρους όσο και ειδικά για τις κοινές. Οι συναρτήσεις αυτές προς το παρόν δεν υπάρχουν στο σύνολό τους. Μερικές μόνο είναι ήδη γνωστές (π.χ. σχέση κυκλοφοριακού φόρτου και σύνθεση κυκλοφορίας με αντοχή οδοστρώματος) ενώ οι υπόλοιπες μπορούν να προκύψουν από επεξεργασία ιστορικών στοιχείων κατασκευής και συντήρησης αυτοκινητοδρόμων, που δυστυχώς όμως στην χώρα μας δεν υπάρχουν.

Για την άρση αυτών των δυσκολιών υπάρχουν κάποιες λύσεις που μπορούν να εφαρμοστούν, με καλά αποτελέσματα.

Σχετικά με τις συναρτήσεις που πρέπει να καθοριστούν για να γίνει η μαθηματική απεικόνιση των αλληλοσυσχετισμών των παραμέτρων, η λύση που εφαρμόζεται σε αντίστοιχες περιπτώσεις είναι η προσπάθεια εμπειρικού προσδιορισμού τους μέσω έρευνας. Η έρευνα αυτή μπορεί να βασιστεί σε υπάρχουσες σχέσεις και μέσω μετρήσεων, πειραμάτων και παρατηρήσεων να οδηγηθεί σε κάποια ποσοτικοποίηση των ζητούμενων συσχετισμών. Οι συναρτήσεις που θα προκύψουν χρειάζονται βέβαια συνεχή έλεγχο της καταλληλότητάς τους καθώς και συνεχή αναπροσαρμογή μέχρι να εκφράσουν, με την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, τον ζητούμενο συσχετισμό.

Η έλλειψη σε στοιχεία εισροών επίσης καλύπτεται με διάφορους τρόπους: Καταρχήν γίνεται επεξεργασία των οποιωνδήποτε σχετικών διαθέσιμων στοιχείων που μπορούν να συσχετιστούν με τις ανάγκες εισροής. Μια άλλη προσέγγιση είναι η αναζήτηση τέτοιων στοιχείων από έμπειρους μηχανικούς που έχουν ασχοληθεί με τη διαχείριση μιας υποδομής αυτοκινητοδρόμου και μπορούν να παράσχουν στοιχεία από την προσωπική τους γνώση και εμπειρία. Τέλος, στοιχεία μπορεί να αναζητηθούν και από προμηθευτές υλικών της αγοράς, από στοιχεία διαγωνισμών και προσφορών κλπ.

Σε κάθε περίπτωση, είναι επιτακτική η ανάγκη να προωθηθεί η έναρξη της συστηματικής συλλογής των κατάλληλων στοιχείων (δηλαδή των στοιχείων που απαιτεί η χρήση της μεθοδολογίας) από την διαχείριση των υποδομών, που χρησιμοποιούνται ή κατασκευάζονται στις μέρες μας, ώστε να αρχίσει σταδιακά να δημιουργείται μια βάση δεδομένων με ιστορικά στοιχεία για τη διαχείριση των υποδομών που θα κατασκευαστούν στο μέλλον.

Βασικό στοιχείο της μεθοδολογίας που δεν πρέπει να παραμεληθεί είναι η χρονική διάσταση των στοιχείων κόστους, καθώς και η χρονική διάσταση των παραμέτρων επιρροής τους.

Τα στοιχεία κόστους μπορεί να θεωρηθεί ότι μεταβάλλονται στο χρόνο για τρεις λόγους: εξαιτίας του πληθωρισμού, εξαιτίας της μεταβολής της αξίας του χρήματος και εξαιτίας της μεταβολής των τιμών των παραμέτρων επιρροής τους, τόσο στο χρόνο, όσο και λόγω των μεταξύ τους αλληλοσυσχετισμών.

Η επίδραση του πληθωρισμού λαμβάνεται υπόψη με τον υπολογισμό των στοιχείων κόστους σε κάθε χρονική περίοδο σε αποπληθωρισμένες τιμές και κατ' αυτόν τον τρόπο ο πληθωρισμός δεν παρεμβαίνει στον υπολογισμό του συνολικού κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου. Φυσικά, όπου απαιτηθεί, χρησιμοποιείται η μέθοδος που αναφέρεται στην μεθοδολογία Α.Κ.Κ.Ζ.

Η μεταβολή της αξίας του χρήματος στο χρόνο λαμβάνεται υπόψη με την χρησιμοποίηση ενός επιτοκίου αναγωγής. Με το επιτόκιο αυτό αναγωγής, τα έξοδα που υπολογίζεται ότι θα πραγματοποιηθούν σε μελλοντικούς χρόνους ανάγονται σε χρηματικές αξίες ενός έτους αναφοράς του υπολογισμού, που συνήθως είναι το έτος έναρξης της κατασκευής της υποδομής. Με τον ίδιο τρόπο ανάγονται και τα έξοδα (κόστη) που έγιναν πριν από το έτος αναφοράς. Ένα τέτοιο επιτόκιο αναγωγής είναι στο επιτόκιο αναγωγής σε παρούσες αξίες που έχει παρουσιαστεί στο κεφάλαιο της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής (Α.Κ.Κ.Ζ.).

Η μεταβολή των τιμών των παραμέτρων επιρροής των στοιχείων κόστους αποτελεί τον δυναμικό χαρακτήρα του συστήματος. Όπως αναφέρθηκε και στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, για την αντιμετώπιση και ποσοτικοποίηση συστημάτων που οι μεταβλητές του μεταβάλλονται με το χρόνο ή λόγω αλληλοσυσχετίσεων, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία της Συστημικής Δυναμικής. Ουσιαστικά κάθε παράμετρος που υπεισέρχεται στον καθορισμό των στοιχείων του κόστους του αυτοκινητοδρόμου, εμπεριέχει μέσα του τη διάσταση του χρόνου. Έτσι, οι υπολογισμοί δεν είναι παρά στιγμιότυπα της ζωής του κόστους του

έργου μέσα στο χρόνο. Επιπλέον οι παράμετροι συνδέονται μεταξύ τους και πολλές φορές σχηματίζουν βρόχους ανάδρασης, επηρεάζοντας η μία την τιμή της άλλης. Με το πέρασμα του χρόνου και την μεταβολή των παραμέτρων είναι προφανές ότι μεταβάλλονται και τα στοιχεία κόστους και συνεπώς και το τελικό άθροισμα.

Σενάριο 2^ο : Βελτιστοποίηση του συνολικού κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου για την Εθνική Οικονομία

Στην περίπτωση αυτή η συνάρτηση βελτιστοποίησης εμπεριέχει επιπλέον και τον παράγοντα του κόστους των χρηστών.

Είναι δηλαδή :

$$\min C_{lcc,ολ} = \min (C_{κατ,ολ} + C_{συντ,ολ} + C_{χρηστών})$$

Και στην περίπτωση αυτή σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση του αθροίσματος. Το όλο εγχείρημα όμως παρουσιάζει μια επιπλέον δυσκολία: το κόστος των χρηστών μεταβάλλεται ανάλογα με το αν γίνονται εργασίες συντήρησης στον αυτοκινητόδρομο ή όχι, δηλαδή ανάλογα με την διαθέσιμη κάθε φορά χωρητικότητα της υποδομής, την ποιότητα της επιφάνειας κύλισης του οδοστρώματος κλπ. Αυτές οι σχέσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη με παράλληλη αναφορά στον χρόνο, αφού οι εργασίες συντήρησης λαμβάνουν χώρα σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα και ότι κατά τα διαστήματα.

Στην πράξη, ενώ το άθροισμα των δύο πρώτων όρων μπορεί να βελτιστοποιηθεί, όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο σενάριο, το άθροισμα και των τριών συνιστωσών του συνολικού κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου είναι εξαιρετικά δύσκολο να βελτιστοποιηθεί. Η προσέγγιση που έχουν υιοθετήσει διεθνώς για την παράκαμψη αυτής της δυσκολίας είναι η εξής: βελτιστοποιούν το άθροισμα κόστους κατασκευής και κόστους συντήρησης και στη συνέχεια υπολογίζουν το κόστος των χρηστών για την βέλτιστη λύση που έχει βρεθεί. Σε περίπτωση που τα κόστη των χρηστών προκύψουν δυσανάλογα υψηλά, τότε δοκιμάζονται άλλες λύσεις (από την περιοχή των βελτίστων, όπως έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο 3.4.1) με στόχο να βρεθεί αυτή που οδηγεί στα μικρότερα κόστη χρηστών. Με τον τρόπο αυτό πρακτικά μπορεί να επιτευχθεί το βέλτιστο, δηλαδή το ελάχιστο κόστος κύκλου ζωής για ένα αυτοκινητόδρομο.

Ανεξάρτητα από το σενάριο που εξετάζεται κάθε φορά, η εφαρμογή της μεθοδολογίας που προτείνεται λειτουργεί ως εξής: σε ένα κλειστό σύστημα, δηλαδή σε ένα κλειστό περιβάλλον συμπεριλαμβάνονται όλες οι παράμετροι επιρροής των στοιχείων κόστους ενός αυτοκινητόδρου με τη μορφή ενός μοντέλου. Οι παράμετροι αυτές συνδέονται μεταξύ τους με αιτιακές συσχετίσεις (δηλαδή με συναρτήσεις μεταβολής), οι οποίες οδηγούν από κάποιες πρωτογενείς παραμέτρους που τροφοδοτούνται στο μοντέλο ως εισροές στα τελικά στοιχεία κόστους του αυτοκινητοδρόμου. Το μοντέλο αυτό δηλαδή τροφοδοτείται με κάποιες μεταβλητές και μέσω των εσωτερικών του διαδικασιών (συσχετισμών και

βρόχων αλληλοσυσχετισμού παραμέτρων) βγάζει ως εκροές τις προκύπτουσες τιμές των στοιχείων κόστους του αυτοκινητοδρόμου.

Η τροφοδότηση των στοιχείων εισροών παραπέμπει στις δύο προσεγγίσεις που μπορούν να γίνουν κατά τον υπολογισμό του κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου: ντετερμινιστική και πιθανοτική.

Αν η προσέγγιση είναι ντετερμινιστική, στο μοντέλο τροφοδοτούνται συγκεκριμένες τιμές των μεταβλητών εισροής και το παραγόμενο αποτέλεσμα είναι συγκεκριμένες τιμές των στοιχείων κόστους του αυτοκινητοδρόμου.

Αν η προσέγγιση είναι πιθανοτική, το μοντέλο τροφοδοτείται με συναρτήσεις κατανομής των μεταβλητών εισροής (πιθανοτικές κατανομές). Στη συνέχεια, με μια επαναληπτική διαδικασία μπορεί ο χρήστης του μοντέλου να επιλέξει το επίπεδο εμπιστοσύνης που τον ικανοποιεί και για το επίπεδο αυτό το μοντέλο θα παράσχει τις πιθανότερες τιμές των στοιχείων κόστους του αυτοκινητοδρόμου.

Σε κάθε περίπτωση προσέγγισης, είναι επίσης απαραίτητο να γίνει ανάλυση κινδύνου, για τα στοιχεία που συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο, έτσι ώστε να μπορεί ο μηχανικός να προσδιορίσει τις παραμέτρους που στην πράξη μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα, δηλαδή σημαντική απόκλιση από το προβλεπόμενο κόστος. Για την ανάλυση αυτή, στην ντετερμινιστική προσέγγιση χρησιμοποιείται η τεχνική της ανάλυσης ευαισθησίας, ενώ στην πιθανοτική προσέγγιση χρησιμοποιείται η προσομοίωση Monte Carlo.

Οι τεχνικές αυτές είναι επίσης χρήσιμες και για τον προσδιορισμό της απόκλισης που μπορεί να προκαλέσουν στον υπολογισμό οι μεταβολές κάποιων εκ των υποθέσεων του μοντέλου, όπως είναι η διάρκεια της ωφέλιμης ζωής της υποδομής, το επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία, η απομένουσα αξία της υποδομής κ.λπ.

4. Πρόταση δημιουργίας συστήματος διαχείρισης αυτοκινητοδρόμου με βάση το κόστος κύκλου ζωής του

Στα προηγούμενα κεφάλαια της διπλωματικής εργασίας έγινε μια παρουσίαση των μεθοδολογιών της Διαχείρισης Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων (Asset Management), της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής (Life Cycle Cost Analysis), της Προσέγγισης με τη Θεωρία των Συστημάτων (Systems Approach) και της Δυναμικής των Συστημάτων (Systems Dynamics). Παρουσιάστηκαν επίσης σε κάποιο επίπεδο ανάλυσης οι παράμετροι που επηρεάζουν τα τρία στοιχεία κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου (κατασκευή, συντήρηση / λειτουργία, χρήστες), και διατυπώθηκε το γενικό πλαίσιο μιας μεθοδολογίας συστηματικής επιλογής των παραμέτρων αυτών με σκοπό τον υπολογισμό του συνολικού κόστους κύκλου ζωής του.

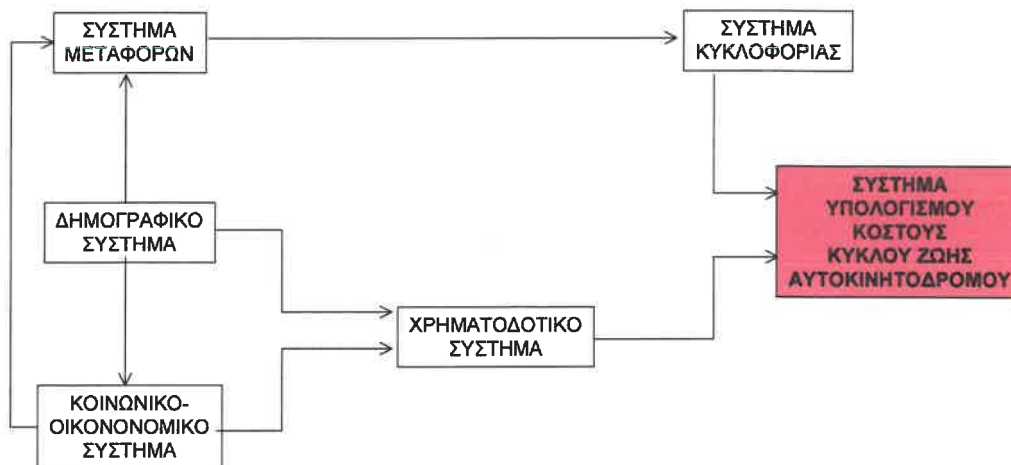
Η μεθοδολογία αυτή οδήγησε στη συνέχεια τον γράφοντα στη διαμόρφωση του πλαισίου λειτουργίας ενός μοντέλου με στοιχεία εισροής κάποιες από τις παραμέτρους επιρροής των στοιχείων κόστους και εκροές τα αναλυτικά στοιχεία κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου, καθ' όλη τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του. Το μοντέλο αυτό θα μπορούσε να υλοποιηθεί στην πράξη σε μελλοντικό χρόνο ως λογισμικό H/Y, η χρήση του οποίου θα διευκόλυνε σε μεγάλο βαθμό τις υπολογιστικές δυσκολίες που παρουσιάζει.

Πολλές από τις παραμέτρους εισροής του μοντέλου θεωρήθηκαν ότι είναι πρωτογενείς, δηλαδή ότι δεν προέρχονται από επεξεργασία άλλων απλούστερων παραμέτρων του μοντέλου. Αυτή η υπόθεση απλοποίησε τη δομή του μοντέλου και περιόρισε το μέγεθός του. Στην πραγματικότητα πολλές από τις «πρωτογενείς» παραμέτρους εισροής του μοντέλου αποτελούν προϊόντα επεξεργασίας κάποιων άλλων στοιχείων από κάποιο άλλο ή άλλα μοντέλα, τα οποία στη συνέχεια τις τροφοδοτούν στο υπό εξέταση μοντέλο που αναπτύχθηκε.

Το προτεινόμενο μοντέλο υπολογισμού του συνολικού κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου θα μπορούσε να αποτελεί τον πυρήνα ενός «ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης ενός αυτοκινητοδρόμου.

Αυτό το «ολοκληρωμένο» σύστημα διαχείρισης ενός αυτοκινητοδρόμου, θα ήταν εξ ορισμού ένα κλειστό σύστημα, από την άποψη ότι θα περιλάμβανε εσωτερικά την πλήρη προσομοίωση των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος του υπό μελέτη αυτοκινητοδρόμου. Θα περιλάμβανε δηλαδή στο εσωτερικό του κάποιους υπολογιστικούς μηχανισμούς (μοντέλα) και κάποιες βάσεις δεδομένων, που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τη λειτουργία των μοντέλων αυτών, με τελικό σκοπό την παραγωγή όλων των αναγκαίων στοιχείων εισροής που χρειάζεται το υπό εξέταση μοντέλο υπολογισμού. Ο εξαιρετικά αισιόδοξος στόχος ενός τέτοιου συστήματος θα ήταν η παροχή στον μελετητή μηχανικό της δυνατότητας να διαχειριστεί πλήρως και με μεγάλη ακρίβεια έναν αυτοκινητοδρόμο από την αρχή ως το τέλος της ωφέλιμης ζωής του.

Η δομή ενός τέτοιου ολοκληρωμένου συστήματος παρουσιάζεται σχηματικά στο παρακάτω σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1. : Σχέσεις μεταξύ των υπο-συστημάτων του ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αυτοκινητοδρόμων

Όπως φαίνεται από το σχήμα, το κεντρικό υπολογιστικό υποσύστημα του ολοκληρωμένου συστήματος με το οποίο θα γίνεται ο υπολογισμός του κόστους κύκλου ζωής θα τροφοδοτείται από άλλα υποσυστήματα. Κάθε ένα από τα άλλα αυτά υποσυστήματα θα αποτελεί με τη σειρά του ένα μικρότερο σε μέγεθος και ταυτόχρονα κλειστό και ολοκληρωμένο σύστημα.

Το κεντρικό υποσύστημα δεν είναι άλλο από το μοντέλο υπολογισμού του συνολικού κόστους κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου, υποστηριζόμενο από κάποιες βάσεις δεδομένων. Βασίζεται στο γενικό πλαίσιο της μεθοδολογίας που προαναφέρθηκε και διαθέτει τη δυνατότητα να μπορεί να παράγει στοιχεία κόστους σε περισσότερα από ένα επίπεδα. Η ακριβής λειτουργία του υποσυστήματος θα εξηγηθεί αμέσως μετά. Γενικά, το υποσύστημα θα περιλαμβάνει εσωτερικές βάσεις δεδομένων, που θα του παρέχουν απαραίτητα γεωτεχνικά, γεωλογικά, κλιματολογικά, υδρολογικά, κοστολογικά και τεχνικά στοιχεία για την ακριβή προσομοίωση του αυτοκινητοδρόμου. Οι εξωτερικές εισροές του θα είναι τα απαραίτητα στοιχεία κυκλοφορίας καθώς και στοιχεία της προβλεπόμενης, για τον συγκεκριμένο κάθε φορά αυτοκινητόδρομο, χρηματοδότησης (Σχήμα 4.2).

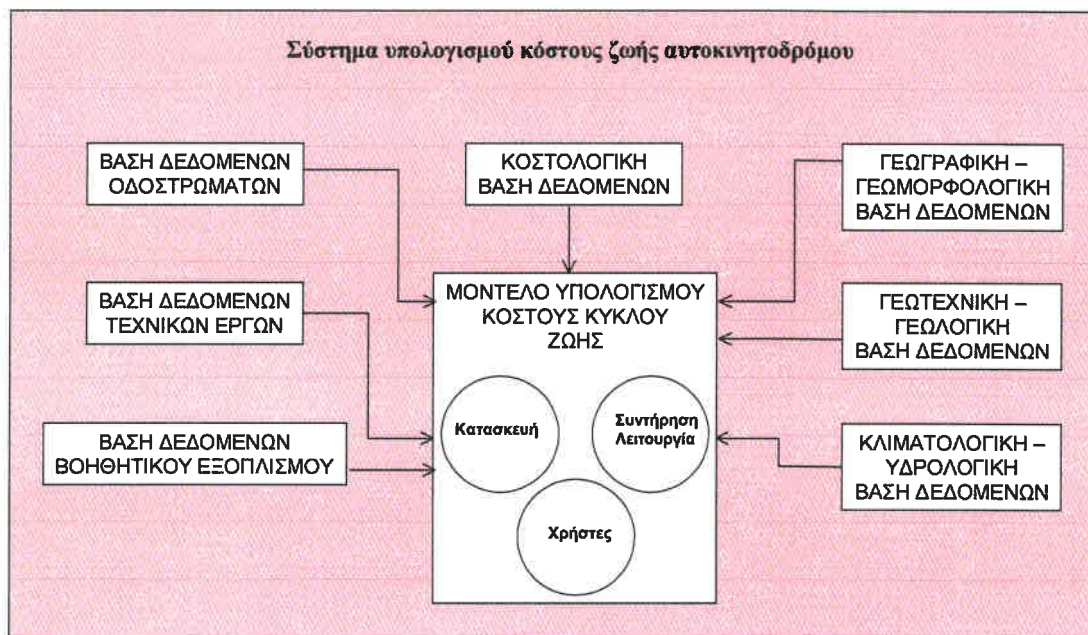


Σχήμα 4.2 : Σύστημα Διαχείρισης Αυτοκινητοδρόμων –
– Σχηματική απεικόνιση εισροών – εκροών

Με τα τροφοδοτούμενα εξωτερικά στοιχεία, τις εσωτερικές βάσεις δεδομένων και τις δυνατότητες επιλογής που θα παρέχονται στον χρήστη, το υποσύστημα θα είναι σε θέση να υπολογίζει τα κόστη διαφορετικών εναλλακτικών λύσεων υλοποίησης και διαχείρισης ενός αυτοκινητοδρόμου. Στη συνέχεια ο χρήστης θα μπορεί να συγκρίνει τις εναλλακτικές αυτές λύσεις και να επιλέγει αυτή με το χαμηλότερο κόστος.

Το Σύστημα

Το προτεινόμενο σύστημα υπολογισμού κόστους κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου έχει την μορφή του σχήματος 4.3.



Σχήμα 4.3 : Εσωτερική δομή συστήματος

Το μοντέλο υπολογισμού του συνολικού κόστους, που περιλαμβάνει το σύστημα, αποτελείται από τρία συστατικά στοιχεία, που υπολογίζουν αντίστοιχα τα κόστη της κατασκευής, της συντήρησης και των χρηστών του αυτοκινητοδρόμου. Τα υπομοντέλα αυτά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, όπως αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και οι παράμετροι που επηρεάζουν τα επιμέρους αυτά στοιχεία του κόστους του αυτοκινητοδρόμου.

Στα σχήματα 3.2, 3.3, 3.4 του κεφαλαίου 3, παρουσιάζεται η εσωτερική συσχέτιση των παραμέτρων που επηρεάζουν κάθε στοιχείο κόστους με τη μορφή αιτιακού διαγράμματος (causal diagram). Η εσωτερική δομή των τριών υπομοντέλων υπολογισμού του συνολικού κόστους θα ακολουθεί την δομή που παρουσιάζουν τα διαγράμματα αυτά. Οι χρωματισμένες με κίτρινο παράμετροι θα αποτελούν τις παραμέτρους εισροής του μοντέλου, οι οποίες θα λαμβάνονται από τις βάσεις δεδομένων και τις εξωτερικές εισροές του συστήματος ως

δεδομένα, ενώ οι διαγραμματισμένες με μπλε παράμετροι θα αποτελούν τις τελικές ποσότητες εκροής (κόστη). Συνολικά, οι πρωτογενείς παράμετροι εισροής του μοντέλου παρουσιάζονται στον πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1. : ΕΙΣΡΟΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
(περιλαμβάνει τις παραμέτρους εισροής των υπομοντέλων της κατασκευής, της συντήρησης και των χρηστών)

- Δείκτης άνεσης
- Δείκτης ασφάλειας (εναλλακτικά αντί των 1 και 2 μπαίνει Επίπεδο Εξυπηρέτησης)
- Ταχύτητα μελέτης
- Μορφολογία εδάφους
- Αντοχή εδάφους έδρασης
- Κατά μήκος κλίση (περιορισμοί)
- Περιβαλλοντικοί περιορισμοί σχεδιασμού
- Κυκλοφοριακός φόρτος
- Σύνθεση κυκλοφορίας
- Κλίμα
- Τύπος οδοστρώματος
- Τύπος Τεχνικού Έργου (Τ.Ε.)
- Τύπος Βοηθητικού Εξοπλισμού (Β.Ε.)
- Ύψος διαθέσιμης χρηματοδότησης κατασκευής
- Ύψος διαθέσιμης χρηματοδότησης συντήρησης
- Απαιτηση διαθεσιμότητας οδού
- Δείκτες Ποιότητας Κατασκευής (X,Y,Z, για οδοστρώματα, Τ.Ε., Β.Ε., αντίστοιχα) για την :
 - ποιότητα και διαθεσιμότητα μέσων κατασκευής
 - ποιότητα μελετών και ερευνών κατασκευής
 - αποτελεσματικότητα διοίκησης κατασκευής
 - ποιότητα επίβλεψης κατασκευής
 - απρόβλεπτοι παράγοντες
- Δείκτες Ποιότητας Συντήρησης (X',Y',Z', για οδοστρώματα, Τ.Ε., Β.Ε., αντίστοιχα) : (ίδιοι με κατασκευή)
- Δείκτες γήρανσης (για οδοστρώματα, Τ.Ε. και Β.Ε.)
- Πολιτικές Κράτους
- Πολιτική διοδίων
- Ασυνόμευση ταχύτητας
- Τύπος οχήματος
- Τιμές μονάδος (υλικών, εργασίας)
- Μέθοδοι κατασκευής : οδοστρωμάτων, Τ.Ε. και Β.Ε.
- Μέθοδοι συντήρησης : οδοστρωμάτων, Τ.Ε. και Β.Ε.
- Μεταβολές Κυκλοφοριακού Φόρτου, Σύνθεση Κυκλοφορίας, και Κλίματος

Το μοντέλο εκτός από τον υπολογισμό του κάθε επιμέρους στοιχείου κόστους, όπως φαίνεται στα αιτιακά διαγράμματα, θα έχει τη δυνατότητα να αθροίζει τα κόστη αυτά, με σκοπό τον υπολογισμό του συνολικού κόστους κύκλου ζωής του αυτοκινητοδρόμου.

Το συνολικό κόστος κύκλου ζωής θα μπορεί να εξετάζεται και με τα δύο εναλλακτικά σενάρια υπολογισμού του, που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα (για τον Κ.Ι.Ε. ή για την Εθνική Οικονομία), ανάλογα με την επιθυμία του χρήστη.

Από τη λειτουργία του μοντέλου αυτού θα παρέχονται στον χρήστη οι δυνατότητες:

- να ελέγχει τις αποκλίσεις των τιμών των στοιχείων κόστους ενός αυτοκινητοδρόμου, ο οποίος βρίσκεται στο στάδιο της υλοποίησής του, από αυτές που αρχικά αναμενόταν,
- να παρακολουθεί και να ελέγχει την εξέλιξη των στοιχείων κόστους αυτοκινητοδρόμων που έχουν ήδη υλοποιηθεί και
- να διενεργεί μια σειρά αναλύσεων του τύπου «τι θα συμβεί αν ..?», κατά τη μελέτη εναλλακτικών λύσεων υλοποίησης και διαχείρισης ενός αυτοκινητοδρόμου, που πρόκειται να κατασκευαστεί, με σκοπό την εύρεση της εναλλακτικής λύσης με το ελάχιστο κόστος κύκλου ζωής.

Ένα εναλλακτικό σύστημα

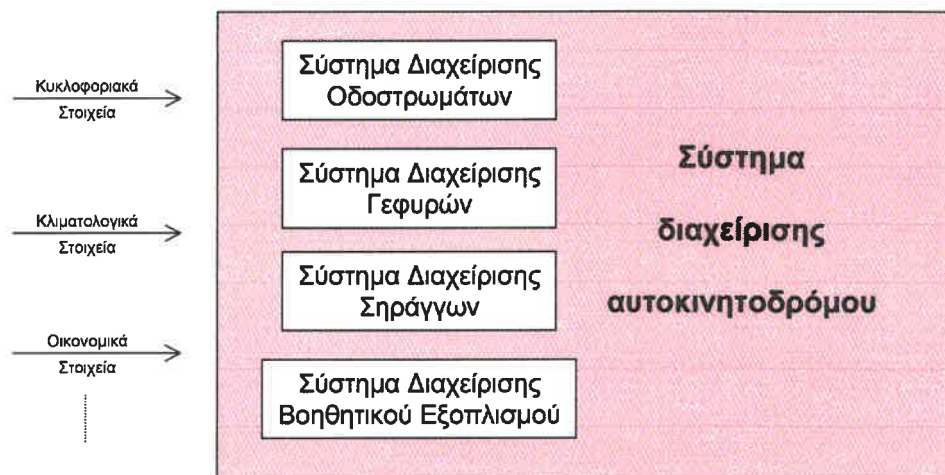
Έως σήμερα δεν έχει δημιουργηθεί ένα ενιαίο σύστημα διαχείρισης αυτοκινητοδρόμων, όπως αυτό που περιγράφηκε παραπάνω. Αντίθετα, η προσπάθεια ολοκληρωμένης διαχείρισής του έχει αρχίσει να γίνεται μέσω της δημιουργίας υποσυστημάτων, που διαχειρίζονται αυτόνομα τα επιμέρους τμήματα της υποδομής του, όπως τα οδοστρώματα, τις γέφυρες και πρόσφατα τις σήραγγες.

Για την απόδοση μεγαλύτερης ρεαλιστικότητας στην προσπάθεια πρακτικής εφαρμογής της θεωρίας των συστημάτων, η οποία υιοθετήθηκε στην διπλωματική αυτή εργασία, για την ανάλυση και τον υπολογισμό του κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου, στα επόμενα γίνεται η παρουσίαση ενός άλλου, εναλλακτικού συστήματος διαχείρισης αυτοκινητοδρόμου, με τη χρήση επιμέρους διαχειριστικών εργαλείων για τμήματα της υποδομής του, τα οποία κυκλοφορούν διεθνώς σε εμπορική ή πιλοτική μορφή.

Ένα τέτοιο σύστημα διαχείρισης αυτοκινητοδρόμων πρέπει να αποτελείται από τέσσερα υποσυστήματα διαχείρισης. Τα τέσσερα υποσυστήματα διαχείρισης είναι: ένα για την διαχείριση οδοστρωμάτων (pavement management), ένα για την διαχείριση γεφυρών (bridge management), ένα για την διαχείριση σηράγγων (tunnel management) και ένα για την διαχείριση του βοηθητικού εξοπλισμού λειτουργίας ενός αυτοκινητοδρόμου. Κάθε ένα από αυτά τα υποσυστήματα έχει συγκεκριμένες ανάγκες σε στοιχεία εισροών (δεδομένα), που καθορίζονται από τον κατασκευαστή καθώς και από τον ακριβή τρόπο λειτουργίας του. Γενικά, τα στοιχεία που χρειάζονται αυτά τα

υποσυστήματα για την προσομοίωση και διαχείριση των συγκεκριμένων επιμέρους στοιχείων της υποδομής ενός αυτοκινητοδρόμου είναι: κυκλοφοριακά, κλιματολογικά, γεωτεχνικά, οικονομικά, κ.α.

Η δομή ενός τέτοιου συστήματος φαίνεται στο Σχήμα 4.4.



Σχήμα 4.4 : Εναλλακτικό Σύστημα Διαχείρισης Αυτοκινητοδρόμου

Από τη στιγμή που τα παραπάνω στοιχεία τροφοδοτηθούν στα επιμέρους συστήματα διαχείρισης, κάθε σύστημα διαχείρισης θα επιτελεί σε συνεργασία με τον μηχανικό που θα το χειρίζεται μια διαδικασία βελτιστοποίησης του κόστους κατασκευής και συντήρησης του αντίστοιχου τμήματος της υποδομής (οδόστρωμα, γέφυρα, σήραγγα, βοηθητικός εξοπλισμός) και παράλληλα μείωσης κατά το δυνατό του κόστους των χρηστών. Όταν θα έχουν καταλήξει σε βελτιστοποίηση τα τέσσερα αυτά διαχειριστικά συστήματα, το συνολικό κόστος της εναλλακτικής λύσης που εξετάζεται θα είναι το βέλτιστο.

Με αντίστοιχες διαδικασίες θα μπορούν πλέον να εξεταστούν και άλλες εναλλακτικές λύσεις τόσο ως προς την αρχική χάραξη, όσο και ως προς το πλήθος των τεχνικών έργων που πρέπει να γίνουν, το είδος τους, τον τύπο και τη διαστασιολόγηση των οδοστρωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν κ.λπ., με σκοπό τελικά την εύρεση της βέλτιστης βελτιστοποιημένης λύσης για την υλοποίηση ενός αυτοκινητοδρόμου.

Η σημαντικότερη διαφορά αυτού του εναλλακτικού συστήματος από το αρχικά προτεινόμενο, είναι ότι τα τέσσερα υποσυστήματα που περιλαμβάνει λειτουργούν ανεξάρτητα μεταξύ τους, πετυχαίνοντας υποβελτιστοποιήσεις στο συνολικό κόστος των επιμέρους στοιχείων της υποδομής, και θεωρώντας ότι κατ' αυτόν τον τρόπο οδηγούν στη συνολική βελτιστοποίηση του συνολικού κόστους ολόκληρου του αυτοκινητοδρόμου. Αυτό, βέβαια, δεν είναι αλήθεια. Η βελτιστοποίηση των επιμέρους στοιχείων ενός συνόλου δεν συνεπάγεται απαραίτητα και τη βελτιστοποίηση του συνόλου, ειδικά όταν το σύνολο αυτό είναι το πολύπλοκο σύστημα ενός αυτοκινητοδρόμου. Γι' αυτό και το αρχικά προταθέν σύστημα υπερέχει, αφού με ενοποιημένο τρόπο διερευνά και

υπολογίζει απευθείας το συνολικό κόστος του αυτοκινητοδρόμου για το σύνολο του χρόνου ωφέλιμης ζωής του. Η διαφορά στην πράξη, βέβαια, είναι ότι το ένα μπορεί να υλοποιηθεί σχεδόν άμεσα, ενώ το δεύτερο απαιτεί πολλή προσπάθεια ακόμα.

Παράπλευρες ωφέλειες

Η χρήση ενός συστήματος διαχείρισης ενός αυτοκινητοδρόμου, όπως τα ανωτέρω, έχει όμως και άλλες ωφέλειες, εκτός από όσες αναφέρθηκαν στα προηγούμενα.

Καταρχήν το σύστημα αυτό θα μπορεί να διενεργεί, για λογαριασμό του εκάστοτε ενδιαφερόμενου, μια κατά το δυνατόν αντικειμενική κοστολόγηση των προβλεπόμενων έργων, είτε αυτά είναι έργα κατασκευής, είτε συντήρησης, επισκευής κ.λπ. Η αντικειμενικότητα αυτή θα προέρχεται από την πραγματική κοστολόγηση της αξίας κάθε εργασίας πέρα από τον ανταγωνισμό της αγοράς. Έτσι, θα μπορεί να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η απαιτούμενη χρηματοδότηση που χρειάζεται ένα έργο για την υλοποίησή του.

Επιπρόσθετα, ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να βοηθήσει τους μελετητές μηχανικούς αλλά και οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο φορέα στην διαχείριση του κινδύνου, που εμπεριέχει ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός αυτοκινητοδρόμου. Μέσα από την αναλυτική παρουσίαση των παραμέτρων επιρροής και την διερεύνησή τους, μπορούν να προσδιοριστούν αυτές που εμπεριέχουν την μεγαλύτερη αβεβαιότητα ή απροσδιοριστία και να αντιμετωπιστούν στην πράξη με την κατάλληλη προσοχή.

Κατά την ίδια λογική το σύστημα αυτό μπορεί να παράσχει χρήσιμη βοήθεια και για τη διαχείριση υπερβάσεων κόστους κατά την κατασκευή, που οφείλονται στην αρνητική επίδραση κάποιου από τους παράγοντες αβεβαιότητας.

Τα τέσσερα διαχειριστικά συστήματα

Η δομή και λειτουργία των τεσσάρων διαχειριστικών υποσυστημάτων του εναλλακτικού συστήματος, δηλαδή των οδοστρωμάτων, των γεφυρών, των σηράγγων και του βοηθητικού εξοπλισμού παρουσιάζεται στα παρακάτω.

- Σύστημα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων⁷

Το σύστημα διαχείρισης οδοστρωμάτων είναι ένα λογισμικό Η/Υ το οποίο περιλαμβάνει διάφορα μοντέλα προσομοίωσης. Τα μοντέλα αυτά προσομοιώνουν τις κυκλοφοριακές συνθήκες επί του οδοστρώματος, προβλέπουν την φθορά που προκαλείται και υπολογίζουν το κόστος των εργασιών κατασκευής ή συντήρησης που χρειάζεται να επιτελεστούν. Το λογισμικό αυτό διαθέτει μοντέλα για πολλούς τύπους οδοστρώματος και έχει επιπλέον τη δυνατότητα να διαχειρίζεται τους διαθέσιμους πόρους

⁷ Η παρουσίαση βασίζεται στα [15, 24]

για εργασίες επί του οδοστρώματος ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη κατανομή τους.

Τα λογισμικά τέτοιου τύπου που κυκλοφορούν στην αγορά διαφέρουν σε ορισμένα χαρακτηριστικά τους αλλά στη βασική λειτουργία τους επιτελούν όλα τον ίδιο σκοπό: την προσομοίωση του εκάστοτε οδοστρώματος και τον υπολογισμό του κόστους των εργασιών που χρειάζεται να επιτελεστούν για να διατηρηθεί αυτό σε μια προεπιλεγμένη λειτουργική κατάσταση. Τα μοντέλα των λογισμικών αυτών περιέχουν πολυάριθμες μεταβλητές και παραμέτρους οι οποίες χρειάζεται να καλιμπραριστούν στα δεδομένα του εκάστοτε οδοστρώματος καθώς και στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος του αυτοκινητοδρόμου, όπως τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά και οι τιμές της αγοράς.

Στο πλαίσιο του γενικού συστήματος διαχείρισης που προτείνεται στο κεφάλαιο αυτό, η λειτουργία ενός συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων έχει ως εξής :

Το δημιουργημένο ή αγορασμένο λογισμικό τροφοδοτείται με τα χαρακτηριστικά του αυτοκινητοδρόμου που περιέχονται στις αντίστοιχες βιβλιοθήκες – βάσεις δεδομένων του συστήματος. Γίνεται δηλαδή μια προσαρμογή του λογισμικού με βάση τα εδαφικά, κλιματικά, υδρολογικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη αυτοκινητόδρομου. Ο χειριστής – μηχανικός στη συνέχεια καλείται να επιλέξει τον τύπο του οδοστρώματος που θα χρησιμοποιηθεί ή χρησιμοποιείται καθώς και μια σειρά άλλων παραμέτρων που καθιστούν την προσομοίωση του συγκεκριμένου οδοστρώματος όσο το δυνατόν ακριβέστερη. Με βάση τις επιλογές του και με χρήση των μοντέλων του λογισμικού μπορεί πλέον να καθορίσει μια στρατηγική κατασκευής και συντήρησης για το οδόστρωμα και να υπολογίσει τα αναμενόμενα κόστη. Ο υπολογισμός αυτός σε συνδυασμό με τον υπολογισμό και του κόστους των χρηστών (κυρίως του λειτουργικού κόστους των οχημάτων) που περιλαμβάνεται στις δυνατότητες του λογισμικού γίνεται με την τροφοδότηση στα αντίστοιχα μοντέλα, των κατάλληλων και τρεχουσών τιμών αγοράς για τα υλικά και την εργασία. Με μια επαναληπτική διαδικασία δοκιμών και διερεύνησης των πιθανών εναλλακτικών λύσεων ο μηχανικός μπορεί να καταλήξει στην βέλτιστη οικονομικά λύση για την αρχική κατασκευή και τις ανάγκες μελλοντικής συντήρησης του οδοστρώματος του αυτοκινητοδρόμου. Η λύση αυτή θα παρουσιάζει θεωρητικά το ελάχιστο άθροισμα του κόστους κατασκευής και συντήρησης και το ελάχιστο δυνατό κόστος για τους χρήστες της υποδομής. Κατά τον υπολογισμό των διαφόρων αυτών στοιχείων κόστους είναι σημαντικό να γίνεται διαχωρισμός του κόστους των χρηστών που προκύπτει κατά την κανονική λειτουργία του αυτοκινητόδρομου (χωρίς εργασίες κατασκευής ή συντήρησης) και του κόστους που προκύπτει κατά τις χρονικές περιόδους που επιτελούνται εργασίες επί του οδοστρώματος.

Ένα τέτοιο σύστημα διαχείρισης οδοστρωμάτων πρέπει να υποστηρίζει τόσο μια ντετερμινιστική όσο και μια πιθανοτική ανάλυση

σεναρίων, έτσι ώστε να μπορεί ο μηχανικός να επιλέξει αν ο ίδιος το θέλει και την πιθανότητα του ρίσκου κατά τους υπολογισμούς του.

- Σύστημα Διαχείρισης Γεφυρών⁸

Τα συστήματα διαχείρισης γεφυρών, όπως και τα συστήματα διαχείρισης σιδηρόδρομων που παρουσιάζονται παρακάτω, βρίσκονται ακόμα σε πιλοτικό στάδιο σε όλο τον κόσμο και απέχουν ακόμα από το να κυκλοφορούν στο εμπόριο με την ποικιλία και την εγκυρότητα των συστημάτων διαχείρισης οδοστρωμάτων. Παρόλα αυτά, επειδή αναγνωρίζεται η σημαντικότητά τους στην διαχείριση ενός αυτοκινητόδρομου, θα γίνει στα παρακάτω μια παρουσίαση των χαρακτηριστικών που περιλαμβάνουν ως τώρα οι διαθέσιμες εκδόσεις αυτών των λογισμικών, καθώς και η «ιδεατή» μορφή που θα πρέπει να έχουν για να ανταποκριθούν στις προσδοκίες και τις απαιτήσεις του συστήματος διαχείρισης αυτοκινητοδρόμων που προτείνεται.

Το σύστημα διαχείρισης γεφυρών έχει ως στόχο τη συγκέντρωση στοιχείων σχετικά με τις γέφυρες ενός αυτοκινητοδρόμου, την πρόβλεψη της αναμενόμενης φθοράς τους και τον καθορισμό μιας στρατηγικής συντήρησης, που θα προσβλέπει στην διατήρησή τους σε μια καθορισμένη λειτουργική κατάσταση. Ένα τέτοιο διαχειριστικό σύστημα πρέπει επίσης να έχει τη δυνατότητα να ασχολείται ξεχωριστά με τους τομείς της κατασκευής και της συντήρησης, καθώς και να μπορεί να βελτιστοποιεί τη μεταξύ τους σχέση. Όπως και στο σύστημα διαχείρισης οδοστρωμάτων ένα τέτοιο λογισμικό πρέπει να μπορεί να κατανέμει τους διαθέσιμους πόρους στα διάφορα έργα που πρέπει να εκτελεστούν και να διενεργεί με την καθοδήγηση του χρήστη – μηχανικού μια ανάλυση των διαφορετικών εναλλακτικών λύσεων υλοποίησης.

Στην ιδεατή του μορφή ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να είναι συμβατό με το σύστημα διαχείρισης οδοστρωμάτων, έτσι ώστε να μπορούν και τα δυο να τροφοδοτούνται από τις ίδιες βάσεις δεδομένων στοιχείων του γενικού διαχειριστικού συστήματος.

- Σύστημα Διαχείρισης Σιδηρόδρομων⁹

Σύστημα διαχείρισης σιδηρόδρομων προς το παρόν δεν υπάρχει σε μορφή γενική. Πολλές υπηρεσίες που διαχειρίζονται σιδηράγγες έχουν προβεί στην δημιουργία κάποιου ειδικού για την περίπτωση τους συστήματος διαχείρισης, αλλά αυτά απέχουν πολύ από το να θεωρηθούν γενικής ισχύος. Σε κάθε περίπτωση οι λειτουργίες που αναμένονται να εκπληρώνονται από ένα τέτοιο σύστημα είναι οι εξής:

- δημιουργία βάσεων δεδομένων με στοιχεία μητρώου μιας σιδηράγγας, ιστορικά στοιχεία κατασκευής, συντήρησης, επισκευών, επιθεωρήσεων και του αντίστοιχου κόστους τους
- επιλογή κατάλληλων τεχνικών συντήρησης και επισκευής

⁸ Η παρουσίαση βασίζεται στο [24]

⁹ Η παρουσίαση βασίζεται στο [11]

- διεξαγωγή ανάλυσης για τον καθορισμό των προτεραιοτήτων στις επισκευές και
- σχεδιασμός των αναφορών της διαχείρισης για μελλοντικούς σκοπούς.

Όπως αναφέρθηκε και στα συστήματα διαχείρισης γεφυρών και οδοστρωμάτων, για την ενσωμάτωση ενός τέτοιου λογισμικού σε ένα ευρύτερο καθολικό σύστημα διαχείρισης ενός αυτοκινητοδρόμου, χρειάζεται να είναι συμβατό με τα άλλα συστήματα διαχείρισης, για να μπορεί να χρησιμοποιεί από κοινού μαζί τους βοηθητικές βάσεις δεδομένων.

- Σύστημα Διαχείρισης Βοηθητικού Εξοπλισμού

Συστήματα διαχείρισης του βοηθητικού εξοπλισμού ενός αυτοκινητοδρόμου δεν υπάρχουν στην αγορά. Έχουν αρχίσει να μελετώνται προς εφαρμογή αλλά προς το παρόν δεν υπάρχουν ούτε σε πιλοτική μορφή.

Ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε να δημιουργηθεί με βάση κάποιο από τα μοντέλα διαχείρισης τεχνικών έργων με την κατάλληλη προσαρμογή του στα χαρακτηριστικά, τις απαιτήσεις και τα δεδομένα του βοηθητικού εξοπλισμού ενός αυτοκινητοδρόμου.

5. Εφαρμογή της μεθοδολογίας του κόστους κύκλου ζωής για τη διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων κατασκευής αυτοκινητοδρόμου

Γενικά

Στα παρακάτω παρουσιάζεται μια απλοποιημένη εφαρμογή της μεθοδολογίας του Κόστους Κύκλου Ζωής αυτοκινητοδρόμου, για το τμήμα της Εγνατίας Οδού "Γρεβενά – Πολύμυλος".

Στόχος της εφαρμογής αυτής είναι να δειχθεί, έστω και με σημαντικές παραδοχές και απλοποιήσεις, η σημασία που έχει η μεθοδολογία του υπολογισμού του κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητόδρομου στη διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων κατασκευής του.

Η εφαρμογή αυτή εξετάζει δύο διαφορετικές υποθετικές περιπτώσεις υλοποίησης της κατασκευής του συγκεκριμένου τμήματος, τη μία φορά με στηθαίο ασφαλείας από σκυρόδεμα (New Jersey) και την άλλη χωρίς. Στην περίπτωση μάλιστα χρησιμοποίησης του New Jersey, εξετάζεται ξεχωριστά η χρησιμοποίηση απλού ή διπλού New Jersey.

Στη συνέχεια υπολογίζεται για κάθε ένα από τα τρία αυτά διαφορετικά σενάρια, το κόστος κύκλου ζωής του τμήματος δύο φορές : τη μία φορά στο επίπεδο των χρηματορροών του Κυρίου του Έργου (άθροισμα κόστους κατασκευής και κόστους συντήρησης) και την άλλη στο επίπεδο της Εθνικής Οικονομίας (άθροισμα κόστους κατασκευής, κόστους συντήρησης και κόστους χρηστών).

Για την εκπόνηση της εφαρμογής συλλέχτηκαν στοιχεία από την Εγνατία Οδό Α.Ε., σχετικά με τα χαρακτηριστικά και το περιβάλλον του συγκεκριμένου τμήματος και έγινε κατάλληλη επεξεργασία τους. Πολύτιμη επίσης υπήρξε η προσφορά δύο διπλωματικών εργασιών του Ε.Μ.Π. για τον υπολογισμό του κόστους των ατυχημάτων των χρηστών.

Το τμήμα της Εγνατίας Οδού Γρεβενά – Κοζάνη – Πολύμυλος (Κωδ. ΕΟΑΕ 4.1.5/6 έως 4.3)

Το τμήμα αυτό της Εγνατίας Οδού εντάσσεται στο ευρύτερο τμήμα του αυτοκινητοδρόμου «Παναγιά – Κουλούρα», συνολικού μήκους 142,9 χλμ.

Το υπό εξέταση τμήμα (Γρεβενά – Κοζάνη – Πολύμυλος) έχει μήκος 73 χλμ. περίπου και διασχίζει την Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας.

Κατασκευάστηκε ως πλήρης αυτοκινητόδρομος με τετράιχνη διατομή, πλάτους 22μ (δύο λωρίδες κυκλοφορίας και ΛΕΑ ανά κατεύθυνση και διαχωρισμό των κλάδων με New Jersey) και με πέντε (5) ανισόπεδους κόμβους (Α/Κ Γρεβενών, Σιάτιστας, Κοζάνης, Καλαμιάς, Πολύμυλου).

Το τμήμα από Α/Κ Γρεβενών έως Α/Κ Πολύμυλου κατασκευάστηκε με οκτώ (8) κύριες εγκατεστημένες εργολαβίες και άλλες πέντε (5) μικρές εργολαβίες ολοκλήρωσης.

Οι δεκατρείς (13) συνολικά εργολαβίες, με τις οποίες κατασκευάστηκαν τα επιμέρους τμήματα, είναι οι ακόλουθες:

1. Παράκαμψη και Α/Κ Γρεβενών
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.1.5/6 – Συμβ.921)
2. Γρεβενά – Κοζάνη – 1^ο υποτιμήμα
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.2.1 – Συμβ.923)
3. Γρεβενά – Κοζάνη – 2^ο υποτιμήμα
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.2.2 – Συμβ.924)
4. Α/Κ Σιάτιστας και Α/Κ Κοζάνης
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.2.2/4 – Συμβ.956)
5. Γρεβενά – Κοζάνη – 3^ο υποτιμήμα
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.2.3 – Συμβ.955)
6. Γρεβενά – Κοζάνη – 4^ο υποτιμήμα
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.2.4 – Συμβ.926)
7. Γαλάνι – Πολύμυλος
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.3.1 – Συμβ.927)
8. Κόμβος Πολυμύλου και υπόλοιπα του τμήματος Γαλάνι - Πολύμυλος
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.3.1/2 – Συμβ.928)

Για την ολοκλήρωση των παραπάνω τμημάτων δημοπρατήθηκαν και υλοποιήθηκαν πέντε (5) μικρές συμπληρωματικές συμβάσεις:

- Γρεβενά – Κοζάνη – 1^ο υποτιμήμα (Ολοκλήρωση εργασιών)
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.2.1 – Συμβ.973)
- Γρεβενά – Κοζάνη – 3^ο υποτιμήμα (Ασφαλτικές εργασίες)
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.2.3 – Συμβ.985)
- Γρεβενά – Κοζάνη – 4^ο υποτιμήμα (Ασφαλτικές εργασίες)
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.2.4 – Συμβ.979)
- Συμπληρωματικές εργασίες από Χ.Θ. 44+100 – Χ.Θ. 51+340 στο 4^ο υποτιμήμα Γρεβενών – Κοζάνης και Α/Κ Καλαμιάς
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.2.4 – Συμβ.982)
- Συμπληρωματικές εργασίες στα τμήματα Γρεβενά – Κοζάνη και Κοζάνη – Πολύμυλος
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.2.2/4, 4.3.1 – Συμβ.986)

Το συνολικό κόστος όλου του τμήματος καθώς και το κόστος κάθε εργολαβίας, παρατίθενται στον Πίνακα 5.1. Λεπτομερέστερα στοιχεία κόστους αλλά και τεχνικών χαρακτηριστικών κατασκευής για κάθε εργολαβία παρατίθενται στο Παράρτημα Β.

Πίνακας 5.1 : Κόστος ανά εργολαβία του τμήματος της Εγνατίας Οδού
“Τρεβενά – Πολύμυλος”

ΤΜΗΜΑ ΓΡΕΒΕΝΑ - ΚΟΖΑΝΗ - ΠΟΛΥΜΥΛΟΣ (κωδ. ΕΟΑΕ 4.1.5/6 - 4.3.1/2)			
A/A	Κωδικός ΕΟΑΕ	Αριθμός Σύμβασης ΕΟΑΕ	Ολικό Κόστος (σε εκατ. Ευρώ)
1	4.1.5/6	921	53.22
2	4.2.1	923	11.59
3	4.2.1	973	5.07
4	4.2.2	924	61.27
5	4.2.2/4	956	16.97
6	4.2.2/4 & 4.3.1	986	4.62
7	4.2.3	955	17.55
8	4.2.3	985	4.76
9	4.2.4	926	23.84
10	4.2.4	979	4.57
11	4.2.4	982	4.55
12	4.3.1	927	11.28
13	4.3.1/2	928	22.57
ΣΥΝΟΛΟ :			241.86

Τα στοιχεία κόστους κατασκευής είναι απολογιστικά και προέρχονται από την κοστολόγηση των πραγματικών εργασιών, μελετών, απαλλοτριώσεων κλπ κατασκευής, κάθε επιμέρους τμήματος.

Στοιχεία κόστους συντήρησης καθώς και κόστους των χρηστών δεν υπάρχουν, ειδικά για το συγκεκριμένο τμήμα.

Το υπό εξέταση τμήμα είναι σχετικά καινούργιο, οπότε στοιχεία περιοδικής συντήρησης (συντήρησης ανανέωσης χρόνου ζωής) προφανώς δεν υπάρχουν. Στοιχεία τακτικής συντήρησης υπάρχουν, αλλά στάθηκε δύσκολη η συγκέντρωσή τους στο χρονικό διάστημα που απαιτούσε η σύνταξη της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Ενδεικτικά πάντως αναφέρεται ότι η τακτική συντήρηση για το υπόψη τμήμα χωρίζεται σε δύο περιόδους: την θερινή και την χειμερινή.

Η τακτική συντήρηση της θερινής περιόδου (Απρίλιος – Νοέμβριος) περιλαμβάνει την καθημερινή τεχνική αστυνόμευση του τμήματος, εργασίες καθαριότητας αλλά και άλλες εργασίες συντήρησης. Κοστολογείται για μια αντιπροσωπευτική σεζόν περίπου στις 145.000 – 175.000 €. [Παράρτημα Α.3]

Η τακτική συντήρηση της χειμερινής περιόδου (Δεκέμβριος – Μάρτιος) περιλαμβάνει τις ίδιες ακριβώς εργασίες αλλά με μεγαλύτερη συχνότητα και με σημαντικά μεγαλύτερες δυσκολίες, εξαιτίας των έντονων χιονοπτώσεων που συνήθως συμβαίνουν την περίοδο αυτή. Κοστολογείται για μια αντιπροσωπευτική σεζόν περίπου στις 290.000 – 440.000 €. [Παράρτημα Α.3]

Για τον υπολογισμό του κόστους συντήρησης μπορούν να αντληθούν στοιχεία από σχετικό τμήμα της Τελικής Έκθεσης της Οικονομοτεχνικής Μελέτης Σκοπιμότητας Κατασκευής του τμήματος «Παναγιά – Κουλούρα», η οποία εκπονήθηκε για λογαριασμό της ΕΟΑΕ από την εταιρεία Trademco Ε.Π.Ε. τον Απρίλιο του 2000, το οποίο παρατίθεται στο Παράρτημα Β.3.

Επίσης δεν υπάρχουν στοιχεία ειδικά για το συγκεκριμένο τμήμα σε ό,τι αφορά το κόστος των χρηστών, δηλαδή το άθροισμα του λειτουργικού κόστους των οχημάτων, του κόστους χρόνου και του κόστους ατυχημάτων.

Υποθέσεις – Παραδοχές

Για την σύνταξη και τους υπολογισμούς της παρούσας εφαρμογής έγιναν κάποιες υποθέσεις και παραδοχές:

- ο Καταρχήν, εξαιτίας της συγκριτικής φύσης της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής (ΑΚΚΖ), που επιχειρήθηκε για τα τρία υποθετικά σενάρια κατασκευής του συγκεκριμένου τμήματος (με απλό, με διπλό και χωρίς καθόλου New Jersey), δεν υπολογίστηκαν τα συνολικά κόστη κατασκευής και συντήρησης των εναλλακτικών λύσεων, αλλά μόνο τα στοιχεία κόστους που προκύπτουν από τις μεταξύ τους διαφοροποιήσεις.

Για τον υπολογισμό αυτό θεωρήθηκαν (με βάση τιμές αγοράς):

- Κόστος κατασκευής απλού New Jersey: 29,35 €/μ
- Κόστος κατασκευής διπλού New Jersey: 35,22 €/μ
- Κόστος συντήρησης απλού New Jersey: 10% του κόστους κατασκευής του ή 2,94 €/μ/έτος
- Κόστος συντήρησης διπλού New Jersey: 12% του κόστους κατασκευής του ή 4,23 €/μ/έτος

- ο Η διαφοροποίηση στον τύπο του New Jersey δεν θεωρήθηκε ότι μεταβάλλει το συνολικό εύρος κατάληψης του αυτοκινητοδρόμου και συνεπώς δεν επηρέασε το κόστος των απαλλοτριώσεων κάθε εναλλακτικής λύσης.

- ο Ο χρόνος ζωής του έργου, για τον οποίο έγινε η σύγκριση, θεωρήθηκε 40 έτη, όσο δηλαδή η οικονομική ζωή των έργων οδοστρώσας.
- ο Όσον αφορά στον υπολογισμό του κόστους των χρηστών θεωρήθηκαν τα εξής :
 - Για το λειτουργικό κόστος των οχημάτων χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από πίνακες της Οικονομοτεχνικής Μελέτης Σκοπιμότητας του τμήματος, οι οποίοι συνδέουν το λειτουργικό κόστος κάθε τύπου οχήματος με την μέση ταχύτητα κίνησής του. Αναλυτικά στοιχεία για τους πίνακες αυτούς παρατίθενται στο Παράρτημα Β.3.
 - Για το κόστος χρόνου χρησιμοποιήθηκαν επίσης στοιχεία από την ανωτέρω Οικονομοτεχνική Μελέτη Σκοπιμότητας. Η αξία του χρόνου για ΙΧ επιβατικό αυτοκίνητο σε επικαιροποιημένες τιμές του 1999 θεωρήθηκε ίση με 7,23 €/ω/όχημα.
 - Για το κόστος ατυχημάτων χρησιμοποιήθηκαν δείκτες επικινδυνότητας από αντίστοιχο τμήμα του αυτοκινητοδρόμου ΠΑΘΕ (Αθήνα – Λαμία), με την υπόθεση ότι η μεταφορά των δεικτών αυτών δεν εμπεριέχει μεγάλο επιστημονικό σφάλμα, για τους σκοπούς τουλάχιστον της παρούσας εφαρμογής.
 - Ως προς τον τύπο των ατυχημάτων που εξετάστηκαν και κοστολογήθηκαν στην εφαρμογή αυτή, θεωρήθηκε ότι διακρίνονται αποκλειστικά σε:
 - ατυχήματα με νεκρούς και υλικές ζημιές με κόστος 1.634.827,1 €/ατυχ. και
 - ατυχήματα με ελαφρά τραυματίες και υλικές ζημιές με κόστος 35.023,4 €/ατυχ.
 - Όλα τα παραπάνω στοιχεία κοστολόγησης ατυχημάτων και οι δείκτες επικινδυνότητας αντλήθηκαν από τις διπλωματικές εργασίες του Ε.Μ.Π. : «Αξιολόγηση της επιρροής της κατασκευής αυτοκινητοδρόμων στην οδική ασφάλεια με μεθόδους “πριν” και “μετά”», Ευαγγελίου Π.(επίβλεψη Γιαννής Γ.), και «Ανάπτυξη προτύπου για τον υπολογισμό των οικονομικών ωφελειών από τη μείωση του αριθμού των οδικών ατυχημάτων», Λιακόπουλου Δ. (επίβλεψη Γιαννής Γ.), αντίστοιχα.
Οι πίνακες στους οποίους περιλαμβάνονται τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν παρατίθενται στο Παράρτημα Β.4.
 - Για τον υπολογισμό των στοιχείων κόστους των χρηστών χρησιμοποιήθηκαν ως βάση οι κυκλοφοριακοί φόρτοι πρόβλεψης του έτους 2001 (3934 οχ/ημέρα) και θεωρήθηκε μέσος ρυθμός

αύξησης της κυκλοφορίας για το εν λόγω τμήμα 2,3% ετησίως (από στάθμιση των επιμέρους ρυθμών αύξησης επιμέρους τμημάτων σε συνάρτηση με το μήκος των τμημάτων αυτών). Ο σχετικός πίνακας υπολογισμού του κυκλοφοριακού φόρτου κάθε έτους για τα 40 έτη μελέτης παρατίθεται στο Παράρτημα Β.5.

- Οι ταχύτητες κίνησης των οχημάτων για κάθε σενάριο κατασκευής, διαφοροποιήθηκαν, με τη σκέψη ότι η ύπαρξη ή όχι, καθώς και ο τύπος του New Jersey, δημιουργούν διαφορετικές συνθήκες χρήσης (οδήγησης) και επιδρούν διαφορετικά στην ψυχολογία του χρήστη διαμορφώνοντας τη μέση ταχύτητα κίνησής του στον αυτοκινητόδρομο.

Με βάση τα παραπάνω θεωρήθηκαν:

- Μέση ταχύτητα κίνησης με απλό New Jersey : 88 χλμ/ω
- Μέση ταχύτητα κίνησης με διπλό New Jersey : 96 χλμ/ω
- Μέση ταχύτητα κίνησης χωρίς New Jersey : 72 χλμ/ω

- Από τις τιμές των παραπάνω ταχυτήτων και τις τιμές του Ιδιωτικού Κόστους Λειτουργίας Οχημάτων της Οικονομοτεχνικής Μελέτης (Παράρτημα Β.3, Πίνακας 5.7) προέκυψαν οι υπολογισμοί για το λειτουργικό κόστος των οχημάτων για το συγκεκριμένο τμήμα της Εγνατίας Οδού.

Με βάση τις παραπάνω ταχύτητες, το λειτουργικό κόστος για επιβατικά ΙΧ οχήματα σε σταθερές τιμές 1999 θεωρήθηκε ως εξής:

- για μέση ταχύτητα 72χλμ/ω : 0,22 €/χλμ.
- για μέση ταχύτητα 88χλμ/ω : 0,20 €/χλμ.
- για μέση ταχύτητα 96χλμ/ω : 0,21 €/χλμ.

Το κόστος αυτό του κάθε σεναρίου, θεωρήθηκε σταθερό για όλη την περίοδο ανάλυσης των 40 ετών.

Η χρησιμοποίηση των παραπάνω τιμών και υποθέσεων / παραδοχών οδήγησε στους παρακάτω υπολογισμούς του Κόστους Κύκλου Ζωής των τριών υποθετικών εναλλακτικών σεναρίων.

Υπολογισμοί

Οι υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του κόστους κύκλου ζωής του τμήματος Γρεβενά – Κοζάνη – Πολύμυλος για τα τρία υποθετικά σενάρια κατασκευής του, παρατίθενται στον Πίνακα 5.2.

Για κάθε υποθετικό σενάριο κατασκευής υπολογίστηκαν :

- Το κόστος κατασκευής του New Jersey
- Το κόστος συντήρησης του New Jersey για περίοδο 40 ετών
- Το λειτουργικό κόστος των οχημάτων για περίοδο 40 ετών

- Το κόστος χρόνου για περίοδο 40 ετών
- Το κόστος ατυχημάτων για περίοδο 40 ετών

Στον πίνακα παρατίθενται επίσης δύο συνολικά αθροίσματα του κόστους κύκλου ζωής κάθε σεναρίου. Το πρώτο αναφέρεται στο οικονομικό επίπεδο του Κυρίου του Έργου (Κ.τ.Ε.), ενώ το δεύτερο στο οικονομικό επίπεδο της Εθνικής Οικονομίας (Εθν. Οικ.) ή αλλιώς στο επίπεδο του συστήματος του αυτοκινητοδρόμου.

Πίνακας 5.2 : Συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμού κόστους κύκλου ζωής εναλλακτικών λύσεων αυτοκινητοδρόμου

<u>Είδος Κατασκευής</u>	<u>Με απλό New Jersey</u>	<u>Με διπλό New Jersey</u>	<u>Χωρίς New Jersey</u>
<u>Κόστος Κατασκευής</u> (Διαφορά από σύνολο)	$73000\mu \times 29,35 \text{ €/}\mu =$ <u>$2.142.550 \text{ €}$</u>	$73000\mu \times 35,22 \text{ €/}\mu =$ <u>$2.571.060 \text{ €}$</u>	0 €
<u>Κόστος Συντήρησης</u> (Διαφορά από σύνολο)	$10\% \times 29,35 \text{ €/}\mu = 2,94 \text{ €/}\mu$ $73000\mu \times 2,94 \text{ €/}\mu \times 40 \text{ έτη} =$ <u>$8.584.800 \text{ €}$</u>	$12\% \times 35,22 \text{ €/}\mu = 4,23 \text{ €/}\mu$ $73000\mu \times 4,23 \text{ €/}\mu \times 40 \text{ έτη} =$ <u>$12.351.600 \text{ €}$</u>	0 €
<u>Συνολικό Κόστος</u> (Επίπεδο ΚΤΕ)	<u>$10.727.350 \text{ €}$</u>	<u>$14.922.660 \text{ €}$</u>	<u>0 €</u>
<u>Λειτουργικό Κόστος</u> <u>Οχημάτων (ΙΧ)</u>	$0,20\text{€/}\chi\lambda\mu \times 73 \chi\lambda\mu \times \text{Κ.Φ.}(2001-2040)=$ $= 0,20 \text{ €/}\chi\lambda\mu \times 73 \chi\lambda\mu \times 253.705 \text{ οχ/}\eta\mu$ $\times 365 \eta\mu =$ <u>$1.351.993.945 \text{ €}$</u>	$0,21\text{€/}\chi\lambda\mu \times 73 \chi\lambda\mu \times \text{Κ.Φ.}(2001-2040)=$ $= 0,21 \text{ €/}\chi\lambda\mu \times 73 \chi\lambda\mu \times 253.705 \text{ οχ/}\eta\mu$ $\times 365 \eta\mu =$ <u>$1.419.593.642 \text{ €}$</u>	$0,22\text{€/}\chi\lambda\mu \times 73 \chi\lambda\mu \times \text{Κ.Φ.}(2001-2040)=$ $= 0,22 \text{ €/}\chi\lambda\mu \times 73 \chi\lambda\mu \times 253.705 \text{ οχ/}\eta\mu$ $\times 365 \eta\mu =$ <u>$1.487.193.340 \text{ €}$</u>
<u>Κόστος Χρόνου Χρηστών</u> (για ΙΧ)	Χρόνος διαδρομής : 0,83 ώρες $0,83\omega \times 7,23\text{€/}\omega\sigma\chi \times 253.705\text{οχ/}\eta\mu \times$ $365\eta\mu =$ <u>$555.697.292,1 \text{ €}$</u>	Χρόνος διαδρομής : 0,76 ώρες $0,76\omega \times 7,23\text{€/}\omega\sigma\chi \times 253.705\text{οχ/}\eta\mu \times$ $365\eta\mu =$ <u>$508.831.255,4 \text{ €}$</u>	Χρόνος διαδρομής : 1,01 ώρες $1,01\omega \times 7,23\text{€/}\omega\sigma\chi \times 253.705\text{οχ/}\eta\mu \times$ $365\eta\mu =$ <u>$676.209.957,8 \text{ €}$</u>
<u>Κόστος Ατυχημάτων</u> <u>Χρηστών (για ΙΧ)</u>	$0,053\text{ατυχ/}\epsilon\kappa.\text{οχ-}\chi\lambda\mu \times 253.705\text{οχ/}\eta\mu \times 365\eta\mu = 0,053 \times 6.760\epsilon\kappa.\text{οχ-}\chi\lambda\mu =$ $= 358 \text{ ατυχ}$ (= 82 με νεκρούς και 276 με ελαφρά τραυματισμένους) $82\text{ατυχ} \times 1.634.827,1 \text{ €/ατυχ} + 276\text{ατυχ} \times 35.023,4 \text{ €/ατυχ} =$ <u>$143.722.280,6 \text{ €}$</u>		$0,132 \times 253.705 \times 365 \times 73 =$ $= 0,132 \times 6.760 = 892 \text{ ατυχ}$ (= 232 με νεκρούς και 660 με ελαφρά τραυματισμένους) $232 \times 1.634.827,1 + 660 \times 35.023,4 =$ <u>$402.395.331,2 \text{ €}$</u>
<u>Συνολικό Κόστος</u> <u>Συστήματος</u> (Επίπεδο Εθν. Οικ)	<u>$2.061.140.868 \text{ €}$</u>	<u>$2.087.069.838 \text{ €}$</u>	<u>$2.565.798.629 \text{ €}$</u>

Αποτελέσματα Εφαρμογής

Από τους παραπάνω υπολογισμούς της εφαρμογής προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- ❖ Η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου με κριτήριο την ελαχιστοποίηση του αρχικού κόστους κατασκευής θα οδηγούσε στην κατασκευή του αυτοκινητοδρόμου χωρίς καθόλου New Jersey, δηλαδή χωρίς φυσικό διαχωρισμό των δύο αντίθετων ρευμάτων κυκλοφορίας, παρά μόνο με διπλή διαχωριστική γραμμή. Στην περίπτωση αυτή η επιβάρυνση του συνολικού κόστους κατασκευής του τμήματος (241,86 εκ.€ - Πίνακας 5.1) είναι μηδενική.
- ❖ Η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου με κριτήριο το ελάχιστο συνολικό κόστος κατασκευής και συντήρησης για τον Κύριο του Έργου θα οδηγούσε και πάλι στην κατασκευή του αυτοκινητοδρόμου χωρίς καθόλου New Jersey. Στην περίπτωση αυτή η επιπλέον επιβάρυνση των στοιχείων κόστους κατασκευής και συντήρησης για τον Κ.τ.Ε. είναι επίσης μηδενική.
- ❖ Η «ελαχιστοποίηση» του συνολικού κόστους που επιτυγχάνεται με τους δύο παραπάνω τρόπους προσέγγισής του, είναι βεβαίως πλασματική. Στους παραπάνω συλλογισμούς ο αυτοκινητόδρομος αντιμετωπίζεται με τρόπο μη ολοκληρωμένο αφού στο συνολικό κόστος του κύκλου ζωής του δεν συμπεριλαμβάνεται το κόστος των χρηστών του. Οι παραπάνω προσεγγίσεις, δηλαδή, και κυρίως η δεύτερη (διότι η πρώτη είναι εντελώς μυωπική στον τρόπο αντιμετώπισης του ελάχιστου κόστους κύκλου ζωής της υποδομής) θα μπορούσαν να αφορούν σε έναν φορέα παραγωγής αυτοκινητοδρόμων, χωρίς καμμία ευθύνη για τις επιπτώσεις της υποδομής στους χρήστες. Με την εισαγωγή του στοιχείου του κόστους των χρηστών στο τελικό άθροισμα, το συνολικό κόστος που υπολογίζεται αναφέρεται πλέον στο συνολικό σύστημα του αυτοκινητοδρόμου και αφορά στο επίπεδο της Εθνικής Οικονομίας. Οι επιπτώσεις του αυτοκινητοδρόμου στους χρήστες, δηλαδή στους πολίτες, είναι στοιχείο μείζονος σημασίας για ένα Κράτος, όσο και αν στην Ελλάδα δεν λαμβάνεται υπόψη. Με βάση λοιπόν το συνολικό κόστος κύκλου ζωής (κατασκευής + συντήρησης + χρηστών), τα αποτελέσματα της σύγκρισης είναι τα εξής :
- Ως βέλτιστη οικονομικά λύση προκύπτει η λύση κατασκευής του αυτοκινητοδρόμου με απλό New Jersey. Στη λύση αυτή τόσο η επιβάρυνση του Κ.τ.Ε. από πλευράς κόστους κατασκευής και συντήρησης, όσο και η επιβάρυνση της Εθνικής Οικονομίας από το κόστος των χρηστών, είναι οι ελάχιστες δυνατές.

- Ως δεύτερη καλύτερη λύση, με συγκριτικά μικρή τελική διαφορά από την πρώτη, προκύπτει η λύση της κατασκευής του αυτοκινητοδρόμου με διπλό New Jersey. Στη λύση αυτή υπάρχει μεγαλύτερη επιβάρυνση τόσο για το κόστος της υποδομής που βαρύνει τον Κ.τ.Ε., όσο και για το κόστος των χρηστών που βαρύνει την Εθνική Οικονομία.
- Ως χειρότερη λύση από τις τρεις προκύπτει η λύση κατασκευής του αυτοκινητοδρόμου χωρίς καθόλου New Jersey, δηλαδή η λύση με το μικρότερο κόστος κατασκευής και συντήρησης. Η μηδενική επιβάρυνση του Κ.τ.Ε. από την μη κατασκευή του New Jersey, αντισταθμίζεται και υπερκαλύπτεται από την υπερβολική αύξηση του κόστους των χρηστών. Η αύξηση αυτή είναι μάλιστα τόσο μεγάλη, ώστε τελικά το κόστος των χρηστών να υπερκαλύπτει το συνολικό άθροισμα των στοιχείων κόστους κατασκευής, συντήρησης και χρηστών, των άλλων δύο λύσεων.
- ❖ Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η εξέταση του συνολικού κόστους κύκλου ζωής ενός αυτοκινητοδρόμου, δηλαδή θεωρώντας τον αυτοκινητόδρομο ως ένα «κλειστό» σύστημα στο οποίο αλληλεπιδρούν μεταξύ τους η υποδομή και οι χρήστες, παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των χρηματοροών που συνεπάγεται η υλοποίησή του. Με την προσέγγιση αυτή είναι δυνατόν να λαμβάνονται υπόψη όλα τα κόστη που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του αυτοκινητοδρόμου και να επιτυγχάνεται μια πιο αντικειμενική και ολοκληρωμένη σύγκριση εναλλακτικών λύσεων υλοποίησής του.
- ❖ Όσον αφορά στη σύγκριση της τάξης μεγέθους των τιμών που προέκυψαν από την εφαρμογή για διάφορα στοιχεία κόστους του συγκεκριμένου τμήματος, τα συμπεράσματα είναι τα εξής:
 - το συνολικό κόστος κατασκευής του τμήματος στο πιο ακριβό σενάριό του (με διπλό New Jersey) αποτελεί περίπου το 12% του δημιουργούμενου κόστους των χρηστών για την περίοδο μελέτης των 40 ετών.
 - το κόστος των χρηστών, που προκύπτει για τον αυτοκινητόδρομο με απλό New Jersey είναι κατά περίπου 1,5% μικρότερο από το κόστος που προκύπτει με διπλό New Jersey.
 - το κόστος των χρηστών, που προκύπτει για τον αυτοκινητόδρομο χωρίς New Jersey, είναι μεγαλύτερο κατά περίπου 20% από το κόστος της λύσης με απλό New Jersey και κατά περίπου 18,5% από τη λύση με διπλό New Jersey.

- Το μεγαλύτερο τμήμα του κόστους των χρηστών για κάθε λύση καταλαμβάνει το λειτουργικό κόστος των οχημάτων. Στη συνέχεια ακολουθεί το κόστος χρόνου και τέλος το κόστος των ατυχημάτων.
- Η διαφορά του κόστους των ατυχημάτων μεταξύ των λύσεων με New Jersey (απλό ή διπλό) και χωρίς New Jersey είναι 36%.

Τέλος, σημειώνεται ότι συγκριτικά στοιχεία για τα κόστη συντήρησης τόσο του συνόλου της υποδομής του τμήματος όσο και ειδικότερα των New Jerseys, σε σχέση με τα υπόλοιπα στοιχεία κόστους, δεν εξάχθηκαν, εξαιτίας της έλλειψης πραγματικών στοιχείων συντήρησης και για να αποφευχθεί μια εντελώς υποθετική εκτίμηση των τιμών τους.

6. Συμπεράσματα

6.1. Αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία κατέληξε στα παρακάτω αποτελέσματα – συμπεράσματα:

- ❖ Η Μεθοδολογία της Διαχείρισης Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων (Asset Management) είναι μια ολοκληρωμένη και συστηματική προσέγγιση της διαχείρισης των υποδομών αυτών, η οποία μπορεί να διασφαλίσει την βέλτιστη δράση των αρμόδιων φορέων διαχείρισής τους και την ανάληψη ευθύνης έναντι των πολιτών.
- ❖ Η μεθοδολογία της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο της προσέγγισης της Διαχείρισης Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων, για τη σύγκριση εναλλακτικών λύσεων υλοποίησης μιας υποδομής, οι οποίες προσφέρουν τα ίδια αποτελέσματα (τις ίδιες ωφέλειες) προς τους χρήστες της.
- ❖ Η ανάλυση των παραμέτρων, που επιδρούν στη διαμόρφωση του κόστους κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου, κατέδειξε ότι:
 - είναι πάρα πολλές και αλληλοσυσχετιζόμενες
 - οι σχέσεις τους διαμορφώνουν πολλές φορές βρόχους ανάδρασης, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να μαθηματικοποιηθεί εύκολα η επιρροή τους στα στοιχεία κόστους
 - μεταβάλλονται στον χρόνο κατά τρόπο, που δεν μπορεί να προσομοιωθεί εύκολα
 - το εύρος των τιμών, που μπορούν να πάρουν, πολλές φορές δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί εύκολα και χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητα.
- ❖ Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, το κόστος κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί με ένα ενιαίο μοντέλο υπολογισμού, που να το συναρτά από τις ανωτέρω παραμέτρους. Για το λόγο αυτό δεν έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα τέτοιες ολοκληρωμένες προσεγγίσεις. Αντίθετα, έχουν αναπτυχθεί επιμέρους μεθοδολογίες και υπολογιστικά εργαλεία για την διαχείριση στοιχείων του αυτοκινητοδρόμου, όπως τα οδοστρώματα, οι γέφυρες και πρόσφατα οι σήραγγες.
- ❖ Η θεώρηση μιας υποδομής (ενός αυτοκινητοδρόμου) ως συστήματος, στο οποίο όλες οι παράμετροι επιρροής στα στοιχεία κόστους της αλληλοσυσχετίζονται :
 - αυξάνει την κατανόηση του τρόπου και του μεγέθους επιρροής καθώς και της συνολικής συμπεριφοράς των παραμέτρων αυτών και

- παρέχει την δυνατότητα ακριβέστερης προσομοίωσης των πραγματικών χαρακτηριστικών και επιδόσεων της υποδομής και της μεταβολής τους στον χρόνο. Παράλληλα, όμως,
 - αυξάνει την πολυπλοκότητα της θεώρησης και δυσκολεύει τους πρακτικούς υπολογισμούς. Η τελευταία αυτή αρνητική συνέπεια μπορεί να αμβλυνθεί με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών.
- ❖ Οι παραπάνω προσεγγίσεις και μεθοδολογίες, υποστηρίζονται σήμερα από ένα πλήθος υπολογιστικών εργαλείων και τεχνικών για τις αναγκαίες τεχνικοοικονομικές αναλύσεις, την αντιμετώπιση των αβεβαιοτήτων και την αναγωγή μελλοντικών τιμών σε παρούσες αξίες. Χρησιμοποιούμενες κατά τρόπο οργανωμένο, μπορούν να δημιουργήσουν ένα ισχυρό πλαίσιο για την εξεύρεση των βέλτιστων λύσεων διαχείρισης των υποδομών μεταφορών.
 - ❖ Η σημαντικότερη δυσκολία, για την επιτυχή εφαρμογή των παραπάνω προσεγγίσεων και μεθοδολογιών, είναι η έλλειψη των κατάλληλων ιστορικών στοιχείων από την κατασκευή και λειτουργία υποδομών μεταφορών. Αυτή η συνηθισμένη αδυναμία αντιμετωπίζεται με συγκεκριμένους τρόπους, με αρκετά μεγάλο βαθμό επιτυχίας.
 - ❖ Ένα τέτοιο πλαίσιο διαχείρισης υποδομών μεταφορών δεν υπάρχει ακόμα στην Ελλάδα. Η υφιστάμενη - συνήθως αποσπασματική - προσέγγιση της διαχείρισης των υποδομών μεταφορών από τις αρμόδιες κρατικές υπηρεσίες δεν διασφαλίζει τα βέλτιστα αποτελέσματα, ούτε στο επίπεδο του Κυρίου του Έργου, ούτε, πολύ περισσότερο, στο επίπεδο της Εθνικής Οικονομίας.
 - ❖ Η υφιστάμενη πρακτική του Δημοσίου τομέα είναι να σχεδιάζει υποδομές με κυρίαρχο κριτήριο το χαμηλότερο κόστος κατασκευής και όχι με κριτήριο το χαμηλότερο κόστος βάσει του κύκλου ζωής τους. Αυτή η πρακτική ευθύνεται για την χαμηλή ποιότητα εξυπηρέτησης, που προσφέρουν οι υποδομές στους χρήστες τους και το πολύ υψηλό κόστος που τους δημιουργούν. Οι υποδομές αυτές έχουν συνήθως αυξημένες ανάγκες συντήρησης χωρίς όμως να διατίθενται οι αναγκαίοι πόροι για την υλοποίησή της.
 - ❖ Η αντίστοιχη προσέγγιση από τις Παραχωρησιούχους υποδομών μεταφορών αφορά το πολύ στην συνεξέταση του κόστους κατασκευής και του κόστους λειτουργίας / συντήρησής τους και μάλιστα μόνο για την χρονική διάρκεια της παραχώρησης. Λείπει δηλαδή από την προσέγγισή τους η θεώρηση του κόστους των χρηστών. Είναι ευθύνη του Δημοσίου να διασφαλίσει μέσα από τις Συμβάσεις Παραχώρησης την βέλτιστη διαχείριση των υποδομών αυτών στο επίπεδο της Εθνικής Οικονομίας, δηλαδή να διασφαλίσει τα χαμηλότερα δυνατά κόστη και για τους χρήστες, επιβάλλοντας την ολοκληρωμένη προσέγγιση της διαχείρισης των υποδομών.

- ❖ Στον τομέα της διαχείρισης των αυτοκινητοδρόμων, η εμπειρία στην Ελλάδα είναι ακόμα σχετικά περιορισμένη. Οι αρμόδιοι φορείς γνωρίζουν την ύπαρξη των παραπάνω μεθοδολογιών και εργαλείων διαχείρισης, αλλά τα εφαρμόζουν σπάνια και μάλιστα κατά μη ολοκληρωμένο τρόπο. Παράλληλα, η έρευνα για τα σχετικά θέματα είναι εξίσου περιορισμένη. Στις περισσότερες περιπτώσεις η κατασκευή αντιμετωπίζεται ξεχωριστά από την συντήρηση και επιπλέον δεν λαμβάνεται καθόλου υπόψη το κόστος των χρηστών, κατά την εξέταση των λύσεων σχεδιασμού των επιμέρους στοιχείων των αυτοκινητοδρόμων.
- ❖ Τα τελευταία χρόνια για κάθε νέο αυτοκινητόδρομο ή τμήμα του που πρόκειται να κατασκευαστεί ή βελτιωθεί, εκπονείται υποχρεωτικά οικονομοτεχνική μελέτη, που εξετάζει συνήθως τη σκοπιμότητα της υλοποίησης μιας επιλεγμένης χάραξης ή την συγκριτική σκοπιμότητα πολλών εναλλακτικών χαράξεων. Σπάνια όμως εξετάζεται και η σκοπιμότητα του προγραμματισμού της διατήρησης ενός συγκεκριμένου επιπέδου εξυπηρέτησης για τον αυτοκινητόδρομο σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Επίσης, μετά την απόφαση υλοποίησης του συγκεκριμένου αυτοκινητοδρόμου, σπάνια γίνεται εξέταση εναλλακτικών λύσεων υλοποίησης των επιμέρους στοιχείων του, για τον προσδιορισμό της λύσης με το χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής του.
- ❖ Μια ολοκληρωμένη και ενιαία προσέγγιση του υπολογισμού του κόστους κύκλου ζωής αυτοκινητοδρόμου θα έπρεπε:
 - να στηρίζεται στην θεωρία των συστημάτων, ώστε να μπορεί να συμπεριλαμβάνει την επιρροή όλων των σχετικών παραμέτρων
 - να χρησιμοποιεί την μεθοδολογία της δυναμικής των συστημάτων, ώστε να μπορεί να αντιμετωπίζει την πολυπλοκότητα των σχέσεων και την χρονική μεταβολή των παραμέτρων
 - να διαθέτει βάσεις δεδομένων, που να παρέχουν όλα τα απαιτούμενα στοιχεία εισροής του συστήματος και
 - να διαθέτει πολλές επιμέρους τεχνικές και εργαλεία για την επεξεργασία των στοιχείων και την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας, του κινδύνου και της μεταβολής των οικονομικών αξιών στο χρόνο.
- ❖ Η μεθοδολογία υπολογισμού του κόστους κύκλου ζωής εναλλακτικών λύσεων υλοποίησης ενός αυτοκινητοδρόμου, που προτείνεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, εντάσσεται στις αρχές της μεθοδολογίας Διαχείρισης Υποδομών Μεταφορών ως Παγίων. Στην προτεινόμενη μεθοδολογία τίθεται ως στόχος η εύρεση της εναλλακτικής λύσης που έχει το ελάχιστο κόστος για το «σύστημα» του αυτοκινητοδρόμου, στο σύνολο της διάρκειας ζωής του.
- ❖ Από το απλοποιημένο παράδειγμα εφαρμογής της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής, προκύπτει σαφώς ότι για την εξέταση εναλλακτικών λύσεων υλοποίησης ενός αυτοκινητοδρόμου, η χρήση της οδηγεί σε επιλογές οι οποίες διασφαλίζουν την

οικονομικότητα του αυτοκινητοδρόμου, στο σύνολο της ζωής του. Οι επιλογές αυτές μπορεί να είναι ριζικά αντίθετες από τις επιλογές που θα προέκυπταν από την εξέταση μόνο του κόστους κατασκευής του.

- ❖ Με την διαρκή ευαισθητοποίηση, αύξηση της γνώσης και άνοδο του βιοτικού και πολιτιστικού επιπέδου των χρηστών των υποδομών, είναι λογικό να αναμένεται και στην Ελλάδα, όπως και διεθνώς, αυξημένη πίεση του Κοινού προς τους ιδιοκτήτες και διαχειριστές των κοινωφελών υποδομών, για παροχή υψηλότερου επιπέδου εξυπηρέτησης και για μεγαλύτερη διαφάνεια στην διαδικασία λήψης αποφάσεων για τις επιλογές και δράσεις των αρμοδίων. Κρίσιμο στοιχείο για να μπορέσουν οι αρμόδιοι φορείς να ανταποκριθούν στην πίεση αυτή είναι η τεκμηρίωση με αναλύσεις και στοιχεία των αποφάσεών τους και η διαρκής ενημέρωση του Κοινού σχετικά με αυτές.
- ❖ Όλα τα ανωτέρω απαιτούν πόρους και κυρίως την βούληση του Δημοσίου να αντιμετωπίσει αυτά τα σημαντικά θέματα. Αυτή η βούληση μπορεί να προκύψει από την πίεση της κοινής γνώμης και των συντελεστών του συστήματος παραγωγής Δημοσίων Έργων.

6.2. Προτάσεις για εφαρμογή

Με βάση τις διερευνήσεις, την εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε και τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προτείνονται τα ακόλουθα :

- Η εισαγωγή και έναρξη εφαρμογής στην Ελλάδα μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης για την διαχείριση αυτοκινητοδρόμων, η οποία να διασφαλίζει :
 - την βέλτιστη διαχείρισή τους τόσο στο επίπεδο των αρμόδιων φορέων διαχείρισης (Φ.Δ.) (Κ.τ.Ε. ή Παραχωρησιούχου), όσο και στο επίπεδο της Εθνικής Οικονομίας (Ε.Ο.)
 - την ανάληψη της ευθύνης των αποτελεσμάτων της από τους αρμόδιους φορείς.
- Η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου (σε επίπεδο Φ.Δ. και Ε.Ο.) συστήματος υπολογισμού του Κόστους Κύκλου Ζωής αυτοκινητοδρόμου (ή τμήματος ή μέρους του) και η χρησιμοποίησή του για την σύγκριση εναλλακτικών λύσεων υλοποίησής του. Στο σύστημα αυτό τα στοιχεία κόστους κύκλου ζωής του αυτοκινητοδρόμου θα συναρτώνται απ' ευθείας από τις παραμέτρους σχεδιασμού, υλοποίησης και λειτουργίας του.
- Εξαιτίας των δυσχερειών που υπάρχουν στη διαμόρφωση του ανωτέρω συστήματος στην πλήρη μορφή του, προτείνεται μέχρι την ανάπτυξή του να εφαρμοστούν εναλλακτικά κάποιες άλλες λύσεις :
 - η διαμόρφωση ενός ενιαίου συστήματος υπό παραδοχές / απλοποιήσεις. Αυτές οι παραδοχές και απλοποιήσεις θα εξαρτώνται από τις υφιστάμενες δυνατότητες του φορέα, από τη φύση της εξεταζόμενης υποδομής και από το επίπεδο της επιδιωκόμενης ανάλυσης και ακρίβειας των υπολογισμών
 - η διαμόρφωση ενός συστήματος με την χρησιμοποίηση υφιστάμενων μοντέλων διαχείρισης επιμέρους στοιχείων της υποδομής ενός αυτοκινητοδρόμου (οδοστρωμάτων, γεφυρών κ.λπ), διασυνδεδεμένων ή όχι, σύμφωνα με τις ίδιες ως άνω παραδοχές / απλοποιήσεις.
- Η οριζόντια και κάθετη οργάνωση συλλογής πληροφοριών (στοιχείων) σχετικών με το σχεδιασμό, την κατασκευή, την συντήρηση και την λειτουργία των αυτοκινητοδρόμων στην Ελλάδα, κατά τρόπο συστηματικό. Για τον σκοπό αυτό είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός (από τους αρμόδιους φορείς) του τύπου των απαιτούμενων στοιχείων και του τρόπου συλλογής, αξιολόγησης, αποθήκευσης, ανάκτησης και χρησιμοποίησής τους.
- Η οργάνωση, ο εξοπλισμός και η στελέχωση (και επιμόρφωση των στελεχών) των φορέων για να μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της νέας προσέγγισης.

- ο Η ανάπτυξη και κατάλληλη χρησιμοποίηση από τους φορείς διαχείρισης των αυτοκινητοδρόμων διαύλων επικοινωνίας με τους χρήστες, τους αποφασίζοντες κρατικούς λειτουργούς και το Κοινό, προκειμένου να τους αιτιολογούν τις αποφάσεις που λαμβάνουν και να τους διευκολύνουν στις δικές τους επιλογές.

6.3. Θέματα για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολήθηκε με μια πληθώρα θεμάτων και προχώρησε σε βάθος την ανάλυση ορισμένων από αυτά. Η προσπάθεια αυτή, βέβαια, σε καμία περίπτωση δεν θεωρείται ότι εξάντλησε τα θέματα με τα οποία ασχολήθηκε. Με βάση τις παραδοχές και υποθέσεις της παρούσας διπλωματικής εργασίας και το βαθμό λεπτομέρειας με τον οποίο ασχολήθηκε με τα διάφορα θέματα – στόχους που είχε θέσει, προτείνονται στα παρακάτω κάποια θέματα για περαιτέρω διερεύνηση.

Ως τέτοια θέματα προτείνονται :

- ο η περαιτέρω διερεύνηση των παραμέτρων που επιδρούν στη διαμόρφωση των στοιχείων κόστους του αυτοκινητόδρομου
- ο η περαιτέρω εξέταση των αλληλοσυσχετισμών μεταξύ των παραμέτρων επιρροής των στοιχείων κόστους και των συσχετισμών τους με τα καθαυτά στοιχεία κόστους
- ο ο μαθηματικός προσδιορισμός των αλληλοσυσχετισμών μεταξύ των παραμέτρων επιρροής στα στοιχεία κόστους
- ο η διερεύνηση των παραδοχών και των υποθέσεων, που έχουν γίνει στην διατύπωση της προτεινόμενης μεθοδολογίας υπολογισμού του Κόστους Κύκλου Ζωής αυτοκινητοδρόμου, με στόχο τη σταδιακή ενσωμάτωσή τους στη μεθοδολογία ως δεδομένα (εισορές)
- ο η ολοκλήρωση του σχεδιασμού του προτεινόμενου συστήματος (μοντέλου) υπολογισμού του Κόστους Κύκλου Ζωής αυτοκινητόδρομου
- ο η διερεύνηση της δυνατότητας κατασκευής του μοντέλου αυτού σε μορφή λογισμικού H/Y, κατά τα πρότυπα άλλων συστημάτων (π.χ. SAP), που έχουν αναπτυχθεί για άλλες τεχνικές εφαρμογές.

Η ανάπτυξη ενός τέτοιου ολοκληρωμένου λογισμικού θα αποτελούσε και την πλήρη μεταφορά της συγκεκριμένης μεθοδολογικής προσέγγισης, που ακολουθήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, «από την θεωρία στην πράξη».

Βιβλιογραφία• Ελληνική Βιβλιογραφία

- 1) Αμπακούμκιν, Κ.Γ., *Σχεδιασμός Μεταφορικών Συστημάτων*, Συμμετρία, Αθήνα, 2000
- 2) Αμπακούμκιν, Κ.Γ., *Λειτουργικό Κόστος Οχημάτων (Οικονομικό)*, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1990
- 3) Αμπακούμκιν, Κ.Γ., Σταθόπουλος, Α., *Συνδυασμένες Μεταφορές – Ειδικά Συστήματα: Ανάπτυξη Μεθόδων και Ασκήσεις*, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2000
- 4) Αμπακούμκιν, Κ.Γ., Τσαμπούλας, Δ., *Σημειώσεις για την Αξιολόγηση Συγκοινωνιακών Έργων*, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1995
- 5) *Ασφατικά Μίγματα και Οδοστρώματα*, 3^ο Διεθνές Συνέδριο, Πρακτικά Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2002
- 6) Κανελλαΐδης, Γ., Μαλέρδος, Γ., *Σημειώσεις για τον Γεωμετρικό Σχεδιασμό των Οδών*, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ε.Μ.Π., Αθήνα, Οκτώβριος 2002
- 7) *Ημερίδα για την Οδική Ασφάλεια*, Πρακτικά Ημερίδας, Έκδοση της Βρετανικής Πρεσβείας, Αθήνα, Ιανουάριος 2002
- 8) Φραντζεσκάκης, Ι.Μ., Γιαννόπουλος, Γ.Α., *Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική*, Τόμος 1, Παρατηρητής, Αθήνα, 1986
- 9) Φραντζεσκάκης, Ι.Μ., Γκόλιας, Ι.Κ., *Οδική Ασφάλεια*, Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994

• Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- 10) Adler, H.A., *Economic Appraisal of Transport Projects, A Manual with Case Studies*, The John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, January 1987
- 11) Botelho, F.V., *A Light at the End of the Tunnel*, Internet Article, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, March 2003

- 12) Commission of the European Communities, *Fair Payment for Infrastructure Use: A phased approach to a common transport infrastructure charging framework in the EU*, White Paper, Brussels, 1998
- 13) Durairaj et al, *Evaluation of Life Cycle Cost Analysis Methodologies*, Corporate Environmental Strategy, Vol.9, No.1, Elsevier Science Inc, 2002
- 14) Gómez-Ibáñez, J.A., Tye, W.B., Winston, C., *Essays in Transportation Economics and Policy*, Brookings Institution Press, Washington, D.C., 1999
- 15) International Study of Highway Development and Management Tools (ISOHDM), *Highway Development and Management (HDM – 4)*, Software Manual, The World Road Association, The World Bank, 2000
- 16) *ITS International*, Vol.8, Issue No.2, March/April 2002
- 17) Kassof, H., *Managing and Maintaining Our Highway Assets: A Perspective from the Next Millennium*, Maintenance Management For The 21st Century Forum, Arlington, Texas, 1999
- 18) Kim, K., *A Transportation Planning Model for State Highway Management: A Decision Support System Methodology to Achieve Sustainable Development*, Doctoral Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 1998
- 19) Leleur, S., *Road Infrastructure Planning, A Decision-Oriented Approach*, Polyteknisk Forlag, Denmark, 1995
- 20) Levinson, D.M., Gillen, D., *The Full Cost of Intercity Highway Transportation*, Institute of Transportation Studies, University of California at Berkeley, Berkeley, 1997
- 21) Ofori – Darko, F., *Life Cycle Costing of Civil Engineering Projects: Methods and Some North America Experiences*, Agile Report, Agile Construction Initiative, University of Bath, Bath, UK, 1997
- 22) Taylor, W.B., *The Use of Life Cycle Costing in Acquiring Physical Assets*, Long Range Planning, Vol.14, No.6, Pergamon Press Ltd, Great Britain, 1981

- 23) Tolliver, D.D., *Highway Impact Assessment, Techniques and Procedures for Transportation Planners and Managers*, Quorum Books, Westport, Connecticut, London, 1994
- 24) U.S. DOT, *Asset Management Primer*, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, December 1999
- 25) U.S. DOT, *Life-Cycle Cost Analysis Primer*, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, August 2002
- 26) Woods, K.B., Berry, D.S., Goetz, W.H., *Highway Engineering Handbook*, McGraw – Hill, Inc, 1960
- 27) Woodward, D.G., *Life Cycle Costing – Theory, Information Acquisition and Application*, International Journal of Project Management, Vol.15, No.6, Elsevier Science Ltd and IPMA, Great Britain, 1997
- 28) *World Highways*, Vol.10, No.9, November/December 2001
- 29) *World Highways*, Vol.11, No.7-9, September – December 2002
- 30) *World Highways*, Vol.12, No.1, January/February 2003

Παραρτήματα

A. Συνεντεύξεις με φορείς υλοποίησης αυτοκινητοδρόμων στην Ελλάδα

1. Συνέντευξη με Ε.Υ.Δ.Ε. – Π.Α.Θ.Ε.
2. Συνέντευξη με Αττική Οδό Α.Ε.
3. Συνέντευξη με Εγνατία Οδό Α.Ε.

B. Στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή της διπλωματικής εργασίας

1. Τεχνική περιγραφή αυτοκινητοδρόμου «Παναγιά – Κουλούρα» της Εγνατίας Οδού
2. Στοιχεία κόστους κατασκευής του τμήματος «Παναγιά – Κουλούρα» της Εγνατίας Οδού (απολογιστικά στοιχεία)
3. Οικονομοτεχνική Μελέτη Σκοπιμότητας Κατασκευής του τμήματος «Παναγιά – Κουλούρα» της Εγνατίας Οδού (τμήμα της Τελικής Έκθεσης-TRADEMCΟ Ε.Π.Ε., 2000)
4. Στοιχεία από διπλωματικές εργασίες (εξώφυλλα, πίνακες)
5. Λοιπά στοιχεία

**A. Συνεντεύξεις με φορείς υλοποίησης
αυτοκινητοδρόμων στην Ελλάδα**

1. Συνέντευξη με Ε.Υ.Δ.Ε. – Π.Α.Θ.Ε.
2. Συνέντευξη με Αττική Οδό Α.Ε.
3. Συνέντευξη με Εγνατία Οδό Α.Ε.

ΘΕΜΑΤΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗΣ

1. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ ΩΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ?
2. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ ΥΠΟ ΤΟ ΠΡΙΣΜΑ LIFE CYCLE COSTING?
3. ΠΟΙΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΥΠΟΨΗ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΓΙΑΤΙ?
 - ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
 - ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ
4. ΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ ΥΠΟΨΗ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ Η ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ? ΠΟΙΑ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ? ΠΩΣ ΕΚΦΡΑΖΕΤΑΙ?
5. ΟΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΘΟΡΙΣΤΗΚΑΝ ΑΠΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ (φόρτος, σύνθεση, κλπ)? ΑΝ ΑΛΛΑΞΟΥΝ ΠΟΛΥ ΟΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΠΟΦΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ?
6. ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ ΣΤΟΝ ΦΟΡΕΑ ΚΑΠΟΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ?
7. ΥΠΑΡΧΕΙ (Η ΥΠΗΡΞΕ) ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ?
8. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΕΡΓΑ (ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ, ΠΡΟΟΔΟΣ κλπ) ΚΑΙ ΤΟΝ ΦΟΡΕΑ.

1. ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ ΜΕ ΕΥΔΕ - ΠΑΘΕ

(κ.Ν.Μαλακάτας, κ.Γ.Ανέστης, Αθήνα, Νοέμβριος 2002)

- Δεν υπάρχει αντιμετώπιση της διαχείρισης του αυτοκινητόδρομου με ολοκληρωμένο και συστηματικό τρόπο.
- Η συγκεκριμένη ΕΥΔΕ ασχολείται με όλα τα θέματα από την σύλληψη μέχρι και το τέλος της κατασκευής του αυτοκινητοδρόμου. Δεν ασχολείται καθόλου με τα θέματα συντήρησης / λειτουργίας του.
- Οι προδιαγραφές για την κατασκευή του αυτοκινητοδρόμου ΠΑΘΕ δεν έχουν προκύψει από μελέτες πρόβλεψης της ζήτησης κλπ, που να έγιναν ειδικά για τον ΠΑΘΕ. Ακολουθούνται προδιαγραφές που έχουν προκύψει από την μακρόχρονη εμπειρία του Υπουργείου (π.χ. τα οδοστρώματα υπολογίζονται για περίπου 28 εκατ. διελεύσεις ισοδύναμων αξόνων 13 τόνων το χρόνο).
- Για την διασφάλιση της ποιότητας των εσωτερικών διαδικασιών της ΕΥΔΕ, εφαρμόζεται σύστημα διασφάλισης ποιότητας που προκύπτει και ακολουθεί σχετική ή ειδική μελέτη (πχ κατάρτιση εγγράφων, διαδικασίες μελέτης κλπ).
- Έχουν υλοποιηθεί ειδικές μελέτες για ειδικά θέματα του αυτοκινητοδρόμου, όπως πχ για τα αντισιδηρά οδοστρώματα.
- Υπάρχουν οικονομοτεχνικές μελέτες σκοπιμότητας για τα τμήματα που κατασκευάζονται ή έχουν κατασκευαστεί, αλλά τίποτε παραπάνω. Δεν υπάρχει δηλαδή επιστημονική αντιμετώπιση της κατασκευής και των προδιαγραφών της.
- Η ΕΥΔΕ - Αυτοκινητόδρομος ΠΑΘΕ, δεν είχε την αρμοδιότητα ούτε όμως και την απαραίτητη χρηματοδότηση για να αναπτύξει κάποια μέθοδο διαχείρισης. Σημειώνεται ότι η διαχείριση του συνόλου του αυτοκινητοδρόμου ΠΑΘΕ προβλέπεται να περάσει σε ιδιώτες, με κάποια μελλοντικά έργα παραχωρήσεων.
- Υπάρχουν διαθέσιμα στην ΕΥΔΕ - ΠΑΘΕ στοιχεία για την διαχείριση οδοστρωμάτων και γεφυρών, αλλά είναι παλιά (20ετίας).
- Η Εγνατία Οδός ΑΕ έχει κάνει κάποιες μελέτες για τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του ΠΑΘΕ για δικούς της λόγους.
- Για τα ήδη κατασκευασμένα τμήματα του ΠΑΘΕ δεν υπάρχουν καθόλου διαθέσιμα στοιχεία ούτε μετρήσεις κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών. Αυτή η έλλειψη συνεχίζεται και ως σήμερα.

- Έχει προσληφθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ (ΔΜΕΟ) ειδικός Κυκλοφοριακός Σύμβουλος, ο οποίος υλοποιεί μελέτες Προέλευσης – Προορισμού, μελέτες Δεδηλωμένης Προτίμησης και κυκλοφοριακές μετρήσεις. Επιπλέον αναπτύσσει ένα μοντέλο πρόβλεψης κυκλοφοριακών φόρτων. Οι μελέτες, οι μετρήσεις καθώς και το δημιουργούμενο μοντέλο καλύπτουν το κύριο οδικό δίκτυο στο σύνολο της χώρας.
- Σε κανένα τμήμα του ΠΑΘΕ δεν έχει γίνει προσέγγιση της κατασκευής (ή ανακατασκευής) του με βάση τη μεθοδολογία της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής (Life Cycle Costing Analysis).
- Γενικά η συνήθης προσέγγιση των κατασκευών (αυτοκινητοδρόμων και άλλων κατασκευών) στην Ελλάδα λαμβάνει ελάχιστα ή σχεδόν καθόλου υπόψη τα θέματα συντήρησης και χρόνου ζωής, μια και αυτά θα παρουσιαστούν το συντομότερο σε μια δεκαπενταετία και δεν άπτονται του παρόντος.
- Είναι γνωστό ότι κυκλοφορούν παγκοσμίως διάφορα λογισμικά για την υποβοήθηση της διαχείρισης των αυτοκινητοδρόμων. Πολλά από αυτά έχουν αγοραστεί και χρησιμοποιούνται και από τους ελληνικούς οργανισμούς. Το κατά πόσο είναι λειτουργικά και ανταποκρίνονται στην ελληνική πραγματικότητα είναι υπό ερώτηση.
- Ο ΠΑΘΕ έχει συγκεκριμένη διαδικασία μέτρησης της αντοχής και των χαρακτηριστικών του οδοστρώματος μετά την κατασκευή. Ακολουθείται συγκεκριμένη μεθοδολογία όσον αφορά τον τρόπο δειγματοληψίας, την επεξεργασία κλπ. Αυτές οι μετρήσεις γίνονται για τον έλεγχο της παραδοτέας ποιότητας οδοστρώματος από τους εργολάβους.
- Η ΕΥΔΕ – ΠΑΘΕ επειδή δεν διαχειρίζεται τον αυτοκινητόδρομο συνολικά, δηλαδή δεν αναλαμβάνει την μελέτη, κατασκευή και τη λειτουργία και διαχείριση, δεν αντιμετωπίζει τα προβλήματα συνολικά αλλά μόνο στον τομέα που την αφορά: την κατασκευή. Κάθε τμήμα του αυτοκινητοδρόμου που ολοκληρώνεται η κατασκευή του και περνά σε λειτουργική περίοδο, φεύγει από την ευθύνη της ΕΥΔΕ – ΠΑΘΕ και την ευθύνη της διαχείρισής του κλπ, αναλαμβάνουν άλλοι οργανισμοί (ΕΥΔΕ – Συντήρησης, ΤΕΟ κλπ). Έτσι δεν υπάρχει συνολική αντιμετώπιση από έναν φορέα αλλά εντελώς μεμονωμένη, που και αυτή δεν είναι επιστημονική, αλλά κατά τρόπον τινά «παραδοσιακή».
- Μερικές φορές η συντήρηση ή αντικατάσταση της «επίπλωσης» (βοηθητικού εξοπλισμού) ενός αυτοκινητόδρομου είναι πιο κρίσιμη (πιο ακριβή) από αυτή του οδοστρώματος.

2. ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ ΜΕ ΑΤΤΙΚΗ ΟΔΟ ΑΕ

(κ.Γ.Παλιούρης, κα.Ε.Κακριδώνη, Αθήνα, Δεκέμβριος 2002)

- Η Αττική Οδός ΑΕ προσεγγίζει το θέμα της διαχείρισης του αυτοκινητοδρόμου με κριτήρια κόστους κύκλου ζωής αλλά όχι με αμιγώς επιστημονικό τρόπο.
- Η προσέγγιση που έγινε ήταν η κατασκευή ενός πολύ καλού οδοστρώματος πάνω σε «γερά θεμέλια» (ισχυρές στρώσεις βάσης – υπόβασης) έτσι ώστε για τις κυκλοφοριακές συνθήκες που ελήφθησαν υπόψη, ο αυτοκινητόδρομος να χρειαστεί αλλαγή οδοστρώματος μόνο μία φορά κατά τη διάρκεια της περιόδου που οι «Αττικές Διαδρομές Α.Ε.» θα τον διαχειρίζονται. Έγινε μια εκτίμηση των μελλοντικών συντηρήσεων που θα χρειαστούν αλλά σε ποιοτικό και κάπως διαισθητικό επίπεδο και όχι με αναλυτικές διαδικασίες και μεθοδολογία life cycle costing.
- Το οδόστρωμα και γενικότερα οι τεχνικές κατασκευής της Αττικής οδού έχουν βασιστεί στην πιο πρόσφατη διεθνή εμπειρία και διαθέτουν πολύ υψηλές προδιαγραφές ποιότητας κατασκευής.
- Το κατασκευασμένο οδόστρωμα υπολογίστηκε με βάση διεθνή πρότυπα αλλά και με εργαστηριακές και επί τόπου μετρήσεις της Αττικής Οδού ΑΕ για την τελική διαμόρφωση του πάχους των στρώσεών του. Ενώ οι μελέτες υπαγόρευαν 27cm ασφαλτομίγματος, με τις μετρήσεις που ελήφθησαν για τον καθορισμό της αντοχής του οδοστρώματος με βάση τα χρησιμοποιούμενα υλικά, το πάχος του ασφαλτομίγματος τελικά καθορίστηκε στα 20cm με τα ίδια χαρακτηριστικά αντοχής.
- Για τη μελέτη του οδοστρώματος ελήφθησαν υπόψη στοιχεία κυκλοφοριακών φόρτων και σύνθεσης κυκλοφορίας, τα οποία και επεκτάθηκαν με ποιοτική πρόβλεψη για το μέλλον. Γεγονός είναι πως η Αττική Οδός δεν είχε επαρκή στοιχεία και έκανε αρκετές υποθέσεις για την μελέτη αυτή.
- Το οδόστρωμα του αυτοκινητοδρόμου έχει κατασκευαστεί έτσι ώστε και να αλλάξουν λίγο οι προβλεφθείσες κυκλοφοριακές συνθήκες προς το χειρότερο (αύξηση βαριάς κυκλοφορίας) να μην χρειαστεί αντικατάσταση πριν την προγραμματισμένη επανεπίστρωση. Αν παρόλα αυτά το οδόστρωμα αστοχήσει, η κοινοπραξία θα επωμιστεί το βάρος της ανακατασκευής. Σε κάθε περίπτωση η κοινοπραξία περιμένει μείωση και όχι αύξηση της βαριάς κυκλοφορίας στα επόμενα χρόνια.
- Για την κατασκευή έχει ληφθεί υπόψη η αναμενόμενη διάρκεια ζωής κάθε επιμέρους τμήματος ή εξοπλισμού που απαρτίζει τον αυτοκινητόδρομο. Έχει γίνει μια προσπάθεια να προβλεφθεί η

περίοδος μετά την οποία κάθε μέρος του εξοπλισμού πιθανόν να χρειαστεί αντικατάσταση ή επισκευή.

- Έχουν επίσης καταρτιστεί οικονομικές μελέτες που καθορίζουν την πολιτική διόδων της Αττικής Οδού, έτσι ώστε η κοινοπραξία να εξοφλήσει τα τραπεζικά δάνεια που έχει λάβει και να ανακτήσει τα ίδια κεφάλαια που έχει επενδύσει. Αν οι υποχρεώσεις αυτές εξοφληθούν πριν το τέλος της 18 + 2 χρόνων περιόδου διαχείρισης του αυτοκινητοδρόμου, τα υπόλοιπα έσοδα από τα διόδια θα αποτελέσουν καθαρό κέρδος της κοινοπραξίας.
- Η Αττική Οδός έχει εγκαταστήσει ένα ολοκληρωμένο σύστημα τηλεματικής για την αποτελεσματική διαχείριση του αυτοκινητοδρόμου. Υπάρχουν αισθητήρες καταμέτρησης οχημάτων και του βάρους τους, υπάρχουν κάμερες παρακολούθησης του δικτύου κλπ. Όλα αυτά ελέγχονται από το Κέντρο Διαχείρισης του αυτοκινητοδρόμου. Από το σύστημα αυτό λαμβάνονται και μετρήσεις που θα υποστηρίξουν τη διαχείριση στο μέλλον και θα αποτελέσουν και πηγή πληροφοριών για παρόμοια έργα.
- Η Αττική Οδός ΑΕ έχει εκπονήσει ένα σύστημα διαχείρισης οδοστρωμάτων το οποίο και αναπτύσσει. Στην παρούσα φάση το σύστημα ακόμα «χτίζεται», δηλαδή συγκεντρώνονται στοιχεία για τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων. Σε επόμενη φάση θα αρχίσει να λειτουργεί κανονικά και αυτό δεν προβλέπεται να γίνει πριν το τέλος της κατασκευής του συνολικού έργου τον Απρίλιο του 2004. Για το μοντέλο αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί διεθνής εμπειρία και διεθνή πρότυπα. Σε τέτοιο διεθνές μοντέλο βασίζεται και η μελέτη της κατασκευής με την προβλεπόμενη μοναδική ανακατασκευή του ασφαλοτάπητα στη διάρκεια των πρώτων 20 ετών λειτουργίας.
- Η Αττική Οδός ΑΕ χρησιμοποιεί ένα καθολικό σύστημα διασφάλισης ποιότητας. Ο έλεγχος ποιότητας γίνεται σε τρεις τομείς: στην εσωτερική λειτουργία της κοινοπραξίας, στην διαδικασία κατασκευής και στην λειτουργία της διαχείρισης του αυτοκινητοδρόμου (που ακόμα δεν έχει ξεκινήσει). Το σύστημα διασφάλισης της ποιότητας είναι ad hoc κατασκευασμένο και προέρχεται όσον αφορά το τεχνικό τμήμα του από την τεχνική συγγραφή υποχρεώσεων (ΤΣΥ).
- Κατά την κατασκευή διασφαλίζεται η ποιότητα τόσο της διαδικασίας κατασκευής, όσο και των χρησιμοποιούμενων υλικών αλλά και της επίβλεψης.
- Ίδια διαδικασία διασφάλισης ποιότητας προβλέπεται να γίνεται και κατά την περίοδο λειτουργίας με αυστηρά καθορισμένες διαδικασίες επιθεωρήσεων και επεμβάσεων.

- Για τα τεχνικά έργα του αυτοκινητοδρόμου υπάρχει διασφάλιση της ποιότητας και διαδικασίας κατασκευής τους, αλλά όχι ξεχωριστή μελέτη διαχείρισής τους.
- Η Αττική Οδός ΑΕ έχει δικό της εργαστήριο με το οποίο ελέγχει την ποιότητα των κατασκευασμένων τεχνικών έργων και οδοστρωμάτων (δειγματοληψία – εξέταση δοκιμίων – διαπίστωση χαρακτηριστικών αντοχής κλπ)
- Η Αττική Οδός ΑΕ έχει καταρτίσει αναλυτικό πρόγραμμα επιθεωρήσεων, επεμβάσεων και ειδικής έρευνας για την υποστήριξη της συντήρησης του αυτοκινητοδρόμου.
- Η Αττική Οδός ΑΕ εφαρμόζει επίσης πρόγραμμα προγραμματισμού επιθεωρήσεων και συντήρησης και για τα λοιπά βοηθητικά έργα που κατασκευάζει, τα οποία μετά την κατασκευή τους θα περάσουν διαχειριστικά στην δικαιοδοσία του ΥΠΕΧΩΔΕ.
- Πολύ πληροφοριακό υλικό υπάρχει στο site της κοινοπραξίας στο internet. Το site είναι: www.aodos.gr

3. ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ ΜΕ ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟ Α.Ε.

(κα.Α.Θωμαΐδου, κ.Χ.Κέκης, κ.Π.Κρητικός, κ.Ν.Τσεβεκίδης*, Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 2003)

- Η «Εγνατία Οδός Α.Ε.» (ΕΟΑΕ):
 - Έχει συσταθεί για τη μελέτη, επίβλεψη, κατασκευή, συντήρηση, εξοπλισμό και εκμετάλλευση της Εγνατίας Οδού, των οδικών αξόνων που την εξυπηρετούν, καθώς και άλλων έργων εντός ή εκτός της ελληνικής επικράτειας.
 - Η εταιρεία ιδρύθηκε το 1995, έλαβε την ευθύνη των έργων από το ΥΠΕΧΩΔΕ το 1997 και έχει αναλάβει τη λειτουργία, συντήρηση και εκμετάλλευση της οδού για 50 χρόνια.
- Η Εγνατία Οδός (ΕΟ):
 - Εκτείνεται από την Ηγουμενίτσα έως τους Κήπους στα ελληνοτουρκικά σύνορα και έχει συνολικό μήκος 680 χλμ.
 - Μελετάται και κατασκευάζεται ως κλειστός αυτοκινητόδρομος διεθνών προδιαγραφών με δύο κλάδους κυκλοφορίας και κεντρική διαχωριστική νησίδα, συνολικού πλάτους 24,5 μ (ή 22 μ σε ορισμένα δυσχερή τμήματα). Κάθε κλάδος έχει δύο λωρίδες κυκλοφορίας και μια λωρίδα έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ).
 - Περιλαμβάνει 40 χλμ δίδυμες γέφυρες, 49 χλμ δίδυμες σήραγγες, 50 ανισόπεδους κόμβους, 350 άνω και κάτω διαβάσεις και 720 χλμ βοηθητικές οδούς εξυπηρέτησης.
 - Έως το τέλος του 2003 αναμένεται να έχουν δοθεί σε κυκλοφορία συνολικά 449 χλμ, δηλαδή πάνω από το 65% του συνολικού μήκους του αυτοκινητοδρόμου.
 - Χρηματοδοτείται από το Ελληνικό Δημόσιο και την Ευρωπαϊκή Ένωση.
 - Για την εκμετάλλευσή της έχει συνταχθεί μελέτη σκοπιμότητας καθώς και μελέτες χωροθέτησης 13 σταθμών διοδίων.
- Η διαχείριση της Εγνατίας Οδού:
 - ο Γενικά
 - δεν αντιμετωπίζεται με ολοκληρωμένο και συστηματικό τρόπο η κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία του αυτοκινητοδρόμου.
 - Για κάθε νέο τμήμα της Εγνατίας Οδού έχει εκπονηθεί μελέτη σκοπιμότητας της υλοποίησής του. Στις μελέτες αυτές εξετάζονται οι ωφέλειες από την κατασκευή του έργου και γίνεται αξιολόγηση με βάση συγκεκριμένους δείκτες και μεθόδους. Στις μελέτες αυτές λαμβάνονται υπόψη και οι

* Με τον κ.Ν.Τσεβεκίδη πραγματοποιήθηκε τηλεφωνική συνομιλία, επειδή εργάζεται στα περιφερειακά γραφεία της ΕΟΑΕ στην Κοζάνη.

χρήστες, από την πλευρά του κόστους που τους προκαλεί η χρήση του αυτοκινητοδρόμου.

- Αυτήν την περίοδο προωθείται η ανάπτυξη συστήματος διαχείρισης της μελέτης, κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας των σηράγγων της ΕΟ. Με τον τρόπο αυτό αναμένεται να επιτευχθεί καλύτερη και αποδοτικότερη διαχείρισή τους.
 - Η ΕΟΑΕ εφαρμόζει ένα σύστημα διαχείρισης ποιότητας το οποίο είναι πυραμιδωτό αλλά όχι ενιαίο: η εταιρεία, οι εξωτερικοί συνεργάτες της (Project και Construction Managers) και οι ανάδοχοι των έργων της, έχουν ο καθένας δικό του σύστημα διαχείρισης ποιότητας. Σε μελλοντικό χρόνο η ΕΟΑΕ σκοπεύει να ενοποιήσει τα διαφορετικά αυτά συστήματα διαχείρισης ποιότητας σε ένα ενιαίο.
 - Η ΕΟΑΕ έχει ιδρύσει ένα Παρατηρητήριο Χωρικών Επιπτώσεων με σκοπό την καταγραφή στοιχείων κυκλοφορίας, περιβαλλοντικών επιπτώσεων, οικονομικών και κοινωνικών μεταβολών κλπ, που συμβαίνουν λόγω της δημιουργίας της Εγνατίας Οδού. Στη συνέχεια προγραμματίζεται η ανάλυση των στοιχείων αυτών προς όφελος τόσο της λειτουργίας της Εγνατίας Οδού όσο και των μελλοντικών επενδύσεων και αναπτυξιακών δράσεων στη βόρεια Ελλάδα.
- ο Κατασκευή
- Πολλά από τα τμήματά της είχαν κατασκευαστεί πριν την σύσταση της ΕΟΑΕ από το ΥΠΕΧΩΔΕ. Τα τμήματα αυτά αναβαθμίζονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές των υπολοίπων νέων τμημάτων.
 - Σε πολλά τμήματά της οι μελέτες είχαν εκπονηθεί και η κατασκευή τους είχε δημοπρατηθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ πριν την σύσταση της ΕΟΑΕ. Στη συνέχεια μεταβιβάστηκε η ευθύνη για την κατασκευή τους στην ΕΟΑΕ. Έτσι, σε πολλά τμήματα η χάραξη είχε καθοριστεί από το Υπουργείο, ενώ ενδεχομένως σε πολλές περιπτώσεις να είχε προτιμηθεί νέα χάραξη που θα ήταν πιο τεταμένη ή/και με λιγότερα τεχνικά έργα.
 - Για τις μελέτες οδοποιίας έχουν συνταχθεί και χρησιμοποιούνται «Οδηγίες Σύνταξης Μελετών Έργων Οδοποιίας» (ΟΣΜΕΟ). Στις οδηγίες αυτές περιλαμβάνονται αρχές σχεδιασμού, προδιαγραφές, στάδια μελετών κλπ.
 - Ανάλογες οδηγίες έχουν συνταχθεί και χρησιμοποιούνται και για τα έργα αποκατάστασης τοπίου («Οδηγίες Σχεδιασμού Αποκατάστασης Τοπίου» – ΟΣΕΑ). Είναι η πρώτη φορά που συντάχθηκαν τέτοιες οδηγίες στην Ελλάδα.
 - Για την κατασκευή των νέων τμημάτων της Εγνατίας Οδού και του εξοπλισμού τους, έχουν ληφθεί υπόψη οι ακόλουθοι χρόνοι ζωής των διαφορετικών επιμέρους αυτών στοιχείων της υποδομής: για τα Τεχνικά έργα τα 75 χρόνια,

για τα οδοστρώματα τα 40 χρόνια, ενώ για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό τα 25 χρόνια.

- Τα οδοστρώματα της ΕΟ κατασκευάζονται με προδιαγραφές καλύτερες από αυτές που συνήθως εφαρμόζει το ΥΠΕΧΩΔΕ (50 εκ έναντι 30 εκ) με βάση την διεθνή εμπειρία. Στον προσδιορισμό των οδοστρωμάτων όμως δεν λαμβάνεται υπόψη η μελλοντική συντήρηση ούτε το κόστος των χρηστών.
- ο Συντήρηση
 - Σχετικά με τη συντήρηση, η ΕΟΑΕ έχει ως ευρύτερο στόχο να ελαχιστοποιήσει τις εργασίες και τα κόστη συντήρησης, διατηρώντας παράλληλα τον αυτοκινητόδρομο σε μια καλή λειτουργική κατάσταση. Για το σκοπό αυτό έχει συνταχθεί ένα Εγχειρίδιο Καθημερινής Συντήρησης, το οποίο περιλαμβάνει τις προδιαγραφές συντήρησης, τους απαιτούμενους τακτικούς ελέγχους και τις ενέργειες συντήρησης. Το εγχειρίδιο αυτό μέσω έρευνας και μελέτης της διεθνούς εμπειρίας συνεχώς βελτιώνεται με τελικό σκοπό να μετατραπεί σε Πρότυπο Οδηγό Τακτικής Συντήρησης (σε αντιστοιχία με τα πρότυπα ΟΣΜΕΟ ΚΑΙ ΟΣΑΠ). Στόχος της ΕΟΑΕ είναι η έγκαιρη επέμβαση για την συντήρηση του αυτοκινητοδρόμου καθώς και η αποτελεσματική διαχείριση της κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια των εργασιών συντήρησης και τυχόντων εκτάκτων περιστατικών, όπως τροχαία ατυχήματα, σεισμοί κλπ.
 - Η ΕΟΑΕ έχει προμηθευτεί λογισμικό διαχείρισης της τακτικής συντήρησης του αυτοκινητοδρόμου (RMMS), το οποίο αναμένεται να εγκατασταθεί σύντομα. Επίσης έχει προμηθευτεί και προωθεί την εγκατάσταση ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων (HDM-4), που θα υποβοηθά τους μηχανικούς στην επιλογή της βέλτιστης λύσης για την συντήρηση των οδοστρωμάτων με δεδομένα κάποια στοιχεία πάχους οδοστρώματος, κυκλοφοριακών φόρτων, κλίματος, διαθέσιμων πόρων κλπ.

Β. Στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή της διπλωματικής εργασίας

1. Τεχνική περιγραφή αυτοκινητοδρόμου «Παναγιά – Κουλούρα» της Εγνατίας Οδού
2. Στοιχεία κόστους κατασκευής του τμήματος «Παναγιά – Κουλούρα» της Εγνατίας Οδού (απολογιστικά στοιχεία)
3. Οικονομοτεχνική Μελέτη Σκοπιμότητας Κατασκευής του τμήματος «Παναγιά – Κουλούρα» της Εγνατίας Οδού (τμήμα της Τελικής Έκθεσης-TRADEMCΟ Ε.Π.Ε., 2000)
4. Στοιχεία από διπλωματικές εργασίες (εξώφυλλα, πίνακες)
5. Λοιπά στοιχεία

**1. Τεχνική περιγραφή αυτοκινητοδρόμου «Παναγιά –Κουλούρα»
της Εγνατίας Οδού**

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Τμήμα: ΠΑΝΑΓΙΑ –ΓΡΕΒΕΝΑ

(Κωδ. ΕΟΑΕ 4.1/3)

Τμήμα συνολικού μήκους 35,4 χλμ.. Πρόκειται για ένα από τα δυσχερέστερα από τεχνική άποψη τμήματα της Εγνατίας. Στο τμήμα αυτό η χάραξη διασχίζει τον ορεινό όγκο της Πίνδου διατρέχοντας περιοχές χλωρίδας και πανίδας ιδιαίτερης περιβαλλοντικής ευαισθησίας με σημαντικότερη τον οικότοπο της καφέ αρκούδας.

Μετά από έφεση που ασκήθηκε από τις οικολογικές οργανώσεις «Αρκτούρος» και WWF, το Συμβούλιο της Επικρατείας (ΣΤΕ) ακύρωσε το 1997 προϋπάρχουσα Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων που είχε εκδοθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ για το τμήμα αυτό. Λόγω της απόφασης αυτής του ΣΤΕ δεν πραγματοποιήθηκε η δημοπράτηση 3 εργολαβιών για την κατασκευή του τμήματος η οποία είχε προγραμματισθεί για το τέλος του 1997.

Μετά την ακύρωση των Περιβαλλοντικών Όρων η ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ ΑΕ, ανέθεσε μελέτη για την επανεξέταση της χάραξης και τον προσδιορισμό επιπρόσθετων προστατευτικών μέτρων. Διερευνήθηκαν τρεις εναλλακτικές χαράξεις με την συμβολή και ξένων εμπειρογνομόνων, προκειμένου να ικανοποιηθούν στον μέγιστο βαθμό οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις και υιοθετήθηκε νέα χάραξη, η οποία μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις περιοχές οικοτόπου της αρκούδας.

Τον Δεκέμβριο του 1998 εκδόθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ η νέα απόφαση προέγκρισης χωροθέτησης του τμήματος (αποφ. 35401/6918/30.12.98) με βάση την αναθεωρημένη χάραξη.

Ακολούθως το 1999 ανετέθη μελέτη για τη διερεύνηση της εναλλακτικής χάραξης στην περιοχή της Παναγιάς και επανεξέταση του ανισόπεδου κόμβου Παναγιάς και η εκπόνηση της Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

Εγκρίθηκε η προκαταρκτική μελέτη για την εναλλακτική χάραξη με κατασκευή σήραγγας στην περιοχή Παναγιάς καθώς και η προκαταρκτική μελέτη για τον Α/Κ Παναγιάς.

Ολοκληρώθηκε η ΜΠΕ και υποβλήθηκε στο ΥΠΕΧΩΔΕ προκειμένου να εκδοθούν οι Περιβαλλοντικοί Όροι. Η ΚΥΑ έγκρισης των Περιβαλλοντικών Όρων αναμένεται να εγκριθεί μέσα στο πρώτο τρίμηνο του 2000.

Το τμήμα αυτό προβλέπεται να κατασκευασθεί με τετράιχνη διατομή, πλάτους 22,0 μ., σύμφωνα με την τυπική διατομή της ΕΟΑΕ για δυσχερή τμήματα.

Μεταξύ των μεγάλων τεχνικών του τμήματος προβλέπονται να κατασκευασθούν 6 γέφυρες, συνολικού μήκους 2.250 μ., 1 Α.Δ. σύνδεσης του τμήματος με την Ε.Ο Γρεβενών –Καλαμπάκας, 13 διδυμες σήραγγες συνολικού μήκους ενός κλάδου 19.980μ. Επίσης περιλαμβάνεται η κατασκευή 3 ανισόπεδων κόμβων:

1. Α/Κ Παναγιάς στη Χ.Θ. 0+000
2. Α/Κ Βόλου στη Χ.Θ. 5+000
3. Δυτικός Α/Κ Γρεβενών στη Χ.Θ. 34+925(ταυτίζεται με τη Χ.Θ. 0+217).

Το τμήμα βρίσκεται υπό μελέτη και η δημοπράτησή του προγραμματίζεται μέχρι τέλος του 2000 με αρχές του 2001. Ήδη ανατέθηκαν στις 31-12-1999 τρεις μελέτες, συνολικού προϋπολογισμού 1,320 εκατ. δρχ. για την ολοκλήρωση των απαιτούμενων μελετών (γεωτεχνικών, οδοποιίας, τεχνικών, μελέτες κόμβων κλπ) του τμήματος.

Το τμήμα προγραμματίζεται να κατασκευασθεί με 3 εργολαβίες, συνολικού εκτιμώμενου προϋπολογισμού **105 δισ. δρχ.** :

1. Κατασκευή τμήματος 4.1.1 από ΧΘ 0+000 έως ΧΘ 8+200
(πίνακας 1: έργο αρ. 1, Συμβ. 920)
2. Κατασκευή τμήματος 4.1.2 από ΧΘ 8+200 έως ΧΘ 23+000
(πίνακας 1: έργο αρ. 2, Συμβ. 976)
3. Κατασκευή τμήματος 4.1.3 από ΧΘ 23+000 έως ΧΘ 34+925
(πίνακας 1: έργο αρ. 3, Συμβ. 978)

Τμήμα: ΓΡΕΒΕΝΑ – ΚΟΖΑΝΗ – ΠΟΛΥΜΥΛΟΣ (Κωδ.ΕΟΑΕ 4.1.5/6 έως 4.3)

Το τμήμα αυτό της Εγνατίας οδού, έχει μήκος 73 χλμ. περίπου και διασχίζει την Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας.

Προβλέπεται η κατασκευή πλήρους αυτοκινητοδρόμου με τετράιχνη διατομή, πλάτους 22μ. (δύο λωρίδες κυκλοφορίας και ΛΕΑ ανά κατεύθυνση και διαχωρισμό των κλάδων με new jersey).

Επίσης περιλαμβάνεται η κατασκευή πέντε (5) Α/Κ (Γρεβενών, Σιάτιστας, Κοζάνης, Καλαμιάς, Πολυμύλου)

Το τμήμα από Α/Κ Γρεβενών έως Α/Κ Πολυμύλου κατασκευάζεται με οκτώ (8) κύριες εγκατεστημένες εργολαβίες. Για δύο από αυτές έχει ήδη εκδοθεί Βεβαίωση Περαιώσης. Επίσης έχουν εγκατασταθεί άλλες 5 μικρές εργολαβίες ολοκλήρωσης.

Σε μεγάλο μήκος του τμήματος οι εργασίες έχουν σχεδόν ολοκληρωθεί. Μέχρι το τέλος του α' εξαμήνου του τρέχοντος έτους θα αρχίσει η σταδιακή απόδοση των τμημάτων σε κυκλοφορία ενώ μέχρι το τέλος του 2000 αναμένεται ότι θα κυκλοφορούνται 66 χλμ. του τμήματος. Ειδικότερα μέχρι το τέλος του α' εξαμήνου θα δοθούν σε κυκλοφορία τα τμήματα Σιάτιστα – Καλαμιά, μήκους 13 χλμ. (τμήμα 4.2.3) και Παράκαμψη Κοζάνης (Καλαμιά – Κοίλα), μήκους 11 χλμ. (τμήμα 4.2.4), ενώ τα τμήματα Γρεβενά – Σιάτιστα, μήκους 18 χλμ. (τμήμα 4.2.1/2) και Α/Κ Κοίλων – Α/Κ Πολυμύλου, μήκους 24 χλμ. (τμήμα 4.2.4 – 4.3.1/2) προγραμματίζονται να δοθούν σε κυκλοφορία μέχρι το τέλος του 2000.

Οι 13 εργολαβίες με τις οποίες κατασκευάζεται το τμήμα είναι οι ακόλουθες:

1. Παράκαμψη και Α/Κ Γρεβενών (πίνακας 1: έργο, αρ. 4)
(κωδ. ΕΟΑΕ 4.1.5/6 – Συμβ. 921)

Πρόκειται για λειτουργικά αυτόνομο τμήμα το οποίο δεν επηρεάζεται από το βιότοπο της καφέ αρκούδας. Το έργο περιλαμβάνει την πλήρη κατασκευή του τμήματος της Εγνατίας οδού, τετράιχνης διατομής πλάτους 22μ., που αφορά στην παράκαμψη της πόλης των Γρεβενών, μήκους 6,7 χλμ, από τη Χ.Θ. 0+217 έως τη Χ.Θ. 6+921.

Επίσης περιλαμβάνει τον Ανατολικό Α/Κ Γρεβενών στη Χ.Θ. 6+120, τη γέφυρα του Γρεβενιώτικου ποταμού μήκους 920 μ από Χ.Θ. 3+362 έως Χ.Θ. 4+282, τους προσωρινούς ισόπεδους κόμβους με τις Ε.Ο Γρεβενών – Καλαμπάκας και Ε.Ο Γρεβενών – Κοζάνης και το παράλληλο και κάθετο δίκτυο μήκους 3,0 χλμ.

Το έργο κατασκευάζεται με μία εργολαβία με ανάδοχο την Κ/Ξ ΑΛΦΑ ΑΤΕ-ΙΟΝΙΟΣ ΑΕ-ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΑΕ. Η Σύμβαση υπογράφηκε στις 12-08-1999 με ημερομηνία περαίωσης την 12-08-2002.

2. Γρεβενά – Κοζάνη – 1^ο υποτομήμα (πίνακας 1: έργο 5)
(Κωδ.ΕΟΑΕ 4.2.1 – Συμβ. 923)

Αντικείμενο της εργολαβίας είναι η κατασκευή τμήματος μήκους 6 χλμ. από Χ.Θ. 0+000 έως Χ.Θ. 6+000 με διατομή πλήρους αυτοκινητοδρόμου τετράιχνης διατομής πλάτους 22μ..

Στο συμβατικό αντικείμενο περιλαμβάνεται επίσης η κατασκευή των τεχνικών του έργου (6 Κάτω Διαβάσεις, 1 Άνω Διάβαση, 14 κιβωτοειδείς οχετούς και 3 τοίχους αντιστήριξης).

Το έργο δημοπρατήθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ και ανατέθηκε στις 2-9-1996 στην ανάδοχο Κ/Ξ ΙΟΝΙΟΣ ΑΕ-ΔΗΜΕΡ. Η εργολαβία ολοκληρώθηκε και εκδόθηκε Βεβαίωση Περαίωσης στις 30-6-1999.

3. Γρεβενά – Κοζάνη – 2^ο υποτομήμα (πίνακας 1: έργο 7)
(Κωδ.ΕΟΑΕ 4.2.2 – Συμβ. 924)

Το έργο περιλαμβάνει τις εργασίες κατασκευής αυτοκινητόδρομου, μήκους 13 χλμ., από Χ.Θ.6+000 έως Χ.Θ.18+860, τετράιχνης διατομής πλάτους 22μ., με τα συνοδά του έργα, των παράπλευρων και εγκάρσιων οδών και των μεγάλων και μικρών τεχνικών.

Περιλαμβάνεται η κατασκευή 8 μεγάλων τεχνικών:

- 3 γέφυρες: Τ1 μήκους 230μ. (Χ.Θ. 7+380–8+060), Τ5 μήκους 280μ.(Χ.Θ. 12+200–12+480) και Τ6 μήκους 280μ. (Χ.Θ. 14+248–14+528)
- 1 επίχωμα Τ2(Χ.Θ. 8+641–8+921),
- 1 Α/Δ στη Χ.Θ. 10+152,
- η διδυμη σήραγγα Ταξιάρχων μήκους 260μ. στη Χ.Θ. 8+946
- 2 Cut & Cover στις Χ.Θ. 12+520-έως Χ.Θ.12+860 και Χ.Θ. 9+166 έως 9+209

Επίσης περιλαμβάνεται η κατασκευή 30 μικρών τεχνικών (15 κιβωτοειδείς οχετοί, 8 οχετοί διαφόρων διατομών, 5 κάτω διαβάσεις, 2 μικρά τεχνικά στο επίχωμα Τ2 και τοίχοι αντιστήριξης μήκους 43 μ.).

Το έργο κατασκευάζεται με μία εργολαβία με ανάδοχο την ΑΕΓΕΚ ΑΤΕ. Η Σύμβαση υπογράφηκε στις 30-09-1997 με ημερομηνία ολοκλήρωσης την 18-03-2000. Αναμένεται να δοθεί παράταση έως τις 31-12-2000.

4. Α/Κ Σιάτιστας και Α/Κ Κοζάνης (πίνακας 1: έργο 8)
(Κωδ.ΕΟΑΕ 4.2.2/4 – Συμβ. 956)

Στα πλαίσια της εργολαβίας περιλαμβάνονται η κατασκευή του Α/Κ Σιάτιστας στο τμήμα “Αλιάκμονας – Κοζάνη” της Εγνατίας Οδού από Χ.Θ. 18+860 έως Χ.Θ. 20+560, η διαμόρφωση ισόπεδου κόμβου στη συμβολή της κάθετης οδού Κ1 με την υφιστάμενη Ε.Ο Γρεβενών – Κοζάνης, η κατασκευή του Α/Κ Κοζάνης που εντάσσεται στο υποτμήμα 4 από τη Χ.Θ. 42+600 έως τη Χ.Θ. 44+100 και τέλος η διαμόρφωση σηματοδοτούμενου ισόπεδου κόμβου στη συμβολή της Ε.Ο. Κοζάνης – Πτολεμαϊδας με την οδό Δρέπανου – Κοίλων. Η κατασκευή του Α/Κ Σιάτιστας περιλαμβάνει την κατασκευή των τεχνικών Τ2, Τ3 και Τ7 και πέντε(5) οχετών. Η κατασκευή του Α/Κ Κοζάνης περιλαμβάνει 2 γέφυρες Α.Δ., 2 γέφυρες Κ.Δ., 4 Κ.Δ., 4 οχετούς και 5 μικρά τεχνικά.

Το έργο κατασκευάζεται με μία εργολαβία με ανάδοχο την ΕΥΚΛΕΙΔΗΣ ΑΤΕ. Η Σύμβαση υπογράφηκε στις 24-08-1998 με τρέχουσα ημερομηνία ολοκλήρωσης την 31-12-2000.

5. Γρεβενά – Κοζάνη - 3^ο υποτμήμα (πίνακας 1: έργο 10)
(Κωδ.ΕΟΑΕ 4.2.3 – Συμβ. 955)

Το έργο περιλαμβάνει την πλήρη κατασκευή του αυτοκινητόδρομου τετράχηνς διατομής πλάτους 22μ., μήκους 10,6 χλμ., από τη Χ.Θ. 20+560 έως τη Χ.Θ. 31+100, με τα συνοδά του έργα και τα απαιτούμενα έργα προστασίας.

Το έργο περιλαμβάνει την κατασκευή 6 τεχνικών, 14 οχετών αποστράγγισης, δύο οχετών διέλευσης των δικτύων αναμονής και τριών οχετών στην κύρια τάφρο για τη συνέχιση της χάραξης των καθέτων οδών.

Το έργο κατασκευάζεται με μία εργολαβία με ανάδοχο την ΑΛΤΕ ΑΤΕ. Η Σύμβαση υπογράφηκε στις 26-09-1997 με ημερομηνία λήξης τις 31-12-1999. Η εργολαβία έχει ολοκληρωθεί και βρίσκεται στο στάδιο των επιμετρήσεων. Αναμένεται να δοθεί βεβαίωση περαίωσης του έργου.

6. Γρεβενά - Κοζάνη – 4^ο υποτμήμα (πίνακας 1: έργο 12)
(Κωδ.ΕΟΑΕ 4.2.4 – Συμβ. 926)

Περιλαμβάνει τις εργασίες κατασκευής αυτοκινητόδρομου τετράχηνς διατομής πλάτους 22μ., μήκους 19 χλμ., από τη Χ.Θ. 31+100 έως τη Χ.Θ. 42+600 και από τη Χ.Θ. 44+100 έως τη Χ.Θ. 51+340, με τα συνοδά του έργα (18 κιβωτοειδείς οχετούς, 5 Κ.Δ., 2 Α.Δ. και 4 μικρά τεχνικά – γέφυρες ροής), των παράπλευρων και εγκάρσιων οδών. Δεν περιλαμβάνεται η κατασκευή του Α/Κ Κοζάνης (βλέπε 4^η εργολαβία - 4.2.2/4 – Συμβ. 956). Η εργολαβία περιλαμβάνει την κατασκευή του Α/Κ Καλαμιάς στη Χ.Θ. 31+100.

Το έργο κατασκευάζεται με μία εργολαβία. Η Σύμβαση υπογράφηκε στις 06-09-1996 με ανάδοχο την ΑΕΓΕΚ ΑΤΕ με ημερομηνία περαίωσης την 28-02-2000. Η εργολαβία έχει πρακτικά ολοκληρωθεί και βρίσκεται στο στάδιο της τελικής επιμέτρησης.

7. Γαλάνι – Πολύμυλος (πίνακας 1: έργο 15)
(Κωδ.ΕΟΑΕ 4.3.1 – Συμβ. 927)

Η εργολαβία περιλαμβάνει την κατασκευή τμήματος 9,5 χλμ. περίπου, από Χ.Θ. 20+360 έως Χ.Θ. 29+740, τετράιχνης διατομής πλάτους 22μ. Το έργο δημοπρατήθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ στις 28-04-1995 και ανατέθηκε στην ΤΕΜΑΚ. Η εργολαβία ολοκληρώθηκε και εκδόθηκε βεβαίωση περαίωσης στις 30.12.1998.

8. Κόμβος Πολυμύλου και υπόλοιπα του τμήματος Γαλάνι – Πολύμυλος (πίνακας 1: έργο 16)
(Κωδ.ΕΟΑΕ 4.3.1/2 – Συμβ. 928)

Στο αντικείμενο της εργολαβίας περιλαμβάνονται η κατασκευή του τμήματος Πολύμυλος – Γαλάνι από Χ.Θ. 29+740 έως Χ.Θ. 34+338 με τα συνοδά έργα (3 Κ.Δ, 1 γέφυρα και 5 οχετοί), του ανισόπεδου κόμβου Πολυμύλου από τη Χ.Θ. 20+360 έως τη Χ.Θ. 19+350, καθώς και οι υπολειπόμενες εργασίες της προηγούμενης εργολαβίας. Το έργο κατασκευάζεται με μία εργολαβία από την ανάδοχο Κ/Ξ ΓΝΩΜΩΝ ΑΤΕ - ΑΛΦΑ ΑΤΕ. Η Σύμβαση υπογράφηκε στις 11-08-1997 με τρέχουσα ημερομηνία λήξης την 30-06-2000.

Για την ολοκλήρωση των παραπάνω τμημάτων δημοπρατήθηκαν και υπογράφηκαν πέντε (5) μικρές συμπληρωματικές συμβάσεις:

- **Γρεβενά – Κοζάνη – 1^ο υποτμήμα (Ολοκλήρωση εργασιών)**
(πίνακας 1: έργο 6)

(Κωδ.ΕΟΑΕ 4.2.1 – Συμβ. 973)

Πρόκειται για μικρή σύμβαση αποπεράτωσης του 1^{ου} υποτμήματος Γρεβενών -Κοζάνης.

Περιλαμβάνει εργασίες αποχέτευσης, αποστράγγισης και φύτευσης με υδροσπορά των πρανών.

- **Γρεβενά – Κοζάνη – 3^ο υποτμήμα (Ασφαλτικές εργασίες)**
(πίνακας 1: έργο 11)

(Κωδ.ΕΟΑΕ 4.2.3 – Συμβ. 985)

Πρόκειται για μικρή σύμβαση εκτέλεσης συμπληρωματικών εργασιών (ασφαλτικά, υδροσπορές, στηθαία) για την ολοκλήρωση του 3^{ου} υποτμήματος Γρεβενών -Κοζάνης της Εγνατίας Οδού ώστε να δοθεί στην κυκλοφορία.

- **Γρεβενά - Κοζάνη 4^ο υποτμήμα – Ασφαλτικές εργασίες**
(πίνακας 1: έργο 13)

(Κωδ.ΕΟΑΕ 4.2.4 – Συμβ. 979)

Η παρούσα σύμβαση αφορά στην εκτέλεση ασφαλτικών εργασιών με στόχο την απόδοση στην κυκλοφορία του τμήματος Καλαμιά-Κοίλα, μήκους περίπου 11 χλμ. (Χ.Θ. 31+100 έως Χ.Θ. 42+600).

- Συμπληρωματικές εργασίες από Χ.Θ.44+ 100 – Χ.Θ.51+340 στο 4^ο Υποτμήμα Γρεβενών – Κοζάνης και Α/Κ Καλαμιάς
(πίνακας 1: έργο 14)
(Κωδ.ΕΟΑΕ 4.2.4 – Συμβ. 982)

Αντικείμενο του έργου είναι η εκτέλεση συμπληρωματικών εργασιών στο 4^ο υποτμήμα Γρεβενών-Κοζάνης και στον Α/Κ Καλαμιάς. Περιλαμβάνονται εργασίες αποχέτευσης των ομβρίων με την κατασκευή τραπεζοειδούς τάφρου, εργασίες αποκατάστασης των αγροτικών οδών που αποκόπτονται και εργασίες αποστράγγισης στο τμήμα Χ.Θ.44+100 – Χ.Θ.51+340.

- Συμπληρωματικές εργασίες στα τμήματα Γρεβενά – Κοζάνη και Κοζάνη – Πολύμυλος
(πίνακας 1: έργο 9)

(κωδ. ΕΟΑΕ 4.2.2./4, 4.3.1 – Συμβ. 986)

Στην παρούσα σύμβαση περιλαμβάνονται συμπληρωματικές εργασίες ολοκλήρωσης στο 2^ο και 4^ο υποτμήμα Γρεβενών – Κοζάνης (Χ.Θ. 13+600 έως Χ.Θ.18+860 και Χ.Θ. 31+100 έως Χ.Θ. 51+340) και στο τμήμα Κοζάνη – Πολύμυλος (Χ.Θ. 20+360 έως Χ.Θ. 29+740).

Πρόκειται για έργα αποχέτευσης – αποστράγγισης, εργασίες προστασίας πρανών , αποκατάσταση του αγροτικού δικτύου της περιοχής, ασφαλικές εργασίες κλπ.

Τμήμα: ΠΟΛΥΜΥΛΟΣ-ΛΕΥΚΟΠΕΤΡΑ-ΒΕΡΟΙΑ-ΚΟΥΛΟΥΡΑ (κωδ. ΕΟΑΕ 5.0)

Το τμήμα αυτό της Εγνατίας οδού έχει μήκος 34,5 χλμ. Τα πρώτα 25 χλμ από τον Πολύμυλο έως την Βέροια διασχίζουν τον ορεινό όγκο του Βερμίου (Παράκαμψη Καστανιάς). Απαιτείται η κατασκευή πολλών και σημαντικών τεχνικών έργων (12 διδυμες σήραγγες συνολικού μήκους μετρούμενο σε μονό κλάδο 12.925μ., 3 διπλά C&C συνολικού μήκους ενός κλάδου 950μ. και 10 χαραδρογεφυρών συνολικού μήκους 2.100μ)

Προβλέπεται η κατασκευή πλήρους αυτοκινητοδρόμου με διατομή τετράιχνη πλάτους 22μ (δύο λωρίδες κυκλοφορίας και ΛΕΑ ανά κατεύθυνση και διαχωρισμό των κλάδων με new jersey).

Επίσης περιλαμβάνεται η κατασκευή δύο Α/Κ (Βέροιας, Κουλούρας).

Το τμήμα κατασκευάζεται με τις παρακάτω δύο εργολαβίες κατασκευής:

1. **Πολύμυλος – Λευκόπετρα (πίνακας 1: έργο17)**
(κωδ. ΕΟΑΕ 5.1 – Συμβ. 929)

Αντικείμενο του έργου είναι η πλήρης κατασκευή του τμήματος της Εγνατίας Οδού από Πολύμυλο έως Λευκόπετρα, συνολικού μήκους περίπου 13 χλμ., από τη Χ.Θ.33+908 έως τη Χ.Θ. 21+000 και τετράιχνης διατομής πλάτους 22μ.

Περιλαμβάνει την κατασκευή των χωματοургικών εργασιών, όλων των απαιτούμενων τεχνικών, μεταξύ των οποίων 1 Α.Δ.(G13) στη Χ.Θ. 33+338, 6 κοιλαδογέφυρες συνολικού μήκους 1.600μ. περίπου ανά κλάδο και μεγίστου ανοίγματος 120μ., 6 δίδυμες σήραγγες με διάτρηση συνολικού μήκους μονού κλάδου 8.980μ. και 3 σήραγγες Cut & Cover συνολικού μήκους μονού κλάδου 950 μ. Περιλαμβάνει επίσης όλες τις εργασίες οδοστρωσίας, ασφαλτικών, εξοπλισμού της οδού και των σηράγγων και εγκατάστασης υποδομής έργων πρασίνου.

Το έργο κατασκευάζεται με μία εργολαβία από την ανάδοχο Κ/Ξ ΑΤΤΙ-ΚΑΤ ΑΤΕ – Κ.Ι.ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΕ – J&P(HELLAS) ΑΤΕ – ΤΕΓΚ ΑΕ. Η Σύμβαση υπογράφηκε στις 30-06-1999 με ημερομηνία ολοκλήρωσης την 19-04-2003. 2004

2. Λευκόπετρα -Βέροια-Κουλούρα (πίνακας 1: έργο17)

(κωδ. ΕΟΑΕ 5.2/3 – Συμβ. 930)

Πλήρης κατασκευή του τμήματος από Λευκόπετρα μέχρι Βέροια μήκους 12χλμ. από τη Χ.Θ.21+610 έως τη Χ.Θ. 9+694, και διατομής 22μ., και διαπλάτυνση σε συνολική διατομή 24,5μ. του τμήματος από Βέροια μέχρι Κουλούρα μήκους 9,7 χλμ. από τη Χ.Θ.9+694 έως τη Χ.Θ. 0+000, συμπεριλαμβανομένου του Α/Κ Βέροιας (Χ.Θ.9+694 – Χ.Θ.8+752), της ολοκλήρωσης του υφιστάμενου Α/Κ Κουλούρας (Χ.Θ.1+320 – Χ.Θ.0+000), και της αναμόρφωσης της εισόδου Βέροιας.

Περιλαμβάνει όλες τις χωματοургικές εργασίες και όλα τα απαιτούμενα τεχνικά, μεταξύ των οποίων 1 Α.Δ. στη Χ.Θ.19+675 μήκους 60μ., 4 κοιλαδογέφυρες συνολικού μήκους 550μ. περίπου ανά κλάδο και μεγίστου ανοίγματος 105μ. και 6 δίδυμες σήραγγες με διάτρηση, συνολικού μήκους μονού κλάδου 3.945μ. Περιλαμβάνει επίσης όλες τις εργασίες οδοστρωσίας, ασφαλτικών, εξοπλισμού της οδού και των σηράγγων και εγκατάστασης υποδομής έργων πρασίνου.

Το έργο κατασκευάζεται με μία εργολαβία με την ανάδοχο Κ/Ξ ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ – ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΕ – ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑΚΗ ΑΕ – Ι.Γ.ΚΟΡΟΝΤΖΗΣ ΑΕ. Η Σύμβαση υπογράφηκε στις 07-12-1998 με ημερομηνία περαίωσης την 07-12-2001. 2002

2. Στοιχεία κόστους κατασκευής του τμήματος «Παναγιά - Κουλούρα» της Εγνατίας Οδού (απολογιστικά στοιχεία)

SECTOR 5.0 POLIMILOS - KOULOURA										
Scheme No	EOAE Contract No	Expenditure incurred <31.12.1999	2000		2001	2002	2003	>2003	TOTAL COST	Assistance (ERDF, Cohesion Fund, INTEREG,...) (approved)
			SECTION PANAGIA - GREVENA							
1	4.1.1	920		260	276	8.431	10.457	16.354	10.002	ERDF 3rd C.S.F.
2	4.1.2	976		260	254	8.407	10.457	16.354	10.002	ERDF 3rd C.S.F.
3	4.1.3	978		260	257	4.845	5.914	8.970	6.698	ERDF 3rd C.S.F.
SECTION GREVENA - POLIMILOS										
4	4.1.5/6	921		3.786	5.849	6.352	2.146	0	0	ERDF 2nd & 3rd C.S.F.
5	4.2.1	923		3.875	74	0	0	0	0	ERDF 2nd C.S.F.
6	4.2.1	973		1.581	145	0	0	0	0	ERDF 2nd C.S.F.
7	4.2.2	924		10.363	5.630	2.289	2.594	0	0	ERDF 2nd & 3rd C.S.F.
8	4.2.2/4	956		1.919	2.092	1.776	0	0	0	ERDF 2nd & 3rd C.S.F.
9	4.2.2/4 & 4.3.1	986		498	1.076	0	0	0	0	ERDF 2nd C.S.F.
10	4.2.3	955		5.356	626	0	0	0	0	ERDF 2nd C.S.F.
11	4.2.3	985		599	1.024	0	0	0	0	ERDF 2nd C.S.F.
12	4.2.4	926		7.004	1.121	0	0	0	0	ERDF 2nd C.S.F.
13	4.2.4	979		971	585	0	0	0	0	ERDF 2nd C.S.F.
14	4.2.4	982		877	673	0	0	0	0	ERDF 2nd C.S.F.
15	4.3.1	927		3.822	22	0	0	0	0	ERDF 2nd C.S.F.
16	4.3.1/2	928		3.967	2.648	1.075	0	0	0	ERDF 2nd & 3rd C.S.F.
SECTION POLIMILOS - KOULOURA										
17	5.1	929		12.787	8.674	8.934	12.101	14.301	29.788	ERDF 2nd & 3rd C.S.F.
18	5.2/3	930		10.402	10.885	12.376	12.903	14.749	0	ERDF 2nd & 3rd C.S.F.
TOTAL				68.585	41.911	54.486	56.573	70.728	56.491	348.774

Table 1: Technical Characteristics of each scheme

SECTOR 4.0 PANAGIA - POLIMILOS

SECTOR 5.0 POLIMILOS - KOULOURA

Scheme No	Section/status/ Contractor/ Contract No	Title of scheme/Description of works (type, structures, buildings, equipment,...)	Section (from/to) (km)	Length on Egnatia (km)	No Lanes/ width (m)	Pavement details	Geometric standards	Design speed (km/hr)	Estimated capacity veh./day
SECTION PANAGIA - GREVENA									
1	4.1.1/(under design)/Contract 920	Panagia - Grevena (1st) Construction of main road twin tunnels - Panagia I/C - Volo I/C	0+000-8+200	8,20	2*(3,75+3,50+2,5)+2,5 22	0,64	min R=900 min Hw=10000 min Hk=25000 max i=2,5 %	120	5004
2	4.1.2/(under design)/Contract 976	Panagia - Grevena (2nd) Construction of main road twin tunnels	8+200-23+000	14,8	2*(3,75+3,50+2,5)+2,5 22	0,64	min R=1000 min Hw=10000 min Hk=20000 max i=4,4 %	120	5004
3	4.1.3/(under design)/Contract 978	Panagia - Grevena (3rd) Construction of main road twin tunnels	23+000-34+925 + 0+217	12,35	2*(3,75+3,50+2,5)+2,5 22	0,64	min R=1000 min Hw=10000 min Hk=20000 max i=2,2 %	120	5004
SECTION GREVENA - POLIMILOS									
4	4.1.5/6/(under construction)/JV ALFA ATE - IONIOS AE - POLYTECHNIKI AE/Contract 921	Grevena Bypass Construction of main road bridge at ch.3+362 to ch.4+282 and East Grevena I/C at ch.6+120	0+217-6+921	6,60	2*(3,75+3,50+2,5)+2,5 22	0,64	min R=3500 min Hw=12000 min Hk=20000 max i=4,8 %	120	4292
5	4.2.1/(completed)/JV IONIOS AE - DIMER/Contract 923	Grevena - Kozani, 1st subsection Construction of main road	0+000-6+000	6,00	2*(3,75+3,50+2,5)+2,5 22	0,64	min R=800 min Hw=10000 min Hk=18000 max i=3,5 %	120	6915
6	4.2.1/(under construction)/AE/GEK ATE/Contract 973	Grevena - Kozani 1st subsection (Drainage) Remaining works of 4.2.1(No 923) contract:drainage and hydroseeding works	-						
7	4.2.2/(under construction)/AE/GEK ATE/Contract 924	Grevena - Kozani 2nd subsection Construction of main road twin tunnels (T1,T5,T6) - 1 twin tunnel (Taxiarches) and 2 Cut & Covers	6+000-18+860	12,86	2*(3,75+3,50+2,5)+2,5 22	0,64	min R=800 min Hw=10000 min Hk=18000 max i=5,0 %	120	6915
8	4.2.2/4/(under construction) /EFKLIDIS ATE/Contract 956	Siatista I/C & Kozani I/C Construction of structures:Siatista I/C - Kozani I/C	18+860-20+560 42+600-44+100	1,70 1,50	2*(3,75+3,50+2,5)+2,5 22 2*(3,75+3,50+2,5)+2,5 22	0,64	min R=1250 min Hw=20000 min Hk=20000 max i=5,0 %	120	
9	4.2.2/4 & 4.3.1/(under construction) /TEMAK AE/Contract 986	Completion works in sections Grevena Kozani & Kozani-Polimilos Drainage, paving and asphaltic works							
10	4.2.3/(under construction)/ ALTE ATE /Contract 955	Grevena - Kozani 3rd subsection Construction of main road	20+560-31+100	10,54	2*(3,75+3,50+2,5)+2,5 22	0,64	min R=1250 min Hw=15000 min Hk=17000 max i=1,3 %	120	18372

Table 1: Technical Characteristics of each scheme

SECTOR 4.0 PANAGIA - POLIMILOS

SECTOR 5.0 POLIMILOS - KOULOURA

Scheme No	Section/status/ Contractor/ Contract No	Title of scheme/Description of works (type, structures, buildings, equipment,...)	Section (from/to) (km)	Length on Egnatia (km)	No Lanes/ width (m)	Pavement details	Geometric standards	Design speed (km/hr)	Estimated capacity veh./day
11	4.2.3/(under construction)/ GNOMON ATE /Contract 985	Grevena - Kozani 3rd subsection (asphaltic works) Completion works:Asphaltic, hydroseeding and marking works	31+100-42+600	11,50	22	0,64	min R=1000 min Hw=11000 minHk=17000 max I=3,2 %	120	7117
12	4.2.4/(under construction)/AEGEK ATE /Contract 926	Grevena - Kozani 4th subsection Construction of main road Construction of Kalamia I/C at ch.31+100	44+100-51+340(=34+338)	7,24	22	0,64	min R=1000 min Hw=11000 minHk=17000 max I=3,2 %	120	7117
13	4.2.4/(under construction)/IONIOS AE/Contract 979	Grevena - Kozani 4th subsection. Asphaltic works (ch.31+100-42+600) Completion works:Asphaltic							
14	4.2.4/(under construction)/ ETANE-EFKLIDIS ATE/Contract 982	Supplementary works from ch. 31+100 ch. 51+340 in 4th subsection Grevena - Kozani and Kalamia I/C Reconstruction of rural roads and drainage works							
15	4.3.1/(completed)/TEMAK/Contract 927	Galani - Polimilos Construction of main road	29+740-20+360	9,38	22	0,64	min R=2000 min Hw=13000 minHk=16000 max I=1,9 %	120	15208
16	4.3.1/2/(under construction)/J/V GNOMON ATE - ALFA ATE /Contract 928	Completion works in section Galani - Polimilos & Polimilos I/C Construction of main road Construction of Polimilos I/C at	34+338-29+740 20+360-19+360 (=33+808)	4,60 1,00 34,5	22 5 21,50 22	0,64	min R=2000 min Hw=13000 minHk=16000 max I=1,9 %	120	
SECTION POLIMILOS - KOULOURA									
17	5.1/(under construction)/ JV "ATTI-KAT ATE K.I.SARANTOPOULOS AE - J&P (HELLAS) ATE- EGK AE" Contract 929	Polimilos - Lefkopetra Construction of main road Construction of structures: 6 bridges - 6 twin tunnels and 3 Cut & Covers	33+908-21+000 (=21+610)	12,90	22	0,64	min R=750 min Hw=10000 minHk=25000 max I=5,0 %	120	15208
18	5.2/3/(under construction)/ JV AKTOR ATE - MICHANIKI A.E - TECHNIKI OLYMPIAKI A.E - I.G. KORONTZIS A.E./Contract 930	Lefkopetra - Veria - Kouloura Construction of main road Construction of structures: 4 bridges - 6 twin tunnels - Veria I/C (ch.:9+694 - 8+752) and Kouloura I/C (ch.:1+320 - 0+000) Lefkopetra - Veria I/C Veria Veria - Kouloura I/C Kouloura	21+610-9+694,6 9+694,6-8+752 8+752-1+319,73 1+319,73-0+000	11,90 0,95 7,40 1,32	22 22 22 24,5	0,64	min R=650 min Hw=10000 minHk=20000 max I=5,5 % min R=1000 min Hw=8700 minHk=25000 max I= 2,0 %	120	15208 34058

SECTOR 4.0 PANAGIA - POLIMILOS
SECTOR 5.0 POLIMILOS - KOULOURA

Scheme No	EOAE Contract No	Expenditure incurred <31.12.1999	2000	2001	2002	2003	>2003	TOTAL COST	Assistance (ERDF, Cohesion Fund, INTEREG,....) (approved)
1 4.1.1	920								ERDF 3rd C.S.F.
Construction		0		7261	9442	14766	9031	40.500	
Expropriations		0		80				80	
Public Corporations		0		218	283	443	271	1.215	
Design		241	276	282				799	
Engineering , Supervision		18		590	732	1.145	700	3.185	
Total		260	276	8.431	10.457	16.354	10.002	45.780	
2 4.1.2	976								ERDF 3rd C.S.F.
Construction		0		7.261	9.442	14.766	9.031	40.500	
Expropriations				80				80	
Public Corporations				218	283	443	271	1.215	
Design		241	236	260				737	
Engineering , Supervision		18	18	589	732	1.145	700	3.201	
Total		260	254	8.407	10.457	16.354	10.002	45.734	
3 4.1.3	978								ERDF 3rd C.S.F.
Construction		0		4.013	5.340	8.099	6.048	23.500	1.000 tollstation
Expropriations				80				80	
Public Corporations				120	160	243	181	705	
Design		241	239	292				772	
Engineering , Supervision		18	18	339	414	628	469	1.886	
Total		260	257	4.845	5.914	8.970	6.698	26.943	
4 4.1.5/6	921								ERDF 2nd & 3rd C.S.F.
Construction		3.040	4.952	5.732	1.996			15.720	15.720
Expropriations		7	250					257	
Public Corporations		85	160	150				395	
Design		388	78	25				491	
Engineering , Supervision		265	409	445	150	0	0	1.289	
Total		3.786	6.849	6.352	2.146	0	0	18.133	
5 4.2.1	923								ERDF 2nd C.S.F.
Construction		3.236	69					3.305	3.305
Expropriations		95						95	
Public Corporations		109						109	
Design		164						164	
Engineering , Supervision		271	5	0	0	0	0	276	
Total		3.875	74	0	0	0	0	3.949	
6 4.2.1	973								ERDF 2nd C.S.F.
Construction		1.470	135					1.605	1.605
Expropriations								0	
Public Corporations								0	
Design								0	
Engineering , Supervision		111	10	0	0	0	0	121	
Total		1.581	145	0	0	0	0	1.726	
7 4.2.2	924								ERDF 2nd & 3rd C.S.F.
Construction		9.323	5.236	2.129	2.412			19.100	19.100
Expropriations		125						125	
Public Corporations		6						6	
Design		183						183	
Engineering , Supervision		725	394	160	182	0	0	1.461	
Total		10.363	6.630	2.289	2.594	0	0	20.876	
8 4.2.2/4	956								ERDF 2nd & 3rd C.S.F.
Construction		1.149	1.941	1.652				4.742	4.742
Expropriations		445						445	
Public Corporations		191	5					196	
Design								0	
Engineering , Supervision		134	146	124	0	0	0	405	
Total		1.919	2.092	1.776	0	0	0	5.788	
9 4.2.2/4&4.3.1	986								ERDF 2nd C.S.F.
Construction		463	1.001					1.464	1.464
Expropriations								0	
Public Corporations								0	
Design								0	
Engineering , Supervision		35	75	0	0	0	0	110	
Total		498	1.076	0	0	0	0	1.574	

SECTOR 4.0 PANAGIA - POLIMILOS
SECTOR 5.0 POLIMILOS - KOULOURA

Scheme No	EOAE Contract No	Expenditure incurred <31.12.1999	2000	2001	2002	2003	>2003	TOTAL COST	Assistance (ERDF, Cohesion Fund, INTEREG,...) (approved)
10 4.2.3	955								ERDF 2nd C.S.F.
Construction		4.418	582					5.000	5.000
Expropriations		384						384	
Public Corporations		17						17	
Design		162						162	
Engineering , Supervision		375	44	0	0	0	0	419	
Total		5.356	626	0	0	0	0	5.981	
11 4.2.3	985								ERDF 2nd C.S.F.
Construction		557	952					1.509	1.509
Expropriations								0	
Public Corporations								0	
Design								0	
Engineering , Supervision		42	72	0	0	0	0	114	
Total		599	1.024	0	0	0	0	1.623	
12 4.2.4	926								ERDF 2nd C.S.F.
Construction		5.659	809					6.468	6.468
Expropriations		395	150					545	
Public Corporations		186	70					256	
Design		274	13					288	
Engineering , Supervision		490	78	0	0	0	0	569	
Total		7.004	1.121	0	0	0	0	8.125	
13 4.2.4	979								ERDF 2nd C.S.F.
Construction		903	544					1.447	1.447
Expropriations								0	
Public Corporations								0	
Design								0	
Engineering , Supervision		68	41	0	0	0	0	109	
Total		971	585	0	0	0	0	1.556	
14 4.2.4	982								ERDF 2nd C.S.F.
Construction		816	626					1.442	1.442
Expropriations								0	
Public Corporations								0	
Design								0	
Engineering , Supervision		61	47	0	0	0	0	109	
Total		877	673	0	0	0	0	1.551	
15 4.3.1	927								ERDF 2nd C.S.F.
Construction		2.835	20					2.855	2.855
Expropriations		247						247	
Public Corporations		473						473	
Design								0	
Engineering , Supervision		268	2	0	0	0	0	269	
Total		3.822	22	0	0	0	0	3.843	
16 4.3.1/2	928								ERDF 2nd & 3rd C.S.F.
Construction		2.134	2.356	1.000				5.490	5.490
Expropriations		193	7					200	
Public Corporations		1.362	100					1.462	
Design		0						0	
Engineering , Supervision		278	185	75	0	0	0	538	
Total		3.967	2.648	1.075	0	0	0	7.691	
17 5.1	929								ERDF 2nd & 3rd C.S.F tollstation
Construction		10.767	7.149	8.109	11.254	13.300	27.703	78.282	77.282
Expropriations			150					150	
Public Corporations		184	210	200				594	
Design		941	558					1.499	
Engineering , Supervision		895	607	625	847	1.001	2.085	6.061	
Total		12.787	8.674	8.934	12.101	14.301	29.788	86.586	
18 5.2/3	930								ERDF 2nd & 3rd C.S.F
Construction		8.579	9.000	11.000	12.000	13.717		54.296	54.296
Expropriations		126	350	50				526	
Public Corporations		105	500	460				1.065	
Design		863	273					1.136	
Engineering , Supervision		728	762	866	903	1.032	0	4.292	
Total		10.402	10.885	12.376	12.903	14.749	0	61.315	
Construction		55.349	35.372	48.157	51.886	64.848	51.813	307.225	
Expropriations		2.017	907	290	0	0	0	3.214	
Public Corporations		2.717	1.045	1.366	727	1.129	723	7.707	
Design		3.701	1.673	859	0	0	0	6.233	
Engineering , Supervision		4.801	2.914	3.814	3.960	4.951	3.954	24.395	
TOTAL		68.585	41.911	54.486	56.573	70.728	56.491	348.774	

Table 2: Cost Breakdown

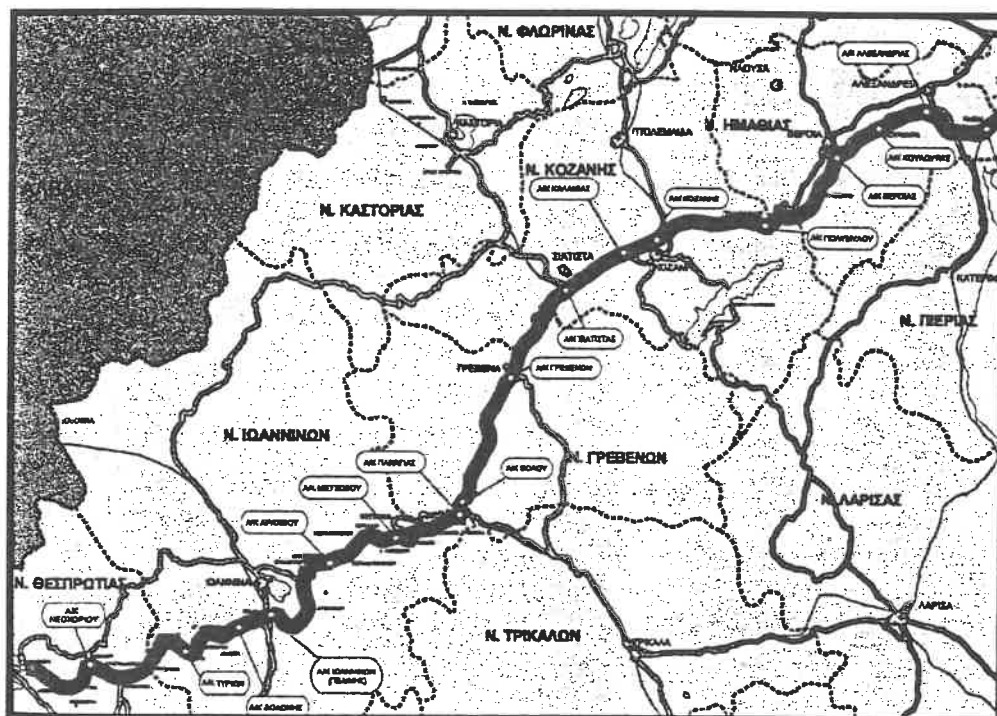
General expenses + Contractor's profit (18%)
miscellaneous, studies etc

General expenses + Contractor's profit (18%)
miscellaneous, studies etc

3. Οικονομοτεχνική Μελέτη Σκοπιμότητας Κατασκευής του τμήματος «Παναγιά – Κουλούρα» της Εγνατίας Οδού (τμήμα της Τελικής Έκθεσης-TRADEMCΟ Ε.Π.Ε., 2000)



**ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ
"ΠΑΝΑΓΙΑ - ΚΟΥΛΟΥΡΑ"
ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ**



ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

R2279

Απρίλιος 2000

4. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ

4.1: Κόστος Κατασκευής και Διαχρονική Κατανομή

Το συνολικό κόστος κατασκευής του οδικού τμήματος Παναγιά-Κουλούρα προσδιορίστηκε από πρόσφατα στοιχεία της ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε. που αφορούν επιμέρους υποτμήματα και εργολαβίες.

Είναι φανερό ότι, καθόσον η μελέτη σκοπιμότητας αφορά το σύνολο του τμήματος - παρ' ότι υπάρχουν υποτμήματα υπό κατασκευή - και επομένως θα συνυπολογιστούν και οι ωφέλειες στο σύνολό τους, θα ληφθεί υπόψη το συνολικό κόστος κατασκευής και όχι το υπολειπόμενο.

Με βάση τα στοιχεία που δόθηκαν, προκύπτει ο παρακάτω Πίνακας 4.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1. ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΡΓΟΥ

Υποτμήμα	ΧΛΜ	Κατάσταση	Εκτιμώμενο κόστος (δισ δρχ.)	Ημερ. Έναρξης*	Εκτιμώμενη Ημερομηνία Περάτωσης	Εκτιμώμενο έτος απόδοσης στην κυκλοφορία
Παναγιά - Γρεβενά	35,35	Υπό μελέτη	103,500	5/2001 (εκτιμώμενη)	5/2004	αρχή 2005
Παράκ. Γρεβενών	6,70	Υπό κατασκευή	15,750	8/1999	8/2002	αρχή 2003
Γρεβενά - Κοζάνη α'	5,30	Περαιωμένο	4,908	9/1996	8/1999	αρχή 2001
Γρεβενά - Κοζάνη β'	13,50	Υπό κατασκευή	16,024	10/1997	7/2000	αρχή 2001
Γρεβενά - Κοζάνη γ'	10,60	Υπό κατασκευή	6,800	9/1997	7/2000	αρχή 2001
Γρεβενά - Κοζάνη δ'	19,60	Υπό κατασκευή	9,615	9/1996	7/2000	αρχή 2001
ΑΚ Σιάτιστας & Κοζάνης	2,00	Υπό κατασκευή	4,552	8/1998	2/2000	αρχή 2001
Γαλάνι - Πολύμυλος (και Α/Κ Πολυμύλου)	15,00	Υπό κατασκευή	6,544	5/1995	10/2000	αρχή 2001
Πολύμυλος - Λευκόπετρα	13,00	Υπό κατασκευή	75,000	10/1999	4/2003	αρχή 2004
Λευκόπετρα - Κουλούρα	21,50	Υπό κατασκευή	51,335	12/1999	4/2003	αρχή 2004**
Παναγιά - Κουλούρα	142,55		294,028			

*Υπολογίζεται ως ημερομηνία υπογραφής σύμβασης.

**Το υποτμήμα Βέροια-Κουλούρα (7 χλμ.) αναμένεται να δοθεί στην κυκλοφορία αρχές του 2002..

Οι τιμές κόστους αναφέρονται σε τρέχουσες τιμές του έτους έναρξης κατασκευής του έργου, πλην αυτών που οι εργασίες δεν έχουν αρχίσει. Καθόσον η ανάλυση κόστους/οφέλους γίνεται σε σταθερές τιμές έτους βάσης, θα πρέπει να προσδιοριστεί το συνολικό κόστος σε σταθερές τιμές 1999 (έτος βάσης).

Για το λόγο αυτό, οι επιμέρους τιμές του υποτμήματος Γρεβενά - Πολύμυλος που είναι υπό κατασκευή αναπροσαρμόζονται με τιμές πληθωρισμού: (1995-1996: 6%, 1996-1997: 5%, 1997-1998: 4%, 1998-1999: 3%).

Έτσι προκύπτει κόστος (σταθερές τιμές 1999):

Παναγιά - Γρεβενά1:	103,500 δισ δρχ.
Γρεβενά1 - Πολύμυλος:	68,850 δισ δρχ.
Πολύμυλος - Κουλούρα:	126,335 δισ δρχ.
ΣΥΝΟΛΟ Παναγιά - Κουλούρα:	298,685 δισ δρχ.

Το κόστος αυτό περιέχει ΦΠΑ, φόρους και δασμούς. Για τους σκοπούς της ανάλυσης κόστους/οφέλους σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο, πρέπει να ληφθούν υπόψη μόνο οικονομικές (κοινωνικές) τιμές.

Από την ανάλυση του κόστους προκύπτει ότι το ΦΠΑ ανέρχεται κατά μέσο όρο σε 15% περίπου, ενώ γίνεται δεκτό και ένα ποσοστό 5% που αφορά άλλους φόρους και δασμούς.

Επομένως, το οικονομικό κόστος του έργου ανέρχεται σε 80% του ιδιωτικού κόστους δηλ. σε περίπου 239 δις δρχ. (σταθερές τιμές 1999).

Με βάση στοιχεία προϋπολογισμού/προμέτρησης κόστους εργασιών του τμήματος Πολύμυλος - Λευκόπετρα - Κουλούρα, από το συνολικό κόστος το 25% αφορά γενικά έξοδα (ΓΕ+ΟΕ), απρόβλεπτα, αμοιβές μελετών και αναθεώρηση.

Από το κόστος των εργασιών (το 75% του συνόλου), η κατανομή σε επιμέρους ομάδες εργασιών είναι: Τεχνικά έργα (80%), Ηλεκτρομηχανολογικά (9%), Χωματουργικά (5%), Οδοστρώσια/ασφαλτικά (3%) και λοιπά (3%).

Η μεγάλη συμβολή των τεχνικών έργων στο σύνολο του κόστους προέρχεται από το μεγάλο αριθμό σηράγγων που απαιτούνται.

Με βάση στοιχεία άλλων αντίστοιχων έργων, το κόστος των εργατικών σε όλη τη διάρκεια κατασκευής του έργου θα ανέλθει σε 45% περίπου, ενώ αυτό των υλικών σε 55% περίπου. Από αυτό εκτιμάται ότι ένα 15% αφορά εισαγόμενα υλικά (κυρίως μηχανήματα και εξοπλισμό), ενώ το 40% αφορά εγχώρια υλικά.

Σημειώνεται ότι δεν λαμβάνονται υπόψη κόστος κατασκευής (και λειτουργίας) σταθμών διοδίων καθώς αποτελούν υποδομή εκμετάλλευσης και τυχόν έσοδα από διόδια δεν αποτελούν αντικείμενο μιας κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης και επομένως δεν υπολογίζονται. Σε κάθε περίπτωση, το κόστος κατασκευής σταθμών διοδίων είναι πολύ μικρό σε σχέση με το κόστος κατασκευής της οδικής υποδομής.

Πιο συγκεκριμένα, με βάση τη μελέτη ΧΔΕΟ προβλέπονται δύο μετωπικοί σταθμοί διοδίων, ένας μεταξύ Παναγιάς και Γρεβενών και ένας μεταξύ Πολύμυλου και Βέροιας.

Το συνολικό κόστος κατασκευής των δύο σταθμών διοδίων είναι 3 δις.δρχ. πλέον 10% για πληρωτικό εξοπλισμό δηλαδή της τάξης των 3,3 δις δρχ., (μόλις 1,2% επιπλέον του κόστους κατασκευής του εξεταζόμενου τμήματος). Σε οικονομικές (κοινωνικές) τιμές αυτό ανέρχεται σε 2,64 δις.δρχ. Γίνεται δεκτό ότι αυτό θα δαπανηθεί το τελευταίο έτος κατασκευής του οδικού έργου που εξετάζεται, δηλαδή το 2004.

Το κόστος κατασκευής των σταθμών διοδίων περιλαμβάνει εκτός της καθ' αυτό κατασκευής, σήραγγα διέλευσης, θαλαμίσκους, περιβάλλοντα χώρο, αποχέτευση/ύδρευση, στέγαστρο και μικρά τεχνικά κυκλοφοριακής διευθέτησης.

Η διαχρονική κατανομή της συνολικής οικονομικής δαπάνης του έργου εκτιμάται με βάση τη στατιστική καμπύλη S (Πηγή 2). Με βάση αυτή και ανάλογα με την περίοδο κατασκευής ενός οδικού τμήματος, τα ποσοστά κατανομής του κόστους προσδιορίζονται ως εξής:

- Περίοδος 3 ετών: 1^ο έτος (10%) - 2^ο έτος (54%) - 3^ο έτος (36%)
- Περίοδος 4 ετών: 1^ο έτος (5%) - 2^ο έτος (27%) - 3^ο έτος (48%) - 4^ο έτος (20%)
- Περίοδος 5 ετών: 1^ο έτος (3%) - 2^ο έτος (15%) - 3^ο έτος (33%) - 4^ο έτος (37%) - 5^ο έτος (12%)

Γίνεται δεκτή - κατά προσέγγιση - περίοδος κατασκευής για το εξεταζόμενο έργο ίση με 8 έτη, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 4.1.

Με βάση αυτή, διαμορφώνεται ο παρακάτω Πίνακας 4.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2. ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (δισ δρχ.)

		ΕΤΟΣ							
Υπομήμα		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Παναγιά - Γρεβενά	Διάρκεια % κατανομή κόστος								
						5% 5,175	27% 27,945	48% 49,680	20% 20,700
Γρεβενά - Πολύμυλος	Διάρκεια % κατανομή κόστος								
		5% 3,440	27% 18,590	48% 33,050	20% 13,770				
Πολύμυλος - Κουλούρα	Διάρκεια % κατανομή κόστος								
				3% 3,790	15% 18,950	33% 41,690	37% 46,745		
ΣΥΝΟΛΟ	Διάρκεια Κόστος								
		3.440	18.590	36.840	32.720	46.865	74.690	64.840	20.700
Σταθμοί Διοδίων									3.300
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ		2.755	14.875	29.475	26.180	37.495	59.760	51.880	19.200

4.2. Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας

Οι δαπάνες συντήρησης περιλαμβάνουν:

- Την ετήσια συντήρηση.
- Την περιοδική (ανά δεκαετία) συντήρηση.

Ο προσδιορισμός των δαπανών αυτών προέρχεται από ανάλυση (Πηγή 3) των επιμέρους εργασιών αντίστοιχων έργων.

Έγινε κατάλληλη επικαιροποίησή - με δείκτες πληθωρισμού - από το 1994 στο 1999 (προσαύξηση κατά 30% περίπου) και προέκυψε για αυτοκινητόδρομο 2+2 λωρίδων κυκλοφορίας:

- Ετήσια συντήρηση: 8 εκατ. δρχ/χλμ.
- Περιοδική συντήρηση: 64 εκατ. δρχ/χλμ.

Οι σχετικές υποθέσεις είναι:

- Αντικατάσταση πινακίδων κυκλοφορίας ανά 10ετία.
- Αντιολισθηρός τάπητας ανά 10ετία.
- Βαφή οριζόντιας σήμανσης ανά 2ετία.

Επιπλέον, λήφθηκαν υπόψη όλα τα απαραίτητα έργα μικρής κλίμακας, τα υλικά που απαιτούνται καθώς και τα εργατικά συμπεριλαμβανομένων των δαπανών διοίκησης και επιθεώρησης.

Αν κανείς κατανείμει το κόστος περιοδικής συντήρησης ανά έτος, τότε το ανηγμένο ετήσιο κόστος συντήρησης ανέρχεται σε 14,4 εκατ. δρχ./χλμ (τιμές 1999).

Στο παραπάνω κόστος δεν περιλαμβάνεται το επιπλέον κόστος συντήρησης των σιράγγων, οι οποίες εν προκειμένω είναι 25 τον αριθμό (πλέον 4 cut & cover) με συνολικό μήκος 17 χλμ. κάθε κλάδος. Βέβαια, από αυτές 3 είναι μεγάλου μήκους (άνω των 2 χλμ. έκαστη), 4 είναι μεσαίου μήκους (750 -1.000 μ.) και 18 (πλέον 4 cut & cover) μικρού μήκους (κάτω των 600 μ.).

Συνολικά, οι μεγάλες σήραγγες έχουν μήκος 6,7 χλμ., οι μεσαίες 3,3 χλμ. και οι μικρές 7 χλμ.

Από προσωρινά στοιχεία της σήραγγας Αρτεμισίου προκύπτει ότι το κόστος συντήρησής της ανέρχεται σε περίπου 500 εκατ. δρχ. ανά διετία. Αυτό αντιστοιχεί σε περίπου 1.500 μέτρα σήραγγας μονού κλάδου ή σε περίπου 165 εκατ. δρχ./χλμ. (μονού κλάδου) ανά έτος περίπου.

Γίνεται δεκτό ότι μόνο για τις σήραγγες άνω των 750 μ. έκαστη (δηλαδή για 7 συνολικά) θα προσδιοριστεί αναλυτικά το επιπλέον κόστος συντήρησης ενώ για τον συνυπολογισμό των επιπλέον δαπανών των υπόλοιπων μικρών σιηράγγων θα προσαυξηθεί το κόστος συντήρησης του τμήματος κατά 10%.

Το μήκος του εξεταζόμενου τμήματος - αφού αφαιρεθεί το μήκος των 7 μεγάλων και μεσαίων σιηράγγων - είναι 132,5 χλμ.

Επομένως, το συνολικό κόστος συντήρησης (προσαυξημένο κατά 10%) ανέρχεται σε:

- Ετήσια συντήρηση: 1,166 δις. δρχ.
- Περιοδική συντήρηση: 9,330 δις. δρχ. (ανά δεκαετία).

Το ετήσιο κόστος συντήρησης των 7 σιηράγγων ανέρχεται συνολικά (για 10X2 χλμ. μονού κλάδου ή 10 χλμ. μήκους τμήματος) σε 3,3 δις. δρχ.

Επομένως, για το σύνολο του έργου οι δαπάνες συντήρησης αναμένεται να ανέλθουν σε περίπου:

- Ετήσια συντήρηση: 4,4 δις. δρχ.
- Περιοδική συντήρηση: 13,3 δις. δρχ. (ανά δεκαετία).

Η δαπάνη της περιοδικής συντήρησης προκύπτει από τον συνυπολογισμό των 3,3 δις.δρχ. του ετήσιου κόστους των σιηράγγων που πρέπει να συμπεριληφθεί τους συγκεκριμένους χρονικούς ορίζοντες της περιοδικής συντήρησης καθώς και 640 εκ.δρχ. που αφορούν την αντικατάσταση ασφαλοτάπητα για τα 10 χλμ. σιηράγγων.

Το οικονομικό (κοινωνικό) κόστος - αφού αφαιρεθούν ΦΠΑ, φόροι και δασμοί - ανέρχεται σε 3,5 δις. δρχ. και 10,65 δις. δρχ. αντίστοιχα.

Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας των δύο σταθμών διοδίων εκτιμάται σε 480 εκ. δρχ. ετησίως με βάση επικαιροποιημένα στοιχεία της μελέτης BZW/TRADEMCO (Αναφορά 3). Το κόστος αυτό ισοδυναμεί με 24 εκ. δρχ. ετησίως ανά λωρίδα (πύλη) διέλευσης των δύο σταθμών και ισούται με 15% του κόστους κατασκευής τους.

Άλλη εκτίμηση προσδιορίζει το ετήσιο κόστος λειτουργίας σε 1,5 δρχ./όχημ.χλμ. δηλαδή 13% των αναμενόμενων εσόδων με 11,5 δρχ./χλμ. τέλος διέλευσης. Με βάση την προβλεπόμενη (Πίνακας 3.18) κυκλοφορία το 2005 (σε οχημάτα/ημέρα πλήν γενόμενης) που ισοδυναμεί σε 316 εκ. οχηματοχιλιόμετρα ετησίως, το ετήσιο κόστος λειτουργίας ανέρχεται σε 474 εκ. δρχ. δηλαδή ισοδύναμη εκτίμηση με αυτήν που έγινε δεκτή. Μελέτη της Deloitte & Touche εκτιμά ετήσιο κόστος ίσο με το 18% των εσόδων για πλήρως όμως χειροκίνητο σύστημα.

Το οικονομικό (χωρίς φόρους) ετήσιο κόστος λειτουργίας γίνεται δεκτό ότι ισοδυναμεί με 385 εκ.δρχ.

5. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΑΠΑΝΕΣ ΧΡΗΣΗΣ

5.1. Γεωμετρικά και Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Τα προβλεπόμενα γεωμετρικά στοιχεία κάθε τμήματος του οδικού άξονα καθώς και των αντίστοιχων τμημάτων όπως είναι σήμερα αποτελούν βασικό δεδομένο για τον προσδιορισμό των λειτουργικών στοιχείων του άξονα.

Τα βασικά γεωμετρικά στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη είναι:

- Μήκος οδικού τμήματος/έργου
- Διατομή (αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας, κεντρική νησίδα ή όχι, Λ.Ε.Α. ή όχι)
- Έλεγχος προσβάσεων, μορφή κόμβων, συνοδά έργα
- Χάραξη, τοπογραφία εδάφους (πεδινό, λοφώδες, ορεινό)
- Ταχύτητα μελέτης

Με βάση τα στοιχεία τύπου οδού (αυτοκινητόδρομος, ταχείας κυκλοφορίας, κλπ.), της διατομής και της τοπογραφίας και με την μεθοδολογία του Highway Capacity Manual (HCM) συντάχθηκε πίνακας που περιγράφει τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του άξονα δηλ. αρχικές ταχύτητες λειτουργίας και χωρητικότητες, ως εξής (Πίνακας 5.1.):

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1. ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΕΣ ΚΑΤΑ HCM

Τύπος οδού	Αρχική Ταχύτητα Λειτουργίας U _o χλμ./ώρα			Χωρητικότητα C οχημ./ώρα/λωρίδα		
	Πεδινό	Εδαφος Λοφώδες	Ορεινό	Πεδινό	Εδαφος Λοφώδες	Ορεινό
(1) Αυτοκινητόδρομος	96	80		1625	1240	
(2) Ταχείας Κυκλοφορίας	80	64	48	1600	1140	745
(3) Διατομή Γ, Δ	72	56	44	1470	1015	640
(4) Διατομή Ε, Ζ	64	48	40	1360	1015	560

Οι χωρητικότητες προέκυψαν από την αρχική θεωρητική χωρητικότητα λωρίδας (2000 ΜΕΑ/ώρα) η οποία απομειώθηκε με συντελεστές ΜΕΑ κάθε τύπου οχήματος ανάλογα την τοπογραφία και τον τύπο της οδού βάσει του HCM. Η ταχύτητα λειτουργίας των βαρέων οχημάτων (λεωφορεία, φορτηγά) θεωρείται ότι είναι κατά 15% μικρότερη αυτής των ελαφρών.

Σε κάθε οδικό τμήμα ο κυκλοφοριακός φόρτος που διέρχεται, μαζί με τη χωρητικότητά του που είναι σταθερή, προσδιορίζει δυναμικά τον λόγο φόρτου/χωρητικότητας (V/C) και επομένως την στάθμη εξυπηρέτησης της οδού. Ο λόγος V/C αλλάζει διαχρονικά καθώς μεταβάλλεται ο φόρτος. Η μεταβολή αυτή έχει άμεση επίπτωση στην μεταβολή της ταχύτητας λειτουργίας η οποία μειώνεται καθώς ο λόγος V/C αυξάνει.

Το συγκοινωνιακό πρότυπο, όπου χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος all-or-nothing, δεν δίνει τη μεταβολή του λόγου V/C και επομένως των ταχυτήτων διαχρονικά με τη φόρτιση του δικτύου. Οι ταχύτητες που έγιναν δεκτές ως εισερχόμενο δεδομένο του προτύπου (βλέπε Κεφάλαιο 3.3) αντανakλούν τη μέση ταχύτητα διάνυσης ανάλογα με τον τύπο της οδού σε συνθήκες ελεύθερης ροής.

Για αυτοκινητόδρομο έχει ληφθεί ταχύτητα 90χλμ/ω (για ελαφρά οχήματα) που αντιστοιχεί σε 75χλμ/ω για τα βαρέα οχήματα (15% μικρότερη των ελαφρών).

Η μέση αυτή ταχύτητα αντιστοιχεί σε μία μέγιστη περίπου 110χλμ/ω (για ελαφρά οχήματα, ή 95χλμ/ω για βαρέα) και θεωρείται και με βάση το HCM ρεαλιστική. Γίνεται δεκτό ότι αυτή θα ισχύει για όλη την περίοδο αξιολόγησης (σενάριο ΜΕ το έργο) δεδομένου ότι σε αυτοκινητόδρομους - και μάλιστα όχι με πολύ υψηλή κυκλοφορία - η μέση ταχύτητα μειώνεται διαχρονικά με το λόγο V/C βραδύτατα, παραμένει δε ίση με την αρχική μέχρι και σε επίπεδο εξυπηρέτησης C ($V/C=0,5$).

Για τον υφιστάμενο διάδρομο Παναγιά-Κουλούρα (σενάριο ΧΩΡΙΣ έργο) γίνεται δεκτή μια μέση ταχύτητα που προκύπτει για όλες τις εναλλακτικές διαδρομές από Ιωάννινα έως Κλειδί, ίση με 55χλμ/ω (για ελαφρά οχήματα) ή 45χλμ/ω για βαρέα οχήματα.

Οι μέσες ταχύτητες που γίνονται δεκτές -για όλη την περίοδο αξιολόγησης- στον υφιστάμενο διάδρομο είναι ρεαλιστικές και αντανακλούν μια τοπογραφία εδάφους λοφώδους (προς ορεινό) με βάση το HCM για διατομή οδού Γ/Δ.

Ο Πίνακας 5.2 παρουσιάζει συνοπτικά τις ταχύτητες, τους χρόνους διαδρομής και τα μήκη των εξεταζόμενων τμημάτων, όπως αυτά θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα ανάλυση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕ/ΧΩΡΙΣ ΤΟ ΕΡΓΟ

ΜΕ ΕΡΓΟ	Παναγιά - Κουλούρα
Μήκος	143 χλμ
Ταχύτητα ελαφρών	90 χλμ/ω
Ταχύτητα βαρέων	75 χλμ/ω
Χρόνος ελαφρών	1,6 ώρες
Χρόνος βαρέων	1,9 ώρες
ΧΩΡΙΣ ΕΡΓΟ	Παναγιά - Κουλούρα
Μήκος	210 χλμ
Ταχύτητα ελαφρών	55 χλμ/ω
Ταχύτητα βαρέων	45 χλμ/ω
Χρόνος ελαφρών	3,8 ώρες
Χρόνος βαρέων	4,7 ώρες

5.2. Δαπάνες Χρήσης

5.2.1. Γενικά

Οι δαπάνες χρήσης των οδικών τμημάτων περιλαμβάνουν :

- τις λειτουργικές δαπάνες των οχημάτων που εκφράζονται σε δρχ./χλμ.
- τις δαπάνες χρόνου των επιβατών και εμπορευμάτων που εκφράζονται σε δρχ./ώρα

Αυτές αναλύονται συνοπτικά παρακάτω.

5.2.2. Λειτουργικές Δαπάνες Οχημάτων

Οι μοναδιαίες λειτουργικές δαπάνες υπολογίζονται από τον Μελετητή με βάση στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ για κάθε κατηγορία οχήματος σύμφωνα με την μεθοδολογία της μελέτης Louis Berger. Οι τελευταίες διαθέσιμες τιμές είναι το 1985. Για την αναθεώρηση των τιμών αυτών είχε γίνει το 1991 ειδική έρευνα στα πλαίσια της μελέτης "Λειτουργική Αξιολόγηση Διοδίων Αυτοκινητοδρόμων Αθηνών - Υλίκης" που εκπονήθηκε από την TRADEMCO - ΟΔΟΜΗΧΑΝΙΚΗ για το ΥΠΕΧΩΔΕ. Αυτές επικαιροποιήθηκαν το 1992 για τις ανάγκες των μελετών/εκθέσεων του ΥΠΕΧΩΔΕ για την προετοιμασία των έργων του Β' πακέτου Delors (Πηγή 2).

Για τους σκοπούς της μελέτης Ο/Τ σκοπιμότητας του Δυτικού Άξονα το 1997 έγινε νέα επικαιροποίηση σε τιμές Β' Εξαμήνου 1996.

Οι δαπάνες λειτουργίας οχημάτων διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- **Ιδιωτικές δαπάνες** που περιλαμβάνουν καύσιμα, λιπαντικά, ελαστικά, συντήρηση, απόσβεση, ασφάλιση, τέλη κυκλοφορίας και αμοιβή προσωπικού (για επαγγελματικά οχήματα μόνο). Αυτές αντανakλούν το πραγματικό συνολικό κόστος στο χρήστη και περιλαμβάνουν φόρους και δασμούς.
- **Αντιληπτές δαπάνες (out of pocket cost)**, που ισοδυναμούν με τις ιδιωτικές αλλά δεν περιλαμβάνουν κόστος ελαστικών και απόσβεσης καθώς αυτές οι δαπάνες δεν γίνονται αντιληπτές από το χρήστη. Αυτές αντανakλούν στην ουσία το ετήσιο κόστος που αντιλαμβάνεται ο χρήστης και γίνονται δεκτές στο γενικευμένο κόστος μετακίνησης των συγκοινωνιακών προτύπων για επιλογή μέσου μεταφοράς ή διαδρομής.
- **Οικονομικές (κοινωνικές) δαπάνες** που περιλαμβάνουν, καύσιμα, λιπαντικά, ελαστικά, συντήρηση, απόσβεση και αμοιβή προσωπικού (για επαγγελματικά οχήματα μόνο), χωρίς φόρους και δασμούς. Αυτές αντανakλούν το κόστος μετακίνησης στην Εθνική Οικονομία και γίνονται δεκτές στις αναλύσεις κόστους/οφέλους.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιούνται και οι 3 κατηγορίες δαπανών. Οι αντιληπτές στο γενικευμένο κόστος μετακίνησης του προτύπου (βλέπε Κεφάλαιο 3.3), οι οικονομικές για την εκτίμηση του κοινωνικοοικονομικού οφέλους από το εξεταζόμενο έργο και οι ιδιωτικές (σε συνδυασμό με τις οικονομικές) για την εκτίμηση του καταναλωτικού πλεονάσματος.

Ο Πίνακας 5.3 παρουσιάζει - για καλύτερη κατανόηση - τα βασικά στοιχεία αναφοράς των επιμέρους τυπικών οχημάτων (σε τιμές Β' Εξαμήνου 1996) από τα οποία και προκύπτουν οι σχετικές λειτουργικές δαπάνες.

Ο Πίνακας 5.4 παρουσιάζει (για το Β' Εξάμηνο 1996) τις ιδιωτικές και οικονομικές δαπάνες λειτουργίας, αναλυτικά ανά όχημα και παράμετρο κόστους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (Β' ΕΞΑΜΗΝΟ 1996)

Οχήμα	Τεχνικά στοιχεία	Ετήσια χλμ. (x 1000)	Διάρκεια ζωής (έτη)	Σύνολο χλμ. (x 1000)	Μέση παλαιότητα (έτη)	Ταχύτητα αναφοράς χλμ./ω	Αξία αγοράς δρχ. (x 1000)	Τέλη Κυκλοφ. δρχ./έτος	Ασφάλιση δρχ./έτος
ΙΧ επιβατικό	1.400 cc αμολ./super	15	12	180	7	80	4.250	30.000	120.000
Ταξί	1.800 cc νηζελ	120	6	720	3	80	4.000	60.000	230.000
Ημιφορτηγό	1.800 cc βενζ. (Pickup)	40	10	400	5	80	3.000	60.000	100.000
Λεωφορείο }	260 HP - 50 Θέσεων	150	10	1.500	7	72	50.000	100.000 (ιδιωτ./τουρ.)	300.000 (ιδιωτ./τουρ.)
Φορτηγό 2-αξονικό }	ΜΦ 13,5τ., ΩΦ 6,5τ.	120	10	1.200	6	72	15.000	35.000 (δημοσ.)	200.000 (δημοσ.)
Φορτηγό 3-αξονικό }	ΜΦ 26τ., ΩΦ 16τ.	150	8	1.200	4	72	35.000	95.000	90.000
Φορτηγό Πολυαξονικό (trailer, semi-trailer)	ΜΦ 38τ., ΩΦ 22τ.	150	8	1.200	4	72	45.000 (τράκτορας+trailer)	150.000	140.000
								180.000	170.000

Οχήμα	Αριθμός ελαστικών	Τιμή ελαστικών δρχ./τεμαχ.	Χωρητικ./ είδος λιπαντικών	Τιμή λιπαντ. δρχ./lt	Είδος καυσίμου	Καύσιμο δρχ./lt	Κατανάλωση καυσίμου lt/1000 χλμ.	Συντήρηση Εργασιακά δρχ./service	Συντήρηση υλικά δρχ./service	Προσωπικό	Μικτές αποδοχές '000 δρχ./έτος
ΙΧ επιβατικό	4	22.000	4 lt-light	1.500	Βενζίνη (αμολ./super)	210	75	15.000	45.000	-	-
Ταξί	4	22.000	5 lt-light	1.500	νηζελ	145	60	15.000	40.000	1 οδηγός	5.000
Ημιφορτηγό	4	26.000	4 lt-light	1.500	Βενζίνη (super)	215	100	15.000	30.000	1 οδηγός (για 75% των οχημάτων)	3.000
Λεωφορείο }	6	140.000	16 lt-heavy	1.000	νηζελ	145	300	60.000	340.000	1 οδηγός (100% οχημ.) και 1 συνοδός	4.000 (οδηγ.)
Φορτ. 2-αξονικό }	6	135.000	10 lt-heavy	1.000	νηζελ	145	300	60.000	120.000	(για 50% των οχημάτων)	3.500 (συνοδ.)
Φορτ. 3-αξονικό }	10	145.000	20 lt-heavy	1.000	νηζελ	145	350	60.000	300.000	1 οδηγός	3.500
Φορτ. Πολυαξονικό (trailer, semi-trailer)	12	160.000	20 lt-heavy	1.000	νηζελ	145	400	60.000	300.000	1 οδηγός	4.000

Σημειώσεις : (1) Αλλαγή ελαστικών ανά 40.000 χλμ. (ελαφρά), ανά 60.000 χλμ. (βαριά)
 (2) Αλλαγή λαδιών ανά 7.500 χλμ.
 (3) Service ανά 10.000 χλμ. (Βενζινοκίνητα), ανά 15.000 χλμ. (νηζελ)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑ ΟΧΗΜΑ

**ΙΔΙΩΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ (ΔΡΧ/ΧΛΜ) ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ
(Β' Εξάμηνο 1996)**

Οχημα	Καύσιμα	Λιπαντικά	Ελαστικά	Συντήρηση	Απόσβεση	Ασφάλιση	Τέλη	Μερικό Σύνολο	Προσωπικό	Γενικό Σύνολο
ΙΧ επιβατικό	15,8	0,8	2,2	6,0	23,6	8,0	2,0	58,4	-	58,4
Ταξί	8,7	1,0	2,2	3,7	5,6	1,9	0,5	23,6	41,7	65,3
Ημιφορτηγό	21,5	0,8	2,6	4,5	7,5	2,5	1,5	40,9	56,2	97,1
Λεωφορείο	43,5	2,1	14,0	26,7	33,3	1,5	0,4	121,5	38,3	159,8
Φορτ. 2 αξονικό	43,5	1,3	13,5	12,0	12,5	0,8	0,8	84,4	29,2	113,6
Φορτ. 3 αξονικό	50,8	2,7	24,2	24,0	29,2	0,9	1,0	132,8	26,7	159,5
Φορτ. Πολυαξονικό	58,0	2,7	32,0	24,0	37,5	1,1	1,2	156,5	26,7	183,2

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ (ΔΡΧ/ΧΛΜ) ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ
(Β' Εξάμηνο 1996)**

Οχημα	Καύσιμα	Λιπαντικά	Ελαστικά	Συντήρηση	Απόσβεση	Ασφάλιση	Τέλη	Μερικό Σύνολο	Προσωπικό	Γενικό Σύνολο
ΙΧ επιβατικό	6,3	0,6	1,8	4,8	11,8	-	-	25,3	-	25,3
Ταξί	5,2	0,8	1,8	3,0	4,5	-	-	15,3	29,2	44,5
Ημιφορτηγό	8,6	0,6	2,1	3,6	6,0	-	-	20,9	39,3	60,2
Λεωφορείο	26,1	1,7	11,2	21,4	26,6	-	-	87,0	26,8	113,8
Φορτ. 2 αξονικό	26,1	1,0	10,8	9,6	10,0	-	-	57,5	20,4	77,9
Φορτ. 3 αξονικό	30,5	2,2	19,4	19,2	23,4	-	-	94,7	18,7	113,4
Φορτ. Πολυαξονικό	34,8	2,2	25,6	19,2	30,0	-	-	111,8	18,7	130,5

Σημειώσεις : (1) Εφόσον λαμβάνεται υπόψη κόστος προσωπικού, στα αντίστοιχα οχήματα, δεν υπολογίζεται εξοικονόμηση χρόνου για το προσωπικό αυτό (π.χ. οδηγό, συνοδό).

Εξοικονόμηση χρόνου υπολογίζεται για τους επιβάτες (και οδηγό) ΙΧ και τους επιβάτες λεωφορείων και ταξί. Πολλές φορές δεν συνυπολογίζεται κόστος προσωπικού για τα ημιφορτηγά. Στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται εξοικονόμηση χρόνου όπως και στα ΙΧ.
(2) Για τις μελέτες σκοπιμότητας (κοινωνικοοικονομικό επίπεδο) χρησιμοποιείται το Οικονομικό Κόστος Χρήσης. Το Ιδιωτικό Κόστος (και ιδιαίτερα το ανηλεητό) χρησιμοποιείται κυρίως, είτε για εκτίμηση μεγέθους ή ποσοστού χρήσης μιας υποδομής σε σχέση με μία ανταγωνιστική, είτε για πολιτική διοδίων και πάντα σε συνδυασμό με το κόστος χρόνου (Γενικευμένο Κόστος Χρήσης)

Οι δαπάνες αυτές μεταβάλλονται παραβολικά με την ταχύτητα λειτουργίας. Έτσι προσδιορίστηκαν οι καμπύλες μεταβολής τους για κάθε κατηγορία οχήματος με βάση τη σχέση: $y = \frac{1}{\alpha + \beta \cdot U - \gamma \cdot U^2}$, από όπου προσδιορίζονται οι συντελεστές α , β , γ (3 εξισώσεις - 3 άγνωστοι) και επομένως οι δαπάνες λειτουργίας (y) για κάθε μέση ταχύτητα λειτουργίας επιμέρους οδικών τμημάτων, με ή χωρίς την υλοποίηση του εξεταζόμενου έργου.

Η κλίμακα ταχυτήτων, όπως και η ταχύτητα αναφοράς, αναφέρεται στη μέση ταχύτητα διάνυσης ενός οδικού τμήματος. Αυτή αντιπροσωπεύει περίπου το 80% της μέγιστης ταχύτητας διαδρομής που μπορεί να αναπτυχθεί σε υποτιμήματα του άξονα (cruising speed).

Επί π.χ. μέση ταχύτητα 64 χλμ./ω αντιστοιχεί σε μέγιστη 80 χλμ./ω
72 χλμ./ω αντιστοιχεί σε μέγιστη 90 χλμ./ω
80 χλμ./ω αντιστοιχεί σε μέγιστη 100 χλμ./ω
88 χλμ./ω αντιστοιχεί σε μέγιστη 110 χλμ./ω
96 χλμ./ω αντιστοιχεί σε μέγιστη 120 χλμ./ω

Οι σχετικές μέσες ταχύτητες λειτουργίας έχουν προσδιοριστεί στο Κεφάλαιο 5.1 τόσο ΜΕ (Εγνατία Οδός) όσο και ΧΩΡΙΣ (υφιστάμενος διάδρομος) το έργο, για ελαφρά και βαρέα οχήματα.

Οι Πίνακες 5.5 και 5.6 παρουσιάζουν (σε τιμές Β' Εξαμήνου 1996) τις ιδιωτικές και οικονομικές δαπάνες λειτουργίας αντίστοιχα, για εύρος ταχυτήτων 32-112 χλμ./ω και 7 κατηγορίες οχημάτων. Επίσης παρουσιάζουν και το σταθμισμένο κόστος λειτουργίας για τις τρεις υπερκατηγορίες οχημάτων (ελαφρά-λεωφορεία-φορτηγά) που ενδιαφέρουν στην παρούσα ανάλυση, με βάση τα επιμέρους ποσοστά τους στη σύνθεση κυκλοφορίας όπως προέκυψε από την Εθνική Έρευνα Π-Π το 1993.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5. ΙΔΙΩΤΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΦΑΣΜΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ-ΔΡΧ./ΧΛΜ. (Β' 96)

Μέση Ταχύτητα χλμ./ω	ΙΧ επιβ.	Ταξί	ΗΦ	Σταθμ. Μ.Ο. ΕΛΑΦΡΩΝ (*)	ΛΕΩΦ.	Φορτηγά 2-αξονικά	Φορτηγά 3-αξονικά	Φορτηγά Πολυαξονικά	Σταθμ. Μ.Ο. ΦΟΡΤΗΓΩΝ (**)
32	87,1	117,6	190,9	106,4	246,3	162,0	209,2	217,2	195,3
40	76,2	98,1	157,0	91,2	209,2	138,7	184,7	194,9	172,4
48	69,5	86,2	135,6	81,7	186,0	124,4	168,3	182,6	158,9
56	64,4	77,2	119,8	74,6	174,5	118,1	166,1	181,0	155,4
64	61,8	71,9	109,8	70,6	166,1	115,2	160,8	182,0	154,3
72	59,4	67,7	102,2	67,3	159,8	113,6	159,5	183,2	154,1
80	58,4	65,3	97,1	65,5	161,1	116,9	166,0	195,0	162,1
88	57,2	62,9	92,6	63,7	164,4	121,4	173,6	209,0	171,8
96	58,4	62,4	90,0	64,2	170,9	129,5	185,7	229,2	186,5
104	60,0	62,7	90,4	65,2	-	-	-	-	-
112	63,2	64,5	92,0	68,4	-	-	-	-	-

(*) Σύνολο χώρας :

(**) Σύνολο χώρας :

80% ΙΧ

38% 2-αξονικά

-

2% Ταξί

-

11% 3-αξονικά

-

18% ΗΦ

-

51% Πολυαξονικά

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ
Για Φάσμα Ταχυτήτων - Δρχ./χλμ (Β' '96)

Μέση Ταχύτητα χλμ./ω	ΙΧ επιβ.	Ταξί	ΗΦ	Σταθμ. Μ.Ο. ΕΛΑΦΡΩΝ (*)	ΛΕΩΦ.	Φορτηγά 2-αξονικά	Φορτηγά 3-αξονικά	Φορτηγά Πολυαξονικά	Σταθμ. Μ.Ο. ΦΟΡΤΗΓΩΝ (**)
32	32,4	85,8	126,4	50,4	184,5	118,8	164,5	166,6	148,2
40	29,6	69,3	103,5	43,7	154,9	100,1	142,6	146,5	128,4
48	27,9	60,5	88,7	39,5	137,2	89,2	128,0	135,1	116,9
56	26,4	53,7	77,8	36,2	127,1	83,4	122,3	131,8	112,4
64	25,8	49,6	70,2	34,3	119,4	80,0	116,8	129,6	109,3
72	25,4	46,4	64,8	32,9	113,8	77,9	113,4	130,5	108,6
80	25,3	44,5	60,2	32,0	112,9	78,9	115,2	136,2	112,1
88	25,1	42,6	55,7	30,9	113,6	80,9	118,0	144,0	117,2
96	26,0	41,5	52,2	31,0	116,7	85,0	123,7	155,7	125,3
104	27,0	41,9	52,6	31,9	-	-	-	-	-
112	28,8	43,0	54,1	33,6	-	-	-	-	-

(*) Σύνολο χώρας :

80% ΙΧ

-

2% Ταξί

-

18% ΗΦ

(**) Σύνολο χώρας :

38% 2-αξονικά

-

11% 3-αξονικά

-

51% Πολυαξονικά

- Σημειώσεις :** (1) Με έντονους χαρακτήρες σημειώνεται το κόστος λειτουργίας που αντιστοιχεί στην ταχύτητα αναφοράς
(2) Με πλάγιους χαρακτήρες σημειώνεται το ελάχιστο κόστος λειτουργίας κάθε κατηγορίας οχήματος που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη μέση ταχύτητα.

Για την επικαιροποίηση των δαπανών λειτουργίας σε τιμές 1999 (Β' Εξάμηνο) και λόγω της διαφορετικής αύξησης - ιδιαίτερα της τιμής των καυσίμων - των επιμέρους παραμέτρων κόστους, μεταξύ 1996-1999, έγιναν δεκτά τα παρακάτω:

- Για τα ελαφρά οχήματα, αύξηση κατά 5% των καυσίμων και κατά 10% των λοιπών δαπανών (με βάση τον πληθωρισμό) για το διάστημα 1996-1999.
- Για τα βαρέα οχήματα, αύξηση κατά 45% των καυσίμων και κατά 10% των λοιπών δαπανών (με βάση τον πληθωρισμό) για το διάστημα 1996-1999. Είναι γεγονός ότι η τιμή του ντήζελ το 1996 ήταν 140 δρχ./lt ενώ το 1999 κυμαινόταν μεταξύ 200 και 210 δρχ./lt.

Τα επικαιροποιημένα στοιχεία δαπανών λειτουργίας για τις 3 κατηγορίες οχημάτων και για φάσμα ταχυτήτων 32-96 χλμ./ω παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 5.7. Οι τιμές αυτές είναι σταθερές και γίνεται δεκτό ότι θα ισχύσουν για όλη την περίοδο αξιολόγησης καθότι η οικονομική ανάλυση γίνεται σε σταθερές (αποπληθωρισμένες) τιμές 1999.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7 ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ - ΔΡΧ./ΧΛΜ
(ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΙΜΕΣ 1999)

Ταχύτητα χλμ./ω	Ιδιωτικό κόστος			Οικονομικό κόστος		
	Ελαφρά	Λεωφ.	Φορτηγά	Ελαφρά	Λεωφ.	Φορτηγά
32	115,7	294,2	237,4	54,9	217,8	177,5
40	99,1	249,9	209,6	47,6	182,9	153,8
48	88,8	222,2	193,1	43,0	162,0	140,0
56	81,1	208,4	188,9	39,4	150,0	134,7
64	76,7	198,4	187,6	37,3	141,0	130,9
72	73,2	190,9	187,3	35,8	134,3	130,1
80	71,2	192,4	197,0	34,8	133,3	134,3
88	69,2	196,4	208,8	33,6	134,1	140,4
96	69,8	204,1	226,7	33,7	137,8	150,1

Σημειώνεται ότι για την επικαιροποίηση των τιμών στο 1999, έγινε δεκτό (από τα αναλυτικά στοιχεία του 1996) ότι η συμμετοχή του καυσίμου στο συνολικό κόστος λειτουργίας είναι:

Για το ιδιωτικό κόστος:	Ελαφρά 26%	Λεωφορεία 27%	Φορτηγά 33%
Για το οικονομικό κόστος:	Ελαφρά 23%	Λεωφορεία 23%	Φορτηγά 28%

Για τις μέσες ταχύτητες που έγιναν δεκτές, τα σχετικά κόστη λειτουργίας είναι:

- Εγνατία Οδός (Ιωάννινα-Παναγιά-Κουλούρα-Κλειδί) - Σενάριο ΜΕ το έργο
 - Ελαφρά (90 χλμ./ω): ιδιωτικό 69,5 δρχ./χλμ, οικονομικό 33,5 δρχ./χλμ
 - Λεωφορεία (75 χλμ./ω) ιδιωτικό 192,0 δρχ./χλμ, οικονομικό 135,0 δρχ./χλμ
 - Φορτηγά (75 χλμ./ω) ιδιωτικό 193,0 δρχ./χλμ, οικονομικό 132,5 δρχ./χλμ
- Υφιστάμενος διάδρομος (Παναγιά-Κουλούρα) - Σενάριο ΧΩΡΙΣ το έργο
 - Ελαφρά (55 χλμ./ω) ιδιωτικό 82,0 δρχ./χλμ, οικονομικό 40,0 δρχ./χλμ
 - Λεωφορεία (45 χλμ./ω) ιδιωτικό 232,5 δρχ./χλμ, οικονομικό 170,0 δρχ./χλμ
 - Φορτηγά (45 χλμ./ω) ιδιωτικό 200,0 δρχ./χλμ, οικονομικό 145,0 δρχ./χλμ

5.2.3. Αξία Χρόνου Επιβατών και Σχετικές Δαπάνες

Η εκτίμηση της αξίας εξοικονομούμενου χρόνου των επιβατών ελαφρών και λεωφορείων, έγινε με βάση την εργασία των Thomas & Thompson (1971), όπου η αξία χρόνου εξαρτάται από το σκοπό ταξιδιού και το κατά κεφαλήν ΑΕΠ.

Σαν δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν, η κατανομή σκοπών ταξιδιού στο υπεραστικό δίκτυο καθώς και οι μέσες πληρότητες οχημάτων όπως προέκυψαν από την Εθνική Έρευνα Π-Π το 1993. Τα ίδια στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν και στη μελέτη ΥΠΕΘΟ (Πηγή 3), επομένως γίνεται επικαιροποίηση των τιμών αξίας χρόνου από το 1994 στο 1999 με συντελεστή 1,35, ο οποίος και εκφράζει την αύξηση του πληθωρισμού και του ΑΕΠ το διάστημα 1995-1999. Πιο συγκεκριμένα, ο πληθωρισμός αυξήθηκε συνολικά κατά 20% και το ΑΕΠ κατά 15%.

Σε τιμές 1994 και με βάση τα στοιχεία της έρευνας Π-Π (βλέπε Κεφάλαιο 3.1) οι αξίες χρόνου επιβατών ήταν:

- Για ελαφρά οχήματα 1.825 δρχ./ω/όχημα (πληρότητα 1,9 επιβ./οχ)
- Για λεωφορεία 8.300 δρχ./ω/όχημα (πληρότητα 25 επιβ./οχ)

Η σταθμισμένη αξία χρόνου όλων των οχημάτων με βάση τη σύνθεση κυκλοφορίας, το 1994 είχε προκύψει ίση με 2.150 δρχ./ω/όχημα.

Σε σταθερές τιμές 1999, οι αξίες χρόνου αναπροσαρμόζονται ως κάτωθι:

- Για ελαφρά οχήματα: 2.465 δρχ./ω/όχημα
- Για λεωφορεία: 11.200 δρχ./ω/όχημα
- Σταθμισμένη μέση αξία χρόνου: 2.910 δρχ./ω/όχημα

Αυτές οι αξίες χρόνου έχουν ληφθεί υπόψη και στο γενικευμένο κόστος μετακίνησης του προτύπου, αναλυμένες όμως σε: ελαφρά με σκοπό εργασία (4.165 δρχ./ω/όχημα), ελαφρά με άλλους σκοπούς (1.380 δρχ./ω/όχημα) και ημιφορτηγά (2.790 δρχ./ω/όχημα).

Οι μοναδιαίες τιμές αξίας χρόνου υπολογίζονται με βάση τη μέση ωριαία αποζημίωση εργασίας και απομειώνοντας ποσοστιαία ανάλογα με το σκοπό ταξιδιού (εργασία 90% ωρομισθίου, άλλοι σκοποί 30% ωρομισθίου) καθώς και την ποσοστιαία κατανομή των σκοπών ταξιδιού (46% εργασία, 54% άλλοι σκοποί). Έγινε δεκτό για το 1999 μέσο ημερομίσθιο (μικτό) ίσο με 2.435 δρχ./ω/επιβάτη που αντιστοιχεί σε μέσο (μικτό) εισόδημα της τάξης των 5 εκ. δρχ. ετησίως.

Γίνεται δεκτό ότι η αξία χρόνου διαχρονικά θα αυξάνεται - σε σταθερές τιμές - με την αύξηση του ΑΕΠ (και επομένως των μέσων εισοδημάτων). Η αύξηση που θα γίνεται δεκτή είναι 3% ετησίως έως το 2010 και 2% ετησίως μεταξύ 2010 και 2025.

5.2.4. Αξία Χρόνου Μεταφοράς Εμπορευμάτων και Σχετικές Δαπάνες

Όπως για τους επιβάτες υπάρχει κάποια αξία αποτίμησης του χρόνου τους - ανάλογα με το σκοπό μετακίνησής τους - σχετική αξία υπάρχει και στη μεταφορά εμπορευμάτων. Εντούτοις, η βιβλιογραφία και έρευνα έχουν ασχοληθεί με την αποτίμηση αυτή ελάχιστα καθώς οι μέθοδοι είναι αρκετά περίπλοκες και συνήθως τα απαραίτητα δεδομένα μη διαθέσιμα.

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος για τον προσδιορισμό της αξίας χρόνου των εμπορευμάτων είναι αυτή του δεσμευμένου κεφαλαίου κατά τη μεταφορά. Και τούτο διότι είναι η μέθοδος που με τα διαθέσιμα συνήθως δεδομένα είναι περισσότερο εύκολο να εφαρμοστεί δίνοντας μια σχετικά καλή προσέγγιση.

Πράγματι, κατά την μεταφορά εμπορευμάτων παρατηρείται δέσμευση κεφαλαίων που είναι άμεσα παραγωγικά. Ετσι κάθε καθυστέρηση στη μεταφορά τους έχει επίπτωση στην κατανάλωσή τους ή την εισαγωγή τους σε παραπέρα μεταποιητική διαδικασία. Αντίθετα, συντόμευση της μεταφοράς τους οδηγεί σε περιορισμό του χρόνου που είναι "παγωμένα" και επομένως της διάρκειας που τα κεφάλαια που έχουν επενδυθεί σε αυτά είναι δεσμευμένα.

Η αξία χρόνου των εμπορευμάτων έχει φυσικά άμεση σχέση με το είδος των προϊόντων που μεταφέρονται. Ετσι π.χ. ευπαθή προϊόντα ή προϊόντα μεγάλης αξίας έχουν υψηλότερη αξία χρόνου από προϊόντα που συνήθως μεταφέρονται χύδην.

Για την εκτίμηση της μέσης αξίας των προϊόντων που μεταφέρονται γίνεται δεκτή η μέση αξία (δρχ./τόνο) των προϊόντων που εξάγονται από και εισάγονται στη χώρα. Άλλωστε μεγάλο μέρος αυτών μεταφέρεται με φορτηγά αυτοκίνητα. Η μέση αυτή αξία μας δίνει μια ρεαλιστική εικόνα για το σύνολο των προϊόντων που μεταφέρονται ή θα μεταφέρονται στο διάδρομο της Δυτικής Εγνατίας.

Από τα τελευταία δημοσιευμένα στοιχεία εξωτερικού εμπορίου της ΕΣΥΕ και με κατάλληλη επικαιροποίηση -με ρυθμούς πληθωρισμού- στο 1999, προκύπτει μέση αξία 200.000 δρχ./τόνο.

Η αξία αυτή είναι μάλλον συντηρητική, με δεδομένο το ότι από σχετική μελέτη³, βρέθηκε ότι η μέση αξία όλων των φθηνών (χωρίς συνυπολογισμό των προϊόντων των κατηγοριών 7 και 8 της SITC-Rev 3) εμπορευματοκιβωτιστοποιήσιμων προϊόντων που μεταφέρονται μεταξύ Ασίας και Ευρώπης είναι 350.000 δρχ./τόνο.

Ετσι οι ωφέλειες που θα προκύψουν από τη συντόμευση της διαδρομής στην οποία μεταφέρονται τα προϊόντα, είναι προς την "ασφαλή" πλευρά χωρίς να γίνεται καμία υπερεκτίμηση.

Γίνεται δεκτό ένα ετήσιο επιτόκιο δεσμευμένου κεφαλαίου ίσο με 8% το οποίο, με παραδοχή 300 εργάσιμων ημερών το χρόνο και 8 εργάσιμων ωρών την ημέρα, ισοδυναμεί σε 0,0033% την ώρα.

³ Eurasian Global Freight Corridors Traffic Study - UIC/Interim Report, TRADEMCO, January 2000.

Επομένως η ωριαία δέσμευση κεφαλαίου προσδιορίζεται σε 660 δρχ./τόνο. Από την έρευνα Π-Π του 1993 προέκυψε μέση πληρότητα φορτηγών ίση με 13 τόνους/όχημα. Επομένως η αξία χρόνου εκτιμάται σε 8.600 δρχ./ώρα/φορτηγό.

Όπως και με την αξία χρόνου επιβατών, γίνεται δεκτό ότι αυτή θα αυξάνεται - σε σταθερές τιμές - ετησίως με το ρυθμό αύξησης του ΑΕΠ.

3. ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης σκοπιμότητας για το τμήμα Παναγιά-Κουλούρα της Εγνατίας Οδού, έγιναν προβλέψεις για τον κυκλοφοριακό φόρτο που θα δεχθεί το τμήμα αυτό από την ολοκλήρωση της κατασκευής του και την παράδοση στην κυκλοφορία έως το χρονικό ορίζοντα της αξιολόγησης 2025. Οι προβλέψεις αυτές βασίζονται στο συγκοινωνιακό μοντέλο QVIEW της Εγνατία Οδός Α.Ε. συνεπικουρούμενες και από παρατηρήσεις της εξέλιξης της κυκλοφορίας από ιστορικά στοιχεία και πρόσφατες μετρήσεις που έγιναν στο υπάρχον δίκτυο κατά τη διάρκεια της μελέτης.

3.1. Κυκλοφοριακοί Φόρτοι από Πρόσφατες Μετρήσεις και Ιστορικά Στοιχεία

3.1.1. ΕΜΗΚ 1993 από τη Νέα Εθνική Έρευνα Π-Π

Η Νέα Εθνική Έρευνα Προέλευσης - Προορισμού (ΝΕΠΠ) έγινε το 1993 από το γραφείο Δοξιάδη όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο Κεφάλαιο. Κατά την έρευνα αυτή, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις κυκλοφορίας σε όλο το οδικό δίκτυο της χώρας και συλλέχθηκαν στοιχεία από τους σταθμούς μετρήσεων του ΥΠΕΧΩΔΕ. Το δίκτυο του συστήματος κυκλοφοριακών μετρήσεων περιλαμβάνει τρεις τύπους σταθμών μέτρησης:

- Μόνιμους σταθμούς συνεχούς μέτρησης της κυκλοφορίας, όπου δίνονται αυτόματες μετρήσεις ανά ώρα, 365 ημέρες το χρόνο.
- Σταθμούς ελέγχου, όπου πραγματοποιούν τις αυτόματες ωριαίες μετρήσεις, 7 συνεχόμενες ημέρες κάθε μήνα για μια τυπική εβδομάδα του μήνα.
- Σταθμούς κάλυψης τοποθετημένους στις περισσότερες διασταυρώσεις του δικτύου όπου μετρείται η κυκλοφορία με παρατηρητές για μικρό διάστημα 12 ωρών συνήθως κατά τη διάρκεια μιας καθημερινής ημέρας του έτους.

Την παρούσα μελέτη, ενδιαφέρουν οι μετρήσεις που προέκυψαν από 4 σταθμούς ελέγχου και έναν μόνιμο σταθμό. Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι σταθμοί και τα οδικά τμήματα στα οποία είναι τοποθετημένοι όπως και η ΕΜΗΚ που μετρήθηκε σε αυτούς τους σταθμούς για το έτος 1993. Επίσης, επειδή στην παρούσα μελέτη έγιναν νέες μετρήσεις σε αντίστοιχα σημεία κατά το μήνα Φεβρουάριο του 2000 με σκοπό τη σύγκριση, δίνεται ο συντελεστής μηνιαίας διακύμανσης του Φεβρουαρίου ως προς την ΕΜΗΚ 1993, όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1. ΕΜΗΚ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ 1993 - ΥΠΕΧΩΔΕ

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΤΜΗΜΑ	ΕΜΗΚ 1993 (οχήματα/ημέρα)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ
510	Γρεβενά - Σιάτιστα	1.656	0,77
580	Κοζάνη - Πολύμυλος	3.785	0,72
530	Βέροια - Αλεξάνδρεια	12.918	0,80
440	Τρίκαλα - Λάρισα (πλησίον Τρικάλων)	5.632	0,71
60 (μόνιμος)	Τρίκαλα - Λάρισα (πλησίον Λάρισας)	4.400	0,73

Επιπλέον αυτών των σταθμών, στα πλαίσια της ΝΕΠΠ έγιναν κυκλοφοριακές μετρήσεις με αυτογραφικά μηχανήματα (για 2 καθημερινές ημέρες και 3 περιόδους έρευνας) στα σημεία όπου έγιναν οι συνεντεύξεις Π-Π (όρια επαρχιών).

Ο φόρτος κυκλοφορίας καθώς και η σύνθεση, όπως μετρήθηκε σε αυτούς τους σταθμούς της έρευνας Π-Π, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2. Και εδώ παρουσιάζονται οι σταθμοί που αντιστοιχούν σε τμήματα του οδικού δικτύου που σχετίζονται με το τμήμα Παναγιά-Κουλούρα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2. ΦΟΡΤΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΝΕΠΠ (ΕΜΗΚ 1993)

Σταθμός	Τμήμα	Δίκυκλα	ΙΧ	Λεωφορ.	Ημιφορτηγά	2αξονικά φορτηγά	3αξονικά φορτηγά	Πολυ-αξονικά φορτηγά	Σύνολο Οχημ
3331	Μέτσοβο - Παναγιά	34	1.125	82	398	226	156	107	2.128
4411	Παναγιά - Γρεβενά	31	849	49	599	209	78	38	1.853
5111	Γρεβενά - Σιάτιστα	4	875	44	303	148	120	180	1.674
5833	Σιάτιστα - Κοζάνη	25	3.320	161	1.099	518	210	346	5.678
5835	Κοζάνη - Βέροια	26	2.548	97	740	388	127	396	4.322
5315	Αλεξάνδρεια - Χαλκηδόνα	75	3.272	153	1.557	747	217	741	6.762
4421	Καλαμπάκα - Τρίκαλα	111	4.877	291	1.818	704	343	328	8.472
4221	Τρίκαλα - Λάρισα	68	3.010	173	992	573	162	461	5.439

Ο παρακάτω Πίνακας 3.3 παρουσιάζει τη σύνθεση κυκλοφορίας για 3 βασικές κατηγορίες οχημάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3. ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΝΕΠΠ

Σταθμός	Τμήμα	ΕΜΗΚ 1993 Οχημ	Ελαφρά οχήματα %	Λεωφορεία %	Φορτηγά %
3331	Μέτσοβο - Παναγιά	2.128	73,2	3,8	23,0
4411	Παναγιά - Γρεβενά	1.853	79,8	2,6	17,6
5111	Γρεβενά - Σιάτιστα	1.674	70,6	2,6	26,8
5833	Σιάτιστα - Κοζάνη	5.678	78,3	2,8	18,9
5835	Κοζάνη - Βέροια	4.322	76,7	2,2	21,1
5315	Αλεξάνδρεια - Χαλκηδόνα	6.762	72,5	2,3	25,2
4421	Καλαμπάκα - Τρίκαλα	8.472	80,3	3,4	16,3
4221	Τρίκαλα - Λάρισα	5.439	74,8	3,2	22,0

Παρατηρείται ότι κατά μήκος του τμήματος Μέτσοβο - Παναγιά - Βέροια, τα υποτιμήματα έχουν περίπου ίδια σύνθεση η οποία κατά μέσο όρο περιλαμβάνει 75% ελαφρά, 3% λεωφορεία και 22% φορτηγά. Αυτή η σύνθεση είναι μάλιστα και πολύ κοντά στη μέση της χώρας όπως φαίνεται παρακάτω.

Επίσης, από τη μελέτη ΝΕΠΠ 1993 εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων και της κυκλοφορίας που μετρήθηκε. Αυτά τα συμπεράσματα αφορούν στο σύνολο της χώρας και σχετίζονται με τη σύνθεση της κυκλοφορίας, τις πληρότητες των οχημάτων και τους σκοπούς ταξιδιών. Ετσι λοιπόν η μέση σύνθεση κυκλοφορίας το 1993 είχε ως εξής:

Μοτοσικλότες	1,2%
Επιβατικά ΙΧ/ταξί	60,2%
Ημιφορτηγά	13,3%
Λεωφορεία	3,5%
Φορτηγά 2-αξονικά	8,3%
Φορτηγά 3-αξονικά	2,4%
Φορτηγά πολυαξονικά	11,1%

Κάνοντας μια ομαδοποίηση στις κατηγορίες οχημάτων, η σύνθεση γίνεται:

Ελαφρά οχήματα	74,4%
Λεωφορεία	3,5%
Φορτηγά	22,1%

Η πληρότητα των οχημάτων (σε επιβάτες ανά όχημα) κάθε κατηγορίας ήταν:

Μοτοσικλές	1,35
Επιβατικά ΙΧ/ταξί	2,15
Ημιφορτηγά	1,75
Λεωφορεία	24,35
Φορτηγά 2-αξονικά	1,4
Φορτηγά 3-αξονικά	1,25
Φορτηγά πολυαξονικά	1,15

Ομαδοποιώντας τις κατηγορίες, έχουμε:

Ελαφρά οχήματα	2,08 επιβ/όχημα
Λεωφορεία	24,35 επιβ/όχημα
Φορτηγά	1,26 επιβ/όχημα

Όσον αφορά στις εμπορευματικές μεταφορές, η μέση πληρότητα φορτίου ανά είδος οχήματος ήταν:

Φορτηγά 2-αξονικά	5 τόνοι/όχημα
Φορτηγά 3-αξονικά	12,3 τόνοι/όχημα
Φορτηγά πολυαξονικά	19,3 τόνοι/όχημα

Η μέση σταθμισμένη πληρότητα είναι 13,1 τόνοι/όχημα ενώ οι δύο τελευταίες κατηγορίες φορτηγών - που είναι αυτές που κυρίως προβλέπεται ότι θα κυκλοφορούν στην Εγνατία Οδό για μεταφορές μεγάλων αποστάσεων και τράνζιτ - μπορεί να θεωρηθεί ότι έχουν μέσο μεταφερόμενο φορτίο ίσο με 18 τόνους/όχημα.

Από τα μεταφερόμενα προϊόντα, το 23,7% είναι βιομηχανικά, το 18,3% γεωργικά, το 16,3% πετρελαιοειδή/καύσιμα, το 13,6% υλικά κατασκευών και 28,1% άλλα.

Τέλος, σχετικά με τους σκοπούς ταξιδιού ελαφρών οχημάτων, η έρευνα Π-Π του 1993 έδειξε ότι η κατανομή έχει ως εξής:

Εργασία/Επαγγελματικοί λόγοι	46%
Τουρισμός/Αναψυχή	30%
Άλλοι λόγοι	24%

Στα ημιφορτηγά, ο σκοπός ταξιδιού ήταν επαγγελματικός για το 68% και άλλος για το 32% των οχημάτων.

Τέλος, η σύνθεση των λεωφορείων είναι 71,5% δημόσια, 9,5% ιδιωτικά και 19,5% τουριστικά.

Τα παραπάνω στοιχεία αναφέρονται επειδή θα χρησιμοποιηθούν κυρίως για τον προσδιορισμό της μέσης αξίας χρόνου και των μέσων λειτουργικών δαπανών των οχημάτων η οποία θα αξιοποιηθεί στην ανάλυση κόστους/οφέλους.

3.1.2. Ιστορικά Στοιχεία Κυκλοφοριακού Φόρτου

Από τα διαθέσιμα στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ έγινε επιλογή των κυκλοφοριακών φόρτων που αφορούν την παρούσα μελέτη και ειδικότερα το τμήμα που εξετάζεται, για τα έτη 1985 και 1990. Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζονται οι τιμές κυκλοφοριακών φόρτων (ΕΜΗΚ) στα τμήματα που επιλέχθηκαν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΥΠΕΧΩΔΕ (ΕΜΗΚ - οχημ/ημ)

Τμήμα	ΥΠΕΧΩΔΕ 1985	ΥΠΕΧΩΔΕ 1990
Μέτσοβο - Παναγιά	1.190	2.000
Παναγιά - Γρεβενά	1.770	2.000
Γρεβενά - Σιάτιστα	1.600	2.600
Σιάτιστα - Κοζάνη	4.080	4.900
Κοζάνη - Βέροια	3.900	3.500
Βέροια - Κουλούρα	1.430	5.900
Βέροια - Αλεξάνδρεια	10.280	13.000
Αλεξάνδρεια - Χαλκηδόνα	5.460	7.000
Τρίκαλα - Λάρισα	3.940	5.500
Παναγιά - Τρίκαλα	3.030	4.000

Η ΔΕΣΣ Θεσ/νίκης έχει στην ευθύνη της 10 μόνιμους σταθμούς ελέγχου στην Κεντρική Μακεδονία. Από αυτούς μόνο ο σταθμός 530 μεταξύ Βέροιας και Αλεξάνδρειας έχει ενδιαφέρον για τη σύγκριση/εξέλιξη των φόρτων κατά μήκος του διαδρόμου του εξεταζόμενου τμήματος της Δυτικής Εγνατίας.

Στον σταθμό αυτό οι μετρήσεις γίνονται με αυτογραφικούς μετρητές 6 ημέρες την εβδομάδα κάθε (ή σχεδόν κάθε) μήνα του έτους.

Με βάση την ανάλυση πρωτογενών στοιχείων που δόθηκαν, η εξέλιξη της ΕΜΗΚ (σε οχ/ημ) την περίοδο 1993-1999 ήταν:

1993:	12.055
1994:	12.640
1995:	13.840
1996:	13.995
1997:	14.050
1998:	15.340
1999:	15.435

Η μέση ετήσια αύξηση της κυκλοφορίας ήταν 4,2% μεταξύ 1993 (έτος ΝΕΠΠ) και 1999. Η μηνιαία διακύμανση μέσα στο έτος είναι μικρή (μόλις $\pm 7\%$ περίπου γύρω από την ΕΜΗΚ).

Με βάση την τάση αύξησης που προσδιορίστηκε, μπορεί κανείς με αρκετή ασφάλεια να υποθέσει ότι το έτος 2000 η ΕΜΗΚ στο σταθμό 530 θα είναι περίπου 16.080 οχ/ημ.

3.1.3. Μετρήσεις Κυκλοφορίας - Φεβρουάριος 2000

Κατά τη διάρκεια της μελέτης και προκειμένου να είναι δυνατή η παρατήρηση της πραγματικής εξέλιξης του κυκλοφοριακού φόρτου στο υφιστάμενο οδικό δίκτυο της περιοχής της Δυτικής Εγνατίας, έγιναν μετρήσεις κυκλοφορίας και καταγράφηκε η σύνθεση αυτής.

Επιλέγησαν αρχικά 4 θέσεις στις οποίες έγιναν μετρήσεις με αυτόματους καταμετρητές για δύο τυπικά εικοσιτετράωρα. Οι θέσεις αυτές και οι ημερομηνίες των μετρήσεων είχαν ως εξής:

- Θέση 1: Εθνική Οδός Βέροιας-Κοζάνης μεταξύ των χωριών Πολύμυλος και Φιλιππούπολη.
Ημερομηνία: 16/2/2000 - 18/2/2000
Ημέρα έναρξης: Τετάρτη
- Θέση 2: Εθνική Οδός Κοζάνης-Γρεβενών μετά το χωριό Ξηρολίμνη
Ημερομηνία: 16/2/2000 - 18/2/2000
Ημέρα έναρξης: Τετάρτη
- Θέση 3: Εθνική Οδός Κοζάνης-Γρεβενών μετά τη διασταύρωση για το χωριό Κοκκινιά
Ημερομηνία: 21/2/2000 - 23/2/2000
Ημέρα έναρξης: Δευτέρα
- Θέση 4: Εθνική Οδός Τρικάλων-Ιωαννίνων μεταξύ των χωριών Βοτονόσι και Μικρό Περιστέρι
Ημερομηνία: 21/2/2000 - 23/2/2000
Ημέρα έναρξης: Δευτέρα

Οι μετρήσεις που έγιναν στις θέσεις 1 και 2 δεν παρουσίασαν κάποιο πρόβλημα, αντίθετα με αυτές των θέσεων 3 και 4, όπου, λόγω δυσμενών συνθηκών που δημιουργήθηκαν (χιονόπτωση και κατολισθήσεις), κρίνονται αναξιόπιστες και έτσι δεν θα ληφθούν υπόψη.

Για την καταγραφή της σύνθεσης της κυκλοφορίας, χρησιμοποιήθηκαν παρατηρητές στις θέσεις των μετρήσεων, οι οποίοι κατέγραφαν ανά 15λεπτο για τρία δίωρα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα δίωρα αυτά ήταν 09:00-11:00, 12:00-14:00 και 15:00-17:00.

Η Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (ΜΗΚ) που μετρήθηκε, μπορεί να μετατραπεί σε ΕΜΗΚ του 2000, σύμφωνα με τους συντελεστές μηνιαίας διακύμανσης του μήνα Φεβρουαρίου για τα αντίστοιχα τμήματα, οι οποίοι έχουν παρουσιαστεί στον προηγούμενο Πίνακα 3.1.

Στον παρακάτω Πίνακα 3.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2000

Θέση	Τμήμα	ΜΗΚ Φεβρουαρίου 2000 (οχήματα/ημέρα)	ΕΜΗΚ 2000 (οχήματα/ημέρα)
1	Κοζάνη - Πολύμυλος	3.356	4.661
2	Κοζάνη - Σιάτιστα	5.037	6.542

Παρατηρείται ότι μεταξύ 1993 και 2000 η κυκλοφορία αυξήθηκε κατά 15% και στα δύο τμήματα.

Στον επόμενο Πίνακα 3.6 παρουσιάζεται η σύνθεση της κυκλοφορίας όπως προκύπτει από την επεξεργασία των καταγραφών των παρατηρητών στις δύο θέσεις μετρήσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6. ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (%) ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2000

Θέση	Τμήμα	Δίκυκλα	ΙΧ	Ημιφορτηγά	Λεωφο- ρεία	2αξονικά φορτηγά	3αξονικά φορτηγά	Πολυαξονικά φορτηγά	Άλλα
1	Κοζάνη - Πολύμυλος	0	77	5	1,4	3,7	6,2	6,5	0,2
2	Κοζάνη - Σιάτιστα	0	79,8	3,8	2,2	2,9	0,6	10,5	0,2

Παρακάτω, ο Πίνακας 3.7 παρουσιάζει την ίδια σύνθεση ομαδοποιημένη σε 3 βασικές κατηγορίες οχημάτων:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7. ΦΟΡΤΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2000**

Θέση	Τμήμα	ΜΗΚ 2000 (οχ/ημ)	Ελαφρά οχήματα %	Λεωφορεία %	Φορτηγά %
1	Κοζάνη - Πολύμυλος	3.356	82	1,4	16,6
2	Κοζάνη - Σιάτιστα	5.037	83,6	2,2	14,2

Εδώ παρατηρείται ότι σε σχέση με τη σύνθεση που καταγράφηκε το 1993 έχει μειωθεί το ποσοστό φορτηγών οχημάτων και λεωφορείων και έχει αυξηθεί το ποσοστό των ελαφρών οχημάτων. Αυτό ισχύει και για τα δύο τμήματα όπου έγιναν παρατηρήσεις. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι τα στοιχεία του 1993 αναφέρονται στη σύνθεση όλου του έτους ενώ οι μετρήσεις του 2000 δίνουν τη σύνθεση μόνο για το μήνα Φεβρουάριο κατά τον οποίο λόγω των καιρικών συνθηκών η χρήση των τμημάτων της υφιστάμενης οδού από φορτηγά είναι δυσχερέστερη.

3.1.4. Διαχρονική Εξέλιξη Κυκλοφοριακών Φόρτων 1985-2000

Από τη συνεκτίμηση των πηγών που παρουσιάστηκαν, προκύπτει για τη χρονική περίοδο 1985-2000 η διαχρονική εξέλιξη των κυκλοφοριακών φόρτων στο υφιστάμενο τμήμα Παναγιά-Κουλούρα αλλά και γενικότερα στο σημερινό διάδρομο της κατασκευαζόμενης Δυτικής Εγνατίας (Μέτσοβο - Παναγιά - Κοζάνη - Χαλκηδόνα/Παναγιά - Λάρισα). Αυτή παρουσιάζεται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 3.8.

Σημειώνεται ότι δεν έχουν ληφθεί υπόψη στοιχεία σταθμών κάλυψης του ΥΠΕΧΩΔΕ καθώς οι μετρήσεις σε αυτούς είναι μόνο με παρατηρητές, είναι σποραδικές, διαρκούν ελάχιστα και δεν θεωρούνται αξιόπιστες.

Για την περίοδο 1985-1993 η μέση σταθμισμένη ετήσια αύξηση που καταγράφηκε είναι 4%. Αυτή περιλαμβάνει όλα τα τμήματα του Πίνακα 3.8 δηλαδή όλο το διάδρομο ενδιαφέροντος.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι κατά το μεσοδιάστημα 1980 και 1993 που διεξήχθησαν ο δύο Εθνικές Έρευνες Π-Π (L. Berger και Γρ. Δοξιάδη), οι μετακινήσεις στο σύνολο της χώρας αυξήθηκαν κατά 150% ή 7,3% ετησίως κατά μέσο όρο. Ταυτόχρονα όμως πρέπει να σημειωθεί ότι η περιοχή της Δυτικής Εγνατίας - η οποία αφορά στην παρούσα μελέτη - είναι εκείνη στην οποία παρατηρήθηκε η χαμηλότερη αύξηση εισοδημάτων και πληθυσμού. Κατά την ίδια περίοδο η ιδιοκτησία ΙΧ διπλασιάστηκε, υποδεικνύοντας μια ελαστικότητα των μετακινήσεων ως προς το δείκτη ιδιοκτησίας ΙΧ ίση με 1,5.

Αντίθετα, το ΑΕΠ την ίδια περίοδο αυξήθηκε μόνο κατά 1,7% ετησίως κατά μέσο όρο, όμως θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και το μεγάλο ποσοστό παραοικονομίας (που δεν αντικατοπτρίζεται στο ΑΕΠ) που την προαναφερθείσα περίοδο εκτιμάται ότι ήταν τουλάχιστον 40% του συνόλου της οικονομίας. Αυτό εξηγεί γιατί, παρά τη μέτρια αύξηση του ΑΕΠ, οι μετακινήσεις (αλλά και η ιδιοκτησία ΙΧ) αυξήθηκαν με πολύ υψηλότερους ρυθμούς.

Την περίοδο 1993-2000 η μέση ετήσια αύξηση ιδιοκτησίας ΙΧ ήταν 6% περίπου (ή 50% συνολικά) και του ΑΕΠ περίπου 3% ετησίως.

Για την περίοδο 1993-2000 η εξέλιξη του φόρτου καταγράφεται μόνο σε τμήματα που ο μελετητής διεξήγαγε μετρήσεις το Φεβρουάριο του 2000, καθώς και στο σταθμό μέτρησης 530 της ΔΕΣΕ.

Για τα τμήματα Γρεβενά - Κοζάνη - Πολύμυλος, ο φόρτος αυξήθηκε κατά 2% ετησίως κατά μέσο όρο ενώ για το τμήμα Βέροια - Αλεξάνδρεια κατά 3,1% ετησίως.

Συνολικά η μεταβολή των κυκλοφοριακών φόρτων την τελευταία 15ετία κυμαίνεται - ανάλογα το τμήμα - μεταξύ +0,6% και +7,5% ετησίως, κατά μέσο όρο στο διάδρομο που εξετάζεται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8. ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΦΟΡΤΩΝ (ΕΜΗΚ - οχημ/ημ)

Τμήματα	1985 (ΥΠΕΧΩΔΕ)	1990 (ΥΠΕΧΩΔΕ)	1993 (ΥΠΕΧΩΔΕ)	1993 (ΝΕΠΠ)	2000 (Μετρήσεις Μελετητή)	Μέσος Ρυθμός Μεταβολής (% ετησίως)	Περίοδος
Μέσσοβο - Παναγιά	1.190	2.000	-	2.128	-	+7,5	85-93
Παναγιά - Γρεβενά	1.770	2.000	-	1.853	-	+0,6	85-93
Γρεβενά - Σιάτιστα	1.600	2.600	1.656	1.674	-	+0,6	85-93
Σιάτιστα - Κοζάνη	4.080	4.900	-	5.678	6.542	+3,2	85-00
Κοζάνη - Πολύμυλος	3.900	3.500	3.785	4.322	4.661	+1,2	85-00
Πολύμυλος - Βέροια	3.900	3.500	-	4.322	-	+1,3	85-93
Βέροια - Αλεξάνδρεια	10.280	13.000	12.918	-	16.080*	+3,0	85-00
Αλεξάνδρεια - Ν.Χαλκηδόνα	5.460	7.000	-	6.762	-	+2,7	85-93
Παναγιά - Τρίκαλα	3.030	4.000	-	8.472	-	+13,7	85-93
Τρίκαλα - Λάρισα	3.940	5.500	5.016 (μ.ο)	5.439	-	+4,1	85-93

(*) Εκτίμηση από μέτρηση ΔΕΣΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ το 1999 (15.435 οχ/ημ)

(-) Δεν υπάρχουν μετρήσεις κυκλοφορίας.

Σημ. (1) Στο τμήμα Βέροια - Κουλούρα - Κλειδί δεν υπάρχουν σταθμοί μέτρησης κυκλοφορίας και εναλλακτικά επιλέχθηκε το τμήμα Βέροια - Αλεξάνδρεια - Χαλκηδόνα.

Σημ. (2) Περιλαμβάνεται το τμήμα Παναγιά - Τρίκαλα - Λάρισα καθόσον αποτελεί σήμερα εναλλακτική διέλευση από Θεσ/νίκη προς Ιωάννινα και Ηγουμενίτσα.

Στο Σχέδιο 2 παρουσιάζονται οι θέσεις των σταθμών μέτρησης και οι κυκλοφοριακοί φόρτοι που προέκυψαν για όλες τις παραπάνω πηγές.

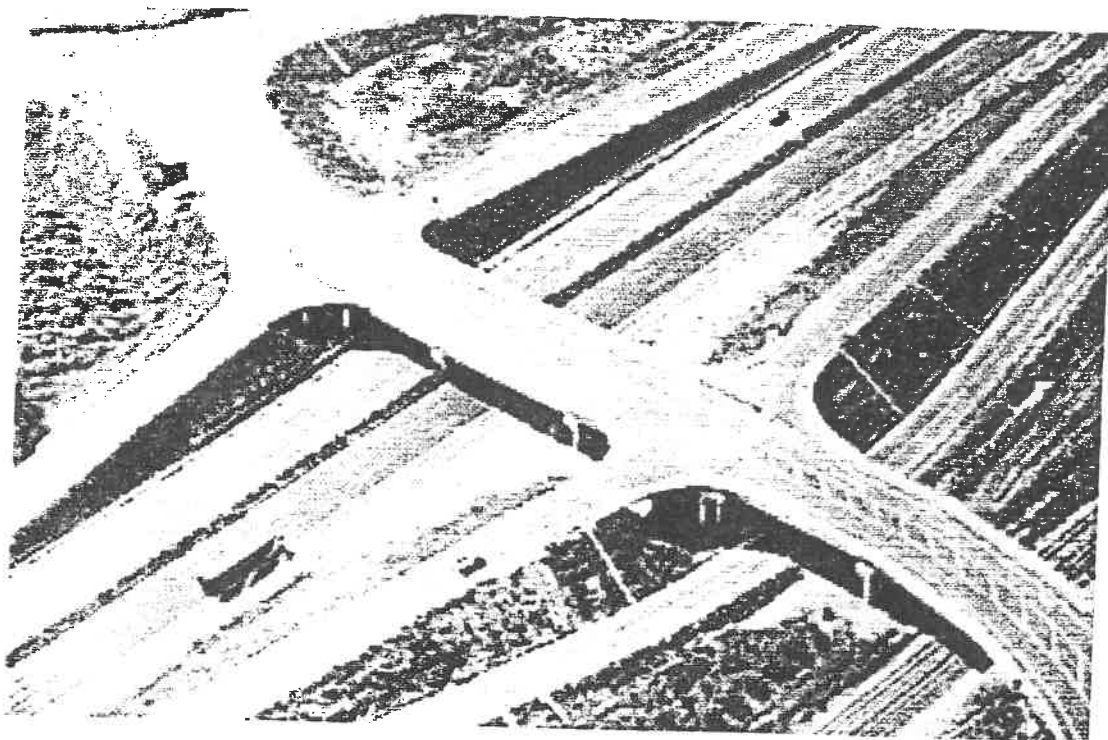
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15. ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (ΕΜΗΚ) ΜΕ/ΧΩΡΙΣ ΤΟ ΕΡΓΟ ΣΕ ΚΥΡΙΑ ΥΠΟΤΜΗΜΑΤΑ

ΤΜΗΜΑ	ΜΗΚΟΣ (Χλμ.)	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2010		2025	
		ΕΛΑΦΡΑ	ΒΑΡΕΑ	ΕΛΑΦΡΑ	ΒΑΡΕΑ	ΕΛΑΦΡΑ	ΒΑΡΕΑ	ΕΛΑΦΡΑ	ΒΑΡΕΑ	ΕΛΑΦΡΑ	ΒΑΡΕΑ	ΕΛΑΦΡΑ	ΒΑΡΕΑ	ΕΛΑΦΡΑ	ΒΑΡΕΑ	ΕΛΑΦΡΑ	ΒΑΡΕΑ
ΜΕ ΤΟ ΕΡΓΟ																	
Εγνατία Οδός																	
Ιωάννινα-Παναγιά	48,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.449	1.311	1.773	1.834	2.415	3.401
Παναγιά-Γρεβενά 1	34,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	706	894	1.331	1.488	1.996	2.515
Παράκαμψη Γρεβενών	6,5	-	-	-	-	-	-	1.290	1.066	1.355	1.168	690	734	1.136	1.298	1.698	2.205
Γρεβενά 2-Πολύμυλος	73,3	-	-	3.934	1.747	4.033	1.828	4.408	2.032	4.744	2.336	4.879	2.494	5.713	3.371	8.654	5.953
Πολύμυλος-Βέροια	16,7	-	-	-	-	-	-	-	-	3.725	2.247	3.851	2.397	4.576	3.138	7.966	6.114
Βέροια-Κουλούρα	8,6	-	-	-	-	5.738	4.167	7.970	4.777	9.702	5.369	9.933	5.598	11.774	6.939	20.114	12.634
Κουλούρα-Κλειδί	27,4	4.911	3.464	4.812	3.813	5.563	3.963	7.062	4.561	8.696	5.079	8.905	5.293	10.941	6.564	18.049	11.985
Υφιστάμενο δίκτυο																	
Μαυροχώρι-Γρεβενά	59,0	1.319	233	1.367	247	1.398	253	1.429	263	1.488	292	1.386	45	1.274	44	1.753	66
Μέτσοβο-Μηλιά-Γρεβενά		298	103	416	390	434	422	453	454	482	516	0	0	0	0	0	0
Σιάτιστα-Κόνιτσα-Ιωάννινα		755	36	774	35	800	36	826	36	845	38	811	5	936	6	1.458	11
Μαυροχώρι-Καλαμπάκα-Τρίκαλα		1.856	676	1.821	485	1.862	500	1.901	534	1.968	569	2.056	649	1.437	49	1.974	62
Γρεβενά-Πολύμυλος	89,0	2.668	1.045	240	120	242	126	30	0	29	0	104	56	103	67	131	116
Πολύμυλος-Βέροια	25,0	2.111	869	2.766	1.413	2.851	1.484	3.106	1.813	0	0	0	0	0	0	0	0
Βέροια-Κουλούρα	10,0	7.006	960	7.701	1.507	6.898	1.156	2.776	122	2.624	58	1.776	14	2.467	1.093	3.280	1.980
ΧΩΡΙΣ ΤΟ ΕΡΓΟ																	
Εγνατία Οδός																	
Ιωάννινα-Παναγιά	48,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.291	1.230	1.580	1.586	2.292	2.981
Παναγιά-Κουλούρα	139,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Κουλούρα-Κλειδί	27,4	4.911	3.464	4.631	3.488	5.119	3.625	5.585	4.073	6.165	4.225	6.046	4.372	7.716	5.266	11.237	9.480
Υφιστάμενο δίκτυο																	
Μαυροχώρι-Γρεβενά	59,0	1.319	233	1.348	239	1.377	245	1.407	252	1.438	259	1.468	264	1.641	316	2.307	493
Μέτσοβο-Μηλιά-Γρεβενά		298	103	312	108	333	113	301	111	315	108	405	132	272	162	264	190
Σιάτιστα-Κόνιτσα-Ιωάννινα		755	36	802	38	802	38	862	39	885	46	816	21	946	9	1.480	15
Μαυροχώρι-Καλαμπάκα-Τρίκαλα		1.856	676	1.872	723	1.930	765	1.976	831	2.019	886	2.178	1.064	1.798	313	2.525	476
Γρεβενά-Πολύμυλος	89,0	2.668	1.045	3.410	868	2.812	1.128	3.102	1.273	3.183	1.315	3.267	1.362	0	0	0	0
Πολύμυλος-Βέροια	25,0	2.110	869	2.211	916	2.272	963	2.646	1.191	2.734	1.244	2.798	1.293	3.064	1.581	5.616	3.148
Βέροια-Κουλούρα	10,0	7.006	960	7.211	1.017	7.370	1.070	7.818	1.303	10.824	1.737	8.171	1.411	12.186	6.281	18.341	12.135
Σημείωση: Οι παραπάνω φόρτοι αποτελούν τους σταθμισμένους (με βάση το μήκος) μέσους όρους των κυκλοφοριακών φόρτων που προέρχονται από τα λεπτομερή τμήματα (συνδέσμιους) του προτύπου. Οι λεπτομερείς φόρτοι ανά σύνδεσμο παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α																	

**4. Στοιχεία από διπλωματικές εργασίες
(εξώφυλλα, πίνακες)**

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΩΝ ΣΤΗΝ ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΜΕ
ΜΕΘΟΔΟΥΣ 'ΠΡΙΝ' ΚΑΙ 'ΜΕΤΑ'**



ΣΥΝΤΑΞΗ

ΕΥΑΓΓΕΛΙΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ

ΓΙΩΡΓΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2003

Πίνακας 7.1: Συγκεντρωτικός πίνακας μεταβολής απόλυτων αριθμών και δεικτών των ατυχημάτων

Σύνολο

ΑΠΟΛΥΤΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ

	Αθήνα-Λαμία	Αθήνα-Κόρινθος
ΝΕΚΡΟΙ		
Πριν (86-90)	159	210
Μετά (96-99)	66	79
Πριν κατ' έτος	32	42
Μετά κατ' έτος	17	20
Μεταβολή	-48%	-53%

Σύνολο

ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ

	Αθήνα-Λαμία	Αθήνα-Κόρινθος
ΝΕΚΡΟΙ/ΑΤΥΧ.		
Πριν (86-90)	0.26	0.30
Μετά (96-99)	0.23	0.28
Μεταβολή	-10%	-7%

ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

	Αθήνα-Λαμία	Αθήνα-Κόρινθος
Πριν (86-90)	607	690
Μετά (96-99)	281	278
Πριν κατ' έτος	121	138
Μετά κατ' έτος	70	70
Μεταβολή	-42%	-50%

ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

	Αθήνα-Λαμία	Αθήνα-Κόρινθος
ΝΕΚΡΟΙ/εκ.οχ-χλμ		
Πριν (86-90)	0.035	0.054
Μετά (96-99)	0.013	0.018
Μεταβολή	-64%	-66%

ΟΧΗΜΑΤΟΧΙΛΙΟ
ΜΕΤΡΑ*

	Αθήνα-Λαμία	Αθήνα-Κόρινθος
Πριν (86-90)	4,585	3,920
Μετά (96-99)	5,258	4,282
Πριν κατ' έτος	917	784
Μετά κατ' έτος	1,314	1,070
Μεταβολή	43%	37%

* υπολογισμένα σε εκατομμύρια

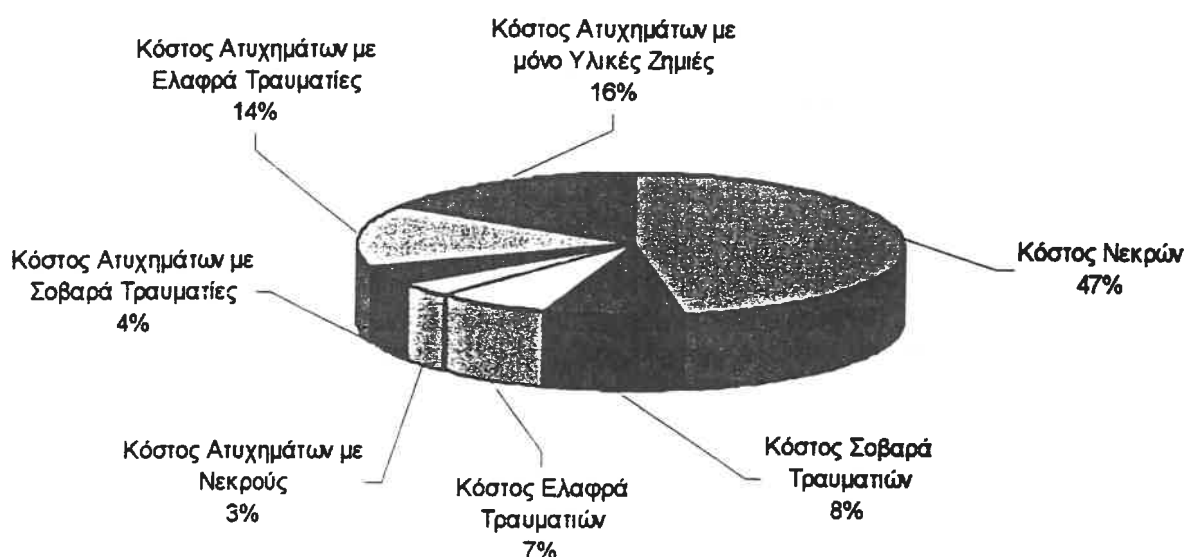
ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

	Αθήνα-Λαμία	Αθήνα-Κόρινθος
ΑΤΥΧ/εκ.οχ-χλμ		
Πριν (86-90)	0.132	0.176
Μετά (96-99)	0.053	0.065
Μεταβολή	-60%	-63%

Ο παραπάνω πίνακας παρουσιάζει τη μεταβολή των δεικτών σοβαρότητας και επικινδυνότητας για τις δύο εξεταζόμενες περιοχές, της παρούσας διπλωματικής εργασίας, σε αντιστοιχία με τη μεταβολή των απόλυτων αριθμών του συνόλου των ατυχημάτων, του αριθμού των νεκρών και των διανυθέντων οχηματοχιλιομέτρων.



ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΩΦΕΛΕΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΗΜΗΤΡΗ ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΥ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΓΙΩΡΓΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΜΠ**

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2002

Drachmas 1999	Cost of Casualties			Cost of Accidents with			
	Killed	Seriously Injured	Slightly Injured	Killed	Seriously Injured	Slightly Injured	Mat Damage only
Material Damage				9.803.181	6.193.101	4.737.853	566.643
Police				999.705	420.610	394.997	1.081
Fire brigade				2.668	925	136	23
Insurance companies				1.611.476	1.330.224	542.359	70
Court cost				2.438.142	1.805.949	478.710	22.170
Pain and Grief	35.018.904	10.587.538	971.206				
Lost production output	145.694.227	2.211.782	659.775				
Rehabilitation	0	745.347	0				
Hospital treatment	0	1.608.849	276.320				
First aid & Transportation	24.255	22.509	19.425				
Human Cost (2001)	missing	missing	missing	missing	missing	missing	missing
Total cost	180.737.386	15.176.025	1.926.726	14.855.172	9.750.809	6.154.055	589.987

5. Λοιπά στοιχεία

**Βοηθητικός Πίνακας Υπολογισμού Ημερήσιας Κυκλοφορίας (μέσος
ετήσιος ρυθμός αύξησης 2,3%)**

Έτος	Κυκλοφοριακοί Φόρτοι (οχ/ημ)
2001	3934
2002	4024.5
2003	4117.0
2004	4211.7
2005	4308.6
2006	4407.7
2007	4509.1
2008	4612.8
2009	4718.9
2010	4827.4
2011	4938.5
2012	5052.0
2013	5168.2
2014	5287.1
2015	5408.7
2016	5533.1
2017	5660.4
2018	5790.6
2019	5923.7
2020	6060.0
2021	6199.4
2022	6341.9
2023	6487.8
2024	6637.0
2025	6789.7
2026	6945.8
2027	7105.6
2028	7269.0
2029	7436.2
2030	7607.3
2031	7782.2
2032	7961.2
2033	8144.3
2034	8331.6
2035	8523.3
2036	8719.3
2037	8919.8
2038	9125.0
2039	9334.9
2040	9549.6
Σύνολο	253705.0