

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ,  
ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΑ  
ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ:  
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΕΡΓΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ  
ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΥΒΟΙΑΣ

ΧΙΩΤΙΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΕΡΑΦΕΙΜ ΠΟΛΥΖΟΣ

ΒΟΛΟΣ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2016

## **Περίληψη**

Ο κίνδυνος είναι παρών σε κάθε κατασκευαστικό έργο. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη προτεινόμενης μεθοδολογίας για την ανάλυση και διαχείριση του κατασκευαστικού κινδύνου των τεχνικών έργων και η εφαρμογή της στο έργο της συντήρησης του εθνικού και επαρχιακού οδικού δικτύου Κεντρικής Εύβοιας. Η εργασία αφορά στον κίνδυνο υπέρβασης κόστους, χρονικής καθυστέρησης ή μη επίτευξης των ποιοτικών στόχων του έργου. Γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση των βασικών εννοιών και μεθόδων της διαχείρισης κινδύνου έργων, ενώ για την ανάλυση των κινδύνων της μελέτης περίπτωσης χρησιμοποιούνται ποιοτικές και ποσοτικές μέθοδοι ανάλυσης, με τα αποτελέσματα των αναλύσεων να χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων και προτάσεων διαχείρισης του κινδύνου του έργου. Το βασικό ερώτημα της εργασίας είναι «Με ποιες στρατηγικές μπορεί ο ανάδοχος του έργου οδοποιίας να αντιμετωπίσει τους κινδύνους στο έργο που σχετίζονται με το κόστος, το χρόνο και την ποιότητα».

**Λέξεις-Κλειδιά: Διαχείριση Κινδύνων Έργων, Προσομοίωση Κινδύνων, Latin Hypercube Sampling**

### **Abstract**

Risk is present in every construction project. The purpose of this paper is the development of a suggested methodology to address the risk present in construction projects, and its application on the maintenance of the national and provincial road network of Central Evia, Greece. The paper addresses the risk of cost overrun, schedule delay and not meeting quality targets. A literature review takes place, reviewing risk management's basic concepts and methods, whereas, for the analysis of the risks concerning the case study, both qualitative and quantitative methods are used, the results of which are used to form conclusions and suggestions for addressing the projects risks. The main question of this paper is "What strategies can the contractor implement to address the project risks concerning cost, time and quality".

**Key-Words: Project Risk Management, Risk simulation, Latin Hypercube Sampling**

## Περιεχόμενα

|   |     |
|---|-----|
| 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....   | 4   |
| 1.1 Γενικά.....   | 4   |
| 1.2 Η βιομηχανία των κατασκευών.....                        | 4   |
| 1.3 Η έννοια της διαχείρισης κινδύνου.....                  | 4   |
| 1.4 Σκοπός της παρούσας εργασίας.....                       | 5   |
| 1.5 Δομή της Εργασίας.....                                  | 5   |
| 2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ .....                | 7   |
| 2.1 Η έννοια του έργου .....                                | 7   |
| 2.2 Βασικά χαρακτηριστικά.....                              | 8   |
| 2.3 Διαχείριση έργου.....                                   | 13  |
| 3 ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ .....                    | 20  |
| 3.1 Έννοιες και χαρακτηριστικά σχετικά με τον κίνδυνο ..... | 20  |
| 3.2 Διαχείριση Κινδύνου Έργων .....                         | 23  |
| 3.3 Διαδικασίες διαχείρισης κινδύνου.....                   | 26  |
| 3.4 Κυριότητα κινδύνου στα τεχνικά έργα.....                | 53  |
| 4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ .....                | 56  |
| 4.1 Γενικά.....   | 56  |
| 4.2 Σκοπός της μεθοδολογίας .....                           | 56  |
| 4.3 Ανάλυση παραδοχών μεθοδολογίας .....                    | 57  |
| 4.4 Πηγές πληροφοριών.....                                  | 57  |
| 4.5 Μεθοδολογία αναγνώρισης κινδύνων.....                   | 58  |
| 4.6 Μεθοδολογία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων .....           | 59  |
| 4.7 Μεθοδολογία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων .....           | 61  |
| 4.8 Μεθοδολογία σχεδιασμού αντιμετώπισης κινδύνων .....     | 66  |
| 4.9 Προσομοίωση υπολειμματικού κινδύνου .....               | 67  |
| 5 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ .....                                   | 68  |
| 5.1 Περιγραφή Έργου .....                                   | 68  |
| 5.2 Αναγνώριση Κινδύνων .....                               | 70  |
| 5.3 Ποιοτική Ανάλυση Κινδύνων.....                          | 83  |
| 5.4 Ποσοτική Ανάλυση κινδύνων.....                          | 98  |
| 5.5 Σχεδιασμός αντιμετώπισης κινδύνων.....                  | 116 |
| 5.6 Προσομοίωση υπολειμματικού κινδύνου .....               | 124 |
| 5.7 Σύνοψη αποτελεσμάτων .....                              | 131 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ..... | 132 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....   | 135 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### *1.1 Γενικά*

Η έννοια της αβεβαιότητας συναντάται σε όλες τις δραστηριότητες του ανθρώπου, είτε αυτές αφορούν στην επιβίωση, είτε στην ιδιότητά του ως κοινωνικό ον, είτε αποτελούν μορφές εκδήλωσης της οικονομικής και τεχνολογικής του εξέλιξης. Η ύπαρξη του στοιχείου της αβεβαιότητας στην ανθρώπινη δραστηριότητα προέρχεται από την αδυναμία του ανθρώπου να έχει πλήρη γνώση όλων των συντελεστών που επηρεάζουν μια δεδομένη κατάσταση την οποία καλείται ο ίδιος να επηρεάσει μέσω των αποφάσεών του. Άρρηκτα συνδεδεμένη με την έννοια της αβεβαιότητας είναι η έννοια του κινδύνου, η οποία στην καθομιλουμένη συνήθως χρησιμοποιείται την αναφορά σε γεγονότα ή καταστάσεις αρνητικής φύσεως με πιθανότητα να συμβούν στο μέλλον.

#### *1.2 Η βιομηχανία των κατασκευών*

Η βιομηχανία των κατασκευών, δεδομένης της πολυπλοκότητας που εμφανίζει ένα οποιοδήποτε τεχνικό έργο, εμπεριέχει έντονα την έννοια του κινδύνου. Για το λόγο αυτό η έννοια του κινδύνου έχει απασχολήσει τη διεθνή βιβλιογραφία σε μεγάλο βαθμό, δεν έχει όμως καταστεί δυνατό να επικρατήσει κάποιος ορισμός (Γεωργαντοπούλου, 2013). Ο κίνδυνος αυτός συναντάται σε διαφορετικές μορφές τόσο στη φάση της υλοποίησης / κατασκευής ενός τεχνικού έργου, όσο και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Όπως αναφέρει ο Πολύζος (2011), ο υπεύθυνος σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός έργου καλείται να πάρει αποφάσεις υπό αβέβαιες συνθήκες, καθώς η κατασκευή και η λειτουργία ενός έργου είναι επιρρεπείς στην ύπαρξη αστάθμητων παραγόντων και τυχαίων γεγονότων. Στόχος σε περιπτώσεις αβεβαιότητας είναι η κατά το δυνατόν αποφυγή τυχόν αρνητικών επιπτώσεων και η μέγιστη εκμετάλλευση πιθανών ευκαιριών που παρουσιάζονται σε κάθε στάδιο της ζωής του έργου.

#### *1.3 Η έννοια της διαχείρισης κινδύνου*

Το risk management (διαχείριση κινδύνου) είναι η διαδικασία στην οποία γίνεται αναγνώριση και ανάλυση των παραγόντων αβεβαιότητας ενός έργου, με σκοπό να μεγιστοποιηθεί η πιθανότητα εμφάνισης και η επίδραση επιθυμητών γεγονότων και να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα εμφάνισης και η επίδραση ανεπιθύμητων γεγονότων (PMI,2013). Το risk management έχει σημειώσει σημαντική εξέλιξη κατά την πάροδο

των δυο τελευταίων δεκαετιών, λόγω του αυξανόμενου ακαδημαϊκού ενδιαφέροντος που παρουσιάζει, αλλά και λόγω της αυξανόμενης ενσωμάτωσής του σε περιπτώσεις διαχείρισης έργων. Στα πλαίσια αυτής της εξέλιξης έχουν αναπτυχθεί πολλές μεθοδολογίες διαχείρισης κινδύνου, δεν έχει ωστόσο καταστεί δυνατόν να υπάρξει κάποια η οποία να είναι απόλυτα συμβατή και αποτελεσματική με κάθε πιθανή περίπτωση έργου. Η πολυπλοκότητα και η μοναδικότητα κάθε έργου καθιστούν απαραίτητο ο μελετητής να χρησιμοποιήσει την προσωπική του κρίση και εμπειρία, ώστε να επιλέξει το πρίσμα υπό το οποίο θα εξετάσει και θα αντιμετωπίσει τους παράγοντες αβεβαιότητας του εκάστοτε έργου. Για το λόγο αυτό δεν είναι σπάνια η αναφορά του risk management ως επιστήμη και ταυτόχρονα τέχνη.

#### *1.4 Σκοπός της παρούσας εργασίας*

Η παρούσα εργασία ασχολείται με τη διαχείριση του κατασκευαστικού κινδύνου στα τεχνικά έργα. Στα πλαίσια της εργασίας γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση των μεθόδων διαχείρισης κινδύνου και ανάπτυξη προτεινόμενης μεθοδολογίας για τη διαχείριση κινδύνου στα τεχνικά έργα. Έπειτα γίνεται εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας στο έργο της συντήρησης του εθνικού και επαρχιακού οδικού δικτύου Κεντρικής Ευβοίας. Η μεθοδολογία εστιάζει στην εύστοχη αναγνώριση των κινδύνων που ενδέχεται να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια των εργασιών υλοποίησης, ώστε να προταθούν κατ' επέκταση τρόποι αντιμετώπισης και ελαχιστοποίησης του κινδύνου, όσον αφορά στο κόστος του έργου, το χρόνο υλοποίησης και την επίτευξη των ποιοτικών στόχων. Η ανάλυση και διαχείριση των κινδύνων του έργου γίνεται υπό τη σκοπιά του αναδόχου.

#### *1.5 Δομή της Εργασίας*

Η εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών των τεχνικών έργων, όπως ο κύκλος ζωής, η ομάδα εργασίας κλπ., ενώ εισάγεται η έννοια της διαχείρισης έργου, επιχειρώντας μια ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη της ως επιστήμη, αλλά και μια ανάλυση όσον αφορά στο δομικά της στοιχεία, το σκοπό που εξυπηρετεί και τις γνωστικές περιοχές στις οποίες κινούνται οι λειτουργίες της.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο διαχείρισης κινδύνου. Γίνεται περιγραφή των εννοιών που σχετίζονται με τον κίνδυνο στα έργα και τη διαχείριση κινδύνου, ξεκαθαρίζονται οι διάφοροι τύποι κινδύνου, ενώ γίνεται αναφορά στην εξέλιξη της διαχείρισης κινδύνου και την εφαρμογή της στην ιστορία. Στη συνέχεια γίνεται εκτενής ανάλυση των επικρατούσων μεθόδων και πρακτικών διαχείρισης κινδύνου έργων, των σταδίων ανάλυσης και διαχείρισης κινδύνου καθώς και των εργαλείων που χρησιμοποιούνται, όπως η μήτρα πιθανοτήτων-επιπτώσεων, το διάγραμμα tornado κλπ. Τέλος, γίνεται αναφορά στις διαθέσιμες στρατηγικές αντιμετώπισης κινδύνων, όπως η αποφυγή, η ελαχιστοποίηση κλπ., αλλά και στις στρατηγικές εκμετάλλευσης των ευκαιριών που παρουσιάζονται στα έργα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η προτεινόμενη μεθοδολογία για την ανάλυση του κινδύνου των τεχνικών έργων κατά τη φάση της κατασκευής και την διαμόρφωση στρατηγικών αντιμετώπισης. Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται οι

απαραίτητες για την εφαρμογή της μεθοδολογίας παραδοχές, οι αναγκαίες πηγές πληροφοριών, οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές και το θεωρητικό τους υπόβαθρο, αλλά και τα απαραίτητα για την εφαρμογή εργαλεία, όπως το λογισμικό. Η προτεινόμενη μεθοδολογία επιστρατεύει τόσο τεχνικές ποιοτικής ανάλυσης (όπως η μήτρα πιθανοτήτων- επιπτώσεων), όσο και τεχνικές ποσοτικής ανάλυσης (όπως η προσομοίωση βάσει δειγματοληψίας), με σκοπό τη σφαιρική αντιμετώπιση του κινδύνου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας για την ανάλυση και διαχείριση κατασκευαστικού κινδύνου στο έργο της συντήρησης του εθνικού και επαρχιακού οδικού δικτύου Κεντρικής Ευβοίας. Επιχειρείται αναγνώριση των κινδύνων που επηρεάζουν το έργο κατά τη διάρκεια των κατασκευαστικών εργασιών και γίνεται ποιοτική ανάλυση των αναγνωρισμένων κινδύνων όσον αφορά στην πιθανότητα εμφάνισής τους και την επίπτωση που ενδέχεται να επιφέρουν στο κόστος κατασκευής, το χρόνο υλοποίησης και την επίτευξη των ποιοτικών στόχων του έργου. Έπειτα πραγματοποιείται ποσοτική ανάλυση με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των αναλύσεων, δημιουργούνται οι στρατηγικές αντιμετώπισης του κινδύνου και η διαδικασία της ποσοτικής ανάλυσης επαναλαμβάνεται για τον υπολογισμό του υπολειμματικού κινδύνου.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μια ανασκόπηση του συνόλου της εργασίας, αναφέρονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και τη δημιουργία της προτεινόμενης μεθοδολογίας, ενώ σημειώνονται και οι περιορισμοί που παρουσιάστηκαν κατά την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας στη μελέτη περίπτωσης του κεφαλαίου 5. Τέλος δίνονται προτάσεις για την περεταίρω εφαρμογή της μεθοδολογίας σε τεχνικό έργο ενώ επίσης αναγνωρίζονται τα περιθώρια βελτίωσης της και αύξησης της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων μέσω τακτικής επανάληψης των προτεινόμενων διαδικασιών ανάλυσης και διαχείρισης καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου.

*“No construction project is risk free. Risk can be managed, minimized, shared, transferred or accepted. It can not be ignored” (Latham 1994)*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

#### *2.1 Η έννοια του έργου*

Η έννοια του έργου έχει ορισθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους από πληθώρα μελετητών και επιστημόνων που δραστηριοποιούνται στο χώρο της διοίκησης και διαχείρισης έργου. Ο Πολύζος (2011) ορίζει το έργο (project) ως «ένα σύνολο αλληλένδετων ενεργειών ή δραστηριοτήτων οι οποίες εκτελούνται με συγκεκριμένη σειρά και αποβλέπουν στην επίτευξη ενός συγκεκριμένου σκοπού».

Κάθε έργο έχει πεπερασμένη διάρκεια. Ένα έργο τελειώνει εάν εκπληρωθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί ή ακόμη και αν θεωρηθεί αδύνατο να εκπληρωθούν ή εάν δεν υφίσταται πλέον ανάγκη για την εκπλήρωσή τους. Λήξη του έργου μπορεί επίσης να σημαίνει ιδιόκτητης του έργου ή ο πελάτης για ποικίλους λογούς (π.χ. οικονομικούς).

Αν και το έργο μπορεί να περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενες διαδικασίες μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία η οποία βασίζεται σε προκαθορισμένες αρχές δεν μπορεί να θεωρηθεί έργο. Αντιθέτως ο σχεδιασμός ή η μελέτη για τη θέσπιση των αρχών αυτών μπορούν να θεωρηθούν έργο. Για παράδειγμα η μαζική παραγωγή ενός βιομηχανικού προϊόντος ες αεί με τη χρήση κάποιας καινοτομίας δεν χαρακτηρίζεται ως έργο. Η διαδικασία ανάπτυξης μιας καινοτόμας παραγωγικής μεθόδου όμως, χαρακτηρίζεται έργο.

Κάθε έργο χαρακτηρίζεται από μοναδικότητα η οποία είναι εμφανής στη διαδικασία υλοποίησής του αλλά και στο τελικό προϊόν. Το γεγονός αυτό καθιστά την διαχείριση έργου ιδιαίτερα πολυδιάστατη, ενώ δρα και ως παράγοντας για την ταχεία ανάπτυξη της ως επιστήμη.

Παραδείγματα έργων αποτελούν τα παρακάτω:

- Η κατασκευή μιας υπόγειας σήραγγας.
- Η ανάπτυξη ενός πληροφοριακού συστήματος.
- Ο σχεδιασμός μιας διαφημιστικής καμπάνιας.
- Η αναδιάρθρωση μιας δημόσιας υπηρεσίας.
- Η αναβάθμιση στον εξοπλισμό εργοστασίου.
- Η αναστήλωση ενός αρχαιολογικού χώρου.
- Ο σχεδιασμός και η θέσπιση νέων προτύπων παραγωγής και ελέγχου ποιότητας τροφίμων.
- Η περιβαλλοντική αποκατάσταση περιοχής πληγείσας από φυσική καταστροφή.



- Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση επιστημονικής αποστολής στο διάστημα.

## 2.2 Βασικά χαρακτηριστικά

Τα παραδείγματα έργων που δόθηκαν παραπάνω κάνουν αισθητή την ποικιλομορφία των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που μπορούν να χαρακτηριστούν «έργα». Υπάρχουν όμως κάποια βασικά χαρακτηριστικά που δρουν ως κριτήρια για το κατά πόσο μια δραστηριότητα μπορεί να χαρακτηριστεί «έργο». Σύμφωνα με τον Πολύζο (2011) τα βασικά χαρακτηριστικά που έχει ένα έργο είναι τα εξής:

- «Έχει αρχή και τέλος, και αποβλέπει στην επίτευξη ενός σκοπού.
- Η ολοκλήρωση ενός έργου απαιτεί ανάληψη χρόνου, χρήματος και πόρων.
- Περιέχει στοιχεία επιχειρηματικού κινδύνου.
- Κάθε έργο είναι μοναδικό, υπό την έννοια ότι δεν επαναλαμβάνεται ποτέ ακριβώς το ίδιο.
- Διαθέτει οικονομικό προϋπολογισμό ή προϋπολογισμό κόστους.
- Ικανοποιεί κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές.»

### 2.2.1 Κύκλος ζωής έργου

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, κάθε έργο έχει αρχή και τέλος. Το διάστημα από την αρχή έως και το τέλος του έργου ονομάζεται κύκλος ζωής του έργου. Ο κύκλος ζωής αποτελείται από μια αλληλουχία φάσεων οι οποίες χαρακτηρίζονται από το είδος των εργασιών που επιτελούνται κατά τη διάρκειά τους. Οι φάσεις αυτές διαφέρουν από έργο σε έργο, ανάλογα με τη φύση του έργου αλλά και την τακτική υλοποίησης που έχει επιλέξει η ομάδα εργασίας.

Κατά τη διάρκεια κάθε επιμέρους φάσης, υπάρχουν επίσης σημεία ορόσημα τα οποία θέτει η ομάδα εργασίας, τα οποία σηματοδοτούν την επίτευξη επιμέρους στόχων, την ύπαρξη συγκεκριμένων αποτελεσμάτων, ή αλλαγές σε εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν το έργο. Είναι επίσης σημαντικό να αναφερθεί πως αν και το έργο στο σύνολό του έχει αρχή και τέλος, τα όρια ανάμεσα σε δυο επιμέρους φάσεις δεν είναι ευδιάκριτα, συνηθίζεται δηλαδή να υπάρχουν αλληλεπικαλύψεις. Επίσης υπάρχουν έργα στα οποία κάποιες φάσεις ή αλληλουχίες αυτών επαναλαμβάνονται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός έργου, καθώς αλλαγές ωθούν την ομάδα εργασίας να πάρει αποφάσεις εκ νέου. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η προσέγγιση που ακολουθείται δίνει βάρος στις αλλαγές (change-driven προσέγγιση), ενώ η αντίθετη προσέγγιση κινείται με γνώμονα την ακριβή θέσπιση κάποιου σχεδίου ή προγράμματος (plan-driven προσέγγιση).

Οι φάσεις του κύκλου ζωής ενός τεχνικού έργου αν και διαφέρουν από έργο σε έργο μπορούν να προσδιοριστούν γενικά ως οι εξής:

**Πρώτη φάση:** Σύλληψη της ιδέας του έργου

Στην πρώτη φάση του έργου γίνεται σύλληψη της ιδέας του έργου καθώς αναγνωρίζεται η ανάγκη την οποία θα κληθεί να ικανοποιήσει το έργο. Στη φάση αυτή επίσης ορίζονται οι στόχοι τους οποίους η ομάδα εργασίας θα επιδιώξει.

#### **Δεύτερη φάση:** Σχεδιασμός του έργου

Στη φάση αυτή προσδιορίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του έργου, ενώ γίνεται μελέτη της ιδέας χρησιμοποιώντας διαφορετικές οπτικές, όπως τεχνική, οικονομική, περιβαλλοντική, χρονική κλπ. Ο σχεδιασμός του έργου χαρακτηρίζεται από δυο κυρίως στάδια:

1. Τον καθορισμό του έργου (project definition)
2. Την εκτίμηση εφικτότητας (feasibility assessment)

Κατά τον καθορισμό του περιγράφεται με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια το έργο (Project description) , ενώ επίσης ορίζονται οι όροι αναφοράς του έργου (terms of reference) , που περιλαμβάνουν προδιαγραφές τις οποίες θα ακολουθεί το έργο, οι αντικειμενικοί στόχοι , η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί , οι περιορισμοί που αναμένονται σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του έργου αλλά και οι διαθέσιμοι πόροι για την υλοποίηση του έργου.

Η εκτίμηση εφικτότητας μελετάει τον απαιτούμενο όγκο εργασίας υπό τεχνική, λειτουργική και οικονομική σκοπιά καθώς και τις ανάγκες προσωπικού. Ο λόγος της διαδικασίας αυτής είναι να αποφασισθεί εάν θα υλοποιηθεί το έργο ή όχι με βάση το αναμενόμενο όφελος αλλά και τους περιορισμούς παρουσιάζονται.

Μετά τη εκτίμηση της εφικτότητας εκπονείται η γενική μελέτη του έργου για την σύνταξη του Σχεδίου Δράσης (Project Plan) η οποία περιλαμβάνει:

- Καθορισμό των επιμέρους εργασιών του έργου
- Δημιουργία χρονοδιαγραμμάτων
- Καταμερισμό των πόρων
- Σύνταξη ημερολογίων
- Ορισμό γενικού και επί μέρους προϋπολογισμών

#### **Τρίτη φάση:** Ανάθεση του έργου

Η Τρίτη φάση του έργου (όσον αφορά στα τεχνικά έργα) αφορά στην ανάθεση του έργου στον φορέα που θα επιμεληθεί της κατασκευής του. Έπειτα, γίνεται η αγορά των απαραίτητων υλικών και εξοπλισμού ενώ προσλαμβάνεται και εγκαθίσταται το απαραίτητο προσωπικό.

#### **Τέταρτη φάση:** κατασκευή του έργου

Η τέταρτη Φάση του έργου αφορά στην υλοποίησή του. Γίνεται η κατασκευή του έργου σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί , υπό την επίβλεψη του εργολάβου. Κατά τη διάρκεια των εργασιών γίνεται αντικατάσταση των εκτιμήσεων των

προηγούμενων φάσεων με πραγματικά δεδομένα που προκύπτουν. Κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του έργου γίνονται εμφανείς οι αστοχίες στις προβλέψεις των μελετητών, τα σφάλματα στην επιλογή των υλικών, ενώ επίσης δοκιμάζεται και η ικανότητα του εργολάβου και της ομάδας εργασίας να φέρουν σε πέρας το έργο. Ο ιδιοκτήτης του έργου ελέγχει την πρόοδο του έργου τακτικά και επεμβαίνει όπου κρίνει αναγκαίο.

### **Πέμπτη φάση** : λειτουργία και συντήρηση του έργου

Η τελευταία φάση του κύκλου ζωής του έργου αφορά στην ολοκλήρωση και τη λειτουργία του έργου. Αρχικά καθίσταται βέβαιο εάν η φάση της κατασκευής είχε ως αποτέλεσμα το έργο να υλοποιηθεί βάσει των αρχικών προδιαγραφών και προϋπολογισμού, ενώ επίσης γίνεται έλεγχος περί της λειτουργικότητας και αξιοπιστίας του έργου. Ακόμη και κατά τη διάρκεια λειτουργίας και συντήρησής του, παρ' όλα αυτά, είναι δυνατόν να προκύψουν ανάγκες τις οποίες δεν είχαν καταγράψει οι αρχικές μελέτες, ενώ μεταβολές στο περιβάλλον του έργου μπορεί να εισάγουν νέες ανάγκες και απαιτήσεις.

### **Διάγραμμα 2.1** Κύκλος ζωής έργου



Ιδία επεξεργασία

### 2.2.2 Η ομάδα εργασίας

Για την υλοποίηση ενός έργου είναι αναγκαία η σύσταση της ομάδας εργασίας, του συνόλου δηλαδή των ανθρώπων που θα αναλάβουν να φέρουν σε πέρας τις αναγκαίες ενέργειες για την ορθή ολοκλήρωση του έργου. Η ύπαρξη της ομάδας εργασίας είναι αναγκαία καθώς ένα έργο δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί από ένα άτομο τόσο λόγω όγκου εργασίας όσο και λόγω του μεγάλου αριθμού διαφορετικών ικανοτήτων αναγκαίων για τις διάφορες εργασίες που απαιτούνται.

Σε κάθε ομάδα εργασίας υπάρχει ένας ηγέτης. Τον ρόλο του ηγέτη αναλαμβάνει ο project manager, ο οποίος αναλαμβάνει την καθοδήγηση των υπόλοιπων μελών της ομάδας εργασίας, παρέχοντας συμβουλές και πληροφορίες σχετικά με το αναμενόμενο αποτέλεσμα όσον αφορά στο έργο, ενώ φροντίζει και για την καλή συνεργασία μεταξύ των μελών της ομάδας με σκοπό τη μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας και την αποφυγή διαφωνιών και συγκρούσεων.

Η ομάδα εργασίας αποτελείται από τον project manager και όλους τους συμμετέχοντες στο έργο, είτε αυτοί είναι ενσωματωμένοι στον οργανισμό ή επιχείρηση που αναλαμβάνει του έργο είτε αποτελούν εξωτερικούς συνεργάτες, συμβούλους κλπ. Η ομάδα εργασίας περιλαμβάνει άτομα που εμπλέκονται στη διαχείριση του έργου, αλλά και άτομα που συμμετέχουν στην υλοποίηση αυτού χωρίς να έχουν κάποιο διοικητικό ρόλο.

Ιδιαίτερα σημαντική για την ομάδα εργασίας και την ορθή υλοποίηση του έργου είναι η ύπαρξη σωστού συντονισμού ανάμεσα στα μέλη, καθώς επίσης η ολοκληρωμένη επικοινωνία και η αποτελεσματική ανταλλαγή πληροφοριών. Για την επίτευξη των παραπάνω, τα μέλη της ομάδας εργασίας καθίστανται υπεύθυνα των εργασιών που εκτελούν και ενημερώνουν τον project manager σχετικά με τα αποτελέσματα που προκύπτουν και τα προβλήματα που παρουσιάζονται. Η επιτυχία της ομάδας εργασίας κρίνεται ανάλογα με την επίτευξη των στόχων κόστους χρόνου και ποιότητας του έργου.

Η σύσταση της ομάδας εργασίας διαφέρει από έργο σε έργο και καθορίζεται από παράγοντες όπως η φύση του έργου, οι στόχοι που έχουν τεθεί, η φιλοσοφία της επιχείρησης κλπ. Επίσης, αν και ηγέτης της ομάδας εργασίας είναι πάντοτε ο project manager, η δικαιοδοσία που έχει στα μέλη και τη διάρθρωση της ομάδας ποικίλει κατά περίπτωση. Σύμφωνα με το PMI (2013) οι βασικές κατηγορίες σύστασης των ομάδων εργασίας είναι οι εξής:

- **Αφοσιωμένη (Dedicated).** Αφοσιωμένη ομάδα εργασίας είναι αυτή της οποίας τα μέλη απασχολούνται πλήρως με την υλοποίηση του έργου. Κάθε μέλος έχει ξεκάθαρη θέση και ρόλο στην ομάδα και την ιεραρχία της.
- **Μερικής Απασχόλησης (Part-Time).** Οι ομάδες μερικής απασχόλησης αποτελούνται από μέλη τα οποία ασχολούνται με την υλοποίηση του έργου, χωρίς παράλληλα να διακόπτουν την ενασχόλησή τους με άλλα έργα, ή να εγκαταλείπουν τις υπάρχουσες εργασιακές τους θέσεις. Ο λόγος ύπαρξης των ομάδων μερικής απασχόλησης είναι συνήθως η ύπαρξη μικρών έργων ή έργων που έχουν συμπληρωματικό ρόλο σε άλλα μεγαλύτερα. Για το λόγο αυτό, τα μέλη των εν λόγω ομάδων είναι δυνατόν να εργάζονται σε περισσότερα από

ένα έργο, ενώ το ίδιο ισχύει και για τον ηγέτη της αντίστοιχης ομάδας, ο οποίος αν και είναι υπεύθυνος για την ηγεσία της part-time ομάδας και τη διαχείριση των κατανεμημένων πόρων, διατηρεί ηγετική ή άλλη θέση και σε άλλες ομάδες εργασίας.

Όπως αναφέρει ο Oberlender (1993), οι ομάδες εργασίας στα κατασκευαστικά έργα παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες ως προς το γεγονός πως αποτελούνται από μέλη και υποομάδες επιχειρήσεων και οργανώσεων που συνεργάζονται για την κατασκευή το έργου. Λόγω της πολύπλοκης φύσης των κατασκευαστικών έργων σε συνδυασμό με τον σχετικά σύντομο κύκλο ζωής που παρουσιάζουν, οι ομάδες εργασίας που συγκροτούνται αποτελούνται από επαγγελματίες πολλών διαφορετικών πεδίων, οι οποίοι προσλαμβάνονται για την υλοποίηση συγκεκριμένων εργασιών και συχνά με το πέρας των εν λόγω εργασιών αποχωρούν από την ομάδα εργασίας πριν από την ολοκλήρωση του έργου. Είναι σύνηθες λοιπόν η δομή της ομάδας εργασίας να μεταβάλλεται πολλές φορές κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός έργου.

Λόγω των διαφορετικών ικανοτήτων που επιστρατεύονται για την υλοποίηση ενός κατασκευαστικού έργου, είναι μείζονος σημασίας η εμπειρία του project manager στην κατανόηση της χρησιμότητας κάθε μέλους της ομάδας εργασίας και την καθοδήγηση για τη ομαλή συνεργασία της ομάδας με σκοπό την επίτευξη κοινού στόχου. Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η ύπαρξη ξεκάθαρων ρόλων και στόχων για κάθε τμήμα της ομάδας εργασίας.

Ο project manager πρέπει να έχει την ικανότητα να συντονίζει και να εμπνέει την ομάδα εργασίας, να ενθαρρύνει και να διευκολύνει την ανταλλαγή πληροφοριών και να βοηθάει στην ύπαρξη ξεκάθαρων στόχων όσον αφορά στο αποτέλεσμα του έργου και την παραγωγικότητα που επιτυγχάνεται. Οι αποφάσεις που καλείται να πάρει επηρεάζουν την παραγωγικότητα και κατ' επέκταση την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί.

Ένας από τους κυριότερους παράγοντες που καθορίζουν το χαρακτηρισμό μιας ομάδας εργασίας ως επιτυχημένη είναι η σωστή οργάνωση και η ύπαρξη ομαδικού πνεύματος και κλίματος συνεργασίας. Για την επίτευξη των παραπάνω είναι αναγκαία η εξάλειψη προβλημάτων όπως η παραπληροφόρηση και η ελλιπής ανταλλαγή πληροφοριών (Oberlender ,1993). Αν και ο project manager λαμβάνει την πλειονότητα των αποφάσεων δεν είναι σπάνιο τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας να συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, επιστρατεύοντας την προσωπική τους γνώση και εμπειρία για να συμβάλουν στον κοινό στόχο της ομάδας. Λαμβάνοντας υπ' όψη του τις απόψεις των μελών της ομάδας εργασίας, ο project manager διασφαλίζει την αποτελεσματική συνεργασία και την αποφυγή φαινομένων κακής συνεννόησης και συγκρούσεων.

### 2.2.3 Χαρακτηριστικά τεχνικών έργων

Σύμφωνα με τον Πολύζο (2011) οι Βασικές κατηγορίες τεχνικών έργων είναι οι εξής:

- Τα οικοδομικά έργα , τα οποία αφορούν κτηριακές εγκαταστάσεις.

- Τα υδραυλικά, λιμενικά και εγγειοβελτιωτικά έργα, στα οποία περιλαμβάνονται συστήματα ύδρευσης, λιμένες, αποχετεύσεις κλπ.
- Τα συγκοινωνιακά έργα, τα οποία αφορούν στην κατασκευή δρόμων, αεροδρομίων, σιδηροδρόμων κλπ.
- Τα υπόγεια έργα, που περιλαμβάνουν την κατασκευή σηράγγων, υπόγειων σιδηροδρόμων, κλπ.
- Τα ενεργειακά και τηλεπικοινωνιακά έργα, που αφορούν σε υποδομές παροχής ηλεκτρισμού, δίκτυα τηλεπικοινωνιών, αγωγούς πετρελαίου ή αερίου κλπ.
- Τα μηχανολογικά έργα, που περιλαμβάνουν την κατασκευή μηχανολογικών εγκαταστάσεων όπως πτυσσόμενες γέφυρες κλπ.

### 2.3 Διαχείριση έργου

Διαχείριση έργου ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία γίνεται εφαρμογή τεχνικών εργαλείων, δεξιοτήτων και γνώσης στις εργασίες του έργου με σκοπό να ικανοποιηθούν οι ανάγκες του έργου (PMI, 2013). Η διαχείριση έργου δεν είναι νέο φαινόμενο, καθώς υπάρχουν στοιχεία που αποδεικνύουν προσπάθειες διαχείρισης έργων κατά την αρχαιότητα π.χ. στην αρχαία Αίγυπτο (Carayannis, Kwak and Anbari, 2003), αν και η πρώτη συστηματική προσέγγιση έγινε στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα.

#### 2.3.1 Ιστορία της διαχείρισης έργου

Οι Carayannis, Kwak και Anbari (2003) θεωρούν πως η ιστορία της σύγχρονης διαχείρισης έργου μπορεί να διαιρεθεί σε **τέσσερις διακριτές περιόδους**:

1. Η περίοδος πριν το 1958: Η περίοδος, χαρακτηρίζεται από ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και ιδιαίτερα των μεταφορών και των μεταφορών, η οποία είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου επίτευξης των έργων. Κατά την περίοδο αυτή τέθηκαν τα θεμέλια της επιστήμης της διαχείρισης έργων, με αξιοσημείωτο ορόσημο τη θεωρία του Fayol (1916) σε σχέση με τις πέντε (5) λειτουργίες της διαχείρισης (**management functions**)<sup>1</sup>, οι οποίες θεωρούνται από πολλούς προπομπός της σύγχρονης επιστήμης της διαχείρισης έργων. Κατά την περίοδο αυτή επίσης ο Henry Gantt εισήγαγε το **διάγραμμα Gantt**.
2. Η περίοδος 1958-1979: Η περίοδος 1958-1979 χαρακτηρίζεται από μεγάλα τεχνολογικά γεγονότα, όπως η εισαγωγή του αυτόματου φωτοτυπικού από τη Xerox το 1959, η επιτυχία του προγράμματος Apollo από τη NASA και η ίδρυση της Microsoft το 1975. Όσον αφορά στην διαχείριση έργων, η εισαγωγή εργαλείων όπως η **Τεχνική Αποτίμησης και Αναθεώρησης Προγράμματος** (Program Evaluation Review Technique, PERT) και η **Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής** (Critical Path Method, CMP) ήταν μείζονος σημασίας για την ανάπτυξη της επιστήμης σε ακαδημαϊκό αλλά και πρακτικό επίπεδο.
3. Η περίοδος 1980-1994: Η δεκαετία του '80 έφερε σημαντική ανάπτυξη στην **τεχνολογία των πληροφοριών** (Information Technology, IT) και τα

<sup>1</sup> Οι πέντε λειτουργίες της διαχείρισης (management functions) σύμφωνα με τον Fayol είναι: (1) Ο σχεδιασμός, (2) η οργάνωση, (3) ο συντονισμός, (4) ο έλεγχος και (5) η εντολή.

**πληροφοριακά συστήματα** (Information Systems, IS), με ορόσημο την εφεύρεση του Internet και την εξάπλωση της χρήσης του ως ακαδημαϊκό εργαλείο. Επίσης, η δημιουργία λογισμικού προσωπικών υπολογιστών για τη διαχείριση έργων βοήθησε στην αύξηση της προσβασιμότητας των υπάρχοντων τεχνικών διαχείρισης αλλά και την ανάπτυξη νέων. Κατά την περίοδο αυτή δόθηκε περισσότερο βάρος και στην επιστήμη της **διαχείρισης κινδύνου** (Risk Management) και της **διαχείρισης ποιότητας** (quality management) ιδιαίτερα μετρά το συμβάν της καταστροφής του διαστημικού σκάφους Challenger το 1986. Ο Stretton (2007) αναφέρει πως στην ανάπτυξη της διαχείρισης κινδύνου τη δεκαετία του '80 σημαντικός παράγοντας ήταν η μεταβολή της έμφασης των τεχνικών διαχείρισης έργων. Πριν τη δεκαετία του '80 η έμφαση δινόταν περισσότερο στις φάσεις της υλοποίησης του έργου, ενώ κατά τη διάρκεια της δεκαετίας δόθηκε περισσότερη προσοχή στην αναγνώριση των αναγκών του έργου ως σύνολο.

4. Η περίοδος από το 1995 και έπειτα: Η ευρεία χρήση του διαδικτύου (Internet) κατέστησε εφικτό σε οργανισμούς και επιχειρήσεις να ελέγχουν και να διαχειρίζονται αποτελεσματικότερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια τα έργα τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης τεχνικών διαχείρισης κίνδυνου και έργων σε μεγάλη κλίμακα είναι το πρόβλημα “Y2K” το οποίο αφορούσε στην πιθανή δυσλειτουργία των υπολογιστικών συστημάτων της εποχής κατά την 1 Ιανουαρίου 2000 λόγω αστοχία στον προγραμματισμό ημερομηνίας των υπολογιστών. Η ανάγκη αντιμετώπισης του προβλήματος έγινε αιτία πολλοί οργανισμοί και επιχειρήσεις να υιοθετήσουν τεχνικές διαχείρισης έργων και κινδύνου, ενώ το γεγονός ότι το πρόβλημα ήταν παγκόσμιο ( σχεδόν όλα τα υπολογιστικά συστήματα διέτρεχαν κίνδυνο) κατέστησε την προσπάθεια αντιμετώπισής του ως ένα από τα μεγαλύτερα προγράμματα διαχείρισης κινδύνου στην ιστορία της επιστήμης.

### 2.3.2 Χαρακτηριστικά της διαχείρισης έργου

Όπως αναφέρει η Γεωργαντοπούλου (2013) αν και οι στόχοι που θέτει κάθε έργο είναι πολλοί και διαφέρουν σε αριθμό και βαρύτητα ανάλογα με τη φύση του έργου, οι πιο σημαντικοί στόχοι σε ένα έργο με προκαθορισμένα παραδοτέα είναι οι έξι:

- Η μείωση στο ελάχιστο του χρόνου υλοποίησης του έργου.
- Η μεγιστοποίηση της καθαράς παρούσας αξίας του έργου.
- Η επίτευξη της βέλτιστης ποιότητας του έργου.

Οι παραπάνω στόχοι, δεν δρουν ανεξάρτητα, αλλά επηρεάζουν άμεσα ο ένας τον άλλο. Για παράδειγμα, μια πτώση στην ποιότητα κατασκευής του έργου μειώνει παράλληλα και την καθαρά παρούσα αξία αυτού. Για το λόγο αυτό δεν έχει νόημα η ενασχόληση με κάθε στόχο ξεχωριστά, αντίθετα σημαντική είναι η μελέτη του καθενός με γνώμονα την αλληλεξάρτησή του με τους υπόλοιπους.

Η διαδικασία της διαχείρισης ενός έργου περιλαμβάνει μια πληθώρα ενεργειών. Αυτός που πραγματοποιεί τη διαδικασία της διαχείρισης (manager) καλείται να

χρησιμοποιήσει τις γνώσεις, την εμπειρία, τα εργαλεία και τις δεξιότητες που διαθέτει για να αναγνωρίσει τις ανάγκες του έργου, να κρατήσει την πορεία του έργου σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ιδιοκτήτη και των ενδιαφερόμενων (stakeholders), να δημιουργήσει κλίμα συνεργασίας ανάμεσα στην ομάδα εργασίας και τους ενδιαφερόμενους και να χειριστεί τους περιορισμούς του έργου με ορθό τρόπο.

Όπως αναφέρει ο Πολύζος (2011) τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο διαχειριστής του έργου (project manager) είναι **η υπέρβαση του κόστους**, είτε λόγω κακού σχεδιασμού είτε λόγω παραγόντων αβεβαιότητας, **η υπέρβαση του χρόνου**, η οποία πολύ συχνά έχει ως αιτία την κακή οργάνωση της ομάδας εργασίας και **τα εργασιακά προβλήματα** τα οποία μπορεί να αφορούν σε κακό εργασιακό περιβάλλον, αποχωρήσεις προσωπικού, κακή συνεργασία κλπ.

### 2.3.3 Ο ρόλος του project manager

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο ρόλος του project manager είναι να ηγείται της ομάδας εργασίας, με σκοπό την υλοποίηση του έργου στο προγραμματισμένο κόστος, στην αναμενόμενη ποιότητα και εντός του χρονικού περιθωρίου που έχει δοθεί. Είναι ευθύνη του project manager να λάβει τις κατάλληλες αποφάσεις που θα οδηγήσουν στην επιτυχία του έργου, λαμβάνοντας υπ' όψη του τις πληροφορίες που έχει διαθέσιμες και αξιοποιώντας συνδυαστικά τις ικανότητες των μελών της ομάδας εργασίας. Το έργο, όπως προαναφέρθηκε, έχει αρχή και τέλος και είναι μοναδικό, άρα η επιτυχία του δεν μπορεί να προβλεφθεί πλήρως ενώ η υλοποίησή του χρειάζεται πληθώρα ικανοτήτων και καθιστά αναγκαία τη λήψη αποφάσεων. Για την επίτευξη των παραπάνω, ο project manager επιστρατεύει τις πέντε βασικές λειτουργίες της διαχείρισης έργων (Fayol, 1916): τον σχεδιασμό, την οργάνωση, τον συντονισμό, τον έλεγχο και την εντολή.

- Η λειτουργία του σχεδιασμού είναι απαραίτητο θεμέλιο στην επιτυχία των στόχων του έργου. Είναι μια λειτουργία που προηγείται των υπολοίπων που όμως επαναλαμβάνεται καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου καθώς νέες πληροφορίες αντλούνται από τα αποτελέσματα των εργασιών.
- Η λειτουργία της οργάνωσης αφορά στο να καταστούν σαφείς οι ιεραρχικές σχέσεις ανάμεσα στα μέλη της ομάδας εργασίας και να δημιουργηθούν τα κατάλληλα κανάλια επικοινωνίας για την αποτελεσματική ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με την υλοποίηση του έργου, τα αποτελέσματα των εργασιών και τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται. Όπως αναφέρει ο Oberlender (1993), η κακή οργάνωση έχει ως αποτέλεσμα την επανάληψη της εργασίας η οποία έχει δυσμενείς συνέπειες στην υλοποίηση του έργου και δημιουργεί αρνητικό κλίμα στην ομάδα εργασίας.
- Η λειτουργία του συντονισμού αφορά στην αρμονική εκτέλεση των ενεργειών του έργου, με σκοπό τη μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας. Έχει ως αποτέλεσμα την αποφυγή καθυστερήσεων και σπατάλης πόρων, την επίτευξη θετικών σχέσεων μεταξύ της ομάδας εργασίας και τη διασφάλιση ομαλού εργασιακού κλίματος και συνεχούς προόδου. Για την επίτευξη καλού συντονισμού ο manager πρέπει να εμπνέει τη θετική εργασιακή συμπεριφορά από τα μέλη της ομάδας εργασίας (Vilet, 2014)



- Η λειτουργία της εντολής αφορά στην ύπαρξη σαφών οδηγιών προς την ομάδα εργασίας σχετικά με τις ενέργειες που πρέπει να εκτελέσουν. Σε περίπτωση απουσίας σαφών οδηγιών δημιουργούνται συγχίσεις και αυτό έχει καταστροφικές συνέπειες στην παραγωγικότητα.
- Η λειτουργία του ελέγχου αφορά στις ενέργειες του manager αλλά και στις μεθόδους που επιστρατεύει για να ενημερώνεται σχετικά με την ομαλή πρόοδο του έργου και την ανάγκη για εισαγωγή διορθωτικών στρατηγικών και μέτρων. Καθώς όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το έργο είναι μοναδικό και δεν είναι δυνατή η απόλυτη πρόβλεψη των αποτελεσμάτων των εργασιών της υλοποίησής του, είναι σημαντικό ο έλεγχος να είναι τακτικός και να υποστηρίζεται από τα κανάλια ανταλλαγής πληροφοριών που έχει δημιουργήσει ο manager. Έπιπλέον, ο έλεγχος του έργου πρέπει να αφορά σε όλα τα τμήματά του και να μην αναλώνεται μόνο σε μερικά, όπως πχ το κόστος.
- Εκτός από τις 5 βασικές λειτουργίες του Fayol, σημαντική λειτουργία την οποία αναλαμβάνει συνήθως ο manager είναι αυτή της στελέχωσης του έργου. Η λειτουργία αυτή αφορά στην αναγνώριση των αναγκών του έργου σε εργατικό δυναμικό γνώσεις και ικανότητες και την πρόσληψη των κατάλληλων ατόμων και ομάδων για τη διεκπεραίωσή του. Η λειτουργία αυτή απαιτεί από τον manager εις βάθος γνώση του έργου και των αναγκών του, καθώς και ικανότητες διαχείρισης ανθρωπίνου δυναμικού. Λόγω της μοναδικότητας του έργου συχνά τα μέλη που επιλέγονται καλούνται να κάνουν προτάσεις και να συμμετάσχουν δημιουργικά στη διαδικασία λήψης αποφάσεων του έργου. Έπιπλέον άτομα με προηγούμενη εμπειρία συνεργασίας είναι πολύ πιθανό να παρουσιάσουν αυξημένη παραγωγικότητα, ειδικά εάν κληθούν να εργαστούν πλήρως στο έργο (Maurer , 2010). Ο project manager καλείται να αναγνωρίσει τέτοιου είδους ευκαιρίες και να τις εκμεταλλευτεί προς όφελος του έργου.

#### 2.3.4 Απαραίτητες ικανότητες του project manager

Η πολυπλοκότητα που παρουσιάζουν τα έργα (ιδίως τα τεχνικά έργα) καλούν τον project manager να παρουσιάζει μια σειρά ικανοτήτων για τη σωστή διαχείριση του έργου. Τα εμπόδια που αντιμετωπίζονται καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου ποικίλουν και αν και η διαδικασία διαχείρισης κινδύνου, που θα αναλυθεί αργότερα, αντιμετωπίζει ένα μεγάλο μέρος της αβεβαιότητας που παρουσιάζουν τα έργα, προβλέποντας τους κινδύνους και λαμβάνοντας μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης, είναι αδύνατον να προβλεφθούν όλα τα πιθανά προβλήματα. Αυτό αναγκάζει τον project manager να λαμβάνει αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο, επιστρατεύοντας τις πολύπλευρες γνώσεις και την αποφασιστικότητά του.

Ο Katz (1974) χρησιμοποίησε προσέγγιση τριών βασικών χαρακτηριστικών για να προσδιορίζει τις αναγκαίες ικανότητες που πρέπει να κατέχει όποιος ηγείται μιας ομάδας εργασίας.

1. Τεχνικές γνώσεις. Ο manager πρέπει να γνωρίζει και να κατανοεί τη φύση και την ανάγκη όλων των τεχνικών διαδικασιών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του έργου. Πρέπει να κατέχει εμπειρία της τεχνολογίας που θα

χρησιμοποιηθεί και να έχει τη δυνατότητα να κατευθύνει την ομάδα εργασίας για τη σωστή χρήση των εργαλείων που καλούνται να χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη της μέγιστης παραγωγικότητας.

2. Ικανότητες οργάνωσης και αντίληψης. Ο manager πρέπει να έχει τη δυνατότητα να αντιληφθεί το έργο στο σύνολό του, καθώς και τον τρόπο που τα τμήματά του αλληλοεπιδρούν τόσο μεταξύ τους, όσο και, όπως σχολιάζει ο El-Sabaa (1999) προς την τυχόν υπάρχουσα οργάνωση (ή σύνολο έργων) στην οποία υπόκειται το έργο.
3. Ανθρώπινες δεξιότητες. Ο manager πρέπει να έχει την ικανότητα να εμπνέει, να καθοδηγεί και να επικοινωνεί αποτελεσματικά με την ομάδα εργασίας, ώστε να μπορεί να δημιουργεί κλίμα συνεργασίας, ανεμπόδιστης ανταλλαγής πληροφοριών και αυξημένης παραγωγικότητας. Η κατοχή ανθρωπίνων ικανοτήτων από τον manager γίνεται αισθητή στην θετική και εύρυθμη επικοινωνία του τόσο με τους υφιστάμενους όσο και με τους προϊστάμενους του.

Για την ύπαρξη καλών ανθρωπίνων δεξιοτήτων, ο Manager πρέπει να είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται και να κατανοεί οπτικές διαφορετικές από τη δική του και να ερμηνεύει με ορθό τρόπο τις πληροφορίες που λαμβάνει από την ομάδα εργασίας. Πρέπει επίσης να είναι ικανός να παρέχει τα απαραίτητα κίνητρα και την έμπνευση στην ομάδα εργασίας, έτσι ώστε να αυξάνεται η παραγωγικότητα και να διατηρείται ευχάριστο κλίμα μεταξύ της ομάδας. Η παρουσία των ανθρωπίνων δεξιοτήτων του manager πρέπει να είναι εμφανής συνεχώς, τόσο όταν χρειάζεται λήψη δύσκολων αποφάσεων, όσο και στην καθημερινή πορεία του κύκλου ζωής του έργου.

### 2.3.5 Γνωστικές περιοχές διαχείρισης έργου

Οι λειτουργίες της Διαχείρισης Έργου μπορούν να κατηγοριοποιηθούν βάσει δέκα γνωστικών περιοχών στις οποίες κινούνται. Μια λειτουργία μπορεί να αντλεί περιεχόμενο από περισσότερες από μία γνωστικές περιοχές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι λειτουργίες σχεδιασμού (Planning) οι οποίες διενεργούνται σύμφωνα με όλες τις γνωστικές περιοχές, είτε αυτές αφορούν το κόστος, την ποιότητα ή τον κίνδυνο. Οι δέκα γνωστικές περιοχές της διαχείρισης έργου σύμφωνα με το PMI (2013) είναι οι παρακάτω:

1. **Διαχείριση ενοποίησης έργου (Project integration management):** Η διαχείριση ενοποίησης έργου έχει ως στόχο τη δημιουργία του συνολικού προγράμματος του έργου. Περιλαμβάνει τις απαιτούμενες ενέργειες για την αναγνώριση το συνδυασμό των διεργασιών διοίκησης του έργου, ενώ είναι υπεύθυνη για ένα σύνολο αποφάσεων που αφορούν την ολοκλήρωση του έργου με επιθυμητά αποτελέσματα, όπως η ιεράρχηση στόχων, η μελέτη εναλλακτικών επιλογών και ο καταμερισμός πόρων.
2. **Διαχείριση πεδίου εργασιών (Project Scope Management):** Η διαχείριση πεδίου διασφαλίζει πως οι εργασίες που λαμβάνουν χώρα στο έργο καλύπτουν

πλήρως τις ανάγκες του, ενώ παράλληλα δεν περιλαμβάνονται στο έργο περιττές εργασίες και σπατάλη πόρων.

3. **Διαχείριση χρόνου** (*Project Time Management*): Αφορά σε όλες τις διεργασίες διαχείρισης που απαιτούνται για να αποφευχθεί η υπέρβαση του χρονικού ορίζοντα του έργου. Οι διεργασίες αυτές προλαμβάνουν καθορισμό, τον προγραμματισμό καθώς και την εκτίμηση της διάρκειας των εργασιών κατά τη διάρκεια του έργου, τον ορισμό των αναγκαίων πόρων, ανθρώπινων, υλικών και πόρων εξοπλισμού σε κάθε δραστηριότητα του έργου αλλά και τον έλεγχο του χρονικού προγράμματος του έργου στο σύνολό του.
4. **Διαχείριση κόστους έργου** (*Project Cost Management*): Η διαχείριση κόστους έργου είναι η γνωστική περιοχή που αφορά στον προγραμματισμό με σκοπό η ολοκλήρωση του έργου να είναι εφικτή σύμφωνα με τον συμφωνηθέντα προϋπολογισμό. Περιλαμβάνει την εκτίμηση του κόστους των απαιτούμενων για το έργο πόρων, καθορισμό των στρατηγικών και των διεργασιών για τον έλεγχο του κόστους και τη διαρκή παρακολούθηση της προόδου του έργου για ενημέρωση των απαιτούμενων οικονομικών πόρων και αξιολόγηση της πορείας του έργου σε οικονομικό επίπεδο.
5. **Διαχείριση ποιότητας έργου** (*Project Quality Management*): Η διαχείριση ποιότητας αφορά σε όλες τις ενέργειες σχετικές με την ποιότητα του έργου. Περιλαμβάνει στρατηγικές και πολιτικές με στόχο η τελική ποιότητα του έργου να είναι η επιθυμητή, προς ικανοποίηση των ενδιαφερόμενων. Οι λειτουργίες της διαχείρισης ποιότητας περιλαμβάνουν την αναγνώριση των χαρακτηριστικών που πρέπει να καλύπτει το έργο για να έχει την επιθυμητή ποιότητα, τον έλεγχο της ποιότητας σε κάθε στάδιο της κατασκευής του έργου, τη μελέτη των δεδομένων που προκύπτουν από τον παραπάνω έλεγχο και τις απαραίτητες αποφάσεις για τη βελτιστοποίηση της ποιότητας του έργου.
6. **Διαχείριση ανθρωπίνων πόρων** (*Project Human Resources Management*): Η διαχείριση ανθρωπίνων πόρων αποτελείται από τις ενέργειες και διαδικασίες σχετικές με τη δημιουργία, την οργάνωση και την ηγεσία της ομάδας εργασίας του έργου. Περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των ρόλων στην ομάδα εργασίας, την αναγνώριση των απαραίτητων ικανοτήτων για κάθε θέση στην ομάδα, τον σχηματισμό και την ανάπτυξη της ομάδας εργασίας καθώς και τη δημιουργία σχεδίου διαχείρισης προσωπικού. Επιπλέον η διαχείριση ανθρωπίνων πόρων αφορά στον έλεγχο των επιδόσεων των μελών της ομάδας εργασίας και δίνει λύσεις με σκοπό την μεγιστοποίηση της ομάδας στην επίτευξη των στόχων του έργου.
7. **Διαχείριση επικοινωνίας** (*Project Communication Management*): Η διαχείριση επικοινωνίας επικεντρώνεται στις ενέργειες σχετικές με την αποτελεσματική συλλογή, διακίνηση αποθήκευση και χρήση των πληροφοριών απαραίτητων για την υλοποίηση του έργου, ανάμεσα στα μέλη της ομάδας εργασίας και τους λοιπούς ενδιαφερόμενους. Η γνωστική αυτή περιοχή περιλαμβάνει τη δημιουργία σχεδίου σχετικά με την επικοινωνία μεταξύ της ομάδας εργασίας αλλά και των ενδιαφερόμενων, τη διαχείριση, διάθεση και

χρήση της πληροφορίας σχετικά με το έργο και τον έλεγχο των στοιχείων επικοινωνίας σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου.

8. **Διαχείριση κινδύνου έργου** (*Project Risk Management*): Η διαχείριση κινδύνου έργου αφορά στην αναγνώριση των κινδύνων και των παραγόντων αβεβαιότητας, τόσο κατά την κατασκευή του έργου όσο και κατά τη λειτουργία του και την αντιμετώπισή τους. Οι διαδικασίες που χαρακτηρίζουν τη διαχείριση κινδύνου συνοπτικά είναι η αναγνώριση κινδύνων, η ποσοτική και ποιοτική ανάλυση των κινδύνων, η δημιουργία προγράμματος αντιδράσεων σε πιθανούς κινδύνους και ο έλεγχος κινδύνου.
9. **Διαχείριση προμηθειών** (*Project Procurement Management*): Η γνωστική περιοχή της διαχείρισης προμηθειών περιλαμβάνει τις ενέργειες σχετικά με την προμήθεια αγαθών και υπηρεσιών απαραίτητων για την υλοποίηση του έργου, που όμως παράγονται από εξωτερικούς φορείς. Τέτοιου είδους ενέργειες είναι η αναζήτηση και εύρεση προμηθευτών, ο έλεγχος των προμηθειών και όλες οι αποφάσεις που επηρεάζουν τη ροή των απαιτούμενων για το έργο προμηθειών.
10. **Διαχείριση ενδιαφερόμενων** (*Project Stakeholder Management*): Η διαχείριση ενδιαφερόμενων αφορά στην αναγνώριση των ατόμων ή των ομάδων που επηρεάζονται από το έργο, την σκιαγράφηση των απαιτήσεων και αναγκών τους καθώς και η τακτική επικοινωνία για αποφυγή εντάσεων λόγω συγκρουόμενων συμφερόντων. Η ικανοποίηση των ενδιαφερομένων είναι ιδιαίτερα σημαντικό στόχος που καθορίζει την επιτυχή ή όχι υλοποίηση του έργου.

Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στη Διαχείριση Κινδύνου έργου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

*3.1 Έννοιες και χαρακτηριστικά σχετικά με τον κίνδυνο**3.1.1 Γενικά*

Οι έννοιες της αβεβαιότητας και του κινδύνου, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, παρούσες σε κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα. Παρά την έντονη ενασχόληση της διεθνούς επιστήμης με τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα σε κάθε είδους ανθρώπινο εγχείρημα, δεν έχει υπάρξει μέχρι σήμερα επίσημος ορισμός της έννοιας του «κινδύνου» (risk). Στην καθομιλουμένη ο κίνδυνος έχει συνήθως αρνητική σημασία καθώς αναφέρεται συνήθως στη κατάσταση ή την πιθανότητα εμφάνισης μιας κατάστασης ανεπιθύμητης, με αρνητικές συνέπειες, οι οποίες συχνά συγχέονται με την πρόκληση βλάβης ή την απώλεια ζωής.

Η έννοια του κινδύνου στη διαχείριση έργων δεν έχει αποκλειστικά αρνητικό χαρακτήρα. Το PMBOK (2013) ορίζει τον κίνδυνο ως « **το αβέβαιο γεγονός ή κατάσταση που εάν πραγματοποιηθεί, έχει θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις σε έναν ή περισσότερους στόχους του έργου**». Ένας κίνδυνος μπορεί δηλαδή να έχει θετικό χαρακτήρα, ανάλογα με το εάν οι συνέπειές που επιφέρει στο έργο η πραγματοποίησή του είναι θετικές ή αρνητικές. Μπορεί να ειπωθεί λοιπόν πως η έννοια του κινδύνου στη διαχείριση έργων περιλαμβάνει τόσο τον «κίνδυνο» με την συνήθη αρνητική του έννοια (“downside risk” ή «ανεπιθύμητος κίνδυνος») όσο και τον «κίνδυνο» με τη μορφή της ευκαιρίας (“upside risk” ή επιθυμητός κίνδυνος).

*3.1.2 Δομή κινδύνων*

Οι βασικοί παράγοντες που χαρακτηρίζουν κάθε κίνδυνο είναι δυο:

1. **Αιτία κινδύνου (risk cause)** η οποία αποτελείται από τους συντελεστές αβεβαιότητας του έργου ή απλούστερα από οποιοδήποτε γεγονός μπορεί να δημιουργήσει κίνδυνο.
2. **Έκθεση στον κίνδυνο (risk exposure)** ή οποία αποτελείται από δυο συνιστώσες (Γεωργαντοπούλου, 2013):
  - Την πιθανότητα εμφάνισης (probability) του επιθυμητού ή μη γεγονότος.
  - Την επίπτωση (impact) που επιφέρει η πραγματοποίηση του γεγονότος

$$\text{Έκθεση στον κίνδυνο} = f(\text{πιθανότητα, επίπτωση})$$

Λαμβάνοντας υπ’ όψη τις δυο παραπάνω συνιστώσες αποφασίζεται πόσο σημαντικός είναι ο κίνδυνος για το έργο. Για παράδειγμα, ένας κίνδυνος με μέση πιθανότητα

εμφάνισης και μέτριες συνέπειες (πχ. καθυστέρηση παραλαβής υλικών κατασκευής) θα θεωρηθεί σημαντικότερος από έναν κίνδυνο με καταστροφικές συνέπειες άλλα αμελητέα πιθανότητα εμφάνισης (πχ. πτώση μετεωρίτη). Αντίστοιχα, οι ευκαιρίες που παρουσιάζονται σε ένα έργο (project) έχουν διαφορετική σημασία, ανάλογα με τους παράγοντες που τις καθορίζουν.

Παρά το γεγονός ότι οι κίνδυνοι ενός project ιεραρχούνται σύμφωνα με την πιθανότητα εμφάνισης και την επίπτωση που επιφέρουν, δεν είναι σπάνιο φαινόμενο η πραγματοποίηση ενός κινδύνου με χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης. Πέρα από την προφανή αιτία (ότι δηλαδή μικρή πιθανότητα εμφάνισης δεν ισούται με μηδενική πιθανότητα εμφάνισης ενός κινδύνου), η υποκειμενικότητα της αντίληψης των κινδύνων του έργου, καθώς επίσης η αισιοδοξία ή η απαισιοδοξία του μελετητή συχνά θολώνει την αντίληψη του σχετικά με τη σημασία των κινδύνων και των ευκαιριών του έργου. Ο Taleb (2012) αναφέρει επίσης πως η απουσία αποδείξεων για την ύπαρξη ή τη συχνότητα εμφάνισης ενός κινδύνου συχνά παρερμηνεύεται ως απόδειξη της απουσίας του κινδύνου.

### 3.1.3 Κατηγοριοποίηση Κινδύνων

Οι κίνδυνοι ενός έργου μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με μια πληθώρα διαφορετικών τρόπων (Γεωργαντοπούλου, 2013). Η επιλογή της μεθόδου ή των μεθόδων κατηγοριοποίησης είναι στην κρίση του μελετητή σύμφωνα με τις ανάγκες του έργου. Τα συνηθέστερα κριτήρια κατηγοριοποίησης των κινδύνων είναι τα παρακάτω:

#### 1) Ικανότητα πρόβλεψης του κινδύνου

- **Γνωστοί κίνδυνοι** (known risks) θεωρούνται οι κίνδυνοι για τους οποίους υπάρχει η δυνατότητα πρόβλεψης, ανάλυσης, και δημιουργίας σχεδίου αντιμετώπισης.
- **Άγνωστοι κίνδυνοι** (unknown risks) θεωρούνται οι κίνδυνοι για τους οποίους δεν μπορεί να υπάρξει πρόβλεψη και περιγραφή, άρα είναι αδύνατο να υπάρξουν συγκεκριμένες προτάσεις πρόληψης οι κίνδυνοι αυτοί είναι συνήθως είτε αποτέλεσμα της μοναδικότητας του έργου, είτε αποτέλεσμα μη προβλέψιμων εξωτερικών παραγόντων.

#### 2) Προέλευση του κινδύνου

- **Εσωτερικοί κίνδυνοι** (internal risks) ονομάζονται οι κίνδυνοι που δημιουργούνται από γεγονότα εντός των πλαισίων του έργου (project). Το βασικό κριτήριο για να θεωρηθεί ο κίνδυνος εσωτερικός είναι πως φορέας του έργου μπορεί να επηρεάσει την πιθανότητα εμφάνισής και τις συνέπειές του.
- **Εξωτερικοί κίνδυνοι** ( external risks) ονομάζονται οι κίνδυνοι που δημιουργούνται από γεγονότα εκτός των πλαισίων του έργου. Σε αντίθεση με τους εσωτερικούς κινδύνους (internal risks), ο φορέας του έργου δεν μπορεί να επηρεάσει την πιθανότητα εμφάνισής τους.

Το βρετανικό Ινστιτούτο Διαχείρισης Κινδύνου (Institute of Risk Management, 2002) αναφέρει εύστοχα παραδείγματα σχετικά με τους παράγοντες που κατηγοριοποιούν

τους κινδύνους σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3.1 ένας κίνδυνος είναι δυνατόν να έχει παράλληλα εσωτερική και εξωτερική προέλευση, δηλαδή να μην προκαλείται αποκλειστικά από εσωτερικά ή εξωτερικά του έργου γεγονότα, αλλά από συνδυασμό αυτών.

**Διάγραμμα 3.1 Παράγοντες προέλευσης κινδύνου**



Πηγή: Institute of Risk Management [IRM], 2002, Ιδία επεξεργασία

- 4) Εγγενής Αβεβαιότητα και Αμιγείς κίνδυνοι:
- **Εγγενής Αβεβαιότητα** υπάρχει όταν ο κίνδυνος σχετίζεται με τη διακύμανση ενός μεγέθους σχετικού με το έργο γύρω από μία τιμή, όταν δηλαδή κάποιο μετρήσιμο μέγεθος φαίνεται να ακολουθεί μια κατανομή (πχ τιμή πρώτων υλών).
  - **Αμιγείς κίνδυνοι** είναι αυτοί που δεν χαρακτηρίζονται από εγγενή αβεβαιότητα άλλα αποτελούνται από συγκεκριμένα γεγονότα ( πχ. Αδυναμία εξασφάλισης κρατικής επιχορήγησης, με ό,τι συνέπειες επιφέρει αυτή).
- 5) Συνέπειες του κινδύνου οι οποίες μπορεί να αφορούν σε μια ή περισσότερες πτυχές του έργου. Οι κίνδυνοι τεχνικών έργων έχουν συνήθως συνέπειες:
- **Τεχνικές:** επηρεάζουν τεχνικές παραμέτρους του έργου.
  - **Οικονομικές:** έχουν οικονομικό αντίκτυπο στο έργο, πχ λανθασμένες προβλέψεις των τιμών της αγοράς εργασίας.
  - **Υλικές/Φυσικές:** σε υλικό επίπεδο, πχ ζημία σε εγκαταστάσεις λόγω σεισμού.
  - **Επακόλουθες:** οικονομικές συνέπειες ως αποτέλεσμα κινδύνου με άλλου τύπου συνέπειες πχ τεχνικές.
  - **Κοινωνικές:** επηρεάζουν την κοινωνία, πχ αντίθεση της κοινής γνώμης στο έργο λόγω περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης.
  - **Πολιτικές:** ενσωματώνουν πολιτικούς παράγοντες, πχ επέμβαση της κυβέρνησης.
  - **Νομικές:** έχουν νομικό αντίκτυπο.

### 3.1.4 Μεμονωμένοι Κίνδυνοι και συνολικός

Παραπάνω σκιαγραφήθηκαν βασικές έννοιες και κατηγορίες κινδύνων που εμφανίζονται στα τεχνικά έργα. Όπως αναφέρει όμως το PMI (2013), ο συνολικός κίνδυνος του έργου δεν ισούται απόλυτα με το άθροισμα των μεμονωμένων κινδύνων, καθώς περιλαμβάνει όλες τις πηγές αβεβαιότητας και αποτελεί όλα τα πιθανά αποτελέσματα τα οποία οι διάφοροι συνδυασμοί κινδύνων επιφέρουν στο έργο.

## 3.2 Διαχείριση Κινδύνου Έργων

### 3.2.1 Ιστορία και έννοιες

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η έννοια του κινδύνου στη διαχείριση έργου αφορά σε πιθανά γεγονότα τόσο με θετικές, όσο και με αρνητικές συνέπειες. Βασικός σκοπός της διαχείρισης κινδύνου είναι η μεγιστοποίηση της πιθανότητας πραγματοποίησης και των επιπτώσεων για θετικά γεγονότα και αντίστοιχα η ελαχιστοποίηση για αρνητικά (PMI, 2013). Η λέξη «ελαχιστοποίηση» είναι πολύ σημαντική στη διαχείριση κινδύνου καθώς είναι αδύνατο να εξαλειφθούν πλήρως οι κίνδυνοι ενός έργου. Η επιτυχία σε μια προσπάθεια διαχείρισης λοιπόν, έγκειται στη δυνατότητα ποσοτικοποίησης και ποσοτικοποίησης των στοιχείων κινδύνου με αντικειμενικό τρόπο, έτσι ώστε ο



κίνδυνος να μπορεί να μειωθεί σε επίπεδο που γίνεται αποδεκτός (Γεωργαντοπούλου, 2013).

Η προσπάθεια του ανθρώπου να χαλιναγωγήσει τον κίνδυνο δεν είναι σύγχρονο φαινόμενο. Οι Covello και Mumpower (1985) αναφέρουν ως παράδειγμα τους Ασύριους, οι οποίοι, κατά το 3200 π.Χ. χρησιμοποιούνταν ως σύμβουλοι στη λήψη δύσκολων αποφάσεων που εμπειρείχαν αβεβαιότητα, όπως κάποια εκστρατεία ή κατασκευή κάποιου κτίσματος. Η διαχείριση κινδύνου στη σύγχρονη εποχή αναπτύχθηκε κυρίως μετρά τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, ενώ την τελευταία τριακονταετία έχει γνωρίσει μεγάλη πρόοδο.

Η διαχείριση κινδύνου είναι μείζονος σημασίας σε κάθε προσπάθεια στρατηγικού σχεδιασμού (IRM, 2002). Ο μελετητής διαχειρίζεται το ρίσκο αναγνωρίζοντας και αξιολογώντας τους κινδύνους του έργου και σε συνεργασία με τους ενδιαφερόμενους προτείνει μέτρα για ελαχιστοποίηση του κινδύνου έως ότου αυτός φτάσει σε ανεκτό επίπεδο, επίπεδο δηλαδή που δεν απαιτεί επιπλέον μέτρα (International Organization for Standardization [ISO], 2009). Η επιτυχία στη διαχείριση κινδύνου εξασφαλίζει καλύτερη χρήση των διαθέσιμων πόρων, προωθεί την καινοτομία και συμβάλει στην συνολική διαχείριση του έργου, καθώς παρέχει πληροφορίες κρίσιμες για τη λήψη αποφάσεων μέσω της κατανόησης των κινδύνων και των πιθανών συνεπειών. (HM Treasury, 2003).

### *3.2.2 Πλεονεκτήματα και αδυναμίες της Διαχείρισης κινδύνου*

Σύμφωνα με τον Godfrey (1996) η συστηματική διαχείριση κινδύνου προσφέρει τα εξής πλεονεκτήματα:

- 1. Καλύτερο έλεγχο της αβεβαιότητας:** Μέσω της συστηματικής διαχείρισης κινδύνου επιτυγχάνεται μεγαλύτερος έλεγχος της αβεβαιότητας του έργου καθώς αναγνωρίζονται οι πιθανοί κίνδυνοι οι ενέργειες που απαιτούνται για την αντιμετώπισή τους, καθώς και τα οφέλη των εν λόγω ενεργειών.
- 2. Μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση:** Γνωρίζοντας το μέγεθος της αβεβαιότητας που χαρακτηρίζει το έργο, ο οργανισμός που καλείται να το πραγματοποιήσει μπορεί, έχοντας ιεραρχήσει τις προτεραιότητες του να προβεί στην υλοποίηση με μεγαλύτερη σιγουριά.
- 3. Ορθότερη ενημέρωση:** Η συστηματική διαχείριση κινδύνου βοηθάει στο να τεθούν με ακρίβεια οι στόχοι και οι ανάγκες του έργου, καθώς αναγνωρίζοντας τους κινδύνους γίνονται εμφανείς οι περιορισμοί που είναι αδύνατον να προβλεφθούν διαφορετικά λόγω της μοναδικότητας κάθε έργου.
- 4. Βελτιωμένη ικανότητα λήψης αποφάσεων:** Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως μέσω της συστηματικής διαχείρισης αναγνωρίζονται οι κίνδυνοι του έργου. Έχοντας αναγνωριστεί οι κίνδυνοι, είναι δυνατόν να προβλεφθούν οι πιθανές συνέπειες διαφορετικών ενεργειών και με τον τρόπο αυτό να παρθούν οι βέλτιστες αποφάσεις για την υλοποίηση του έργου.
- 5. Συγκέντρωση πόρων στις κυριότερες ανάγκες:** Είναι αδύνατον να προβλεφθούν όλοι οι κίνδυνοι ενός έργου, όπως επίσης είναι αδύνατον να υπάρξει σχέδιο αντιμετώπισης για όλους τους κινδύνους. Με την συστηματική

διαχείριση κινδύνου ιεραρχούνται οι κίνδυνοι και οι διαθέσιμοι πόροι χρησιμοποιούνται για να αντιμετωπιστούν οι σημαντικότεροι κίνδυνοι του έργου, ανάλογα με την έκθεση του έργου σε αυτούς. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται το μέγιστο όφελος.

- 6. Καλύτερη επικοινωνία ομάδας εργασίας και αυξημένη αυτοπεποίθηση:** Κατά την προσπάθεια αναγνώρισης και αντιμετώπισης του κινδύνου, δίνεται η δυνατότητα θεώρησης του έργου από πολλές οπτικές γωνίες και από διεπιστημονική σκοπιά. Τα μέλη της ομάδας εργασίας αναλύουν τις ιδέες και τις απόψεις τους σχετικά με τις ευκαιρίες αλλά τα τρωτά σημεία του έργου. Η επικοινωνία αυτή καθιστά εφικτό να έρθει στην επιφάνεια η εμπειρία των μελών της ομάδας εργασίας σε προηγούμενα παρόμοια έργα και να αναγνωριστούν κίνδυνοι που συνιστώνται από παράγοντες διαφορετικής προέλευσης.
- 7. Ελαχιστοποίηση κόστους αντιμετώπισης κινδύνου:** Με τη συστηματική αντιμετώπιση κινδύνου, οι παράγοντες αβεβαιότητας του έργου σταματούν να είναι ασαφείς. Με την χαρτογράφηση των κινδύνων στις αρχικές φάσεις του έργου και τη δημιουργία πλάνου αντιμετώπισης μειώνεται κατά πολύ η πιθανότητα αρνητικών εκπλήξεων και αστοχίας σχεδιασμού καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου και κατ' επέκταση γίνεται καλύτερος καταμερισμός των οικονομικών πόρων.
- 8. Ρεαλιστική εκτίμησή κόστους και χρόνου υλοποίησης:** Γνωρίζοντας τους παράγοντες αβεβαιότητας που χαρακτηρίζουν το έργο, γίνεται εκτίμηση του κόστους και του χρόνου υλοποίησης, όχι σαν μοναδικός αριθμός, αλλά σαν κατανομές που προκύπτουν ανάλογα με την πιθανότητα εμφάνισης του κάθε κινδύνου (ξεχωριστά αλλά και σαν σύνολο) και το κόστος αντιμετώπισης (σε οικονομικούς πόρους αλλά και χρόνο).
- 9. Βελτίωση αξιοπιστίας:** Αναγνωρίζοντας τους κινδύνους του έργου καθώς και τις συνέπειες, η ομάδα εργασίας δε χάνει την αξιοπιστία της προς τους ενδιαφερόμενους σε περίπτωση που ο κίνδυνος πραγματοποιηθεί. Εάν ο κίνδυνος δεν έχει προβλεφθεί, δημιουργείται έλλειψη εμπιστοσύνης και μπορεί να οδηγήσει σε επιπλέον κόστος για την έρευνα των συνεπειών.
- 10. Προστασία ισολογισμού:** σε περίπτωση που η ομάδα εργασίας αναλαμβάνει πολλαπλά έργα, η συστηματική διαχείριση κινδύνου εξασφαλίζει πως δίνεται η πρέπουσα σημασία στους κινδύνους όλων των έργων και δεν παραβλέπονται οι κίνδυνοι κάποιων έργων σε όφελος άλλων, κάτι που θα δημιουργούσε άνιση κατανομή κινδύνου ανάμεσα στα έργα.

Παρά τα πλεονεκτήματα που προσφέρει, η διαχείριση κινδύνου παραμένει μια ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία καθώς όπως αναφέρει η Γεωργαντοπούλου (2013) παρουσιάζονται συγκεκριμένες αδυναμίες. Συγκεκριμένα, η πολυπλοκότητα της διαχείρισης κινδύνου την καθιστά χρονοβόρο διαδικασία και δεν ενδείκνυται για απλές αποφάσεις, σε αντίθεση με περίπλοκα προβλήματα στα οποία θεωρείται απαραίτητη. Επιπλέον, παρά την εφαρμογή επιστημονικών μεθόδων, η εκτίμηση κινδύνου ενέχει σε μεγάλο βαθμό τον παράγοντα της υποκειμενικότητας, με αποτέλεσμα να

δημιουργούνται διαφωνίες σχετικά με την ύπαρξη και το μέγεθος των κινδύνων. Τέλος η έλλειψη εμπειρίας των μελετητών οδηγεί σε λανθασμένες επιλογές σχετικά με την αντιμετώπιση των κινδύνων.

### 3.2.3 Η στάση των ενδιαφερόμενων απέναντι στον κίνδυνο

Ο κίνδυνος ενός έργου δε γίνεται αντιληπτός με τον ίδιο τρόπο από όλους. Οι ενδιαφερόμενοι κάθε έργου, ανάλογα με τον τρόπο που αντιλαμβάνονται τον κίνδυνο, διαμορφώνουν τη στάση που τηρούν απέναντι σε αυτόν. Συγκεκριμένα, η στάση αυτή καθορίζει τα επίπεδα κινδύνου τα οποία θεωρούνται αποδεκτά για την υλοποίηση του έργου. Η στάση που υιοθετείται απέναντι στον κίνδυνο του έργου χαρακτηρίζεται γενικώς από τρεις συνιστώσες (PMI, 2013):

1. Διάθεση ανάληψης κινδύνου (risk appetite): Διάθεση ανάληψης κινδύνου ονομάζεται το μέγεθος του κινδύνου που οι ενδιαφερόμενοι είναι πρόθυμοι να αναλάβουν με αντάλλαγμα πιθανά μελλοντικά οφέλη.
2. Ανοχή κινδύνου (risk tolerance): Ανοχή κινδύνου ονομάζεται το μέγεθος του κινδύνου τις επιπτώσεις του οποίου οι ενδιαφερόμενοι και η ομάδα εργασίας μπορούν να αντιμετωπίσουν.
3. Όριο κινδύνου (risk threshold): Όριο κινδύνου ονομάζεται ο μέγιστος βαθμός αβεβαιότητας και επιπτώσεων κατά τον οποίο οι ενδιαφερόμενοι θα επιλέξουν να αναλάβουν τον κίνδυνο. Εάν ο βαθμός αβεβαιότητας ξεπερνάει αυτό το όριο, τότε η ομάδα εργασίας και οι ενδιαφερόμενοι θα επιλέξουν να μην αναλάβουν τον κίνδυνο.

### 3.3 Διαδικασίες διαχείρισης κινδύνου

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας τριακονταετίας έχουν παρουσιαστεί πολλές προσεγγίσεις στη διαχείριση κινδύνου έργου. Η περίπλοκη όμως φύση των έργων και η ανάγκη για κριτική σκέψη από τον εκάστοτε μελετητή δεν έχουν καταστήσει δυνατή την ανάπτυξη προτύπου διαχείρισης κινδύνου κατάλληλου για κάθε τύπο έργου, ούτε την ανάπτυξη απόλυτα ακριβούς μεθόδου αναγνώρισης κινδύνων. Παρά το γεγονός αυτό, μελετώντας τις διάφορες μεθόδους διαχείρισης κινδύνου μπορούμε να διακρίνουμε πολλές ομοιότητες ανάμεσά τους ιδιαίτερα στη δομή και τις διαδικασίες στις οποίες βασίζονται, οι οποίες και είναι οι παρακάτω (PMI, 2013):

1. Σχέδιο διαχείρισης κινδύνου
2. Αναγνώριση κινδύνων
3. Ποιοτική ανάλυση κινδύνων
4. Ποσοτική ανάλυση των κινδύνων
5. Σχεδιασμός αντιμετώπισης των κινδύνων
6. Έλεγχος και παρακολούθηση των κινδύνων

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η διαχείριση κινδύνου, αν και είναι σημαντικό να γίνεται από τα πρώτα στάδια του κύκλου ζωής του έργου, έχει διάρκεια όσο το σύνολο του έργου και οι προαναφερθείσες διαδικασίες επαναλαμβάνονται όσες φορές χρειαστεί, λαμβάνοντας υπόψη τα νέα δεδομένα που προκύπτουν. Όταν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα για την αντιμετώπιση ενός ή περισσότερων κινδύνων και

πραγματοποιηθεί η παρακολούθηση και ο έλεγχος, γίνεται εκ νέου εκτίμηση της κατάστασης ώστε να αναγνωριστούν κίνδυνοι που παραμένουν ή προέκυψαν στην πορεία.

### 3.3.1 Σχέδιο διαχείρισης κινδύνου ( *Plan Risk Management* )

Το σχέδιο διαχείρισης κινδύνου, είναι η πρώτη διαδικασία που εκτελείται κατά τη διαχείριση κινδύνου. Καθορίζει τη σκοπιά μέσα από την οποία θα πραγματοποιηθεί διαχείριση των κινδύνων και τη στρατηγική που θα ακολουθήσει η ομάδα εργασίας ώστε να συμβαδίσει η διαχείριση κινδύνου με τη συνολική πορεία της υλοποίησης του έργου. Κατά την εκπόνηση του σχεδίου διαχείρισης κινδύνου γίνεται προσπάθεια για αναγνώριση της προέλευσης και της φύσης των κινδύνων (Banaitiene & Banaitis, 2012), ενώ η διαδικασία είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επιτυχημένη διαχείριση του κινδύνου καθώς αποσκοπεί στη σωστή επικοινωνία μεταξύ της ομάδας εργασίας και των ενδιαφερομένων και εξασφαλίζει την ύπαρξη κοινής φιλοσοφίας σχετικά με την αντιμετώπιση των κινδύνων του έργου. Για τη δημιουργία του σχεδίου διαχείρισης κινδύνου είναι απαραίτητες οι παρακάτω πληροφορίες:

- Σχέδιο διαχείρισης έργου
- Κατάλογος ενδιαφερομένων
- Εξωτερικοί και εσωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν το έργο
- Φιλοσοφία της επιχείρησης

Για την εκπόνηση του σχεδίου διαχείρισης κινδύνου χρησιμοποιούνται εργαλεία όπως τεχνικές ανάλυσης, συνεδριάσεις μεταξύ των ενδιαφερομένων και της ομάδας εργασίας αλλά και συμβουλευτική καθοδήγηση από ειδικούς, επιστήμονες και project managers με εμπειρία σε παρόμοια έργα. Στο αρχικό αυτό στάδιο της διαχείρισης κινδύνου είναι σημαντικό να δημιουργηθεί μια ξεκάθαρη εικόνα σχετικά με τις ανάγκες του έργου και των ενδιαφερομένων, ώστε να μην υπάρχει παράβλεψη σημαντικών πτυχών του έργου η οποία θα οδηγήσει σε μεγαλύτερα προβλήματα αργότερα.

Ανάλογα με τη φύση του έργου και την πολυπλοκότητα που παρουσιάζει, το σχέδιο διαχείρισης ρίσκου πρέπει να περιέχει πληροφορίες όπως οι εξής:

- Μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί, η οποία αφορά στα εργαλεία διαχείρισης κινδύνου, τις πηγές πληροφοριών που θα επιστρατεύσουν οι μελετητές κλπ.
- Χρονοδιάγραμμα διαχείρισης κινδύνου, το οποίο αναφέρει τη συχνότητα αναθεώρησης της μελέτης, καθώς όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι διαδικασίες διαχείρισης κινδύνου επαναλαμβάνονται ανάλογα με τις εξελίξεις στην υλοποίηση του έργου.
- Κατηγοριοποίηση κινδύνων σύμφωνα με τους παράγοντες που επηρεάζουν το έργο (εξωτερικοί και εσωτερικοί).
- Κατανομή πόρων για τη διαχείριση κινδύνου
- Σαφής ορισμός των εννοιών του κινδύνου και της πιθανότητας καθώς και των μεθόδων για τη μέτρηση αυτών όσον αφορά στο έργο και τις ανάγκες του.

- Ξεκάθαρη σκιαγράφηση σχετικά με την ανοχή, το όριο και τη διάθεση ανάληψης κινδύνου που παρουσιάζουν οι ενδιαφερόμενοι ξεχωριστά αλλά και ως σύνολο.

### 3.3.2 Αναγνώριση κινδύνων

Κατά το στάδιο της αναγνώρισης κινδύνου σκιαγραφούνται οι κίνδυνοι που ενδέχεται να επηρεάσουν το έργο καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Επιπλέον αναγνωρίζονται και καταγράφονται τα χαρακτηριστικά του κινδύνου, όπως οι πιθανές επιπτώσεις στο έργο, η προέλευση κλπ. Η ορθή και έγκαιρη αναγνώριση των κινδύνων του έργου και των χαρακτηριστικών τους είναι μείζονος σημασίας, (η διαδικασία της αναγνώρισης κινδύνων είναι η πιο σημαντική στη διαχείριση τους σύμφωνα με τους Banaitiene και Banaitis (2012)), καθώς η ύπαρξη μη αναγνωρισμένων κινδύνων δυσχεραίνει ιδιαίτερα την διαχείριση τους, ενώ συχνά καθίσταται αδύνατη (Al-Bahar & Crandall, 1990).

Οι διαδικασίες της διαχείρισης του κινδύνου είναι επαναληπτικές, έτσι και η διαδικασία της αναγνώρισης κινδύνου επαναλαμβάνεται αρκετές φορές κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου. Συνήθεις λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό είναι (αλλά όχι αποκλειστικά) οι παρακάτω:

1. Αλλαγές στο εξωτερικό περιβάλλον του έργου: όπως πχ αλλαγές στη νομοθεσία, η είσοδος ενός ανταγωνιστικού έργου στην αγορά, αλλαγές στα πολιτικά δρώμενα. Απρόβλεπτοι παράγοντες όπως οι προαναφερθέντες μπορούν να εισάγουν κινδύνους οι οποίοι είτε δεν θεωρούνταν σημαντικοί, είτε δεν υπήρχαν προηγουμένως
2. Αλλαγές στο εσωτερικό περιβάλλον του έργου: όπως για παράδειγμα ατυχήματα, αλλαγή προμηθευτών, αλλαγές στο εργατικό δυναμικό κλπ. Είναι δυνατόν να επηρεάσουν το έργο δημιουργώντας κινδύνους οικονομικής φύσης, να μεταβάλλουν τον χρονικό ορίζοντα υλοποίησης ή να δημιουργηθεί πρόκληση στην επίτευξη των ποιοτικών στόχων του έργου.
3. Παρακολούθηση και προσαρμογή: Κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του έργου, συλλέγονται πληροφορίες οι οποίες οδηγούν τους μελετητές να αναθεωρήσουν τις εκτιμήσεις τους σχετικά με τους κινδύνους που αφορούν στο έργο. Κίνδυνοι που θεωρούνταν ασήμαντοι πιθανόν να κρύβουν μεγαλύτερη πιθανή ζημιά, ευκαιρίες που είχαν αρχικά αποτελέσει στόχους στην πορεία ίσως θεωρηθούν μη ρεαλιστικές, ενώ νέοι κίνδυνοι γίνονται αντιληπτοί καθώς η ομάδα εργασίας και οι μελετητές αποκτούν μεγαλύτερη εμπειρία.

Αν και όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η αναγνώριση κινδύνων επαναλαμβάνεται αρκετές φορές κατά τη διάρκεια του έργου, αλλά τα χρονικά διαστήματα ανάμεσα στις επαναλήψεις μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους. Επίσης ή μέθοδος που χρησιμοποιούν οι μελετητές σε κάθε επανάληψη μπορεί να διαφέρει, σε προσπάθεια να μελετηθούν οι κίνδυνοι από διαφορετικές οπτικές. Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να επισημανθεί πως είναι αδύνατον να αναγνωριστούν όλοι οι κίνδυνοι, ούτε είναι σκοπός να επιτευχθούν τέλει προβλέψεις σχετικά με το μέλλον του έργου (Smith, Merna &

Jobling, 2006). Στόχος είναι να αναγνωριστούν οι πηγές αβεβαιότητας που μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το έργο.

### 3.3.2.1 Τεχνικές και εργαλεία αναγνώρισης κινδύνων

Οι μελετητές και η ομάδα εργασίας χρησιμοποιούν μια πληθώρα εργαλείων για να δημιουργήσουν μια ρεαλιστική και σφαιρική εικόνα των σημαντικότερων παραγόντων αβεβαιότητας που μπορούν να επηρεάσουν την επιτυχή υλοποίηση του έργου (PMI, 2013).

- **Χρήση της κριτικής ικανότητας ειδικών.** Η ομάδα εργασίας αναγνωρίζει και έρχεται σε επαφή με ειδικούς οι οποίοι λόγω της εμπειρίας τους σε παρόμοια έργα μπορούν να αναγνωρίσουν κινδύνους που είναι συνήθεις σε έργα τέτοιου τύπου, ή κινδύνους που αφορούν στον τομέα της ειδικότητας τους. Παρά την εγκυρότητα που μπορεί να προσδώσει η συμβουλευτική χρήση των ειδικών, η ομάδα εργασίας δεν πρέπει να παραβλέπει την πιθανή υποκειμενικότητα των απόψεών τους.
- **Χρήση προκαταρκτικής λίστας ελέγχου (preliminary checklist).** Η χρήση λίστας ελέγχου είναι ιδιαίτερα χρήσιμη ως «σημείο εκκίνησης» (Al-Bahar & Crandall, 1990) για την αναγνώριση των πιθανών κινδύνων του έργου. Η λίστα ελέγχου αναπτύσσεται σύμφωνα με την προηγούμενη εμπειρία του μελετητή σε παρόμοια έργα και περιλαμβάνει πιθανούς κινδύνους που μπορεί να επηρεάσουν την υλοποίηση του έργου. Πολλοί μελετητές χρησιμοποιούν έτοιμες λίστες που κυκλοφορούν εμπορικά ή επιστρατεύουν δημοσκοπήσεις και ερωτηματολόγια για να εμπλουτίσουν τη λίστα που θα χρησιμοποιήσουν. Παρά τη χρησιμότητα και την ευκολία που παρέχει η χρήση προκαταρκτικής λίστας ελέγχου, είναι αδύνατον να συμπεριληφθούν όλοι οι πιθανοί παράγοντες αβεβαιότητας, ενώ η δημιουργία ιδιαίτερα μακροσκελούς λίστας δεν εγγυάται καλύτερα αποτελέσματα στην ρεαλιστική αναγνώριση του κινδύνου. Τέλος η χρήση της κριτικής ικανότητας του μελετητή παραμένει μείζονος σημασίας καθώς η διαχείριση κινδύνου δεν μπορεί να περιοριστεί σε μια απόλυτα αυτοματοποιημένη διαδικασία, ενώ με τη λήξη του έργου πρέπει να γίνεται επανεξέταση της λίστας ώστε να προστίθενται οι γνώσεις που αποκόμισε ο μελετητής για χρήση σε μελλοντικά έργα.
- **Μελέτη των εγγράφων και χαρακτηριστικών του έργου.** Μελετώντας τα αρχεία σχετικά με το έργο, δηλαδή τα σχέδια, τον προϋπολογισμό, τις μελέτες κλπ. Μπορούν να δώσουν στο μελετητή πληροφορίες σχετικά με κινδύνους που ενδέχεται να επηρεάσουν το έργο. Η αξιολόγηση των αρχείων αυτών και της συνοχής ανάμεσα στα σχέδια και τις προβλέψεις των μελετών μπορεί επίσης να δώσει στον μελετητή στοιχεία σχετικά με κρυμμένους παράγοντες αβεβαιότητας.
- **Ανάλυση παραδοχών.** Ο σχεδιασμός του έργου, καθώς επίσης και οι αποφάσεις σχετικά με την υλοποίησή του βασίζονται σε μια πληθώρα παραδοχών και υποθέσεων οι οποίες αφορούν στο εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον του έργου, το επιστημονικό υπόβαθρο, στις οικονομικές ανάγκες του έργου κλπ. Μελετώντας τις παραδοχές αυτές, εξετάζεται κατά πόσο ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, αποκαλύπτοντας ενδεχόμενες αστοχίες ή λογικά σφάλματα και ανακρίβειες που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν κινδύνους για το έργο (PMI, 2013).

- ο **Ανάλυση SWOT.** Η ανάλυση SWOT αφορά στη διερεύνηση του έργου υπό τέσσερις διακριτές οπτικές:
  1. **Τα δυνατά σημεία (Strengths)** τα οποία αφορούν στο εσωτερικό περιβάλλον του έργου, όπως για παράδειγμα η διεπιστημονική ομάδα εργασίας.
  2. **Τα αδύνατα σημεία (Weaknesses)**, επίσης εσωτερικού περιβάλλοντος, όπως για παράδειγμα το μικρό μέγεθος της επιχείρησής.
  3. **Τις ευκαιρίες (Opportunities)**, οι οποίες αφορούν στο εξωτερικό περιβάλλον του έργου, όπως η πτώση της τιμής του πετρελαίου. και
  4. **Τις απειλές**, επίσης εξωτερικού περιβάλλοντος όπως η πολιτική αστάθεια της χώρας μια δεδομένη περίοδο.

Η χρήση της ανάλυσης SWOT στη διαχείριση κινδύνου φέρει σημαντικό όφελος καθώς αναδεικνύει τόσο κινδύνους με αρνητικές όσο και θετικές συνέπειες.

**Πίνακας 3.1 Παράδειγμα Ανάλυσης SWOT σε έργο διαχείρισής απορριμμάτων**

| <b>Δυνατά σημεία (Strengths)</b>  | <b>Αδύνατα σημεία (Weaknesses)</b>   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιοχή τοποθέτησης</li> <li>• Γνώση στήριξης από την κυβέρνηση</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Μη ολοκληρωμένη νομοθεσία</li> <li>• Έλλειψη συστηματικού σχεδιασμού σχετικά με τη διαχείριση απορριμμάτων</li> </ul>   |
| <b>Ευκαιρίες (Opportunities)</b>  | <b>Απειλές ( Threats)</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Προσπάθεια μείωσης των απορριμμάτων στη χώρα</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Έλλειψη πόρων για τη στήριξη της έρευνας</li> <li>• Δυσκολία εύρεσης κατάλληλης γης για αποδοχή απορριμμάτων</li> </ul> |

Πηγή Yuan (2013), Ίδια επεξεργασία

- ο **Συλλογή πληροφοριών.** Για την αναγνώριση των κινδύνων του έργου είναι απαραίτητη η συλλογή πληροφοριών από τον μελετητή. Για τη συλλογή πληροφοριών χρησιμοποιείται μια πληθώρα τεχνικών, εκ' των οποίων συχνά συναντώνται οι παρακάτω:
  - **Συνεντεύξεις** κατά τις οποίες οι ενδιαφερόμενοι του έργου, μέλη της ομάδας εργασίας και γνώστες των σχετικών με το έργο αντικειμένων παραθέτουν τις απόψεις τους σχετικά με πιθανούς κινδύνους (PMI, 2013).
  - **Καταιγισμός ιδεών (Brainstorming)**, μια διαδικασία κατά την οποία μέλη της ομάδας εργασίας, αλλά και άτομα εκτός αυτής καταγράφουν ιδέες και σκέψεις σχετικές με το αντικείμενο (στην προκειμένη περίπτωση πιθανούς κινδύνους για το έργο), χωρίς παράλληλα να γίνεται κριτική των ιδεών σε πραγματικό χρόνο. Σκοπός της διαδικασίας είναι η συλλογή των κατά το δυνατόν περισσότερων ιδεών και οπτικών σχετικά με το ζήτημα. Το brainstorming παρά την άναρχη δομή του αποτελεί μια από τις προτιμότερες τεχνικές για την αναγνώριση κινδύνων (Smith, Merna & Jobling , 2006), καθώς ενθαρρύνει την αντισυμβατική σκέψη και βοηθάει στην αναγνώριση κινδύνων που διαφορετικά θα παραβλέπονταν. Αν και το

brainstorming βασίζεται στην ελεύθερη σκέψη, δεν είναι σπάνιο να παρέχεται κάποιου είδους σκελετός, όπως κατηγοριοποίηση των κινδύνων, ώστε να κατευθύνει τη διαδικασία ανάλογα με τις ανάγκες των μελετητών.

- **Τεχνική Delphi.** Η εν λόγω τεχνική αναπτύχθηκε από την RAND κατά τη δεκαετία του 1950 για να βοηθήσει στην πρόβλεψη των επιπτώσεων της τεχνολογίας στις πολεμικές δραστηριότητες, αλλά έχει από τότε χρησιμοποιηθεί ευρέως για την «αναγνώριση και ιεράρχηση [...] σε θέματα λήψης αποφάσεων σχετικών με το management» (Okoli C. & Pawlowski S.D., 2003). Η τεχνική Delphi χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της πιθανότητας γεγονότων που ενδέχεται να συμβούν στο μέλλον και λειτουργεί ως εξής:

- i. Ένας αριθμός ειδικών απαντάει στο ερωτηματολόγιο που παρέχει ο διαμεσολαβητής (facilitator), ο οποίος μπορεί να ανήκει στην ομάδα εργασίας, ή να είναι εκτός αυτής. Το ερωτηματολόγιο έχει ως σκοπό την καταγραφή ιδεών σχετικά με τους κινδύνους του έργου.
- ii. Γίνεται επεξεργασία των απαντήσεων και αναγνωρίζονται τα κοινά σημεία μεταξύ των απόψεων των ειδικών. Έπειτα δημιουργείται νέο ερωτηματολόγιο που ερευνά εις βάθος τις κοινές απόψεις των ερωτωμένων. Η διαδικασία αυτή μπορεί να επαναληφθεί αρκετές φορές για να βρεθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα σημεία ομοφωνίας των ειδικών.
- iii. Έχοντας αναγνωρίσει τα σημεία ομοφωνίας των ειδικών, γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων και λαμβάνονται οι απαραίτητες αποφάσεις.

Η τεχνική Delphi, εντοπίζοντας τα κοινά σημεία μεταξύ των απόψεων των ειδικών, ελαχιστοποιεί τον παράγοντα των προσωπικών προκαταλήψεων και προσδίδει σφαιρικότητα στην αναγνώριση των κινδύνων.

- **Ανάλυση αρχικών αιτίων (Root Cause Analysis).** Η Ανάλυση αρχικών αιτίων είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται με σκοπό την αναγνώριση των βαθύτερων αιτών ενός προβλήματος, με σκοπό την ανάπτυξη σχεδίων για την πρόληψή του (PMI, 2013). Όπως αναφέρουν οι Rooney & Heuvel (2004), η Ανάλυση αρχικών αιτίων είναι ένα εργαλείο που επιτρέπει στον μελετητή να κατανοήσει όχι μόνο το «τι και το πώς» αλλά και το «γιατί» ενός γεγονότος. Η βασική αρχή της Ανάλυσης αρχικών αιτίων βασίζεται σε μια διαδικασία τεσσάρων βημάτων (Rooney & Heuvel, 2004):
  - i. Συλλογή πληροφοριών
  - ii. Απεικόνιση παραγόντων αιτιότητας σε διάγραμμα
  - iii. Αναγνώριση αρχικών αιτίων
  - iv. Δημιουργία προτάσεων και εφαρμογή
- **Τεχνικές απεικόνισης.** Για την καταγραφή και την κατανόηση των κινδύνων του έργου χρησιμοποιείται μια πληθώρα τεχνικών απεικόνισης. Το PMI (2013) αναφέρει ως παραδείγματα τα **διαγράμματα αιτίας και αποτελέσματος**, τα **διαγράμματα ροής** και τα **διαγράμματα επιρροής**.



### 3.3.2.2 Μητρώο κινδύνων

Το τελευταίο στάδιο της αναγνώρισης κινδύνων είναι η δημιουργία ενός μητρώου κινδύνων, το οποίο απεικονίζει τους αναγνωρισθέντες κίνδυνους και τα χαρακτηριστικά τους. Στο μητρώο κινδύνων, ο μελετητής προσπαθεί να περιγράψει τον κάθε κίνδυνο με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, καταγράφοντας τις αιτίες και τα γεγονότα που μπορεί να οδηγήσουν στο ενδεχόμενο του κινδύνου, παραμέτρους αυξάνουν την πιθανότητα ή τις επιπτώσεις του κινδύνου, αλλά και πιθανές ενέργειες αντιμετώπισης του κινδύνου.

Σκοπός του μητρώου κινδύνων είναι να εξυπηρετήσει δύο ρόλους (Williams, 1994):

- i. Να αποτελέσει αποθήκη γνώσεων σχετικά με τους κινδύνους του έργου, κάτι το οποίο αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμο σε έργα μεγάλης κλίμακας, τμήματα των οποίων κατασκευάζουν διαφορετικές ομάδες εργασίας. Σε τέτοιες ειδικά περιπτώσεις ο μελετητής του κινδύνου είναι από τους λίγους εμπλεκόμενους στο έργο σφαιρική εικόνα του έργου ως σύνολο.
- ii. Να αποτελέσει εναρκτήριο σημείο για περεταίρω αναλύσεις και έρευνες σχετικά με το έργο. Αναγνωρίζοντας τις αδυναμίες αλλά και τις ευκαιρίες του έργου, το μητρώο κινδύνων παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για την διεξαγωγή αναλύσεων όπως η ανάλυση κόστους, οι τεχνικές αναλύσεις του έργου κλπ. σε συνδυασμό όμως και με άλλες πληροφορίες σχετικά με το έργο (για την ανάλυση κόστους για παράδειγμα χρειάζονται και δεδομένα σχετικά με το κόστος των υλικών, το κόστος εργασίας κ.α. Το μητρώο κινδύνου έχει συμπληρωματικό χαρακτήρα σε τέτοιες χρήσεις).

### 3.3.3 Ποιοτική ανάλυση Κινδύνων (*Qualitative Risk Management*)

Η Ποιοτική ανάλυση των κινδύνων αφορά στη διαδικασία κατά την οποία μελετώνται τα βασικά χαρακτηριστικά των κινδύνων με σκοπό την ιεράρχησή τους. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι αδύνατον να αντιμετωπισθούν όλοι οι κίνδυνοι σε ένα έργο, όπως επίσης είναι παράλογο όλοι οι κίνδυνοι να λάβουν ίση προσοχή ανεξαρτήτως της σημασίας τους. Αντιθέτως, είναι απαραίτητη η ιεράρχησή των αναγνωρισμένων κινδύνων ανάλογα με την κρισιμότητα που παρουσιάζουν, ώστε να επιλεγθούν οι σημαντικότεροι κίνδυνοι, για τους οποίους θα ληφθούν και μέτρα αντιμετώπισης.

Κατά την ποιοτική ανάλυση των κινδύνων, αναλύονται οι κίνδυνοι που αναγνωρίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο της διαχείρισης (αναγνώριση κινδύνων), σύμφωνα με την πιθανότητα εμφάνισης και τους τρόπους με τους οποίους επηρεάζουν το έργο ενώ επίσης γίνεται ιεράρχηση και κατηγοριοποίηση αυτών.

#### 3.3.3.1 Βασικές αρχές ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων

Καθώς η ποιοτική ανάλυση κινδύνων δε βασίζεται σε ποσοτικά στοιχεία αλλά κυρίως στην κριτική ικανότητα των μελετητών, η διαδικασία χαρακτηρίζεται σε μεγάλο βαθμό από υποκειμενικότητα. Για το λόγο αυτό, είναι μείζονος σημασίας η τήρηση συγκεκριμένων προϋποθέσεων για την επίτευξη αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Η

Γεωργαντοπούλου (2013) αναγνωρίζει ως κρίσιμες προϋποθέσεις για την επιτυχή ποιοτική ανάλυση τις παρακάτω τέσσερις:

- 1. Χρήση των συμφωνηθέντων προσεγγίσεων.** Κατά την ποιοτική ανάλυση είναι ιδιαίτερα σημαντικό να τηρούνται οι προσεγγίσεις που έχουν υιοθετηθεί σε κάθε μέρος του έργου, με σκοπό την αποφυγή ενεργειών που αντιτίθενται μεταξύ τους ή με το συνολικό όραμα του έργου, δυσχεραίνοντας την υλοποίησή του.
- 2. Χρήση των συμφωνηθέντων ορισμών.** Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ποιοτική ανάλυση κινδύνων βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις εμπειρίες και γνώσεις των μελετητών, καθώς και στην προσωπική οπτική με την οποία αντιμετωπίζουν το έργο. Είναι λοιπόν αναγκαίο να ακολουθούνται οι ορισμοί που έχουν συμφωνηθεί σχετικά με τις διάφορες παραμέτρους του έργου, ώστε να υπάρχει κοινή βάση επικοινωνίας ανάμεσα στις διαφορετικές απόψεις.
- 3. Υψηλή ποιότητα πληροφοριών.** Λόγω της υποκειμενικότητας που χαρακτηρίζει την ποιοτική ανάλυση κινδύνων, είναι σημαντική η διατήρηση υψηλής ποιότητας πληροφοριών, ώστε να ελαχιστοποιείται ο παράγοντας των προσωπικών προκαταλήψεων. Η χρήση ιστορικών δεδομένων σχετικά με παρόμοια έργα, πέρα από τη χρησιμότητα που παρέχει για την άντληση πληροφοριών σχετικά με τον κίνδυνο, λειτουργεί και ως φίλτρο κατά των προσωπικών προκαταλήψεων (biases) των μελετητών αλλά και των ειδικών των οποίων η γνώση επιστρατεύεται.
- 4. Επανάληψη.** Όπως τα προηγούμενα βήματα της διαχείρισης κινδύνου, έτσι και η ποιοτική ανάλυση χαρακτηρίζεται από επαναληψιμότητα. Για το λόγο ότι είναι αδύνατο να υπάρχει απόλυτη γνώση των κινδύνων που επηρεάζουν το έργο, είναι απαραίτητο να επαναλαμβάνεται η διαδικασία της ποιοτικής ανάλυσης χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες και τις γνώσεις που προκύπτουν κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου.

### *3.3.3.2 Εργαλεία και τεχνικές Ποιοτικής ανάλυσης κινδύνου*

#### **ο Κατηγοριοποίηση κινδύνων**

Κατά την ποιοτική ανάλυση των κινδύνων γίνεται κατηγοριοποίησή τους ανάλογα με την πηγή προέλευσης, τις αρχικές τους αιτίες (root causes), τις επιπτώσεις τους ή άλλους παράγοντες ανάλογα με την κρίση των μελετητών. Ο λόγος της κατηγοριοποίησης των κινδύνων είναι η ανεύρεση κοινών αιτιών ανάμεσα σε κινδύνους καθώς και η δημιουργία στρατηγικών αντιμετώπισης που στοχεύουν στην αντιμετώπιση πολλαπλών κινδύνων, καθιστώντας τη συνολική προσπάθεια διαχείρισης των κινδύνων του έργου αποτελεσματικότερη.

- **Ιεραρχική Δομή Κατανομής Κινδύνων (Hierarchical Risk Breakdown Structure, HRBS)**

Ένα από τα συνηθέστερα παραδείγματα κατηγοριοποίησης κινδύνων στα τεχνικά έργα είναι η **Ιεραρχική Δομή Κατανομής Κινδύνων (ΙΔΚΚ)** την οποία εισήγαγαν οι Tah, Thorpe & McCaffer (1993). Κατά την ΙΔΚΚ οι κίνδυνοι κατηγοριοποιούνται σε εσωτερικούς (internal) και εξωτερικούς (external) κινδύνους, ενώ με τη σειρά τους, οι εσωτερικοί κίνδυνοι διαχωρίζονται σε τοπικούς (local) και ολικούς (global), με τους πρώτους να αφορούν σε παράγοντες αβεβαιότητας σχετικά με το εργατικό δυναμικό, τις πρώτες ύλες κλπ. και τους δεύτερους να επηρεάζουν το έργο στο σύνολό του.

- **Ανάλυση πιθανοτήτων και επιπτώσεων**

Κατά την ανάλυση πιθανοτήτων κινδύνου προσδιορίζεται η πιθανότητα εμφάνισης κάθε αναγνωρισμένου κινδύνου σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα και την κρίση των μελετητών, με σκοπό την ιεράρχηση και την αξιολόγηση αυτών. Κατά την ανάλυση επιπτώσεων γίνεται σκιαγράφηση της επιρροής κάθε κινδύνου στο έργο σε σχέση με τους στόχους που έχουν τεθεί (οικονομικούς, ποιοτικούς, χρονικούς). Αξίζει να υπενθυμιστεί πως η επιρροή των κινδύνων στο έργο δεν είναι μόνο αρνητική, καθώς ο κίνδυνος στα έργα παρουσιάζεται και με τη μορφή ευκαιριών, αφορά δηλαδή, όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου, σε κάθε μορφή αβεβαιότητας που χαρακτηρίζει το έργο.

Η ανάλυση πιθανοτήτων και επιπτώσεων γίνεται για κάθε μεμονωμένο κίνδυνο, δεν είναι σπάνια όμως η χρήση των αποτελεσμάτων για τον υπολογισμό του συνολικού κινδύνου του έργου, χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως η χρήση της **θεωρίας ασαφών συνόλων** (Kangari, 1989)

- **Χρήση της εμπειρίας ειδικών και εμπειρογνομόνων**

Για τις ανάγκες της ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων, όσων αφορά στην πιθανότητα εμφάνισης αυτών αλλά και τις επιπτώσεις τους στο έργο, ιδιαίτερη χρησιμότητα παρουσιάζει η συμβουλευτική συμβολή ειδικών και εμπειρογνομόνων. Πάρα την αξία που προφέρει όμως η κριτική ικανότητα των παραπάνω, δεν πρέπει να παραβλέπεται η πιθανότητα προσωπικών προκαταλήψεων των ειδικών που πηγάζει από τις εμπειρίες σε προηγούμενα έργα, οι οποίες μπορεί να διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό μεταξύ τους.

- **Χρήση Μήτρας πιθανοτήτων – επιπτώσεων (Probability and Impact Matrix)**

Ένα από τα εργαλεία που επιστρατεύονται συνηθέστερα για την ποιοτική ανάλυση κινδύνων είναι **Μήτρα Πιθανοτήτων – Επιπτώσεων**. Η χρήση του εν λόγω εργαλείου παρέχει μια δίοδο για την ποσοτικοποιημένη απεικόνιση της έκθεσης του έργου σε κάποιον κίνδυνο, τόσο όσον αφορά την πιθανότητα εμφάνισης, όσο και την ένταση των επιπτώσεων, χρησιμοποιώντας όμως περιγραφικές μεθόδους όπως γλωσσολογικές κλίμακες, όσο αφορά στις επιπτώσεις. Για παράδειγμα ένας κίνδυνος μπορεί να αποτυπωθεί ως σπάνιο γεγονός με πιθανότητα εμφάνισης 0,3% και επίπτωση μέση, με συντελεστή βάρους 0,2 (τιμή που έχει οριστεί για να περιγράψει την μέση επίπτωση).

Η δομή της Μήτρας Πιθανοτήτων – Επίπτωσής έχει ως εξής: ο κάθετος άξονας αφορά στην πιθανότητα εμφάνισης του γεγονότος, ενώ ο οριζόντιος, αφορά στην επίπτωση του γεγονότος στο έργο, ενώ για κάθε βαθμίδα πιθανότητας και επίπτωσης δίνεται γλωσσική περιγραφή (πιθανό / βέβαιο, χαμηλή / μέση έκθεση κλπ.), ενώ για την επίπτωση δίνεται και κάποιος συντελεστής βάρους. Επίσης η επίπτωση μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τη σκοπιά από την οποία μελετάται ο κίνδυνος, δηλαδή διαφορετική τιμή θα έχει η επίπτωση υπολογισθεί όσο αφορά στο πως επηρεάζει ο κίνδυνος το έργο χρονικά, ποιοτικά, οικονομικά ή συνολικά. Δεν είναι σπάνιο άρα για τον ίδιο κίνδυνο να έχουμε περισσότερες από μία Μήτρες Πιθανοτήτων – Επιπτώσεων.

**Πίνακας 3.1 Μήτρα πιθανοτήτων – επιπτώσεων**

| Πιθανότητα               | Έκθεση = Πιθανότητα x Επίπτωση |                        |                |                         |                       |
|--------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------|
| 0.9<br>Σχεδόν<br>Βέβαιο  | 0.045                          | 0.09                   | 0.18           | 0.36                    | 0.72                  |
| 0.7<br>Πολύ<br>πιθανό    | 0.035                          | 0.07                   | 0.14           | 0.28                    | 0.56                  |
| 0.5<br>Πιθανό            | 0.025                          | 0.05                   | 0.10           | 0.20                    | 0.40                  |
| 0.3<br>Λίγο<br>πιθανό    | 0.015                          | 0.03                   | 0.06           | 0.12                    | 0.24                  |
| 0.1<br>Σχεδόν<br>απίθανο | 0.005                          | 0.01                   | 0.02           | 0.04                    | 0.08                  |
|                          | 0.05<br>Πολύ<br>χαμηλή         | 0.10<br>Χαμηλή         | 0.20<br>Μεσαία | 0.40<br>Υψηλή           | 0.80<br>Πολύ<br>υψηλή |
|                          | <i>Επίπτωση</i>                |                        |                |                         |                       |
|                          | <i>Χαμηλή<br/>Έκθεση</i>       | <i>Μέση<br/>Έκθεση</i> |                | <i>Υψηλή<br/>Έκθεση</i> |                       |

Πηγή: PMI (2013) & Γεωργαντοπούλου (2013), Ιδία επεξεργασία

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.1, υπολογίζοντας την έκθεση του έργου στον εκάστοτε κίνδυνο λαμβάνονται οι αποφάσεις σχετικά με την κρισιμότητα του και την πιθανή αναζήτηση μέτρων και στρατηγικών αντιμετώπισής του. Στην περίπτωση που η απειλή του κινδύνου θεωρηθεί σημαντική, θα δαπανηθούν πόροι για την αντιμετώπισή του, ενώ σε αντίθετη περίπτωση ο κίνδυνος θα αναληφθεί στο σύνολό του. Αντίστοιχα για έναν κίνδυνο με θετικές επιπτώσεις (ευκαιρία), θα μελετηθεί κατά πόσο συμφέρει η επιδίωξη της πραγματοποίησής του.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως παρά την απλή δομή της, η Μήτρα πιθανοτήτων – επιπτώσεων ενέχει κίνδυνο παραπλάνησης του μελετητή καθώς απεικονίζει τη σχέση πιθανότητας και επίπτωσης υπό τη σκοπιά του δημιουργού της και των πιθανών ερωτηθέντων (εμπειρογνομώνων κλπ.), ενώ συχνά είναι απαραίτητη η προσθήκη επεξηγηματικών σημειώσεων για να καταστεί χρηστική στην λήψη αποφάσεων (Louis, 2008). Για την ορθή χρήση της λοιπόν, είναι σημαντική η μελέτη και η ερμηνεία της με γνώμονα την φιλοσοφία και τη στάση απέναντι στον κίνδυνο (risk perception) που χαρακτηρίζει το έργο, τους μελετητές και την ομάδα εργασίας.

### ο Αξιολόγηση των υπαρχόντων δεδομένων

Για την αποτελεσματική διαχείριση κινδύνου είναι ιδιαίτερα σημαντικό να υπάρχει υψηλή ποιότητα πληροφοριών, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στις βασικές αρχές ποιοτικής ανάλυσης. Για το λόγο αυτό πρέπει να γίνεται αξιολόγηση των πληροφοριών και των δεδομένων τα οποία βασίζεται η διαχείριση κινδύνου. Σε περίπτωση που τα διαθέσιμα δεδομένα είναι ανεπαρκή, είναι πολύ πιθανόν να οδηγήσουν τον μελετητή σε λανθασμένα συμπεράσματα σχετικά με τους κινδύνους που επηρεάζουν το έργο, με αποτέλεσμα να ληφθούν αποφάσεις που θα αποδειχθούν επιζήμιες για το έργο.

### ο Αποτίμηση επειγόντων κινδύνων

Η κρισιμότητα ενός κίνδυνου δεν αφορά μόνο στην έκθεση του έργου σε αυτόν. Κίνδυνοι υψηλής έκθεσης μπορούν να τύχουν χαμηλότερης προτεραιότητας αντιμετώπισης από άλλους με χαμηλότερη έκθεση. Ο λόγος είναι η χρονική εγγύτητα της αναμενόμενης εμφάνισης των δευτέρων, η πιθανότητα τους δηλαδή να εμφανιστούν νωρίτερα, κάτι το οποίο θα καταστήσει αναγκαία την έγκαιρη ύπαρξη στρατηγικής αντιμετώπισης. Για την αποτελεσματική αποτίμηση επειγόντων κινδύνων οι μελετητές μελετούν τα χαρακτηριστικά του κινδύνου, ενώ επίσης αναζητούν σημάδια και συμπτώματα που μπορεί να υποδεικνύουν πως ο κίνδυνος ενδέχεται να εμφανιστεί στο εγγύς μέλλον.

#### 3.3.3.3 Αποτελέσματα Ποιοτικής Ανάλυσης κινδύνων

Με το πέρας της ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων προστίθενται πληροφορίες στο μητρώο κινδύνων όπως πιθανότητα εμφάνισης, έκθεση και κατηγοριοποίηση των κινδύνων που αναγνωρίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο της διαδικασίας διαχείρισης. Τέλος, καθώς προκύπτουν νέες πληροφορίες κατά τη διάρκεια της ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων, είναι δυνατόν να ενημερωθούν και να μεταβληθούν οι διάφορες υποθέσεις των μελετητών σχετικά με κάποια χαρακτηριστικά των κινδύνων του έργου.

#### 3.3.4 Ποσοτική Ανάλυση Κινδύνων

Μετά την ιεράρχηση των κινδύνων του έργου από το στάδιο της ποιοτικής ανάλυσης, η ποσοτική ανάλυση έχει ως σκοπό τον υπολογισμό των επιπτώσεων των κινδύνων του έργου στους στόχους που έχουν τεθεί και να τα εκφράσει με ποσοτικό τρόπο, δίνοντας δηλαδή σε αυτές, αριθμητικές τιμές. Παραδείγματα αυτής της ποσοτικοποίησης είναι η ενδεχόμενη αύξηση του κόστους του έργου σε ενδεχόμενη αστοχία υλικού εκφρασμένη σε οικονομικές μονάδες, ή η χρονική καθυστέρηση στην παράδοση του έργου από τον ανάδοχο σε περίπτωση δυσμενών καιρικών συνθηκών εκφρασμένη σε επιπλέον μήνες.

Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων δε αναλώνεται μόνο στις επιπτώσεις των κινδύνων στους στόχους που έχουν τεθεί σχετικά με το έργο, αλλά μελετάει και εκφράζει κάθε παράμετρο αβεβαιότητας που μπορεί να αποτυπωθεί με ποσοτικό τρόπο, όπως ο υπολογισμός των πιθανοτήτων να επιτευχθούν οι στόχοι του έργου. Έτσι, δίνει μια πιο ξεκάθαρη εικόνα των αναμενόμενων αποτελεσμάτων του έργου και των πιθανοτήτων που εκείνα παρουσιάζουν. Η διαδικασία της Ποσοτικής Ανάλυσης Κινδύνων βοηθάει επίσης στο να γίνουν εμφανείς οι σημαντικότεροι κίνδυνοι του έργου, καθώς

υπολογίζουν τις επιπτώσεις μεμονωμένων ή συνδυασμών κινδύνων στο σύνολο του έργου.

Παρά τη χρησιμότητα που παρουσιάζει η Ποσοτική Ανάλυση στη διαχείριση κινδύνου, η διεξαγωγή της δεν είναι πάντα εφικτή, ενώ η βεβαιασμένη διεξαγωγή της, χωρίς την ύπαρξη του απαραίτητου υποβάθρου μπορεί να αποβεί καταστροφική, δημιουργώντας εντελώς λανθασμένες εντυπώσεις σχετικά με τους παράγοντες αβεβαιότητας που χαρακτηρίζουν το έργο. Οι συνηθέστεροι παράγοντες αποτυχίας της Ποσοτικής Ανάλυσης κινδύνου είναι, σύμφωνα με τον Vose (2008) είναι οι παρακάτω:

1. Αδυναμία να δοθεί απάντηση σε όλα τα ερωτήματα που τίθενται.
2. Υπερβολικός αριθμός παραδοχών, οι οποίες σε περίπτωση λανθασμένων υποθέσεων, δημιουργούν μη ρεαλιστικό υπόβαθρο για τον υπολογισμό των σχετικών αποτελεσμάτων.
3. Η ύπαρξη μίας ή περισσότερων παραδοχών ή υποθέσεων που μονοπωλούν την προσοχή των μελετητών, οδηγώντας τη μελέτη σε τέλμα.
4. Έλλειψη επαρκών δεδομένων ή ειδικών επί του θέματος.

Για παραπάνω λόγους, είναι ιδιαίτερης σημασίας η κριτική ικανότητα του μελετητή, σχετικά με την εφικτότητα της διεξαγωγής Ποσοτικής Ανάλυσης. Σε περίπτωση που η διεξαγωγή της διαδικασίας θεωρηθεί σκόπιμη, είναι επίσης σημαντική η κριτική ικανότητα του μελετητή για την επιλογή των κατάλληλων εργαλείων και τεχνικών που θα χρησιμοποιηθούν. Για την επιλογή αυτών, ο μελετητής πρέπει να λάβει υπ' όψη το υπάρχον χρονικό περιθώριο, το διαθέσιμο κεφάλαιο, καθώς και τις ανάγκες του έργου σχετικά με την ύπαρξη ποσοτικοποιημένης απεικόνισης του κινδύνου.

#### *3.3.4.1 Βασικές αρχές Ποσοτικής Ανάλυσης Κινδύνου*

Για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας στην ποσοτική ανάλυση είναι αναγκαίο να ακολουθούνται κάποιες βασικές αρχές (Γεωργαντοπούλου, 2013):

- **Ολοκλήρωση των διαδικασιών αναγνώρισης και ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων πριν την εκκίνηση της ποσοτικής ανάλυσης.** Οι παραπάνω διαδικασίες εξασφαλίζουν πως όλοι οι σημαντικοί κίνδυνοι θα περιληφθούν στην ποσοτική ανάλυση, συμβάλλοντας στην ορθή θεώρηση του συνολικού κινδύνου στο έργο.
- **Επιλογή κατάλληλου μοντέλου έργου.** Για την εύστοχη ποσοτική ανάλυση είναι πολύ σημαντικό να μην υπάρχουν ελλείψεις και αστοχίες στον προγραμματισμό του έργου (χρονικό, οικονομικό κλπ.) ώστε τα δεδομένα που χρησιμοποιεί η ποσοτική ανάλυση να είναι ακριβή.
- **Υψηλή ποιότητα πληροφοριών.** Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ένας από τους συνηθέστερους λόγους αστοχίας της ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων είναι η έλλειψη επαρκών πληροφοριών και δεδομένων. Είναι σημαντική λοιπόν τόσο η εξασφάλιση επαρκών πληροφοριών, όσο και η αξιολόγηση της ποιότητας και της αμεροληψίας των δεδομένων πριν τη χρήση τους στην ανάλυση.
- **Μελέτη των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ κινδύνων και υπολογισμός του συνολικού κινδύνου του έργου.** Ο κίνδυνος που παρουσιάζει το έργο στο σύνολο του είναι αποτέλεσμα των μεμονωμένων κινδύνων που επηρεάζουν τα διαφορετικά τμήματα του έργου. Επιπλέον οι μεμονωμένοι κίνδυνοι μπορούν να επηρεάσουν τις

πιθανότητες ή τις επιπτώσεις άλλων, φαινομενικά ανεξάρτητων κινδύνων. Η μελέτη των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των κινδύνων αλλά και του τρόπου με τον οποίο οι επιμέρους κίνδυνοι συμβάλλουν στον συνολικό κίνδυνο του έργου βοηθούν στην επίτευξη μιας σφαιρικής οπτικής σχετικά με την αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει το έργο.

#### 3.3.4.2 Τεχνικές και εργαλεία Ποσοτικής Ανάλυσης Κινδύνου

Για την εκπόνηση της Ποσοτικής Ανάλυσης Κινδύνου, τα εργαλεία και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται αφορούν κυρίως στη συλλογή πληροφοριών, την ανάλυση δεδομένων και τη μοντελοποίηση των κινδύνων. Για την επιλογή των εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν, ο μελετητής κρίνει με βάση τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Αναπαριστούν τον κίνδυνο με κατανοητό και ολοκληρωμένο τρόπο
- Υπολογίζουν με αξιοπιστία τον κίνδυνο και τις επιπτώσεις αυτού.
- Συγκεντρώνουν τα δεδομένα για τη σφαιρική κατανόηση του κινδύνου.
- Τα αποτελέσματα που παρέχουν, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό στρατηγικών και μέτρων αντιμετώπισης του κινδύνου.

Παρακάτω αναλύονται τεχνικές και εργαλεία που συναντώνται συνήθως στη διαδικασία της Ποσοτικής Ανάλυσης κινδύνων.

- **Συλλογή Πληροφοριών μέσω συνεντεύξεων.** Η λήψη πληροφοριών μέσω συνεντεύξεων είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη καθώς παρέχει πρόσβαση σε ιστορικά και εμπειρικά δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται για να αποδώσουν την πιθανότητα και τις επιπτώσεις του κινδύνου με ποσοτικοποιημένο τρόπο. Στις συνεντεύξεις λαμβάνουν μέρος οι ενδιαφερόμενοι (stakeholders) του έργου, καθώς και άτομα με εμπειρία σε παρόμοια έργα και γνώσεις των χαρακτηριστικών του παρόντος έργου.
- **Δημιουργία Σεναρίων.** Η συγκεκριμένη διαδικασία αφορά στην συγκέντρωση των δεδομένων και τη χρήση τους για τη δημιουργία εναλλακτικών (συνήθως τριών) σεναρίων σχετικά με κάποιον παράγοντα αβεβαιότητας. Για παράδειγμα, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τρία σενάρια ( ένα ευνοϊκό , ένα που χαρακτηρίζεται ως πιο πιθανό, και ένα απαισιόδοξο) σχετικά με τον χρονικό ορίζοντα της ολοκλήρωσης της κατασκευής ενός αεροδιαδρόμου.

**Πίνακας 3.2 Εναλλακτικά σενάρια χρονικού ορίζοντα ολοκλήρωσης έργου.**

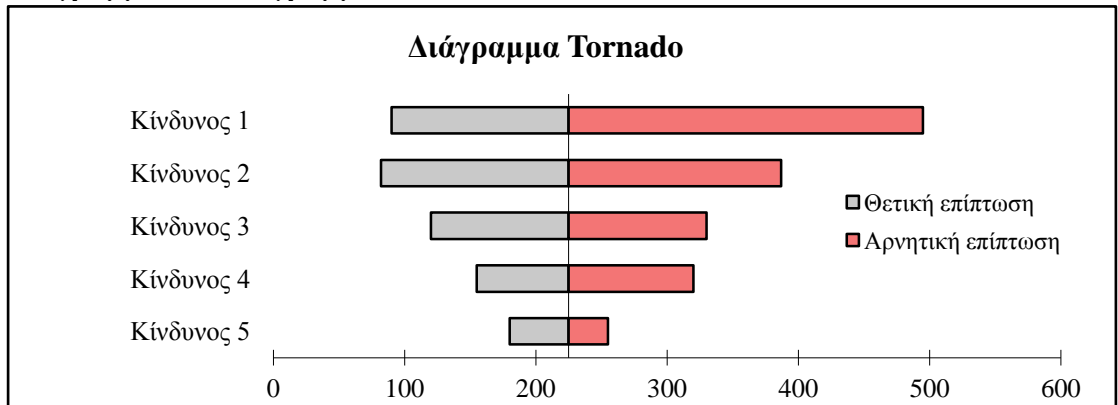
| Στάδιο Υλοποίησης              | Ευνοϊκό  | Πιθανότερο | Δυσμενές |
|--------------------------------|----------|------------|----------|
| <b>Προπαρασκευαστικά έργα</b>  | 8 Μήνες  | 12 Μήνες   | 14 Μήνες |
| <b>Κατασκευή αεροδιαδρόμου</b> | 16 Μήνες | 24 Μήνες   | 36 Μήνες |
| <b>Σύνολο Έργου</b>            | 24 Μήνες | 36 Μήνες   | 50 Μήνες |

*Ιδία Επεξεργασία*

- **Κατανομές Πιθανοτήτων.** Η χρήση Κατανομών πιθανοτήτων είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στην Ποσοτική Ανάλυση Κίνδυνου, καθώς δίνει τη δυνατότητα αποτύπωσης της αβεβαιότητας συγκεκριμένων πτυχών του έργου. Για την άντληση των απαραίτητων για τη διαδικασία δεδομένων επιστρατεύεται ένα πλήθος τεχνικών όπως η Μπαγιεσιανή ερμηνεία ( Bayesian inference) με χρήση υπαρχόντων και ιστορικών δεδομένων και η χρήση της εμπειρίας ειδικών μέσω συνεντεύξεων (Paté-Cornell,1996). Δυνατή είναι επίσης η συνδυαστική χρήση κατανομών πιθανοτήτων από προηγούμενες αναλύσεις και η δημιουργία συνδυασμένων κατανομών πιθανότητας για την αποτύπωση της γενικότερης οπτικής των ειδικών σε σχέση με κάποιον παράγοντα αβεβαιότητας (Clemen & Winler, 1999). Η χρήση κατανομών πιθανοτήτων περιλαμβάνει τόσο τη χρήση συνεχών, όσο και τη χρήση διακριτών κατανομών. Η χρήση συνεχών κατανομών χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη μεταβλητότητα τιμών όπως το κόστος υλικών ή ο χρόνος ολοκλήρωσης των εργασιών, ενώ οι διακριτές κατανομές χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση αβέβαιων γεγονότων (PMI,2013).
- **Ανάλυση ευαισθησίας.** Η Ανάλυση ευαισθησίας, ή όπως κάποιες φορές αποκαλείται, ανάλυση “what- if”, χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιήσει την πιθανή επίπτωση που έχουν μεμονωμένοι κίνδυνοι στο σύνολο του έργου και να αναγνωρίσει ποιοι κίνδυνοι παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη κρισιμότητα. Με τον τρόπο αυτό αναγνωρίζονται συγκεκριμένα κρίσιμα σημεία στα οποία μπορούν να δώσουν ιδιαίτερη έμφαση οι μελετητές (Frey & Patil, 2002), στο σχεδιασμό της στρατηγικής αντιμετώπισης του κινδύνου. Για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης ευαισθησίας συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται διαγράμματα όπως το διάγραμμα tornado, το οποίο απεικονίζει την επίπτωση ενός αριθμού κινδύνων σε έναν παράγοντα του έργου (χρόνος, κόστος, κέρδος κλπ.)



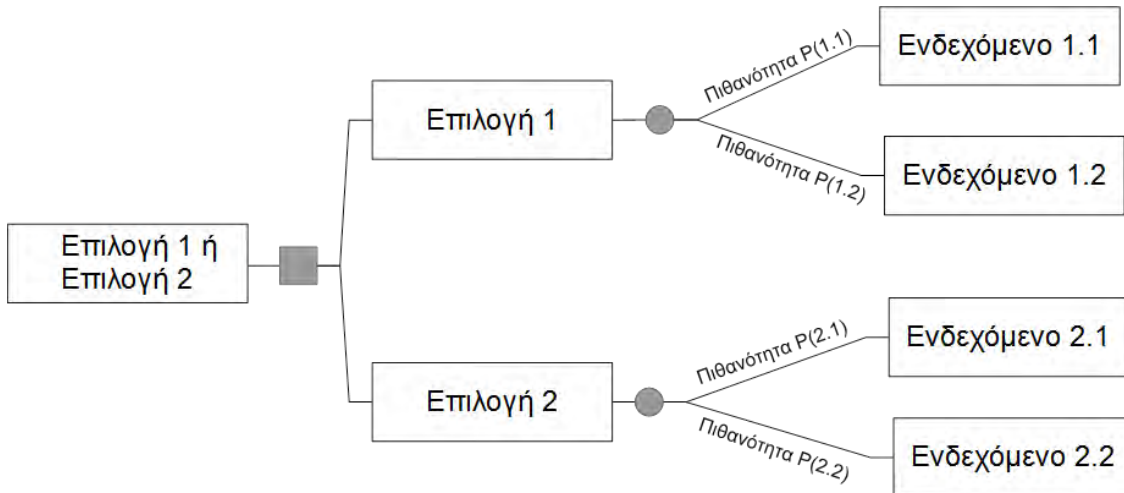
ο **Διάγραμμα 3.2 ,Διάγραμμα Tornado**



Ιδία επεξεργασία

- ο **Δένδρα αποφάσεων και Αναμενόμενη Νομισματική Αξία.** Τα δένδρα αποφάσεων είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για να αποτυπώσει τις πεπερασμένες διαφορετικές επιλογές που εμφανίζονται κατά τη διαχείριση έργου και τα αποτελέσματα που αποφέρουν αυτές, λαμβάνοντας υπ' όψη του παράγοντες αβεβαιότητας που επηρεάζουν το έργο. Τα βασικά στοιχεία του δένδρου αποφάσεων είναι ο **κόμβος απόφασης (Decision Node)**, ο **κόμβος τύχης (Chance Node)** και ο **κόμβος επακόλουθου** (Πολύζος, 2011).
- **Κόμβος απόφασης:** Ο κόμβος απόφασης συμβολίζει την απόφαση που λαμβάνεται σχετικά με κάποιο χαρακτηριστικό του έργου, η οποία οδηγεί σε δυο ή περισσότερες εναλλακτικές συνέπειες. Συνήθως συμβολίζεται με ένα τετράγωνο.
  - **Κόμβος τύχης:** Ο κόμβος τύχης αφορά σε κάποιο αναμενόμενο τυχαίο γεγονός, ανάλογα με την έκβαση του οποίου αναμένονται διαφορετικά αποτελέσματα. Συνήθως συμβολίζεται με κύκλο, ενώ οι διαφορετικές εκβάσεις συνοδεύονται από πιθανότητες.
- ο **Κόμβος επακόλουθου:** Ο κόμβος επακόλουθου απεικονίζει το τελικό αποτέλεσμα μιας σειράς αποφάσεων και τυχαίων γεγονότων, καθώς και η αναμενόμενη αξία του συγκεκριμένου αποτελέσματος.

Διάγραμμα 3.3 Δένδρο αποφάσεων



Ιδία επεξεργασία

Η **Αναμενόμενη χρηματική αξία (Expected Monetary Value)** είναι μια στατιστική έννοια που αντιπροσωπεύει τη μέση αξία του συνόλου των τυχαίων γεγονότων. Υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την αξία κάθε πιθανής κατάληξης επί την πιθανότητά της και προσθέτοντας τα γινόμενα. Δηλαδή για έναν κόμβο τύχης με ενδεχόμενα  $s_1, s_2$  και  $s_3$  και πιθανότητες  $p_1, p_2$  και  $p_3$  η EMV υπολογίζεται από τη σχέση 3.1:

**Σχέση 3.1 Αναμενόμενη χρηματική αξία**

$$EMV = s_1p_1 + s_2p_2 + s_3p_3$$

Για έναν κόμβο απόφασης, μεγαλύτερη EMV ανάμεσα στις δυνατές αποφάσεις ισούται με την EMV του κόμβου. Αν για παράδειγμα σε έναν κόμβο υπάρχουν δύο δυνατές αποφάσεις, με EMV 40.000\$ και 20.000\$ αντίστοιχα, η EMV του κόμβου υπολογίζεται ως 40.000\$.

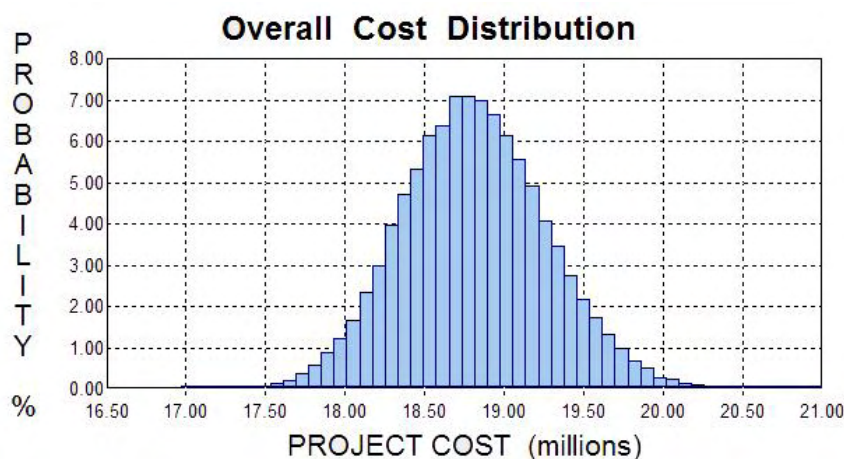
#### ο Μέθοδοι προσομοίωσης και τεχνική Monte Carlo

Οι μέθοδοι προσομοίωσης χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν την επίδραση των κινδύνων σε ένα έργο, ανάλογα με την ένταση κατά την οποία εμφανίζεται ο κίνδυνος. Μια από τις συνηθέστερες μεθόδους είναι η τεχνική Monte Carlo. Κατά την προσομοίωση του κίνδυνου, δίνονται σε μια μεταβλητή που παρουσιάζει αβεβαιότητα, τυχαίες τιμές ανάλογα με την κατανομή των πιθανοτήτων που σύμφωνα με τον μελετητή ακολουθεί η μεταβλητή. Στη συνέχεια δημιουργείται ιστόγραμμα με τα αποτελέσματα που απεικονίζει τη μεταβολή της πιθανότητας της μεταβλητής ανάλογα με την τιμή της και άρα την πιθανότητα το έργο να πετύχει τον στόχο του. Για παράδειγμα, εάν πραγματοποιείται προσομοίωση για να υπολογιστεί η πιθανότητα το έργο να υλοποιηθεί με κόστος χαμηλότερο από το προβλεπόμενο, οι μεταβλητές που θα μελετηθούν είναι αυτές των επιμέρους κοστών του έργου. Αναγνωρίζοντας και τις κατανομές πιθανοτήτων που ακολουθεί το κάθε επιμέρους κόστος, θα δοθούν τυχαίες τιμές σε κάθε ένα από αυτά, υπολογίζοντας έτσι το συνολικό κόστος του έργου. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται πολλές φορές, με

σκοπό τη δημιουργία του ιστογράμματος που απεικονίζει την πιθανότητα για κάθε τιμή του συνολικού κόστους.

Η τεχνική Monte Carlo είναι ένα ιδιαίτερα ισχυρό εργαλείο το οποίο επιτρέπει την μελέτη περίπλοκων μεταβλητών με τρόπο που, όπως αναφέρει ο Gilks (2005) παλαιότερα θεωρούνταν αδύνατο. Η αδυναμία που παρουσιάζει η τεχνική Monte Carlo είναι πως θεωρεί τις επιμέρους μεταβλητές ανεξάρτητες μεταξύ τους, κάτι το οποίο δεν ισχύει πάντα (Smith, Merna & Jobling, 2006). Ακολουθώντας το προηγούμενο παράδειγμα, δεν είναι σπάνιο να υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στις μεταβολές δύο ή περισσότερων επιμέρους κόστων (πχ. κόστος πρώτων υλών και κόστος εργασίας) λόγω παραγόντων που δεν έχουν αναγνωριστεί (πχ. μεταβολές στα οικονομικά δρώμενα της χώρας). Για να αποφευχθούν σφάλματα ο μελετητής πρέπει να αναγνωρίσει και να λάβει υπόψη του κατά το δυνατόν την ύπαρξη τέτοιου είδους συσχετίσεων.

### Διάγραμμα 3.4 Προσομοίωση Monte Carlo



Πηγή: <http://www.katmarsoftware.com>, 2016

- **Χρήση της κριτικής ικανότητας ειδικών και εμπειρογνομόνων.** Η χρήση της κριτικής ικανότητας ειδικών και εμπειρογνομόνων έχει πολύ σημαντικό ρόλο στην ποσοτική ανάλυση για δύο κυρίως λόγους
- **Εισαγωγή δεδομένων στην ποσοτική ανάλυση.** Η αναγνώριση των κατάλληλων κατανομών πιθανοτήτων, η γνώση σχετικά με το αναμενόμενο κόστος και χρόνο υλοποίησης κλπ. είναι στοιχεία που η χρήση γνώσης και εμπειρίας από προηγούμενα έργα μπορεί να παρέχει στην ποσοτική ανάλυση κινδύνων.
- **Ερμηνεία των αποτελεσμάτων της ανάλυσης.** Η γνώση και η εμπειρία των ειδικών προσθέτει αξιοπιστία στην ερμηνεία των δεδομένων που προκύπτουν από την ποσοτική ανάλυση.

### 3.3.4.3 Αποτελέσματα ποσοτικής ανάλυσης

Η ποσοτική ανάλυση παρέχει χρήσιμα ποσοτικά στοιχεία σχετικά με τους παράγοντες αβεβαιότητας του έργου με τους παρακάτω τρόπους.

- Αναλύει τα πιθανά αποτελέσματα του έργου σύμφωνα με τους παράγοντες αβεβαιότητας
- Κάνει εμφανείς τους σημαντικότερους για το έργο κίνδυνους.
- Υπολογίζει την πιθανότητα επίτευξης των στόχων του έργου.
- Κάνει χρήση των ποσοτικών στοιχείων του έργου (χρονικός προγραμματισμός, κόστος κλπ.)

### 3.3.5 Σχεδιασμός αντιμετώπισης κινδύνων

Η διαδικασία του σχεδιασμού αντιμετώπισης κινδύνων ακολουθεί τις διαδικασίες ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων. Κατά το στάδιο αυτό καθορίζονται οι απαραίτητες δράσεις για την αντιμετώπιση των κινδύνων με τη μεγαλύτερη κρισιμότητα, ενώ λαμβάνονται υπ' όψη οι διαθέσιμοι πόροι για την αντιμετώπισή τους.

Κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού αντιμετώπισης κινδύνων, προσδιορίζονται τα αναμενόμενα αποτελέσματα των δράσεων αντιμετώπισης, μελετώντας τον τρόπο που οι δράσεις αυτές επηρεάζουν τον εκάστοτε κίνδυνο. Ανάλογα με την κρισιμότητα κάθε κινδύνου προσδιορίζονται οι πόροι που διατίθενται για την αντιμετώπισή του, έτσι ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα δαπανών δυσανάλογων του κινδύνου και εκτός των γενικότερων πλαισίων του έργου.

Ένα άλλο σημαντικό τμήμα του σχεδιασμού αντιμετώπισης κινδύνων είναι η κατανομή του κάθε κινδύνου στον κάτοχο (risk owner), ο οποίος είναι ο υπεύθυνος για τις δράσεις αντιμετώπισης που έχουν προσδιοριστεί.

#### 3.3.5.1 Στρατηγικές αντιμετώπισης κινδύνων

Για την επιλογή της κατάλληλης στρατηγικής αντιμετώπισης κάθε κινδύνου λαμβάνονται υπ' όψη τα χαρακτηριστικά του κινδύνου καθώς και η κρισιμότητά του. Η ιεράρχηση των κινδύνων που έχει προηγηθεί στα στάδια ποσοτικής ανάλυσης χρησιμεύει στην επιλογή στρατηγικών που συνάδουν με το γενικότερο όραμα του έργου.

Η επιλογή της στρατηγικής αντιμετώπισης ενός κινδύνου θεωρείται επιτυχής όταν οι ενέργειες που προτείνει φέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα στην μεταβολή της έκθεσης του έργου στον κίνδυνο, ενώ παράλληλα λαμβάνεται υπ' όψη η στάση των ενδιαφερομένων στον κίνδυνο (διάθεση ανάληψης, ανοχή και όριο κινδύνου). Για την περίπτωση που η επιλεγθείσα στρατηγική δεν αποφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα, είναι σύνηθες να υπάρχει εναλλακτική στρατηγική (fallback plan) (PMI,2013).

Η εφαρμογή στρατηγικών αντιμετώπισης κινδύνων πολλές φορές έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία δευτερευόντων κινδύνων, οι οποίοι χρίζουν αντιμετώπισης. Για το λόγο αυτό συνηθίζεται η διατήρηση χρονικού και χρηματικού αποθεματικού (contingency

reserve)(PMI,2013), το οποίο χρησιμοποιείται όταν πληρούνται συγκεκριμένες προϋποθέσεις που το καθιστούν αναγκαίο.

### 3.3.5.1.1 Βασικές αρχές επιλογής στρατηγικών αντιμετώπισης

Αν και οι διαθέσιμες στρατηγικές για την αντιμετώπιση κινδύνων ποικίλουν και η χρησιμότητα κάθε μιας είναι σημαντική, η επιλογή της κατάλληλης στρατηγικής πρέπει να γίνεται με γνώμονα κάποιες βασικές αρχές, για την αποφυγή σφαλμάτων που μπορούν να καταστήσουν την αντιμετώπιση κινδύνων αναποτελεσματική και να ζημιώσουν το έργο. Όπως αναφέρει ο Hilson (2003) κατά την επιλογή στρατηγικών πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη παράγοντες όπως:

- η φύση του κινδύνου
- Η ένταση των συνεπειών
- οι διαθέσιμοι πόροι
- η δυνατότητα μεταβολής της έκθεσης του έργου στον κίνδυνο.

Η εφαρμογή στρατηγικών αντιμετώπισης κινδύνων συνήθως ενέχει οικονομικό κόστος. Είναι λοιπόν αναγκαία η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της στρατηγικής για αποφυγή σπατάλης οικονομικών πόρων. Για την επιλογή των κατάλληλων στρατηγικών αντιμετώπισης κινδύνων χρησιμοποιούνται συχνά τεχνικές και εργαλεία που λαμβάνουν υπ' όψη τους τις προαναφερθείσες αρχές. Εργαλείο που χρησιμοποιείται συχνά για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των διαθέσιμων στρατηγικών αντιμετώπισης είναι ο **Συντελεστής μείωσης κινδύνου** ( risk reduction leverage – RRL). Ο συγκεκριμένος συντελεστής συγκρίνει την έκθεση του έργου στον κίνδυνο πριν την εφαρμογή, λαμβάνοντας υπόψη και το κόστος εφαρμογής της στρατηγικής. Ο Συντελεστής μείωσης κινδύνου υπολογίζεται ως εξής:

### Σχέση 3.2 Risk Reduction Leverage

$$\text{Risk Reduction Leverage} = \frac{(\text{Risk Exposure Before} - \text{Risk Exposure After})}{\text{Cost of Risk Reduction}}$$

Όπου ως έκθεση στον κίνδυνο θεωρούμε την πιθανότητα πραγματοποίησης του κινδύνου επί την επίπτωση σε οικονομικές μονάδες. Για παράδειγμα εάν η πραγματοποίηση ενός κινδύνου πριν την εφαρμογή στρατηγικής έχει πιθανότητα 10% και 1% μετά την εφαρμογή στρατηγικής, με την επίπτωση να έχει κόστος 10.000\$ και κόστος εφαρμογής της στρατηγικής 100\$ τότε ο RRL υπολογίζεται ως εξής:

$$RRL = \frac{(10.000 * 0,1) - (10.000 * 0,01)}{100} = \frac{900}{100} = 9$$

Όσο μεγαλύτερος αριθμός είναι ο RRL τόσο αποτελεσματικότερη κρίνεται η προτεινόμενη στρατηγική αντιμετώπισης. Εμφανές μειονέκτημα της μεθόδου είναι η αδυναμία αξιολόγησης κινδύνων που επηρεάζουν με τρόπους που δεν μπορούν να μετρηθούν σε οικονομικές μονάδες όπως ο χρόνος ή η ποιότητα.

### 3.3.5.1.1 Στρατηγικές αντιμετώπισης απειλών

Οι κίνδυνοι με αρνητικές επιπτώσεις (απειλές) αντιμετωπίζονται με στρατηγικές οι οποίες αποσκοπούν στη μείωση της έκθεσης του έργου σε αυτούς. Η μείωση της

έκθεσης του έργου σε έναν κίνδυνο γίνεται εστιάζοντας στη μείωση της πιθανότητας του κινδύνου, της επίπτωσης ή συνδυασμού των δύο. Οι κατηγορίες στρατηγικών αντιμετώπισης απειλών είναι οι παρακάτω:

- **Αποφυγή κινδύνου (Risk avoidance).** Η αποφυγή κινδύνου στοχεύει απόλυτη εκμηδένιση της έκθεσης του έργου στον κίνδυνο. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως με αλλαγή στο γενικό πλάνο του έργου έτσι ώστε ο κίνδυνος να μην επηρεάζει το έργο. Για παράδειγμα, εάν η δυνατότητα προμήθειας πρώτων υλών μέσω θαλάσσης επηρεάζεται λόγω πιθανής κακοκαιρίας, η προμήθεια μέσω του σιδηροδρομικού δικτύου εξαλείφει τελείως τον κίνδυνο. Η ύστατη λύση στην αποφυγή κινδύνου, σε περιπτώσεις που ο κίνδυνος είναι ιδιαίτερα μεγάλος και δεν υπάρχει άλλος τρόπος αντιμετώπισης, είναι η ματαίωση του έργου στο σύνολό του.
- **Μεταφορά κινδύνου (Risk Transfer).** Κατά τη μεταφορά κινδύνου, η ευθύνη του κινδύνου μεταφέρεται από τον κύριο του έργου προς τρίτους. Οι Thompson & Perry (1992) αναφέρουν πως οι δυο βασικοί τρόποι μεταφοράς κινδύνου είναι οι εξής:
  1. Μεταφορά τμήματος της υλοποίησης του έργου σε τρίτους, όπως πχ. πρόσληψη υπεργολάβου για μια εργασία που ενέχει κίνδυνο.
  2. Διατήρηση της εργασίας αλλά μεταφορά του οικονομικού κινδύνου, συνήθως με τακτικές οικονομικής ασφάλισης.
- **Ελαχιστοποίηση κινδύνου (Risk mitigation – Risk reduction).** Η ελαχιστοποίηση κινδύνου έχει ως στόχο να μειώσει στο ελάχιστο την έκθεση του έργου στον κίνδυνο, είτε μειώνοντας την πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου, είτε τη ένταση των επιπτώσεων είτε συνδυάζοντας τα παραπάνω. Συχνοί τρόποι με τους οποίους επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση κινδύνου είναι η απλούστευση των διεργασιών, η χρήση καλύτερης ποιότητας πρώτων υλών, σχολαστική συντήρηση κλπ. (Baker, Ponniah & Smith, 1999). Σημαντικό ρόλο στην ελαχιστοποίηση του κινδύνου έχει και η βελτίωση των γνώσεων και η ενημέρωση της ομάδας εργασίας, καθώς προλαμβάνει κινδύνους των οποίων η αντιμετώπιση με άλλους τρόπους θα είχε βαρύ οικονομικό κόστος για το έργο.
- **Αποδοχή Κινδύνου (Risk acceptance).** Η αποδοχή κινδύνου είναι η επιλογή κατά την οποία ο κίνδυνος του έργου παραμένει ως έχει και δε γίνεται κάποια προσπάθεια μείωσης της έκθεσης του έργου σε αυτόν. Η αποδοχή συνήθως επιλέγεται όταν είναι αδύνατο να βρεθεί κάποιος τρόπος αντιμετώπισης του κινδύνου, χωρίς παράλληλα ο κίνδυνος να είναι τόσο σημαντικός που να επιβάλλει τη ματαίωση του έργου στο σύνολό του. Κατά το PMI (2013) υπάρχουν δύο τύποι αποδοχής κινδύνου:
  1. **Ενεργή αποδοχή:** Η ενεργή αποδοχή κινδύνου αφορά στην ύπαρξη αποθεματικού, σε μορφή χρήματος, χρόνου αντίδρασης ή άλλου είδους πόρων, ύστερα από μελέτη των πιθανών επιπτώσεων του κινδύνου.

2. **Παθητική αποδοχή:** Η παθητική αποδοχή αφορά στην αποδοχή του κινδύνου στο σύνολό του, χωρίς οποιαδήποτε ενέργεια αντιμετώπισής του. Οι Baker, Ronniah & Smith (1999) αναφέρουν πως η παθητική αποδοχή είναι συχνά αποτέλεσμα άγνοιας ή αμέλειας, για παράδειγμα εάν ο κίνδυνος δεν έχει αναγνωριστεί ή έχουν υποεκτιμηθεί οι επιπτώσεις του.

#### 3.3.5.1.2 Στρατηγικές αντιμετώπισης ευκαιριών

Οι κίνδυνοι με θετικές επιπτώσεις αντιμετωπίζονται με στρατηγικές που αποσκοπούν στην αύξηση της έκθεσης του έργου στην ευκαιρία, αυξάνοντας τις πιθανότητες αλλά και την ένταση των επιπτώσεων. Οι κατηγορίες στρατηγικών αντιμετώπισης ευκαιριών είναι οι παρακάτω:

- **Εκμετάλλευση ευκαιρίας (Exploit Opportunity).** Ο σκοπός της συγκεκριμένης στρατηγικής είναι να καταστεί βέβαιη η πιθανότητα της ευκαιρίας, να εξαιρεθεί δηλαδή η αβεβαιότητα ως προς την πραγματοποίησή της. Η στρατηγική της εκμετάλλευσης είναι για την ευκαιρία ό,τι η στρατηγική αποφυγής για την απειλή. Η συγκεκριμένη στρατηγική επιλέγεται σε περιπτώσεις που η ευκαιρία που παρουσιάζεται παρέχει ιδιαίτερα θετικές επιπτώσεις, σε βαθμό που θα θεωρηθεί μεγάλη απώλεια η μη αξιοποίησή της. Σύμφωνα με τον Hilson (2003) η στρατηγική της εκμετάλλευσης μπορεί να έχει τη μορφή είτε έμμεσης είτε άμεσης ανταπόκρισης στην ευκαιρία.
  - Άμεση ανταπόκριση στην ευκαιρία πραγματοποιείται όταν λαμβάνουν χώρα αποφάσεις ώστε η εκμετάλλευση της ευκαιρίας να αποτελεί πλέον έναν από τους κύριους στόχους του έργου, ενώ τελούνται ενέργειες για την εξασφάλιση της πραγματοποίησής της.
  - Έμμεση ανταπόκριση πραγματοποιείται όταν αλλαγές στην υλοποίηση του έργου επιτρέπουν την εκμετάλλευση της ευκαιρίας, ενώ παράλληλα επιτυγχάνονται οι στόχοι που έχουν τεθεί. Για παράδειγμα, εάν η πτώση των ναύλων στα εμπορικά πλοία προσδίδει μεγάλο όφελος στο έργο λόγω της εξοικονόμησης οικονομικών πόρων κατά την προμήθεια πρώτων υλών, η μετάβαση στη χρήση πλοίων έναντι του σιδηροδρομικού δικτύου ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται έγκαιρη τροφοδοσία για τις ανάγκες του έργου, αποτελεί έμμεση ανταπόκριση στην ευκαιρία.
- **Μοίρασμα ευκαιρίας (Share Opportunity).** Η εν λόγω στρατηγική είναι για την αντιμετώπιση ευκαιριών ό,τι η μεταφορά κινδύνου για την αντιμετώπιση απειλών. Το μοίρασμα ευκαιρίας εξασφαλίζει τη διαχείριση της ευκαιρίας από τους ανθρώπους ή τους φορείς που έχουν την ικανότητα να μεγιστοποιήσουν τα οφέλη και τις πιθανότητες πραγματοποίησης που παρουσιάζει. Ως αντάλλαγμα, το άτομο ή ο φορέας που αναλαμβάνει τη διαχείριση της ευκαιρίας λαμβάνει επίσης μέρος από το όφελος που δημιουργείται. Είναι αρκετά σύνθητες τη διαχείριση της ευκαιρίας να αναλαμβάνει κάποιος από τους ενδιαφερόμενους του έργου, δεδομένου του συμφέροντος που έχει από την

επιτυχία της υλοποίησης του έργου. Παραδείγματα της στρατηγικής αυτής είναι η δημιουργία κοινοπραξιών ή θυγατρικών εταιριών με σκοπό τη διαχείριση της ευκαιρίας.

- **Ενίσχυση ευκαιρίας (Enhance Opportunity).** Η στρατηγική της Ενίσχυσης ευκαιρίας αποσκοπεί στην αύξηση της έκθεσης του έργου στην ευκαιρία μεταβάλλοντας την πιθανότητα ή τις επιπτώσεις της ευκαιρίας. Όπως και η στρατηγική της ελαχιστοποίησης κίνδυνου, έτσι και ενίσχυση ευκαιρίας στοχεύει στην μεταβολή συγκεκριμένων παραγόντων που επηρεάζουν την απειλή ή ευκαιρία. Βασική διαφορά της ενίσχυσης ευκαιρίας με την εκμετάλλευση ευκαιρίας (opportunity exploitation) είναι πως στη περίπτωση της ενίσχυσης δεν επιτυγχάνεται 100% πιθανότητα πραγματοποίησης. Αν και συνήθως η ενίσχυση ευκαιρίας έχει ως αντικείμενο έναν συγκεκριμένο κίνδυνο, σε περίπτωση που αναγνωριστούν παράγοντες που επηρεάζουν το έργο με περισσότερους από έναν τρόπους, είναι δυνατόν η στρατηγική της ενίσχυσης να παρέχει στο έργο οφέλη μεγαλύτερα από ότι αναμενόταν αρχικά (Hilson,2003).
- **Αποδοχή ευκαιρίας (Accept Opportunity).** Η τελευταία στρατηγική στην αντιμετώπιση ευκαιριών είναι αυτή της αποδοχής, η οποία αναφέρθηκε παραπάνω και ως αποδοχή κινδύνου. Η συγκεκριμένη στρατηγική αφορά στη μη επιδίωξη της ευκαιρίας. Οι λόγοι που μπορεί να επιλεγεί κάτι τέτοιο συνήθως είναι η ιδιαίτερα μικρή πιθανότητα που παρουσιάζει η ευκαιρία ή η σχετικά ασήμαντη επίπτωση που έχει στο έργο, οι οποίες καθιστούν την κατανάλωση πόρων για την επιδίωξη της ασύμφορη. Στην περίπτωση αυτή, η ευκαιρία αφήνεται εξ' ολοκλήρου στην τύχη με την ελπίδα να πραγματοποιηθεί. Παρά όμως τη μη επιδίωξη της ευκαιρίας, παρουσιάζεται και εδώ η επιλογή της διατήρησης αποθεματικού, όπως στην αποδοχή απειλής, με σκοπό τη μέγιστη αξιοποίηση της ευκαιρίας σε περίπτωση πραγματοποίησής της.

### 3.3.5.2 Εφεδρικά σχέδια (Fallback Plans)

Ακόμη και μετά την εφαρμογή στρατηγικών αντιμετώπισης κινδύνων, η πιθανότητα πραγματοποίησης παραμένει υπαρκτή, και μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το έργο. Για την περίπτωση αυτή είναι σημαντική η ύπαρξη εφεδρικών σχεδίων, τα οποία αφορούν σε στρατηγικές και ενέργειες που τίθενται σε ισχύ όταν η έκβαση του κινδύνου δεν είναι η επιθυμητή, με σκοπό να περιοριστούν οι αρνητικές συνέπειες που αυτός αποφέρει. Για την επιτυχία ενός εφεδρικού σχεδίου, πρέπει το σχέδιο να έχει προβλέψει ορθά τα αποτελέσματα του κινδύνου και να είναι ξεκάθαρο ως προς τις ενέργειες και τους πόρους που απαιτεί η εφαρμογή του.

Εφεδρικά σχέδια μπορούν να υπάρξουν και για κινδύνους- ευκαιρίες, είτε όπως αναφέρθηκε παραπάνω με την ύπαρξη αποθεματικού, είτε με ενέργειες που αποσκοπούν στη μέγιστη εκμετάλλευση του οφέλους που προσφέρει η πραγματοποίηση μιας ευκαιρίας.



### 3.3.5.3 Αποτελέσματα σχεδιασμού αντιμετώπισης κινδύνων

Με την ολοκλήρωση του σχεδίου αντιμετώπισης κινδύνων ενημερώνεται το γενικότερο πρόγραμμα διαχείρισης έργου καθώς οι στρατηγικές που επιλέγονται επηρεάζουν το έργο σε κάθε πτυχή της διαχείρισης όπως ο χρόνος, το κόστος, το απαιτούμενο ανθρώπινο δυναμικό, οι στόχοι που τίθενται κλπ. Είναι δυνατόν να ειπωθεί πως μόνο με την ολοκλήρωση του σχεδίου αντιμετώπισης κινδύνων υπάρχει πραγματικά σφαιρική οπτική του έργου και των παραγόντων που το επηρεάζουν.

Εκτός της ενημέρωσης στην οποία υπόκειται το πρόγραμμα διαχείρισης έργου, ο σχεδιασμός αντιμετώπισης κινδύνων ενημερώνει και άλλα έγγραφα σχετικά με το έργο, όπως έγγραφα σχετικά με τις τεχνικές προδιαγραφές, τις παραδοχές και τις ανάγκες που υπάρχουν για την υλοποίηση του.

Τέλος, μεγάλες αλλαγές δέχεται το Μητρώο κινδύνων, στο οποίο προστίθενται πληροφορίες όπως:

- ο Η κυριότητα κάθε κινδύνου (risk ownership)
- ο Οι στρατηγικές αντιμετώπισης που έχουν επιλεγεί και οι ενέργειες που απαιτούνται για την εφαρμογή τους.
- ο Δευτερεύοντες κίνδυνοι που έχουν αναγνωριστεί κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.
- ο Εφεδρικά σχέδια και αποθεματικά.
- ο Υπολειμματικοί κίνδυνοι, κίνδυνοι δηλαδή που παραμένουν μετά την αντιμετώπισή τους.

### 3.3.5.4 Εφαρμογή σχεδίου αντιμετώπισης κινδύνων

Ακόμη και αν το σχέδιο αντιμετώπισης κινδύνων είναι πλήρες εύστοχο, είναι αναγκαία η εξασφάλιση της εφαρμογής του, δημιουργώντας σωστή στάση απέναντι στην πρόληψη του κινδύνου, ώστε να μην αντιμετωπίζεται ως κάτι που πρέπει να γίνει στο μέλλον, αλλά ως μια απαραίτητη διαδικασία. Για το λόγο αυτό, οι δράσεις αντιμετώπισης κινδύνου πρέπει να ενσωματώνονται στο γενικότερο σχέδιο υλοποίησης του έργου.

### 3.3.6 Έλεγχος Κινδύνων (Control Risks)

Κατά τη διαδικασία του ελέγχου κινδύνων, τίθεται σε ισχύ που εκπονήθηκε με βάση την προηγούμενη ανάλυση και εφαρμόζονται οι στρατηγικές και οι ενέργειες που έχουν προταθεί για την αντιμετώπιση των κινδύνων. Επιπλέον, γίνεται παρακολούθηση των κινδύνων που έχουν αναγνωριστεί με σκοπό την αξιολόγηση των στρατηγικών αντιμετώπισης, την αναγνώριση νέων κινδύνων και την αναζήτηση υπολειμματικών και δευτερευόντων κινδύνων.

Η διαδικασία του ελέγχου κινδύνων παρέχει μεγάλο όφελος στη συνολική υλοποίηση του έργου καθώς διενεργείται καθ' όλη τη διάρκεια των εργασιών και προσφέρει σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες για την εξέλιξη του έργου και τους κινδύνους που αντιμετωπίζει.

Γενικότερα, σκοπός της διαδικασίας Ελέγχου κινδύνου είναι:

- Η επιβεβαίωση της εγκυρότητας των παραδοχών σχετικά με το έργο.
- Η σωστή εφαρμογή των στρατηγικών αντιμετώπισης κινδύνων.
- Η αναγνώριση νέων, δευτερευόντων και υπολειμματικών κινδύνων.
- Η επιβεβαίωση των αναγνωρισμένων κινδύνων.
- Η αναγνώριση τυχόν αναγκαίων αλλαγών στην ύπαρξη αποθεματικών χρόνου και κόστους.
- Η αξιολόγηση των υπάρχοντων στρατηγικών αντιμετώπισης και πρόληψης κινδύνων.
- Η αποτελεσματικότητα των στρατηγικών αξιοποίησης ευκαιριών.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας Ελέγχου κινδύνων συλλέγονται χρήσιμες πληροφορίες οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενημέρωση του προγράμματος διαχείρισης κίνδυνου του παρόντος έργου, αλλά και για να αποτελέσουν πηγή γνώσης στην αντιμετώπιση κινδύνων μελλοντικών έργων.

Για την ορθή εφαρμογή του Ελέγχου Κινδύνων, αντλούνται πληροφορίες από τις παρακάτω πηγές:

- Πρόγραμμα διαχείρισης έργου. Αντλώντας πληροφορίες από το πρόγραμμα διαχείρισης του έργου, γίνονται αισθητές οι πιθανές αποκλίσεις της διαδικασίας υλοποίησης του έργου, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν σε αναγνωρισμένους κινδύνους, καθιστώντας έτσι δυνατή τη χρήση διορθωτικών ενεργειών.
- Δεδομένα και αναφορές σχετικά με την πορεία της υλοποίησης. Κατά τη διάρκεια των εργασιών υλοποίησης συλλέγονται πληροφορίες σχετικά με την πορεία της υλοποίησης, την επίτευξη ή όχι των επιμέρους στόχων του έργου (πχ. κόστος, χρονικά περιθώρια/ deadlines). Συνήθως τα δεδομένα αυτά συνοψίζονται σε μορφή αναφορών για την ενημέρωση των ενδιαφερομένων (Hilson,2003). Σε συνδυασμό με το πρόγραμμα διαχείρισης έργου διαπιστώνονται οι διακυμάνσεις που παρουσιάζονται, καθώς και αστοχίες στην αναγνώριση και εκτίμηση των κινδύνων.
- Μητρώο κινδύνων. Το μητρώο κινδύνων αποτελεί κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του έργου την κυριότερη πηγή συσσωρευμένης γνώσης σχετικά με τους κινδύνους που επηρεάζουν το έργο. Περιέχει το σύνολο των αναγνωρισμένων κινδύνων, ιεράρχηση ως προς την κρισιμότητά τους, την πιθανότητα εμφάνισης, τις επιπτώσεις αλλά και τις συμφωνημένες στρατηγικές και δράσεις αντιμετώπισής τους. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ελέγχου κινδύνων, το μητρώο κινδύνων καθορίζει την πλειοψηφία των δράσεων που πραγματοποιούνται, ενώ επίσης ενημερώνεται όπως ορίζουν οι εξελίξεις και οι νέες πληροφορίες που λαμβάνονται σχετικά με την υλοποίηση του έργου.

### 3.3.6.1 Εργαλεία και Τεχνικές Ελέγχου Κινδύνων

- **Συνεχής επαναπροσδιορισμός των κινδύνων.** Κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου εμφανίζονται νέοι κίνδυνοι ενώ οι αρχικές εκτιμήσεις σχετικά με τις πιθανότητες και τις επιπτώσεις των αναγνωρισμένων κινδύνων ενδέχεται να αλλάξουν. Οι μεταβολές αυτές επιβάλλουν τη συνεχή παρακολούθηση και αξιολόγηση των κινδύνων του έργου.
- **Διαχείριση των αποθεματικών.** Η κατανομή των αποθεματικών κόστους και χρόνου για διάφορες διεργασίες του έργου γίνεται βάσει των αρχικών εκτιμήσεων σχετικά με του κινδύνους που επηρεάζουν το έργο. Με την πάροδο του χρόνου και τη συνεχή συλλογή πληροφοριών σχετικά με την πρόοδο του έργου, οι ανάγκες για αποθεματικά και η αντίληψη για τη βέλτιστη κατανομή τους μεταβάλλονται. Για το λόγο αυτό η συνεχής διαχείριση των αποθεματικών κρίνεται αναγκαία.
- **Μέτρηση τεχνικών αποδόσεων.** Η διαδικασία αυτή αξιολογεί την επίτευξη των τεχνικών στόχων του έργου ανά τακτά χρονικά διαστήματα, σε σύγκριση με τον προγραμματισμό που έχει προηγηθεί. Για παράδειγμα, για ένα έργο που αφορά στην κατασκευή σιδηροδρομικού δικτύου, μέτρηση τεχνικών αποδόσεων συνιστά η σύγκριση των χιλιομέτρων σιδηροδρόμου που έχουν κατασκευαστεί τους τελευταίους τρεις μήνες σε σχέση με την αντίστοιχη πρόβλεψη στην αρχή των κατασκευών. Για την ορθή διεξαγωγή των συγκεκριμένων μετρήσεων είναι σημαντική η ύπαρξη ξεκάθαρων στόχων και μεθόδων μέτρησης των τεχνικών αποδόσεων που σχετίζονται με την επίτευξή τους.
- **Μετρήσεις Ποιότητας.** Οι μετρήσεις ποιότητας έχουν σκοπό την αξιολόγηση των εκτελεσθέντων εργασιών και σχεδίων σε σχέση με τους ποιοτικούς στόχους του έργου.
- **Ανάλυση διακύμανσης.** Η ανάλυση διακύμανσης είναι στατιστική μέθοδος και συγκρίνει τα αποτελέσματα των εργασιών του έργου σε σχέση με τα προγραμματισμένα αποτελέσματα. Σε περίπτωση που τα δεδομένα που προκύπτουν παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση, τότε είναι πιθανόν η απόκλιση να οφείλεται σε επιπτώσεις κινδύνων που έχουν υλοποιηθεί. Στην περίπτωση αυτή επιβάλλεται επιπλέον μελέτη και επαναπροσδιορισμός των κινδύνων του έργου.
- **Έλεγχος αποτελεσματικότητας αντιμετώπισης.** Ο έλεγχος αποτελεσματικότητας αντιμετώπισης εξετάζει κατά πόσο οι προγραμματισμένες αντιδράσεις και ενέργειες αντιμετώπισης κινδύνων είχαν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Ο έλεγχος αποτελεσματικότητας αφορά είτε σε κινδύνους που πραγματοποιήθηκαν και ενεργοποίησαν έτσι τις προγραμματισμένες ενέργειες είτε σε κινδύνους για τους οποίους έχουν ληφθεί μέτρα για την αποφυγή.
- **Ανακοίνωση των αποτελεσμάτων.** Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των αναγνωρισμένων κινδύνων είναι σημαντική η σωστή

διακίνηση των πληροφοριών ανάμεσα στον project manager και τους ενδιαφερόμενους του έργου. Για να επιτευχθεί σωστή επικοινωνία πρέπει ο κάθε ενδιαφερόμενος να δέχεται το σύνολο των πληροφοριών που τον αφορούν, ανάλογα με τις υποχρεώσεις που έχει αναλάβει σχετικά με το έργο. Λόγω του ότι ο κάθε ενδιαφερόμενος έχει διαφορετικές ανάγκες σε πληροφορία, ο Hilson (2003) αναφέρει πως τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την πληροφορία που δέχεται είναι τα εξής:

- 1. Περιεχόμενο.** Ο ενδιαφερόμενος έχει πρόσβαση στις αναφορές που εκπονούνται σχετικά με την πρόοδο του έργου, ενώ το επίπεδο λεπτομέρειας ή η συχνότητα της ενημέρωσης εξαρτάται από τις ευθύνες και το ρόλο του ενδιαφερόμενου στο έργο.
- 2. Μέθοδος Παράδοσης.** Ανάλογα με τις ανάγκες του ενδιαφερόμενου, οι πληροφορίες που τον αφορούν μπορεί να παραδίδονται προφορικά, μέσω γραπτών αναφορών, μέσω πρόσβασης σε διάφορες βάσεις δεδομένων κλπ.
- 3. Ευθύνες.** Ανάλογα με το ρόλο του στο έργο, ο ενδιαφερόμενος έχει ευθύνη σχετικά με τις πληροφορίες που διακινούνται. Ο Hilson (2003) αναφέρει τη συνήθη μέθοδο “RACI” (responsible, accountable, consulted, informed- υπεύθυνος, υπόλογος, σύμβουλος, ενήμερος) για τον καθορισμό της σχέσης του ενδιαφερόμενου με την πληροφορία.

### 3.3.6.2 Αποτελέσματα ελέγχου κινδύνων

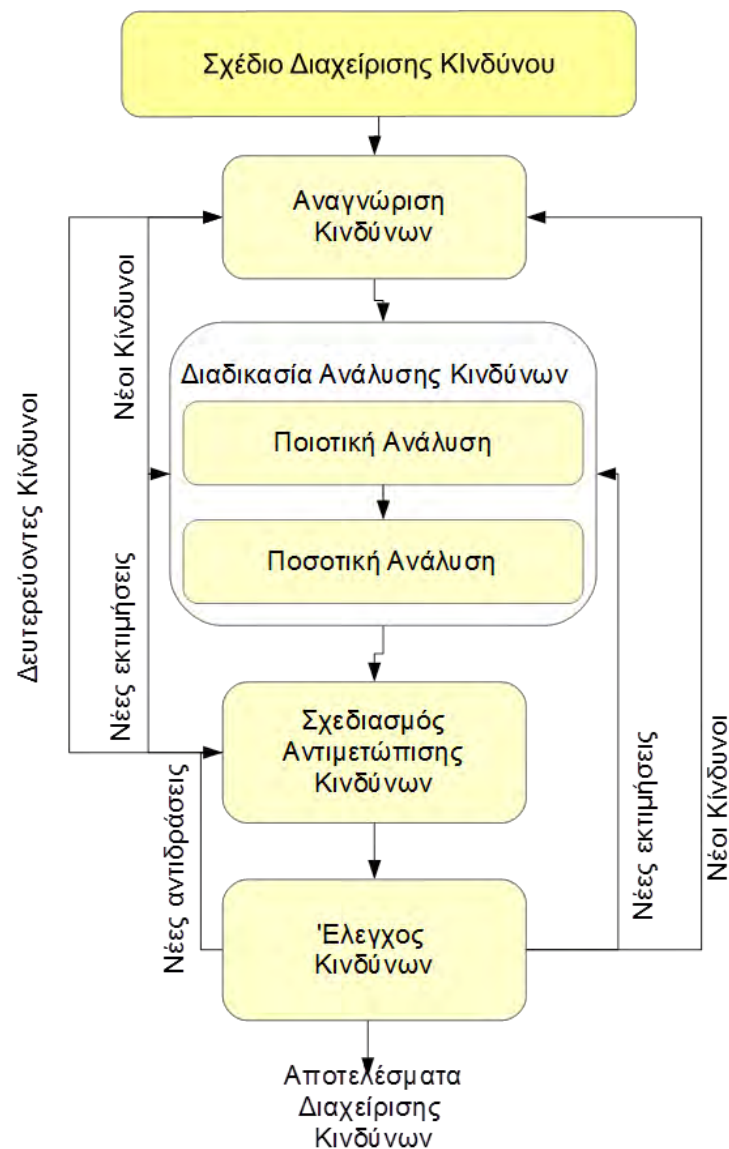
Η διαδικασία ελέγχου κινδύνων παρέχει πληροφορίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα των συμφωνηθέντων στρατηγικών αντιμετώπισης κινδύνων και των προγραμματισμένων ενεργειών. Επιπλέον καθιστά εφικτή τη συνεχή αναθεώρηση των αναγνωρισμένων κινδύνων και των παραγόντων αβεβαιότητας που επηρεάζουν το έργο. Ο κίνδυνος που επηρεάζει το έργο δεν είναι μια στατικός, αλλά μεταβάλλεται λόγω εσωτερικών και εξωτερικών παραγόντων. Επιπρόσθετα, η πραγματοποίηση ενός κινδύνου δημιουργεί δευτερεύοντες κινδύνους ενώ είναι επίσης πιθανό να επιβάλει τη χρήση αποθεματικών, η διαχείριση των οποίων έπειτα πρέπει να συνεχισθεί με νέα δεδομένα τα οποία ίσως επιβάλλουν την ανανέωση, τη μεγέθυνση ή την ανακατανομή τους.

Οι κίνδυνοι με αρνητικές επιπτώσεις δεν είναι οι μόνοι που καθιστούν τον έλεγχο μια αναγκαία και επαναληπτική διαδικασία. Οι ευκαιρίες που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου απαιτούν επίσης τακτική παρακολούθηση. Νέες ευκαιρίες μπορούν να παρουσιαστούν μετά από ένα διάστημα, ενώ ευκαιρίες που θεωρούνταν πιθανές, αργότερα μπορεί να θεωρηθούν αδύνατες.

Η ενεργοποίηση των εφεδρικών σχεδίων ή των στρατηγικών αντιμετώπισης κινδύνων συνοδεύονται από μια σειρά ενεργειών αλλά και προσδοκώμενων αποτελεσμάτων. Οι ενέργειες αυτές μπορούν να έχουν είτε επιδιορθωτικό είτε προληπτικό χαρακτήρα. Τα προσδοκώμενα αποτελέσματα δημιουργούν νέα δεδομένα για το έργο αλλά και για τους κινδύνους που το επηρεάζουν

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο κίνδυνος που επηρεάζει το έργο δεν είναι στατικός άλλα μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής. Οι μεταβολές αυτές, όταν αναγνωρίζονται από τον έλεγχο κινδύνων επιβάλλουν συχνά ενημέρωση του συνολικού σχεδίου διαχείρισης του έργου. Επιπλέον, αποτέλεσμα του ελέγχου κινδύνου είναι και η ενημέρωση εγγράφων σχετικά με το έργο όπως το μητρώο κινδύνων, αλλά και η καταγραφή της αποτελεσματικότητας των ληφθέντων μέτρων και στρατηγικών σε κινδύνους που έχουν πραγματοποιηθεί.

**Διάγραμμα 3.5 Διαδικασία Διαχείρισης Κινδύνων**



Πηγή: Hilson (2003), PMI (2013) , Ιδία επεξεργασία

### 3.4 Κυριότητα κινδύνου στα τεχνικά έργα

#### 3.4.1 Στόχοι και κριτήρια

Σκοπός της διαχείρισης κινδύνου είναι η αντιμετώπιση των κινδύνων του έργου ως σύνολο, προς όφελος όλων των εμπλεκόμενων μερών (Κύριος του έργου, ανάδοχος, ασφαλιστής κλπ.) (Motiar Rahman & Kumaraswamy 2002). Παρ' όλα αυτά, καθώς οι κίνδυνοι κατανέμονται μέσω της διαδικασίας διαχείρισης, δημιουργούνται διαφορετικές οπτικές σχετικά με τον κίνδυνο. Η σωστή κατανομή των κινδύνων παίζει σημαντικό ρόλο στο τελικό κόστος του έργου (Zaghloul & Hartman, 2003). Η κατανομή των κινδύνων γίνεται κυρίως μέσω του συμβολαίου με το οποίο ανατίθεται η υλοποίηση του έργου στον ανάδοχο, όπου και ανατίθεται η ευθύνη κάθε κινδύνου στο αντίστοιχο μέρος του έργου (κύριος, ανάδοχος, ασφαλιστής κλπ.). Αποτέλεσμα της κατανομής είναι συχνά η δημιουργία αντικρουόμενων συμφερόντων καθώς κάθε μέρος θέλει να αντιμετωπίσει όσο το δυνατόν λιγότερους κινδύνους, με τα μέγιστα όμως οικονομικά προνόμια. Είναι συχνό φαινόμενο λοιπόν, ο κύριος του έργου να προσπαθεί να μεταβιβάσει όλους τους κινδύνους στον ανάδοχο, ο οποίος είναι αρνητικός στο να αναλάβει το σύνολο τα ευθύνης του έργου.

Οι Charman & Ward (2003) αναφέρουν πως για την επιτυχή διαχείριση των κινδύνων του έργου είναι αναγκαία η ύπαρξη τεσσάρων προϋποθέσεων, στις οποίες πρέπει να στηρίζονται οι αποφάσεις για την ορθή κατανομή των κινδύνων:

1. Λεπτομερής διασαφήνιση των αναγκαίων δραστηριοτήτων του έργου.
2. Σαφής αντίληψη των θεμάτων που επηρεάζουν κάθε μέρος του έργου
3. Ικανότητα διαχείρισης των αντικειμένων ευθύνης.
4. Επαρκές κίνητρο για την ανάληψη των ευθυνών κάθε μέρους.

Με βάση τις παραπάνω προϋποθέσεις δημιουργούνται στρατηγικές και μέθοδοι κατανομής κινδύνων οι οποίες λαμβάνουν υπόψη τους τα χαρακτηριστικά του έργου για την εξασφάλιση της καταλληλότητας της κατανομής των διαφόρων κινδύνων στα μέρη του έργου. Οι Lam, Wang, Lee & Tsang (2007) ανέπτυξαν μέθοδο για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την κατανομή της ευθύνης των κινδύνων βασισμένη σε επτά κριτήρια που προσεγγίζουν την καταλληλότητα της κατανομής με φιλοσοφία παρόμοια των Charman & Ward (2003). Συγκεκριμένα τα κριτήρια βασίζονται στην δυνατότητα του υπεύθυνου να

1. Προβλέψει τον κίνδυνο.
2. Εκτιμήσει τις επιπτώσεις του κινδύνου.
3. Ελέγξει την πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου.
4. Αντιμετωπίσει τον κίνδυνο σε περίπτωση εμφάνισης.
5. Αντέξει τις επιπτώσεις του κινδύνου.
6. Επωφεληθεί από την ανάληψη της ευθύνης του κινδύνου.

Επιπλέον, το έβδομο και τελευταίο κριτήριο αφορά στο αν η αποζημίωση που απαιτεί αυτός που αναλαμβάνει τελικά τον κίνδυνο θεωρείται λογικό και συμφέρον από τον κύριο του έργου.

Σύμφωνα με τους Loosemore και McCarthy ( 2008) κάποιες κατηγορίες κινδύνων των οποίων την ευθύνη αναλαμβάνει συνήθως ο Κύριος του έργου είναι οι παρακάτω:

- Σφάλμα σχεδιασμού
- Αλλαγές στην εργασία
- Θεομηνίες
- Αλλαγές στη νομοθεσία
- Καθυστέρηση πληρωμών
- Αποζημιώσεις
- Προστασία υπάρχοντων εγκαταστάσεων
- Προβλήματα στην απόκτηση αδειών

Αντίστοιχα, κάποιες κατηγορίες κινδύνων που συνήθως επιβαρύνουν τον ανάδοχο είναι οι παρακάτω:

- Διαθεσιμότητα υλικών , εργατικού δυναμικού και εξοπλισμού.
- Παραγωγικότητα
- Ελαττωματικό υλικό
- Ασφάλεια εργατών
- Αύξηση των τιμών πρώτων υλών και εργασία
- Ποιότητα εργασιών
- Οικονομική αποτυχία
- Αποζημιώσεις
- Διαφωνίες ανάμεσα στο εργατικό δυναμικό – απεργίες
- Καθυστέρηση του έργου- σύνολο εργασίας.

#### 3.4.2 Ο ρόλος της ασφάλισης

Η περιπλοκότητα των κινδύνων στα τεχνικά έργα καθιστά συχνά αναγκαία τη μεταφορά του κινδύνου μέσω λήψης ασφαλιστικών μέτρων. Όπως έχει αναφερθεί πολλές φορές παραπάνω, η πρόβλεψη και αντιμετώπιση όλων των κινδύνων είναι αδύνατη, ενώ είναι ασύμφορη η τήρηση αποθεματικών για κάθε πιθανό κίνδυνο. Επιπλέον, πολλοί κίνδυνοι επιβαρύνουν περισσότερα από ένα μέρη του έργου και είναι αδύνατη η ανάληψη της ευθύνης τους μεμονωμένα, ενώ συχνά οι κίνδυνοι αλληλοεπηρεάζονται . Για τους παραπάνω λόγους προτιμάται συχνά η λύση της ασφάλισης τόσο γιατί είναι δύσκολη η κατανομή των κινδύνων, όσο και επειδή οι ασφαλιστές μπορούν να προσφέρουν εμπειρία και τεχνογνωσία σχετικά με την εκτίμησή τους. Για να εκτιμηθεί η καταλληλότητα της ασφάλισης ως επιλογής για έναν κίνδυνο οι Baartz, Longley & Robinson (2003) αναφέρουν τα εξής κριτήρια:

1. Ο κίνδυνος είναι ασφαλίσιμος.
2. Η δυνατότητα της πλήρους κάλυψης του κινδύνου μέσω μιας τακτικής αντιμετώπισης.
3. Ποιο είναι το κόστος της τακτικής που θα ακολουθηθεί.
4. Η φύση της τακτικής αντιμετώπισης και ο χρόνος εφαρμογής της.

5. Η δυνατότητα διαπραγμάτευσης σχετικά με την τακτική.
6. Η αξιοπιστία του ασφαλιστή.

Η πολυπλοκότητα των κινδύνων των τεχνικών έργων καθιστά πολλές φορές δύσκολη τη επίτευξη συμφωνίας μεταξύ το κυρίου το έργου και του ασφαλιστή, ενώ συνήθως η ανάγκη για ασφάλιση γίνεται εντονότερη σε έργα με πολυετή χρονικό ορίζοντα.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

#### *4.1 Γενικά*

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η προτεινόμενη μεθοδολογία για την εκπόνηση της ανάλυσης και διαχείρισης κατασκευαστικού κινδύνου στα τεχνικά έργα, εφαρμογή της οποίας έγινε για την εκπόνηση της μελέτης περίπτωσης του κεφαλαίου 5. Παράλληλα αναφέρονται οι λόγοι που οδήγησαν στις επιλογές που συνέθεσαν την παρακάτω μεθοδολογία, οι παραδοχές που λήφθηκαν καθώς επίσης και οι περιορισμοί που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια της σύνθεσής της. Τέλος, γίνεται αναφορά του λογισμικού και άλλων εργαλείων των οποίων η χρήση είναι απαραίτητη για την εφαρμογή της εν λόγω μεθοδολογίας.

Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι να καλύψει το ρόλο του «Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνου» που περιγράφεται στο κεφάλαιο 3. Ορισμένες πληροφορίες που συνήθως περιλαμβάνονται στο σχέδιο διαχείρισης κινδύνου, όπως η περιγραφή του έργου, το χρονοδιάγραμμα, η κατηγοριοποίηση των παραγόντων που επηρεάζουν το έργο και οι παραδοχές που αφορούν στο έργο, στην παρούσα εργασία τοποθετήθηκαν στο Κεφάλαιο 5 με τίτλο «Μελέτη Περίπτωσης» για λόγους συνοχής.

#### *4.2 Σκοπός της μεθοδολογίας*

Η προτεινόμενη μεθοδολογία της παρούσας εργασίας αφορά στην εκπόνηση ανάλυσης και την δημιουργία στρατηγικής διαχείρισης του κατασκευαστικού κινδύνου τεχνικού έργου υπό τη σκοπιά του αναδόχου του έργου. Σκοπός της προτεινόμενης μεθοδολογίας είναι η αναγνώριση και ανάλυση των κινδύνων που μπορούν να επηρεάσουν το έργο κατά τη διάρκεια της κατασκευής όσον αφορά στο κόστος κατασκευής, το χρόνο ολοκλήρωσης και την ποιότητα των εργασιών, και η εισαγωγή προτάσεων άμβλυνσης του συνολικού κινδύνου του έργου.

Η διαδικασία της ανάλυσης και διαχείρισης κινδύνων ενός έργου θεωρείται ιδανικό να γίνεται πριν την υποβολή της προσφοράς για την επιλογή του αναδόχου του έργου. Ο λόγος είναι πως γνωρίζοντας το βαθμό επικινδυνότητας που παρουσιάζει το έργο ο εν δυνάμει ανάδοχος κάνει εκτίμηση των πιθανοτήτων υπέρβασης του κόστους αλλά και του χρόνου υλοποίησης του έργου και να αποφασίσει εάν θέλει να αναλάβει το έργο, καθώς επίσης και να ρυθμίσει το ύψος της προσφοράς που θα καταθέσει, λαμβάνοντας υπ' όψη τα περιθώρια κέρδους σε σχέση με τον κίνδυνο αλλά και τον ανταγωνισμό. Ακόμη όμως και αν δεν καταστεί δυνατή η εκπόνηση ανάλυσης και σχεδίου διαχείρισης κινδύνου πριν την καταβολή της προσφοράς του αναδόχου, η εκπόνηση

της ακόμη και μετά την ανάληψη του έργου προσφέρει σημαντικά οφέλη στον ανάδοχο.

#### 4.3 Ανάλυση παραδοχών μεθοδολογίας

Για την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας απαιτείται η λήψη των παρακάτω παραδοχών:

1. Οι πληροφορίες που χρησιμοποιούνται σχετικά με το έργο είναι αυτές που παρέχονται από τα τεύχη δημοπράτησης.
2. Ως βάση για την εκτίμηση κόστους απαιτείται εκτίμηση ελάχιστης προσφοράς εκφρασμένη σε ποσοστό έκπτωσης επί του προϋπολογισμού. Η προσφορά αυτή ορίζεται βάσει εκτίμησης του ελάχιστου δυνατού κόστους που δύναται να έχει το έργο. Για το λόγο αυτό οι επιπτώσεις των κινδύνων έχουν μόνο αρνητική έννοια, αυξάνουν δηλαδή το κόστος του έργου.
3. Αντίστοιχα, απαιτείται εκπόνηση ενδεικτικού χρονοδιαγράμματος του έργου. Το χρονοδιάγραμμα παρουσιάζει επίσης την ελάχιστη δυνατή διάρκεια που εκτιμάται ότι θα έχουν οι εργασίες. Για το λόγο αυτό, οι επιπτώσεις των κινδύνων όσον αφορά στο χρόνο υλοποίησης έχουν μόνο αρνητική έννοια.
4. Η ανάλυση και διαχείριση του κινδύνου στη συγκεκριμένη μεθοδολογία αφορά μόνο στη φάση της κατασκευής του έργου. Δεν αφορά στην περίοδο ανάμεσα στη δημοπράτηση και την υπογραφή της σύμβασης, ούτε στην περίοδο συντήρησης του έργου. Αυτό σημαίνει πως λαμβάνονται υπόψη μόνο κίνδυνοι που μπορούν να επηρεάσουν τη φάση της κατασκευής και οι επιπτώσεις αυτών. Παρ' όλα αυτά, η στρατηγική αντιμετώπισής τους μπορεί να περιλαμβάνει ενέργειες που λαμβάνουν χώρα νωρίτερα.

#### 4.4 Πηγές πληροφοριών

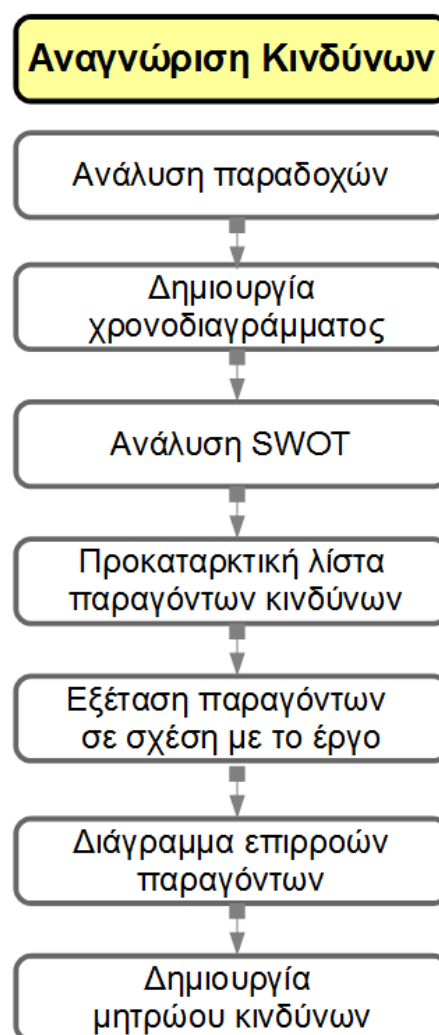
Για τη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών για την εκπόνηση της ανάλυσης και διαχείρισης κινδύνου χρησιμοποιούνται οι παρακάτω πηγές:

- Τεύχη δημοπράτησης του έργου, τα οποία περιλαμβάνουν τον προϋπολογισμό, την περιγραφή του έργου και τις υποχρεώσεις του αναδόχου. Για παράδειγμα, τα έγγραφα που χρησιμοποιήθηκαν στην εκπόνηση της μελέτης περίπτωσης του κεφαλαίου 5 ήταν η «Διακήρυξη ανοιχτής διαδικασίας», η «Ειδική Συγγραφή Υποχρεώσεων» (Ε.Σ.Υ.), το «Περιγραφικό τιμολόγιο έργων οδοποιίας», η «Περίληψη διακήρυξης», ο «Προϋπολογισμός μελέτης», το «Σχέδιο Ασφάλειας και Υγείας – Φάκελος Ασφάλειας και Υγείας»(Σ.Α.Υ. – Φ.Α.Υ.) και η «Τεχνική Περιγραφή» του έργου.
- Πραγματοποίηση συνεντεύξεων με εταίρους εργοληπτικής επιχείρησης με εμπειρία σε έργα οδοποιίας. Οι συνεντεύξεις χρησιμοποιούνται για την εκπόνηση του ενδεικτικού χρονοδιαγράμματος του έργου καθώς και για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με την ποιοτική ανάλυση των αναγνωρισμένων κινδύνων και την αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων στρατηγικών. Η μορφή των συνεντεύξεων ενδείκνυται να

ακολουθήσει αυτή της «μη δομημένης συνέντευξης» και της «ημι-δομημένης συνέντευξης» (semi-structured interview) (Qu & Dumay, 2011). Οι λόγοι που δεν επιλέγεται η δομημένη συνέντευξη ή η χρήση ερωτηματολογίων σε μεγάλο αριθμό ερωτηθέντων είναι η ανάγκη χρήσης συμπληρωματικών ερωτήσεων για την καλύτερη κατανόηση της αντίληψης κινδύνου του ερωτηθέντα, η ανάγκη εκτενούς επεξήγησης των χαρακτηριστικών του έργου (briefing) για την εκτίμηση των κινδύνων του έργου και η ανάγκη δυνατότητας επαναληπτικών συνεντεύξεων.

#### 4.5 Μεθοδολογία αναγνώρισης κινδύνων

##### Διάγραμμα 4.1 Μεθοδολογία αναγνώρισης κινδύνων



##### Ιδία επεξεργασία

Για την προετοιμασία της αναγνώρισης των κινδύνων του έργου γίνεται ανάλυση των αναγκαίων παραδοχών, οι οποίες προκύπτουν από τα δεδομένα του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος της εργοληπτικής επιχείρησης και στις πληροφορίες που υπάρχουν για το έργο και αφορούν στη σύσταση και τις δυνατότητες της επιχείρησης,

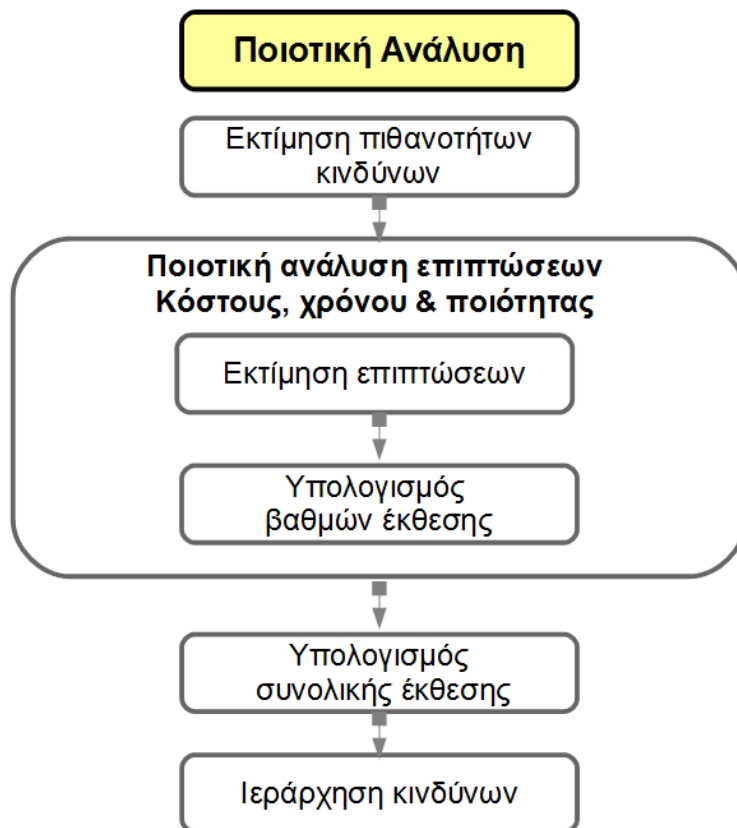
την ημερομηνία έναρξης των εργασιών, την εκτίμηση ελάχιστης προσφοράς και οποιαδήποτε άλλη παραδοχή είναι αναγκαία για την αναγνώριση των κινδύνων. Έπειτα δημιουργείται ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου, ενώ πραγματοποιείται ανάλυση SWOT, για την απεικόνιση των Δυνατών σημείων, των αδυναμιών, των ευκαιριών και των απειλών που παρουσιάζονται στο έργο.

Για την αναγνώριση των κινδύνων που επηρεάζουν το έργο γίνεται η χρήση προκαταρκτικής λίστας παραγόντων κινδύνων η οποία αφορά στους συνηθέστερους κινδύνους υπέρβασης κόστους, καθυστέρησης εργασιών και αποτυχία επίτευξης ποιοτικών στόχων σε τεχνικά έργα. Προτεινόμενη είναι η λίστα του Larsen (2015), η οποία βασίζεται σε βιβλιογραφική έρευνα επί του αντικειμένου σε παγκόσμιο επίπεδο. Έπειτα γίνεται ανάλυση των παραγόντων της λίστας ως προς τα χαρακτηριστικά τους, τις παραμέτρους επιρροής και το είδος των επιπτώσεων που μπορούν να έχουν στο έργο, ώστε να προσδιοριστούν οι παράγοντες που αφορούν στο υπό μελέτη έργο και μπορούν να αποτελέσουν κινδύνους υπό τη σκοπιά του αναδόχου.

Για τον προσδιορισμό των κύριων κινδύνων του έργου δημιουργείται διάγραμμα που παρουσιάζει τις επιρροές ανάμεσα στους παράγοντες κινδύνου που θεωρήθηκε ότι επηρεάζουν το έργο. Ως αποτέλεσμα προκύπτει η λίστα των αναγνωρισμένων κινδύνων που επηρεάζουν άμεσα το έργο σε σχέση με τους παράγοντες του κόστους, του χρόνου και της ποιότητας.

#### 4.6 Μεθοδολογία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων

##### Διάγραμμα 4.2 Μεθοδολογία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων



Ιδία επεξεργασία

Για την ποιοτική ανάλυση των κινδύνων γίνεται εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης κάθε κινδύνου και του βαθμού επίπτωσης που παρουσιάζει στο έργο όσον αφορά στο κόστος, το χρόνο υλοποίησης και την επίτευξη των στόχων ποιότητας. Βάσει των εν λόγω εκτιμήσεων υπολογίζεται ο βαθμός έκθεσης του έργου σε κάθε κίνδυνο για κάθε παράμετρο (κόστος, χρόνος, ποιότητα), αλλά και συνολικά. Βάσει των βαθμών έκθεσης γίνεται ιεράρχηση των κινδύνων και κατηγοριοποίησή τους σε κινδύνους υψηλής, μέσης και χαμηλής έκθεσης.

#### *4.6.1 Εκτίμηση πιθανοτήτων κινδύνων*

Η εκτίμηση των πιθανοτήτων κινδύνων πραγματοποιείται με τη χρήση περιγραφικής κλίμακας επιπέδων πιθανότητας, κάθε επίπεδο της οποίας αντιστοιχεί σε μια ενδεικτική πιθανότητα. Ο προσδιορισμός των βαθμίδων πιθανότητας καθώς και των επιπέδων της περιγραφικής κλίμακας γίνεται από το μελετητή λαμβάνοντας υπ' όψη τη στάση που παρουσιάζει ο ανάδοχος στον κίνδυνο. Καθώς η εκτίμηση των πιθανοτήτων βασίζεται στη χρήση κριτικής ικανότητας και εμπειρικής γνώσης και δεν υπολογίζεται βάσει αριθμητικών δεδομένων, θεωρείται άσκοπη η χρήση αποκλειστικά αριθμητικής κλίμακας πιθανοτήτων καθώς η μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτίμηση θα μπορούσε να είναι παραπλανητική (η εκτίμηση ,για παράδειγμα, της πιθανότητας ενός κινδύνου ως 46% και ενός άλλου 49% δεν θα είχε κάποια ουσιαστική βάση και θα έδινε ψευδώς την εντύπωση της ακρίβειας). Στην εκτίμηση των κινδύνων λαμβάνονται υπ' όψη οι παράγοντες επιρροής των κινδύνων, εσωτερικοί και εξωτερικοί.

#### *4.6.2 Εκτίμηση επιπτώσεων κινδύνων.*

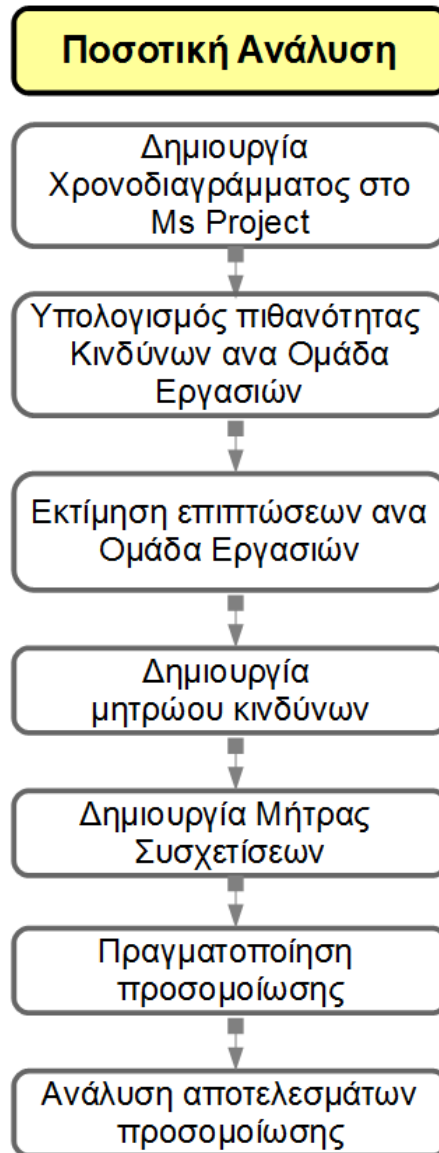
Η εκτίμηση επιπτώσεων κινδύνων βασίζεται επίσης στη χρήση περιγραφικής κλίμακας. Επιπλέον, σε κάθε βαθμό επίπτωσης γίνεται αντιστοίχιση με συντελεστή βάρους επίπτωσης, ο οποίος καθορίζεται βάσει της στάσης που παρουσιάζει ο ανάδοχος απέναντι στον κίνδυνο , για να καταστεί δυνατός ο υπολογισμός της έκθεσης του έργου στους κινδύνους. Τέλος, στους βαθμούς επίπτωσης χρόνου και κόστους γίνεται αντιστοίχιση με διαστήματα που απεικονίζουν την επίπτωση στο σύνολο του έργου. Για τις επίπτωσης κόστους τα διαστήματα απεικονίζουν το ποσοστό αύξησης του συνόλου του έργου, ενώ για τις επιπτώσεις χρόνου, τα διαστήματα αφορούν σε ημέρες καθυστέρησης στην ολοκλήρωση του έργου.

#### *4.6.3 Υπολογισμός βαθμού έκθεσης κινδύνων*

Ο υπολογισμός του βαθμού έκθεσης που παρουσιάζει ο κάθε κίνδυνος στο κόστος, το χρόνο και την ποιότητα, γίνεται με πολλαπλασιασμό της πιθανότητας εμφάνισης με το συντελεστή βαρύτητας της επίπτωσης του κινδύνου σε κάθε παράμετρο. Για κάθε παράμετρο γίνεται ιεράρχηση των κινδύνων βάσει έκθεσης και αναγνωρίζονται οι κίνδυνοι με τη μεγαλύτερη κρισιμότητα όσον αφορά στο κόστος, το χρόνο και την ποιότητα. Τέλος, γίνεται πρόσθεση των επί μέρους βαθμών έκθεσης των κινδύνων και προκύπτει ο συνολικός βαθμός έκθεσης κάθε κινδύνου, γίνεται ιεράρχηση των κινδύνων βάσει της συνολικής έκθεσης, ενώ αναγνωρίζονται οι σημαντικότεροι κίνδυνοι για το σύνολο του έργου.

#### 4.7 Μεθοδολογία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων

Διάγραμμα 4.3 Μεθοδολογία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων



Ιδία επεξεργασία

Η ποσοτική ανάλυση των κινδύνων έγινε βάσει των επιπτώσεων στο έργο όσον αφορά στο κόστος και το χρόνο υλοποίησης και για την εκπόνησή της επιλέγεται μέθοδος προσομοίωσης της πραγματοποίησης των κινδύνων και των επιπτώσεων τους στο κόστος και το χρόνο υλοποίησης του έργου.

Η προσομοίωση των κινδύνων γίνεται ανά ομάδα εργασιών. Θεωρείται δηλαδή ρεαλιστικό πως ένας κίνδυνος (για παράδειγμα, ο κίνδυνος R9, «Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών») μπορεί να εμφανιστεί σε μια ομάδα εργασιών και να μην εμφανιστεί στις υπόλοιπες. Για να αποφευχθεί περιττή πολυπλοκότητα στο μοντέλο της προσομοίωσης η πιθανότητα εμφάνισης ενός κινδύνου θεωρείται ίση σε κάθε ομάδα εργασίας, αλλά γίνεται επανεκτίμηση της

επίπτωσης κάθε κινδύνου ώστε να αντιπροσωπεύει το βαθμό στον οποίο επηρεάζει κάθε ομάδα εργασιών.

#### 4.7.1 Προσδιορισμός πιθανοτήτων κινδύνων

Για τον υπολογισμό της πιθανότητας εμφάνισης κάθε κινδύνου σε μία ομάδα εργασιών γίνεται χρήση της θεωρίας των πιθανοτήτων. Συγκεκριμένα, η πιθανότητα η οποία αποδόθηκε σε κάθε κίνδυνο κατά τη διαδικασία της ποιοτικής ανάλυσης αφορά στην εμφάνιση του κινδύνου τουλάχιστον σε μια ομάδα εργασίας, αποτελεί άρα αποτέλεσμα της ένωσης των πιθανοτήτων του συνόλου των ομάδων εργασιών. Πιο αναλυτικά εάν για παράδειγμα η ο κίνδυνος R9 παρουσιάζει συνολική πιθανότητα εμφάνισης  $P(R9)=0,1$  και  $P(A)$ ,  $P(B)$ ,  $P(\Gamma)$ ,  $P(\Delta)$  και  $P(E)$  οι πιθανότητες εμφάνισης του κινδύνου στις ομάδες εργασιών A,B,Γ,Δ και E αντίστοιχα, τότε  $P(R9)=0,1= P(A\cup B\cup \Gamma\cup \Delta\cup E)$ . Λόγω της παραδοχής ό,τι οι πιθανότητες για κάθε ομάδα εργασίας είναι ίσες, χρησιμοποιώντας τον τύπο της ένωσης πιθανοτήτων για ανεξάρτητα γεγονότα  $P(A\cup B)=P(A)+P(B)-P(A\cap B)$  προκύπτει για τον υπολογισμό της πιθανότητας του κινδύνου για μια ομάδα εργασίας αρκεί η επίλυση της σχέσης 4.1

#### Σχέση 4.1 υπολογισμός πιθανοτήτων εμφάνισης κινδύνου ανά ομάδα εργασίας

$$x^5 - 5x^4 + 10x^3 - 10x^2 + 5x - a = 0$$

όπου x η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου σε μια ομάδα εργασίας και a η πιθανότητα της ένωσης για το σύνολο των εργασιών. Για παράδειγμα, για τον κίνδυνο R(9) ισχύει:

$$x^5 - 5x^4 + 10x^3 - 10x^2 + 5x - 0,1 = 0$$

$$x=0,02085$$

#### 4.7.2 Προσδιορισμός Επιπτώσεων κινδύνων ανά ομάδα εργασίας

Για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων κινδύνων ανά ομάδα εργασίας είναι αναγκαία επανεκτίμηση των επιπτώσεων κάθε κινδύνου για κάθε μία από τις ομάδες εργασιών, χρησιμοποιώντας την ίδια κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε κατά την ποιοτική ανάλυση, με τις εξής διαφορές:

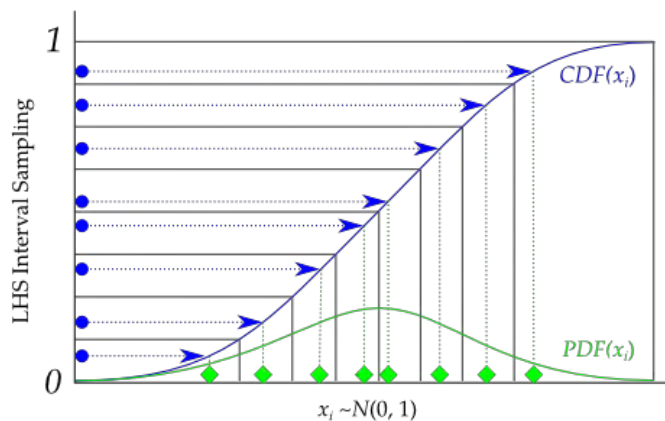
- Όσον αφορά στις επιπτώσεις κόστους εκτιμάται το ποσοστό αύξησης βάσει του κόστους της ομάδας εργασίας, σε αντίθεση με το συνολικό κόστος του έργου που χρησιμοποιήθηκε στην ποιοτική ανάλυση.
- Όσον αφορά στις επιπτώσεις χρόνου εκτιμώνται οι επιπτώσεις κάθε κινδύνου σε κάθε ομάδα εργασίας ξεχωριστά.

#### 4.7.3 Επιλογή μεθόδου δειγματοληψίας

Στο κεφάλαιο 3 έγινε περιγραφή μιας από τις συνηθέστερες μεθόδους προσομοίωσης, της μεθόδου Monte Carlo. Η τεχνική Monte Carlo στην «παραδοσιακή» της μορφή χρησιμοποιεί δειγματοληψία απόλυτα τυχαίων τιμών βάσει των καθορισμένων κατανομών πιθανοτήτων, για την προσομοίωση των κινδύνων σε ένα έργο. Η απόλυτη Τυχειότητα επιλογής δημιουργεί την ανάγκη χρήσης ιδιαίτερα υψηλού πλήθους επαναλήψεων για την αποφυγή φαινομένων ομαδοποίησης των δειγμάτων.

Για την αύξηση της αξιοπιστίας στη δειγματοληψία των προσομοιώσεων έχει αναπτυχθεί ένας αριθμός μεθόδων δειγματοληψίας. Στην εκπόνηση της ποσοτικής ανάλυσης της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε η δειγματοληπτική μέθοδος του Λατινικού Υπερκύβου (Latin Hypercube Sampling, LHS), μία από τις συχνότερα προτιμώμενες μεθόδους όσον αφορά στην προσομοίωση κινδύνων με χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων, η οποία προτάθηκε από τους McKay, Beckman & Conover, W. J. (2000) . Η μέθοδος LHS αποτελεί εξέλιξη της «παραδοσιακής» μεθόδου δειγματοληψίας Monte Carlo και αναπτύχθηκε για τη μείωση των αναγκαίων επαναλήψεων για την παραγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων και η βασική αρχή είναι η διαίρεση της καμπύλης αθροιστικής συχνότητας σε ίσα τμήματα και η τυχαία λήψη δειγμάτων από κάθε τμήμα. Αν και τα οφέλη της μεθόδου LHS είναι μεγαλύτερα σε σχέση με την απόλυτα τυχαία δειγματοληψία όταν ο αριθμός των επαναλήψεων είναι χαμηλός, σε περίπτωση υψηλού αριθμού επαναλήψεων η μέθοδος συνεχίζει να αποδίδει αποτελέσματα με μεγαλύτερη αξιοπιστία από την παραδοσιακή Monte Carlo δειγματοληψία.

#### Διάγραμμα 4.4 Latin Hypercube Sampling



Πηγή: <https://pythonhosted.org>, 2016

#### 4.7.4 Δημιουργία Μοντέλου κινδύνων

Για δημιουργία του μοντέλου κινδύνου για το έργο προτείνεται η χρήση των προγραμμάτων Microsoft Excel , Microsoft Project (λογισμικό διαχείρισης έργου) και Palisade @Risk (λογισμικό προσομοίωσης κινδύνου). Η δημιουργία του μοντέλου του έργου πραγματοποιείται σε τρεις διακριτές διαδικασίες:

1. Δημιουργία χρονοδιαγράμματος έργου στο Microsoft Project και εισαγωγή του στο Microsoft Excel με τη χρήση του πρόσθετου προγράμματος Palisade @Risk.
2. Δημιουργία μητρώου κινδύνων στο Microsoft Excel με χρήση του πρόσθετου προγράμματος Palisade @Risk.
3. Δημιουργία μήτρας συσχετίσεων στο Microsoft Excel Με χρήση του πρόσθετου προγράμματος Palisade @Risk.



#### 4.7.4.1 Δημιουργία χρονοδιαγράμματος έργου στο Microsoft Project και εισαγωγή του στο Microsoft Excel με χρήση του πρόσθετου προγράμματος Palisade @Risk

Για τη δημιουργία του χρονοδιαγράμματος στο Microsoft Project είναι αναγκαία η χρήση των εκτιμήσεων που αναλύονται στις παραδοχές της αναγνώρισης κινδύνων. Κατά τη δημιουργία του χρονοδιαγράμματος εισάγονται στο πρόγραμμα οι ομάδες εργασιών, η χρονική τοποθέτησή τους, η ελάχιστη εκτιμώμενη διάρκεια σε εργάσιμες ημέρες, η ημερομηνία παράδοσης του έργου (Deadline) καθώς και οι περιορισμοί που παρουσιάζονται για τον προγραμματισμό των ομάδων εργασιών σε περίπτωση καθυστέρησης των εργασιών. Επιπλέον γίνεται εισαγωγή του κόστους ανά ομάδα εργασίας σύμφωνα με την ελάχιστη εκτίμηση.

Την εισαγωγή των χαρακτηριστικών του έργου στο Microsoft Project ακολουθεί η εισαγωγή του χρονοδιαγράμματος στο Microsoft Excel. Με τη χρήση του Palisade @Risk η εισαγωγή πραγματοποιείται συνδέοντας το λογιστικό βιβλίο της ποσοτικής ανάλυσης με το αρχείο του χρονοδιαγράμματος στο Microsoft Project. Η διαδικασία αυτή έχει ως σκοπό να καταστήσει δυνατή τη δυναμική αλληλεπίδραση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης για τον επανυπολογισμό της συνολικής διάρκειας του έργου. Τέλος, στα στοιχεία κόστους προστίθενται τα επιπλέον κόστη του έργου, όπως αυτά φαίνονται στον προϋπολογισμό (ΦΠΑ, Απρόβλεπτα κλπ.).

#### 4.7.4.2 Δημιουργία μητρώου κινδύνων στο Microsoft Excel με χρήση του πρόσθετου προγράμματος Palisade @Risk

Κατά τη δημιουργία του μητρώου κινδύνου εισάγονται οι κίνδυνοι που καταγράφηκαν κατά τη διαδικασία της αναγνώρισης κινδύνων. Έπειτα υπολογίζεται η πιθανότητα εμφάνισης κάθε κινδύνου σε μια ομάδα εργασίας, χρησιμοποιώντας τη **Σχέση 4.1**.

Μετά τον υπολογισμό της πιθανότητας δημιουργούνται οι πίνακες επιπτώσεων κόστους και χρόνου. Για τη δημιουργία των πινάκων γίνεται εκτίμηση των επιπτώσεων των κινδύνων ανά ομάδα εργασίας και βάσει των διαστημάτων της κλίμακας επιπέδων επίπτωσης εισάγονται οι τιμές για την ελάχιστη, την πιθανότερη και τη μέγιστη επίπτωση κάθε κινδύνου σε κάθε ομάδα εργασιών.

Για να καταστεί δυνατή η προσομοίωση των κινδύνων βάσει του μητρώου, εισάγονται μέσω του λογισμικού @Risk οι συναρτήσεις αβεβαιότητας για την πιθανότητα εμφάνισης και τις συνέπειες κάθε κινδύνου. Για τους αμιγείς κινδύνους η συνάρτηση πιθανότητας βασίζεται στην κατανομή Bernoulli και οι συναρτήσεις επιπτώσεων στην κατανομή Pert με χρήση των τιμών ελάχιστης, πιθανότερης και μέγιστης επίπτωσης ενώ για την εισαγωγή των αποτελεσμάτων στις συνολικές επιπτώσεις των κινδύνων χρησιμοποιείται το γινόμενο της προσομοίωσης πιθανότητας με αυτό της επίπτωσης. Έτσι εάν ο κίνδυνος πραγματοποιούταν σε μια επανάληψη της προσομοίωσης το αποτέλεσμα της Bernoulli θα ήταν 1 και της Pert ο βαθμός της επίπτωσης άρα το γινόμενο ισούται με την επίπτωση και προστίθεται στο σύνολο των επιπτώσεων για τη συγκεκριμένη ομάδα εργασίας. Αντίθετα, εάν ο κίνδυνος δεν πραγματοποιούταν σε μια επανάληψη τότε το αποτέλεσμα της Bernoulli ήταν 0 και άρα το γινόμενο των δυο συναρτήσεων ήταν 0 και δεν υπήρχε αύξηση στο σύνολο των επιπτώσεων της ομάδας εργασίας.

Για τους κινδύνους εγγενούς αβεβαιότητας δε χρησιμοποιείται συνάρτηση πιθανότητας για να καθορίσει την εμφάνιση ή όχι του κινδύνου. Αντίθετα η πιθανότητα εμφάνισης ενσωματώνεται στις συναρτήσεις επιπτώσεων. Για να καταστεί δυνατό αυτό, είναι αναγκαίος ο σχεδιασμός των καμπυλών αθροιστικής συχνότητας των επιπτώσεων με την πιθανότητα εμφάνισης να αντιπροσωπεύει την πιθανότητα η επίπτωση να ξεπεράσει την τιμή που έχει τεθεί ως ελάχιστη στον πίνακα επιπτώσεων. Μετά το σχεδιασμό της καμπύλης αθροιστικής συχνότητας γίνεται χρήση της επιλογής αναγνώρισης κατανομής (distribution fitting- ελεύθερη μετάφραση) ώστε να αναγνωριστούν οι κατάλληλες κατανομές οι οποίες καλύπτουν τις παραμέτρους που τέθηκαν κατά το σχεδιασμό των καμπυλών.

Μετά τον καθορισμό των κατανομών και των συναρτήσεων του μητρώου κινδύνων δημιουργείται ο πίνακας συνολικών επιπτώσεων ανά ομάδα εργασίας όσον αφορά στο κόστος και το χρόνο υλοποίησης, όπου συγκεντρώνονται οι επιπτώσεις από όλους τους κινδύνους σε μια μεμονωμένη επανάληψη της προσομοίωσης. Τέλος γίνεται σύνδεση των παραπάνω αποτελεσμάτων με το χρονοδιάγραμμα και τον πίνακα συνολικού κόστους του έργου για να καταστεί δυνατή η χρήση των αποτελεσμάτων στον υπολογισμό του συνολικού κόστους του έργου βάσει των επιπτώσεων των κινδύνων σε κάθε επανάληψη της προσομοίωσης καθώς και ο επανυπολογισμός του χρόνου υλοποίησης για κάθε επανάληψη από το Microsoft Project.

#### *4.7.4.3 Δημιουργία μήτρας συσχετίσεων στο Microsoft Excel Με χρήση του πρόσθετου προγράμματος Palisade @Risk*

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αναγνώρισης κινδύνων δημιουργείται διάγραμμα που απεικονίζει τις επιρροές μεταξύ των κινδύνων. Για την επίτευξη ρεαλιστικών προσομοιώσεων των κινδύνων δημιουργείται, με χρήση του αντίστοιχου εργαλείου στο λογισμικό @Risk, μήτρα συσχετίσεων κινδύνων που απεικονίζει τις επιρροές μεταξύ της εμφάνισης ενός κινδύνου και την επιρροή που ασκεί αυτή στην εμφάνιση άλλων κινδύνων στο έργο. Για την αποτύπωση του βαθμού επιρροής με σκοπό τη χρήση του στην προσομοίωση των κινδύνων δίνονται τιμές συσχέτισης από το 0 έως το 1 με 0=μηδενική συσχέτιση και 1= απόλυτη συσχέτιση.

#### *4.7.5 Πραγματοποίηση προσομοίωσης κινδύνων έργου*

Μετά τη δημιουργία του μοντέλου κινδύνων πραγματοποιείται, χρησιμοποιώντας το @Risk, η προσομοίωση των κινδύνων. Για τον προσδιορισμό των απαιτούμενων επαναλήψεων χρησιμοποιείται η αυτόματη επιλογή του προγράμματος, όπου υπολογίζονται οι απαιτούμενες επαναλήψεις για το συγκεκριμένο μοντέλο, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση για επίπεδο εμπιστοσύνης 99% και ανοχή σύγκλισης 1% με κριτήριο τη μέση τιμή. Για παράδειγμα, βάσει των κριτηρίων που τέθηκαν στην μελέτη περίπτωσης του κεφαλαίου 5, πραγματοποιήθηκε 1 προσομοίωση με 50.000 επαναλήψεις.

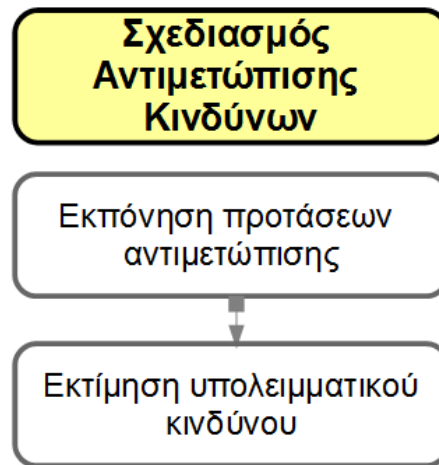
#### *4.7.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης.*

Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων προσομοίωσης προκύπτουν με χρήση του @Risk διαγράμματα πυκνότητας πιθανότητας, αθροιστικής κατανομής πιθανότητας, ενώ επίσης πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας και δημιουργείται διάγραμμα tornado. Έπειτα βάσει των διαγραμμάτων αλλά και των στατιστικών στοιχείων που

παρουσιάζουν, ο μελετητής εξάγει συμπεράσματα σχετικά με τον συνολικό κίνδυνο του έργου, αλλά και το βαθμό επιρροής κάθε κινδύνου στο συνολικό αποτέλεσμα του έργου. Βάσει των συμπερασμάτων που εξήχθησαν γίνεται ιεράρχηση των κινδύνων, βάσει βαθμού επιρροής. Τέλος, συγκρίνονται τα αποτελέσματα της ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης για να εξακριβωθούν τυχόν αστοχίες.

#### 4.8 Μεθοδολογία σχεδιασμού αντιμετώπισης κινδύνων

##### Διάγραμμα 4.5 Μεθοδολογία σχεδιασμού αντιμετώπισης κινδύνων



Ιδία επεξεργασία

##### 4.8.1 Εκπόνηση προτάσεων αντιμετώπισης

Κατά το σχεδιασμό αντιμετώπισης κινδύνων εκπονούνται προτάσεις για την αντιμετώπιση κινδύνων. Για την εκπόνηση στρατηγικών αντιμετώπισης λαμβάνονται υπ' όψη τα παρακάτω:

- Τα αποτελέσματα της ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης.
- Η φύση του κινδύνου.
- Οι παράγοντες που επηρεάζουν την εμφάνιση και την ένταση των επιπτώσεων του κινδύνου.
- Η δυνατότητα του αναδόχου να επηρεάσει τους παραπάνω παράγοντες.
- Οι συσχετίσεις μεταξύ κινδύνων.
- Οι διαθέσιμες στρατηγικές.

Στην ανάλυση κάθε προτεινόμενης στρατηγικής κινδύνου περιλαμβάνονται τα παρακάτω:

- Κατηγορία στρατηγικής: σε ποια κατηγορία ανήκει η στρατηγική (αποφυγή, μεταφορά ελαχιστοποίηση αποδοχή).
- Περιγραφή στρατηγικής: αναλυτική περιγραφή της στρατηγικής και των προτεινόμενων ενεργειών.

#### *4.8.2 Εκτίμηση υπολειμματικού κινδύνου*

Μετά την παράθεση των στρατηγικών αντιμετώπισης γίνεται εκτίμηση του υπολειμματικού κινδύνου, του κινδύνου δηλαδή που παραμένει μετά την εφαρμογή των στρατηγικών. Ο υπολειμματικός κίνδυνος αντικατοπτρίζει την αναμενόμενη αποτελεσματικότητα των στρατηγικών αντιμετώπισης κινδύνων.

#### *4.9 Προσομοίωση υπολειμματικού κινδύνου*

Η προσομοίωση υπολειμματικού κινδύνου αφορά σε επανάληψη της προσομοίωσης της ποσοτικής ανάλυσης χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που προέκυψαν στην εκτίμηση υπολειμματικού κινδύνου. Η προσομοίωση απαιτείται να γίνει υπό πανομοιότυπες συνθήκες με την προσομοίωση της ποσοτικής ανάλυσης (μέθοδος δειγματοληψίας, μοντέλο κινδύνων, αριθμός επαναλήψεων) ενώ μετά την ολοκλήρωση της προσομοίωσης η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αποτελέσματα της ποιοτικής ανάλυσης καθιστά δυνατή την αξιολόγηση της επίπτωσης των στρατηγικών αντιμετώπισης στο συνολικό κίνδυνο του έργου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

## ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

*5.1 Περιγραφή Έργου*

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας που αναλύεται στο κεφάλαιο 4. Για την παρούσα μελέτη περίπτωσης επιλέχθηκε το έργο «Συντήρηση εθνικού και επαρχιακού δικτύου Κεντρικής Ευβοίας», που αφορά στην αποκατάσταση διαπιστωμένων βλαβών και φθορών κατά μήκος του δικτύου και γενική συντήρηση του. Ειδικότερα, για την υλοποίηση του έργου προβλέπεται

- Άρση Καταπτώσεων.
- Καθαρισμός Τάφρων.
- Αποκατάσταση βλαβών στα οδοστρώματα.
- Ανακατασκευή οδοστρωσίας.
- Επούλωση λάκκων.
- Τοποθέτηση τμημάτων ασφαλικής στρώσης κυκλοφορίας
- Τοποθέτηση κατακόρυφης και οριζόντιας σήμανσης στα τμήματα όπου έχουν καταγραφεί βλάβες.

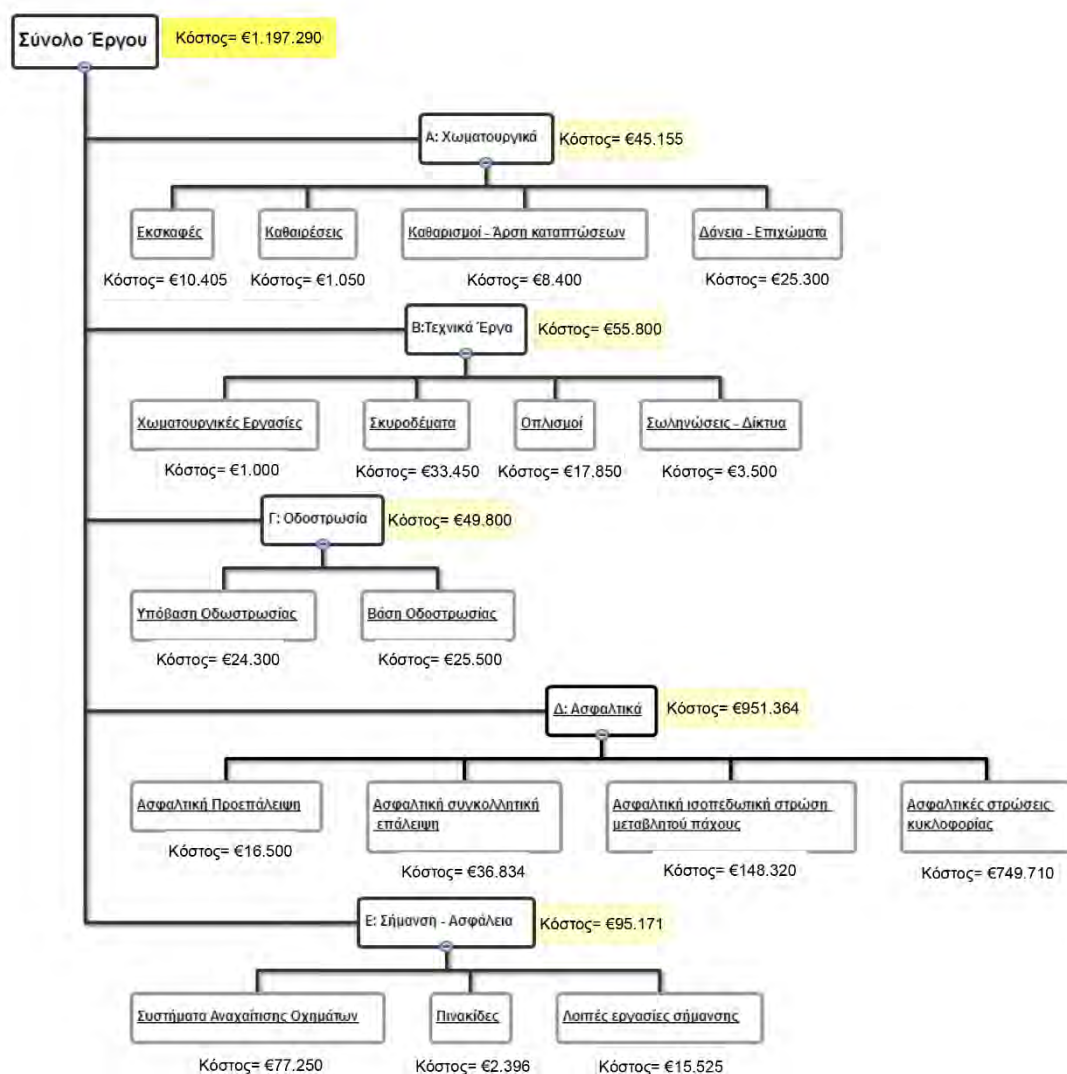
Ο προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 2.000.000 ευρώ και περιλαμβάνει χωματοργικές εργασίες, καθώς επίσης τεχνικές, ασφαλικές, οδοστρωσίας και σήμανσης σε διάφορες χιλιομετρικές θέσεις κάθε οδού. Οι προαναφερθείσες εργασίες έχουν σκοπό αποκλειστικά την αποκατάσταση των βλαβών και των φθορών που έχουν αναγνωριστεί και δεν αφορούν εργασίες με σκοπό τη διαπλάτυνση τμημάτων του δικτύου ή αλλαγής των χαρακτηριστικών του. Για το λόγο αυτό δεν αναμένεται επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Η χρηματοδότηση του έργου θα γίνει από πιστώσεις ΣΑΕΠ 566.

Η αποπεράτωση του έργου πρέπει να πραγματοποιηθεί εντός 12 μηνών, ενώ ο ανάδοχος του έργου αναλαμβάνει τη συντήρηση του έργου για 15 μήνες από την βεβαιωμένη περαίωση του έργου. Η ημερομηνία δημοπράτησης του έργου είναι η **31<sup>η</sup> Μαΐου 2016**. Όσον αφορά στην υλοποίηση του έργου τίθενται δύο αποκλειστικές τμηματικές προθεσμίες:

- 1) Η αποτύπωση του φυσικού εδάφους πρέπει να έχει ολοκληρωθεί εντός ενός μηνός από την υπογραφή της σύμβασης.

- 2) Ο ανάδοχος πρέπει εντός τριών μηνών από την υπογραφή της σύμβασης να έχει πραγματοποιήσει πλήρη έλεγχο της τεχνικής μελέτης και των συμβατικών τευχών και να έχει υποβάλει προτάσεις, εφόσον κρίνεται αναγκαίο.

### Διάγραμμα 5.1 Διάρθρωση εργασιών



Πηγή: [www.diafaniasterea.gr](http://www.diafaniasterea.gr), ίδια επεξεργασία

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| <b>Άθροισμα Δαπάνης Εργασιών</b> | <b>1.197.290,00</b> |
| Γ.Ε και Ο.Ε. 18%                 | 215.512,20          |
| <b>Άθροισμα δαπάνης εργασιών</b> | <b>1.412.802,20</b> |
| Απόβλεπτα 15%                    | 211.920,33          |
| <b>Άθροισμα</b>                  | <b>1.624.722,53</b> |
| Απολογιστικά                     | 0,00                |
| Αναθεώρηση                       | 1.293,73            |
| <b>Άθροισμα</b>                  | <b>1.626.016,26</b> |
| ΦΠΑ 23%                          | 373.983,74          |
| <b>Συνολική Αξία έργου</b>       | <b>2.000.000,00</b> |

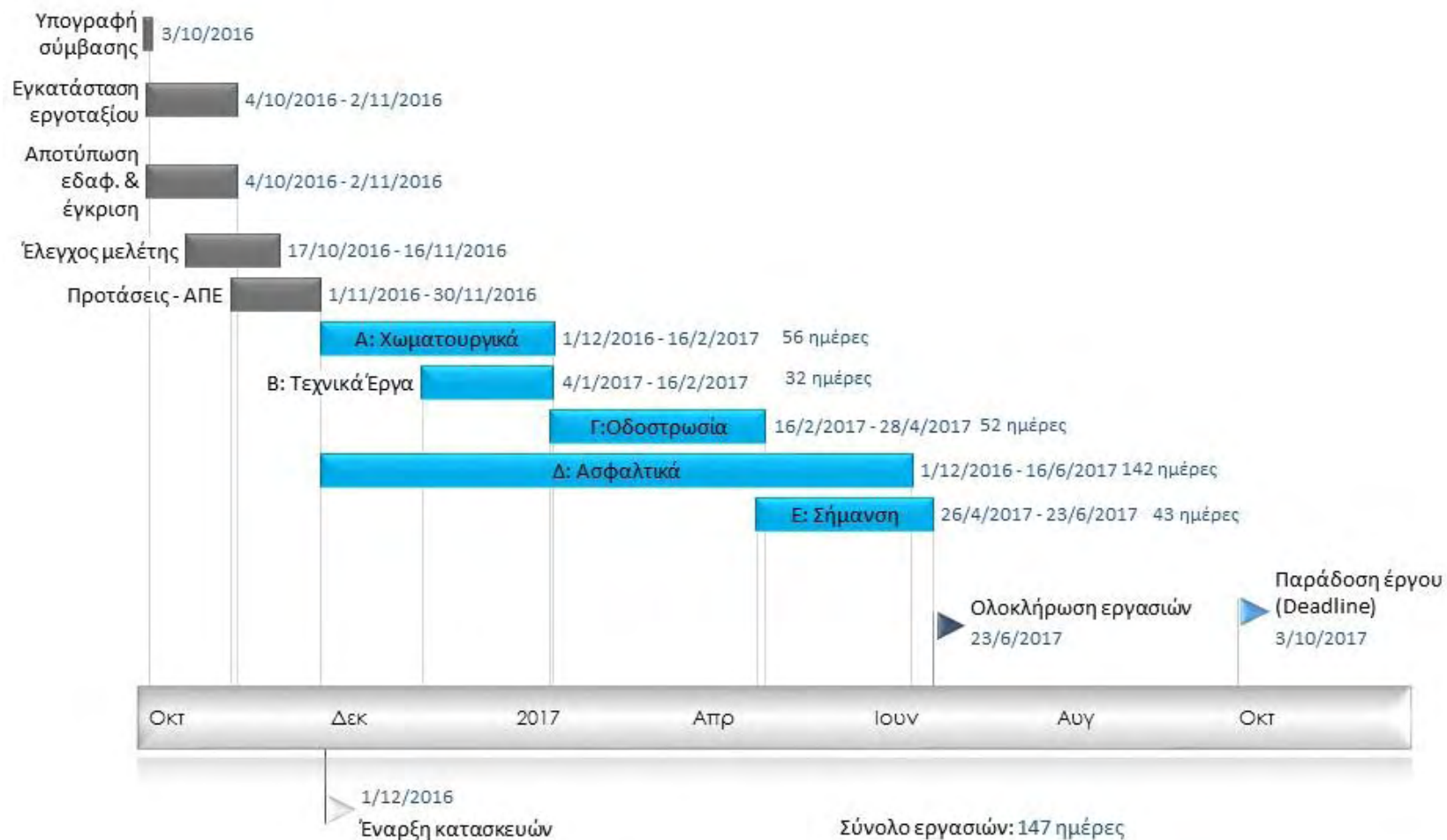
## 5.2 Αναγνώριση Κινδύνων

### 5.2.1 Ανάλυση παραδοχών

Για την κατά το δυνατόν ρεαλιστική αναγνώριση και ανάλυση κινδύνου του έργου τέθηκαν οι εξής παραδοχές:

- 1) Ο ανάδοχος είναι μια εργοληπτική εταιρία και όχι αποτέλεσμα κοινοπραξίας.
- 2) Η εταιρία διαθέτει στο έργο μηχανολογικό εξοπλισμό.
- 3) Ως ημερομηνία υπογραφής της σύμβασης ορίζεται η Δευτέρα 3<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2016.
- 4) Ο ανάδοχος ακολουθεί πλήρως τις οδηγίες των τευχών δημοπράτησης ενώ καλύπτονται πλήρως οι κανόνες ασφαλείας που αναφέρονται στο Σχέδιο και Φάκελο Ασφαλείας Υγείας (Σ.Α.Υ. – Φ.Α.Υ.)
- 5) Για τις ανάγκες της διαχείρισης κινδύνων δημιουργήθηκε ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου (Διάγραμμα 5.2).
- 6) Η ελάχιστη προσφορά ορίζεται στο 1.200.000 € (40% έκπτωση)

**Διάγραμμα 5.2 Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου**



Ιδία επεξεργασία



### 5.2.2 Ανάλυση SWOT

Στον πίνακα 5.1 παρατίθεται ανάλυση SWOT που εκπονήθηκε μετά από μελέτη των εγγράφων του έργου

**Πίνακας 5.1 Ανάλυση SWOT έργου.**

| <b>Δυνατά σημεία (Strengths)</b>  | <b>Αδύνατα σημεία (Weaknesses)</b>   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Χαμηλή πολυπλοκότητα του έργου λόγω της φύσης του (συντήρηση)</li> <li>Η περίοδος υλοποίησης είναι ευνοϊκή (Οι εργασίες των ασφαλικών τοποθετούνται κυρίως σε εαρινή περίοδο)</li> <li>Τα έξοδα που προκύπτουν από τη μεταβολή στις ποσότητες εργασιών καλύπτονται από την υπηρεσία</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Σταθερές τιμές μονάδων, ανεξάρτητες των αποστάσεων πηγών υλικών, των τιμών και της φορολογίας των υλικών</li> <li>Υποχρέωση Αναδόχου σε δωρεάν συντήρηση του έργου για 15 μήνες από την ολοκλήρωση</li> <li>Το μεγαλύτερο ποσοστό του κόστους εντοπίζεται στην ομάδα ασφαλικών (79%)</li> </ul>             |
| <b>Ευκαιρίες (Opportunities)</b>  | <b>Απειλές (Threats)</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Χαμηλές τιμές πετρελαίου</li> <li>Υψηλή προσφορά εργασίας στην αγορά</li> <li>Χαμηλές τιμές ημερομισθίων σε σχέση με τα προηγούμενα έτη</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Πιθανή αύξηση της φορολογίας του πετρελαίου θα έχει μεγάλο αντίκτυπο στο κόστος του έργου.</li> <li>Η ασταθής οικονομική κατάσταση της χώρας δημιουργεί ενδεχόμενο καθυστέρησης πληρωμών</li> <li>Η δυσμενής κατάσταση του κλάδου των κατασκευών δημιουργεί πιθανότητα έλλειψης προσφοράς υλικών</li> </ul> |

Ιδία επεξεργασία

### 5.2.3 Χρήση Προκαταρκτικής Λίστας Παραγόντων Κινδύνων

Για την αναγνώριση των κινδύνων του έργου χρησιμοποιήθηκε ως σημείο εκκίνησης προκαταρκτική λίστα παραγόντων που οδηγούν σε μεταβολή κόστους και χρόνου υλοποίησης, καθώς επίσης και παραγόντων που επηρεάζουν την επίτευξη των ποιοτικών στόχων του έργου. Η λίστα βασίστηκε στα αποτελέσματα βιβλιογραφικής έρευνας του Larsen (2015) σχετικά με τους παραπάνω παράγοντες αβεβαιότητας των έργων οδοποιίας.

**Εξωτερικοί Παράγοντες**

|   |                                   |   |                                  |
|---|-----------------------------------|---|----------------------------------|
| 1 | Καθυστερήσεις από άλλες Υπηρεσίες | 2 | Μη αναμενόμενη κατάσταση εδάφους |
| 3 | Κατάσταση αγοράς                  | 4 | Κατάσταση Έργου                  |
| 5 | Καιρικές Συνθήκες                 |   |                                  |

**Θέματα Συμβολαίου**

|    |   |   |   |
|----|---|---|---|
| 6  | Κριτήρια επίλογων και ανάθεσης                              | 7 | Λάθη ή ασυνέχειες στα έγγραφα του έργου |
| 8  | Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου       | 9 | Έλλειψη δομής ή υλικού του έργου        |
| 10 | Απρόβλεπτες απαιτήσεις ή περιορισμοί σχετικά με την εξουσία |   |   |

**Διαχείριση έργου**

|    |                                |    |   |
|----|--------------------------------|----|---|
| 11 | Κακή συνεννόηση μεταξύ εταίρων | 12 | Διαφωνίες και συγκρούσεις μεταξύ εταίρων        |
| 13 | Καθυστερήση στη λήψη αποφάσεων | 14 | Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου    |
| 15 | Έλλειψη εργοταξίαρχη           | 16 | Έλλειψη εμπειρίας από τους συμβούλους του έργου |

**Αλλαγές στο έργο**

|    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| 17 | Σφάλματα ή παραλείψεις στις κατασκευαστικές εργασίες | 18 | Σφάλματα ή παραλείψεις στο συμβουλευτικό υλικό                             |
| 19 | Έλλειψη αναγνώρισης αναγκών                          | 20 | Έλλειψη προκαταρκτικής εξέτασης πριν από το σχεδιασμό ή υποβολής προσφορών |
| 21 | Καθυστερημένες αλλαγές που επηρεάζουν το έργο        |    |  |

**Χρηματοδότηση και Προγραμματισμός**

|    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| 22 | Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας | 23 | πολιτική έμφαση στην μείωση του κόστους ή του χρόνου του έργου |
| 24 | Μη καθορισμένη ή έλλειψη χρηματοδότησης του έργου          | 25 | Μη καθορισμένη ή έλλειψη ύπαρξης σχεδιασμού του έργου          |
| 26 | Πολυπλοκότητα ή Μέγεθος έργου                              |    |  |

Πηγή: Larsen (2015), Ιδία επεξεργασία

#### 5.2.4 Εξέταση των παραγόντων κινδύνου σε σχέση με το έργο

Παρακάτω αναλύονται οι παράγοντες κινδύνου της λίστας του Larsen (2015) ως το κατά πόσο επηρεάζουν τον ανάδοχο του υπό μελέτη έργου. Σε περίπτωση που η περιγραφή του παράγοντα είναι πολύ γενική προστίθεται η περιγραφή του κινδύνου με τη μορφή που μπορεί να εμφανιστεί στο συγκεκριμένο έργο, όπως, για παράδειγμα, ο κίνδυνος της καθυστέρησης εγκρίσεων πηγών υλικών, ο οποίος προκύπτει από τον παράγοντα «καθυστερήσεις από άλλες υπηρεσίες.

#### Εξωτερικοί Παράγοντες

- **Καθυστερήσεις από άλλες υπηρεσίες.** Η καθυστέρηση από άλλες υπηρεσίες αφορά, κυρίως σε καθυστέρηση λήψης αδειών. Στο παρόν έργο, ο κίνδυνος εντοπίζεται κυρίως στην έγκριση των πηγών **υλικών δανείων**, καθώς και των **υλικών οδοστρωσίας και ασφαλτικών**.

**Κίνδυνοι:** Καθυστερήση έγκρισης υλικών δανείων, καθυστέρηση έγκρισης υλικών οδοστρωσίας, καθυστέρηση έγκρισης υλικών ασφαλτικών

**Επίπτωση:** Η καθυστέρηση της λήψης εγκρίσεων παρατείνει το συνολικό **χρόνο** υλοποίησης του έργου, επιμηκύνοντας τους χρόνους των ομάδων εργασιών «**Δάνεια – Επιχώματα**», «**Οδοστρωσία**» και «**Ασφαλτικά**» δημιουργώντας σταλίες, οι οποίες αυξάνουν επιπλέον το **κόστος** των παραπάνω ομάδων εργασιών.

**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη πηγών ποιοτικών υλικών πλησίον του έργου, γραφειοκρατία.

- **Μη αναμενόμενη κατάσταση εδάφους.** Η μη αναμενόμενη κατάσταση εδάφους, στο παρόν έργο αυξάνει τις ποσότητες εργασιών. Η αύξηση ποσοτήτων εργασιών δεν αποτελεί κίνδυνο για τον ανάδοχο του έργου καθώς γίνεται μετά από έγκριση της αρμόδιας υπηρεσίας και έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή του προϋπολογισμού.
- **Κατάσταση αγοράς.** Η επιρροή της αγοράς στο παρόν έργο αφορά κυρίως στα επίπεδα προσφοράς εργασίας και υλικών, καθώς και την επάρκεια αυτών.  
**Κίνδυνοι:** Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού, έλλειψη προσφοράς υλικών, υψηλές τιμές υλικών.  
**Επιπτώσεις.** Η διακύμανση της προσφοράς εργασίας και έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή των τιμών, οι οποίες επηρεάζουν το συνολικό **κόστος** του έργου ενώ σε περίπτωση ανεπάρκειας των παραπάνω επεκτείνεται και ο **χρόνος** υλοποίησης του έργου.  
**Παράμετροι επιρροής:** Ύπαρξη προσφοράς εργασίας, ύπαρξη κατάλληλων πηγών υλικών πλησίον του έργου, διακυμάνσεις στην αγορά υλικών, μεταβολές στη φορολογία υλικών.

- **Κατάσταση Έργου:** Η κατάσταση του έργου στο συγκεκριμένο έργο ταυτίζεται με τη μη αναμενόμενη κατάσταση εδάφους και άρα δεν επηρεάζει τον ανάδοχο.
- **Καιρικές Συνθήκες.** Όσον αφορά στις καιρικές συνθήκες, μεγαλύτερη επιρροή στην υλοποίηση του έργου έχει η παρουσία βροχοπτώσεων, η οποία επηρεάζει κυρίως την ομάδα εργασίας «**Ασφαλτικά**», καθώς τις ημέρες με βροχόπτωση αναβάλλονται οι εργασίες ασφαλτικών.  
**Κίνδυνος:** Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων.  
**Επίπτωση:** Η παρουσία βροχοπτώσεων επηρεάζει αρνητικά το **χρόνο και το κόστος** υλοποίησης του έργου.  
**Παράμετροι επιρροής:** Ποσοστό βροχοπτώσεων τους μήνες που τελούνται ασφαλτικές εργασίες, εποχή κατά την οποία πραγματοποιούνται οι ασφαλτικές εργασίες σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα του έργου.

### Θέματα Συμβολαίου

- **Κριτήρια επιλογών και ανάθεσης του έργου.** Ο συγκεκριμένος παράγοντας επηρεάζει κυρίως τον ιδιοκτήτη του έργου και δε θεωρείται κίνδυνος από τη σκοπιά του αναδόχου.
- **Λάθη ή ασυνέχειες στα έγγραφα του έργου.** Δεν παρατηρούνται λάθη ή ασυνέχειες στα έγγραφα του παρόντος έργου.
- **Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου.**  
 Η έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων αφορά σε ανακρίβειες και απουσία στοιχείων όσον αφορά στα ζητούμενα του έργου.  
**Επίπτωση:** Η έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου δημιουργεί καθυστερήσεις λόγω επιπλέον εγκρίσεων που θα απαιτηθούν όταν αναγνωριστούν οι ελλείψεις αυτές, με αποτέλεσμα την επέκταση του **χρόνου** υλοποίησης του έργου.  
**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη εμπειρίας από την ομάδα σχεδιασμού του έργου, αλλαγές στο σκοπό ή το σχεδιασμό του έργου, ελλιπής προκαταρκτική εξέταση πριν την υποβολή προσφοράς.
- **Έλλειψη δομής ή υλικού του έργου.** Η έλλειψη δομής αφορά στην έλλειψη δομής του έργου όσον αφορά στην παροχή των απαραίτητων πληροφοριών για το έργο, όπως η θέση, ο σχεδιασμός κλπ.  
**Επιπτώσεις:** Η έλλειψη δομής ή υλικού του έργου έχει μεγάλη επίπτωση στο **χρόνο** υλοποίησης καθώς καθιστά αναγκαίες τις αναθεωρήσεις των εγγράφων. Σε περίπτωση που οι ελλείψεις διαπιστωθούν κατά τη διάρκεια της υλοποίησης τότε εκτός από το χρόνο επιβαρύνεται και το **κόστος** καθώς εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί μπορεί να μην καλύπτουν τις ανάγκες του έργου και να χρειαστούν διορθωτικές εργασίες.  
**Παράμετροι επιρροής:** Ελλιπής σχεδιασμός του έργου, Ελλιπής προκαταρκτική εξέταση πριν την υποβολή προσφοράς.

- **Απρόβλεπτες απαιτήσεις ή περιορισμοί σχετικά με την εξουσία.** Ο συγκεκριμένος παράγοντας αφορά σε περιορισμούς που μπορούν να παρουσιαστούν από δημόσιους φορείς οι οποίοι δεν έχουν προβλεφθεί νωρίτερα. Στο παρόν έργο αφορά κυρίως στην πιθανότητα ανεύρεσης αρχαιοτήτων στην περιοχή εκτέλεσης του έργου.  
**Κίνδυνος:** Ανεύρεση αρχαιοτήτων στη περιοχή του έργου.  
**Επιπτώσεις:** Σε περίπτωση ανεύρεσης αρχαιοτήτων, επηρεάζεται ιδιαίτερα ο **χρόνος** υλοποίησης του έργου καθώς διακόπτονται οι εργασίες και μεταφέρεται ο εξοπλισμός έως ότου εκτελεστούν οι έρευνες και απομακρυνθούν οι αρχαιότητες.  
**Παράμετροι επιρροής:** Τυχαιότητα, ικανότητα του ανάδοχου για γρήγορη απομάκρυνση εξοπλισμού.

### Παράγοντες σχετικοί με τη διαχείριση έργου

- **Κακή συνεννόηση μεταξύ εταίρων.** Αφορά σε αδυναμία επίτευξης αποτελεσματικής επικοινωνίας και κοινής οπτικής σε σχέση με το έργο.  
**Επιπτώσεις.** Η κακή συνεννόηση μεταξύ εταίρων μπορεί να δημιουργήσει μη επιθυμητά αποτελέσματα στο έργο, δημιουργώντας ανάγκη επανάληψης εργασιών, επηρεάζοντας το **χρόνο υλοποίησης** και το **κόστος** του έργου.  
**Παράμετροι επιρροής:** Κακή οργάνωση, έλλειψη εμπειρίας, απουσία προηγούμενης συνεργασίας.
- **Διαφωνίες και συγκρούσεις μεταξύ των εταίρων.** Αφορά σε διαφωνίες σχετικά με την υλοποίηση του έργου, την κατανομή του εργατικού δυναμικού, τον προγραμματισμό των εργασιών κλπ.  
**Επιπτώσεις:** Οι διαφωνίες μεταξύ εταίρων μπορούν να δημιουργήσουν αρνητικό κλίμα και συγχύσεις στο εργατικό δυναμικό, καθώς επίσης και καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων με αρνητικές συνέπειες στο **χρόνο** υλοποίησης του έργου.  
**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη εμπειρίας, ελλιπής σχεδιασμός του έργου, κακή συνεννόηση μεταξύ των εταίρων, διαφορετικές οπτικές αντιμετώπισης των προβλημάτων του έργου.
- **Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων.** Η καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων αφορά σε θέματα προγραμματισμού, κατανομής εργατικού δυναμικού και τεχνοτροπίας.  
**Επιπτώσεις:** Καθυστέρηση κυρίως των πρώτων ομάδων εργασιών του έργου, με δυσμενείς επιπτώσεις στο **χρόνο** υλοποίησης.  
**Παράμετροι επιρροής:** Διαφωνίες και συγκρούσεις εταίρων, διαφωνίες με το σύμβουλο της υπηρεσίας, ελλιπής σχεδιασμός του έργου, έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου.
- **Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου.** Η μεταβολή των εταίρων αφορά στην είσοδο ενός εταίρου στο έργο ή στην

αποχώρηση του από αυτό.

**Κίνδυνοι/ ευκαιρίες:** Αποχώρηση εταίρου, είσοδος εταίρου.

**Επιπτώσεις:** Οι επιπτώσεις της μεταβολής των εταίρων αφορούν στο **χρόνο** υλοποίησης του έργου και μπορεί να είναι θετικές, στην περίπτωση εισόδου νέου εταίρου στο έργο ή αρνητικές σε περίπτωση αποχώρησης εταίρου από το έργο.

**Παράμετροι επιρροής:** Διαφωνίες και συγκρούσεις μεταξύ εταίρων, Υπεραιοδοξία εκτιμήσεων χρόνου.

- **Έλλειψη εμπειρίας εργοταξίαρχη.** Η επιλογή κατάλληλου εργοταξίαρχη επηρεάζει ιδιαίτερα την ομαλή υλοποίηση του έργου, δεδομένων των ευθυνών που αναλαμβάνει στην υλοποίηση έργου οδοποιίας.

**Επιπτώσεις.** Η έλλειψη εμπειρίας από τον εργοταξίαρχη μπορεί να οδηγήσει σε πιθανά σφάλματα στις εργασίες με αποτέλεσμα την αύξηση του **κόστους** και του **χρόνου υλοποίησης** του έργου λόγω ανάγκης επιδιορθώσεων ή επανάληψης των εργασιών, καθώς και σε γενικότερη καθυστέρηση της προόδου του έργου.

**Παράμετροι επιρροής:** Βιαστική πρόσληψη εργοταξίαρχη, έλλειψη ατόμων με εμπειρία στην αγορά.

- **Έλλειψη εμπειρίας από τους συμβούλους του έργου.** Οι σύμβουλοι του έργου μπορεί να προέρχονται από την υπηρεσία ή να έχουν προσληφθεί από τον ανάδοχο.

**Επιπτώσεις:** Στην περίπτωση έλλειψης εμπειρίας από τον σύμβουλο που παρέχει η υπηρεσία, η επίπτωση είναι η αύξηση του **χρόνου** υλοποίησης του έργου λόγω διαμαχών με τον ανάδοχο, ενώ στην περίπτωση έλλειψης εμπειρίας από σύμβουλο που έχει προσλάβει ο ανάδοχος, επίπτωση είναι η πιθανή αύξηση του **κόστους** λόγω άστοχων προτάσεων που οδηγούν σε λανθασμένες εργασίες.

**Παράμετροι επιρροής:** Βιαστική πρόσληψη συμβούλου αναδόχου, Τυχαιότητα (για το σύμβολο υπηρεσίας).

#### **Παράγοντες που σχετίζονται με αλλαγές στο έργο**

- **Σφάλματα ή παραλείψεις στις κατασκευαστικές εργασίες.** Στο συγκεκριμένο έργο η ύπαρξη παραλείψεων στις κατασκευαστικές εργασίες επηρεάζει κυρίως τις τρεις πρώτες ομάδες εργασιών, «Χωματοουργικά», «Τεχνικά Έργα» και «Οδοστρωσία» καθώς αυτές οι ομάδες παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη δυσκολία και πολυπλοκότητα.

**Επιπτώσεις:** Η ύπαρξη σφαλμάτων ή παραλείψεων επηρεάζει την **ποιότητα** των εργασιών, με αποτέλεσμα την ανάγκη επανάληψης τους, η οποία ανεβάζει το **κόστος** και το **χρόνο** υλοποίησης του έργου.

**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη εμπειρίας από τον εργοταξίαρχη

και τους μηχανικούς, κακή συνεργασία μεταξύ εταίρων, πολυπλοκότητα και μέγεθος έργου, υπεραισιοδοξία εκτιμήσεων, έλλειψη γνώσεων του εργατικού προσωπικού, επαγγελματική ανεπάρκεια υπεργολάβων, έλλειψη εμπειρίας των συμβούλων του έργου.

- **Σφάλματα ή παραλείψεις στο συμβουλευτικό υλικό.** Ταυτίζεται με την έλλειψη εμπειρίας των συμβούλων του έργου.
- **Έλλειψη αναγνώρισης αναγκών.** Η έλλειψη αναγνώρισης αναγκών του έργου αφορά σε αστοχία προσδιορισμού των αναγκών του σε χρόνο, χρηματικούς πόρους, εργατικό δυναμικό εξοπλισμό κλπ.

**Επιπτώσεις:** Η έλλειψη αναγνώρισης των αναγκών του έργου οδηγεί σε αύξηση του **κόστους** και του έργου, καθώς ο ανάδοχος αναγκάζεται να υλοποιήσει το έργο σύμφωνα με την πρόταση που έχει καταθέσει, συμπιέζοντας το ποσοστό κέρδους του. Επιπλέον οι επιπλέον ανάγκες του έργου δημιουργούν επέκταση του **χρόνου** υλοποίησης, με κίνδυνο την υπέρβαση του χρονικού ορίου υλοποίησης του έργου.

**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου, έλλειψη εμπειρίας του αναδόχου και των συμβούλων του έργου, έλλειψη προκαταρκτικής εξέτασης πριν την υποβολή προσφοράς

- **Έλλειψη προκαταρκτικής εξέτασης πριν από το σχεδιασμό ή την υποβολή προσφορών.**

Αφορά στην έλλειψη εκτενούς εξέτασης των χαρακτηριστικών και αναγκών του έργου πριν την υποβολή της προσφοράς.

**Επιπτώσεις:** Η έλλειψη προκαταρκτικής εξέτασης δημιουργεί λανθασμένες εντυπώσεις σχετικά με τις ανάγκες του έργου, με αποτέλεσμα την αδυναμία του αναδόχου να εκτελέσει το έργο στο συμφωνημένο **χρόνο** και **κόστος**.

**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη εμπειρίας του αναδόχου και των συμβούλων, χρονική πίεση για την καταβολή της προσφοράς.

- **Καθυστερημένες αλλαγές που επηρεάζουν το έργο.** Οι καθυστερημένες αλλαγές που επηρεάζουν το έργο αφορούν σε αλλαγές των προδιαγραφών και των απαιτήσεων του έργου.

**Επιπτώσεις:** Οι καθυστερημένες αλλαγές δημιουργούν νέες ανάγκες και απαιτήσεις στο έργο, η συμμόρφωση στις οποίες απαιτεί αλλαγή στο πρόγραμμα υλοποίησης του έργου, δημιουργώντας καθυστερήσεις που μεταβάλλουν το **χρόνο** υλοποίησης του έργου.

**Παράμετροι επιρροής:** Ελλιπής σχεδιασμός του έργου, έλλειψη των απαραίτητων μελετών, απρόβλεπτες απαιτήσεις ή περιορισμοί σχετικά με την εξουσία (εύρεση αρχαίων).

### Χρηματοδότηση και προγραμματισμός

- **Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας.** Η υπεριοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους χρόνου και ποιότητας αφορά στην υποεκτίμηση του κόστους και του χρόνου υλοποίησης του έργου, ενώ η υπεριοδοξία στις εκτιμήσεις ποιότητας αφορά σε αδυναμία εκτίμησης της πολυπλοκότητας και της δυσκολίας των εργασιών του έργου.  
**Επιπτώσεις:** Η υπεριοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας του έργου οδηγεί σε λανθασμένες αποφάσεις, καθυστερήσεις στην ολοκλήρωση εργασιών, ανάγκη επιδιορθώσεων και επανάληψης εργασιών, καθώς και αδυναμία ολοκλήρωσης του έργου στο αναμενόμενο κόστος, είτε οδηγώντας τον ανάδοχο να συμπίεσει το ποσοστό κέρδους του, είτε να αναγκασθεί να ζημιωθεί οικονομικά. Έχει λοιπόν αρνητικές συνέπειες στο **χρόνο** και το **κόστος** υλοποίησης του έργου.  
**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη εμπειρίας αναδόχου και συμβούλου αναδόχου, έλλειψη προκαταρκτικής εξέτασης πριν την υποβολή πρότασης, ελλιπής γνώση της αγοράς, έλλειψη αναγνώρισης αναγκών, υψηλός ανταγωνισμός στην υποβολή προσφορών για την αναδοχή του έργου.
- **Πολιτική έμφαση στη μείωση του κόστους ή του χρόνου του έργου.** Ο κίνδυνος αφορά σε πιέσεις της τοπικής αυτοδιοίκησης για συντομότερη ολοκλήρωση του έργου.  
**Κίνδυνος:** Πολιτικές πιέσεις για ταχύτερη ολοκλήρωση του έργου.  
**Επιπτώσεις:** Η πολιτική πίεση για συντομότερη ολοκλήρωση του έργου δημιουργεί ανάγκη απασχόλησης περισσότερου προσωπικού, κάτι που αυξάνει το **κόστος** του έργου. Επιπλέον αυξάνει τις πιθανότητες αδυναμίας ολοκλήρωσης του έργου στον απαιτούμενο **χρόνο**. Στο παρόν έργο μετά τη υπογραφή της σύμβασης δε θεωρείται πως η τοπική αυτοδιοίκηση μπορεί να επηρεάσει ενεργά το χρόνο η το κόστος του έργου, με το γεγονός ότι δεν υπάρχουν τμηματικές προθεσμίες να ενισχύουν τη συγκεκριμένη εκτίμηση. Για το λόγο αυτό, οι πολιτικές πιέσεις για μείωση του κόστους του έργου δεν θεωρούνται κίνδυνος  
**Παράμετροι επιρροής:** Πολιτική κατάσταση της περιοχής.
- **Έλλειψη χρηματοδότησης του έργου.** Αφορά σε καθυστέρηση πληρωμών από τον κύριο του έργου.



**Κίνδυνος:** Καθυστέρηση πληρωμών.

**Επιπτώσεις:** Η έλλειψη ή καθυστέρηση της χρηματοδότησης του έργου έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία ολοκλήρωσης των προγραμματισμένων εργασιών στον απαιτούμενο **χρόνο** ενώ κατ' επέκταση ίσως κριθεί αναγκαία η εντατικοποίηση των εργασιών στις τελευταίες φάσεις του έργου, με σκοπό την ολοκλήρωσή του πριν τη συμφωνημένη διορία, με αποτέλεσμα την αύξηση του **κόστους** και την πτώση της **ποιότητας** των εργασιών.

**Παράμετροι επιρροής:** Οικονομική κατάσταση της χώρας.

- **Έλλιπής σχεδιασμός του έργου.** Ο έλλιπής σχεδιασμός του έργου αφορά σε έλλειψη πληροφοριών σχετικά με το έργο, όπως για παράδειγμα ( στο παρόν έργο), τυχόν έλλειψη καθορισμού των ακριβών θέσεων των εργασιών και το είδος των επεμβάσεων που πρέπει να πραγματοποιηθούν.

**Επιπτώσεις:** Ο έλλιπής σχεδιασμός του έργου οδηγεί σε επέκταση του **χρόνου** υλοποίησης, ενώ εάν παρουσιαστεί ανάγκη αναθεώρησης του σχεδιασμού του έργου ενώ έχουν ήδη πραγματοποιηθεί εργασίες ίσως χρειαστούν επιδιορθώσεις ή επαναλήψεις εργασιών που εκτοξεύουν το **κόστος** υλοποίησης του έργου.

**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη εμπειρίας και γνώσεων από την ομάδα σχεδιασμού του έργου, γραφειοκρατία, καθυστερημένες αλλαγές που επηρεάζουν το έργο.

- **Πολυπλοκότητα ή μέγεθος του έργου.** Η πολυπλοκότητα του έργου αφορά στη δυσκολία των εργασιών και την ανάγκη του έργου σε ικανότητες, τεχνικές και διοικητικές. Το μέγεθος του έργου αφορά στον όγκο των εργασιών που πρέπει να πραγματοποιηθούν και το μέγεθος των πόρων που απαιτούνται (οικονομικοί , υλικοί , εργατικό δυναμικό κλπ.).

**Επιπτώσεις.** Η αυξημένη πολυπλοκότητα του έργου αυξάνει τις απαιτούμενες ικανότητες τόσο του αναδόχου όσο και του εργατικού δυναμικού. Η αυξημένη πολυπλοκότητα αυξάνει επίσης τον κίνδυνο σφαλμάτων των εργασιών. Τα παραπάνω αυξάνουν το **κόστος** υλοποίησης του έργου λόγω ανάγκης πρόσληψης ειδικευμένου προσωπικού , αλλά και λόγω πιθανών επιδιορθώσεων ή επαναλήψεων εργασιών που δεν καλύπτουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές **ποιότητας** , γεγονός που έχει και αρνητική επίδραση του **χρόνου** υλοποίησης του έργου, λόγω ιδιαίτερης προσοχής που χρειάζονται οι περίπλοκες διαδικασίες αλλά και λόγω χρόνου που καταλαμβάνουν οι διορθωτικές εργασίες.

Το μέγεθος του έργου επηρεάζει την αβεβαιότητα και την πιθανότητα σφαλμάτων με πιθανή επίπτωση στο **κόστος**

υλοποίησης του έργου.

**Παράμετροι επιρροής:** Ποικιλία απαιτούμενων ικανοτήτων και γνώσεων, ανάγκη χρήσης καινοτόμων τεχνολογιών, αριθμός, αριθμός εμπλεκόμενων μερών στο έργο, έντονη επιρροή από αστάθμητους παράγοντες (πχ καιρός).

Αναλύοντας την λίστα του Larsen (2015) γίνεται φανερή η επιρροή που ασκούν κάποιοι παράγοντες στην ύπαρξη και ένταση άλλων παραγόντων. Επιπλέον, αναγνωρίζεται πως κάποιοι από τους παράγοντες μπορούν να χαρακτηριστούν κύριοι κίνδυνοι του έργου, καθώς επηρεάζουν άμεσα το έργο, ενώ άλλοι αποτελούν παραμέτρους επιρροής κινδύνων, επηρεάζοντας έμμεσα το έργο. Για την μελέτη των επιρροών μεταξύ των κινδύνων δημιουργήθηκε διάγραμμα που απεικονίζει τις σχέσεις επιρροής ανάμεσα στους παράγοντες κινδύνων που προέκυψαν μελετώντας τη λίστα του Larsen σε σχέση με το παρόν έργο (Διάγραμμα 5.3).

Από το διάγραμμα 5.3 προκύπτει πως 13 από τους αναγνωρισμένους κινδύνους μπορούν να χαρακτηριστούν ως κύριοι κίνδυνοι, ενώ 10 χαρακτηρίζονται ως παράμετροι επιρροής των κυρίων κινδύνων. Οι κύριοι κίνδυνοι που επηρεάζουν του έργο παρουσιάζονται στον πίνακα 5.2.

#### Πίνακας 5.2 Μητρώο Κινδύνων

##### Εξωτερικοί Κίνδυνοι

|           |                              |           |                                       |
|-----------|------------------------------|-----------|---------------------------------------|
| <b>R1</b> | Καθυστέρηση εγκρίσεων υλικών | <b>R2</b> | Υψηλές τιμές υλικών                   |
| <b>R3</b> | Έλλειψη προσφοράς υλικών     | <b>R4</b> | Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού |
| <b>R5</b> | Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων   |           |                                       |

##### Θέματα Συμβολαίου

|           |   |  |  |
|-----------|---|--|--|
| <b>R6</b> | Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου |  |  |
|-----------|---|--|--|

##### Διαχείριση έργου

|           |                                |           |  |
|-----------|--------------------------------|-----------|--|
| <b>R7</b> | Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων | <b>R8</b> | Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου |
|-----------|--------------------------------|-----------|--|

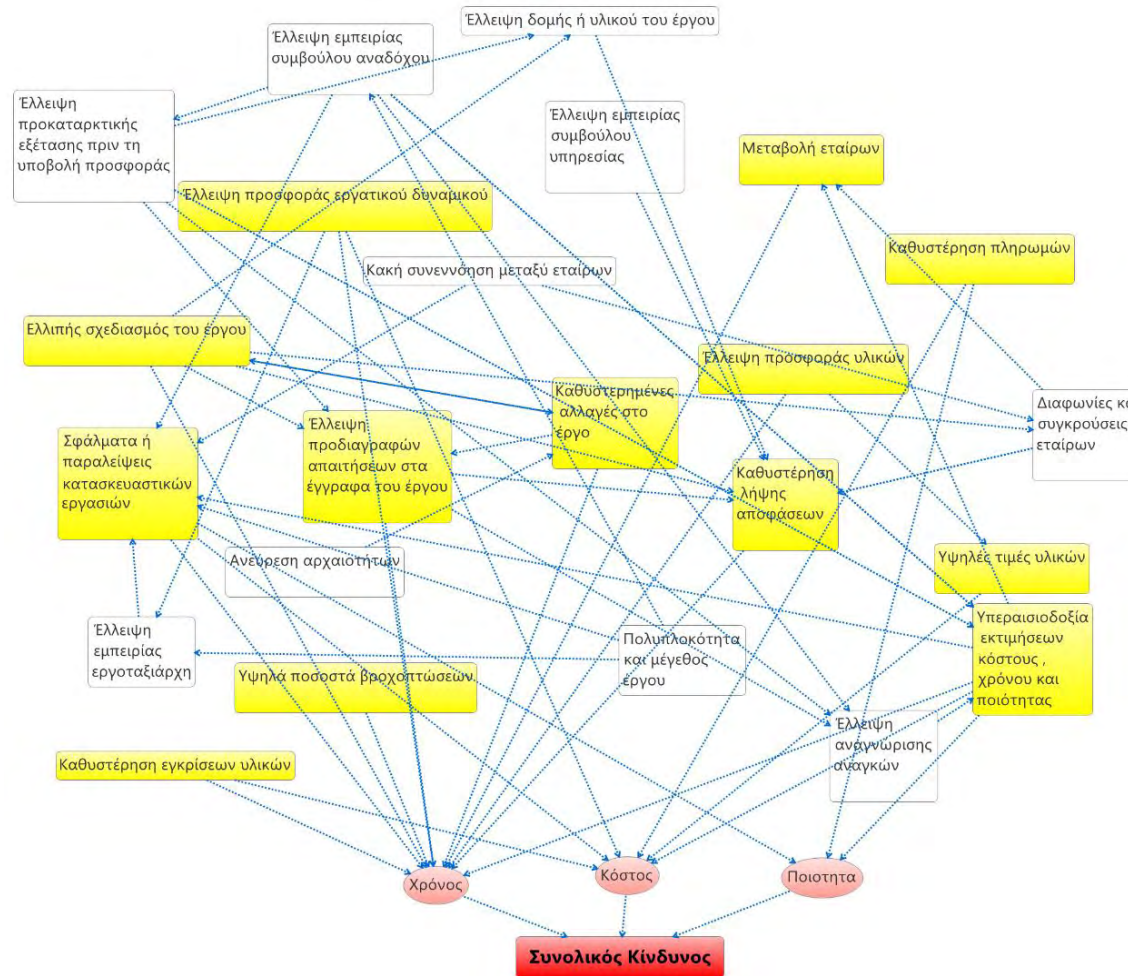
##### Αλλαγές στο έργο

|           |   |            |                                 |
|-----------|---|------------|---------------------------------|
| <b>R9</b> | Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών | <b>R10</b> | Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο |
|-----------|---|------------|---------------------------------|

##### Χρηματοδότηση και Προγραμματισμός

|            |   |            |                      |
|------------|---|------------|----------------------|
| <b>R11</b> | Υπεραισοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας | <b>R12</b> | Καθυστέρηση πληρωμών |
| <b>R13</b> | Ελλιπής σχεδιασμός του έργου                                |            |                      |

Διάγραμμα 5.3 Επιρροές παραγόντων κινδύνων



Ίδια επεξεργασία

### 5.3 Ποιοτική Ανάλυση Κινδύνων

#### 5.3.1 Εκτίμηση πιθανοτήτων κινδύνων

Παρακάτω αναλύεται η πιθανότητα εμφάνισης των αναγνωρισμένων κινδύνων στο έργο. Για την εκτίμηση των πιθανοτήτων χρησιμοποιήθηκαν περιγραφικοί ορισμοί (descriptive labels) στους οποίους αποδόθηκαν ενδεικτικές τιμές πιθανοτήτων (indicative probability), όπως προτείνεται από τη μεθοδολογία του κεφαλαίου 4. Η κλίμακα αξιολόγησης παρουσιάζεται παρακάτω. Η κλίμακα παρουσιάζει μεγαλύτερη ακρίβεια όσο χαμηλότερες είναι οι πιθανότητες καθώς θεωρήθηκε ιδιαίτερα σπάνιο το ενδεχόμενο κάποιος κίνδυνος σε τεχνικό έργο να παρουσιάζει μεγαλύτερη του 50% πιθανότητα και να μην προβλέπεται από το σχεδιασμό του έργου. Για το λόγο αυτό κρίθηκε πως υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη ακριβείας στην περιγραφή κινδύνων με πιθανότητες κάτω από 50%.

**Πίνακας 5.3 Κλίμακα επιπέδων πιθανότητας εμφάνισης κινδύνων**

| Ορισμός πιθανότητας | Ενδεικτική πιθανότητα |
|---------------------|-----------------------|
| Πολύ χαμηλή         | 5%                    |
| Χαμηλή              | 10%                   |
| Μέση                | 20%                   |
| Υψηλή               | 40%                   |
| Πολύ Υψηλή          | 80%                   |

#### R1. Καθυστέρηση εγκρίσεων πηγών υλικών.

**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη ποιοτικών υλικών πλησίον έργου, ελλειψίες έλεγχοι ποιότητας, γραφειοκρατία.

**Εκτίμηση πιθανότητας:** Η ανεύρεση πηγών υλικών, όπως και η εκτέλεση των απαραίτητων επιβαρύνει αποκλειστικά τον ανάδοχο, με την ανάγκη όμως της εξασφάλισης έγκρισης των πηγών υλικών. Δεδομένης της χαμηλής κινητικότητας του κλάδου των κατασκευών στη χώρα, η οποία μπορεί να συντελέσει σε έλλειψη προσφοράς πηγών υλικών πλησίον του έργου καθώς και της ενδεχόμενης γραφειοκρατικής καθυστέρησης, η πιθανότητα του κινδύνου κρίνεται ως μέση.

**Πιθανότητα :** Μέση.

#### R2. Υψηλές τιμές υλικών.

**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη ποιοτικών υλικών πλησίον του έργου, διακυμάνσεις στην αγορά υλικών, μεταβολές στη φορολογία υλικών.

**Εκτίμηση:** Αν και η χαμηλή κινητικότητα του κλάδου των κατασκευών δρα ανασταλτικά στην αύξηση των τιμών των υλικών, αυξάνει την πιθανότητα δυσκολίας ανεύρεσης υλικών πλησίον του έργου, δημιουργώντας ανάγκη μεταφοράς από μεγαλύτερες αποστάσεις, με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους των υλικών για το έργο. Επιπλέον, η ενδεχόμενη αύξηση της

φορολογίας στο πετρέλαιο αυξάνει το κόστος αγοράς αλλά και μεταφοράς των υλικών.

**Πιθανότητα:** Μέση.

### R3. Έλλειψη προσφοράς υλικών.

**Παράμετροι επιρροής:** Διακυμάνσεις στην αγορά υλικών.

**Εκτίμηση :** Η χαμηλή κινητικότητα στον κλάδο των κατασκευών δημιουργεί το ενδεχόμενο της δύσκολης ανεύρεσης υλικών. Συγκεκριμένα, σε περίπτωση ιδιαίτερα χαμηλής ζήτησης των υλικών, είναι πιθανή η ύπαρξη περιόδου αναμονής για την παράδοση των υλικών λόγω υπολειτουργίας των πηγών προέλευσης.

**Πιθανότητα:** Μέση- υψηλή.

### R4. Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού.

**Παράμετροι επιρροής:** Ύπαρξη προσφοράς εργασίας, κινητικότητα κατασκευαστικού κλάδου.

**Εκτίμηση:** Δεδομένης της δυσμενούς οικονομικής κατάστασης της χώρας, αλλά και της χαμηλής κινητικότητας του κλάδου των κατασκευών, η έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού δεν θεωρείται ότι παρουσιάζει σημαντική πιθανότητα εμφάνισης.

**Πιθανότητα:** Πολύ Χαμηλή.

### R5. Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων.

**Παράμετροι επιρροής:** Ποσοστό βροχοπτώσεων κατά την περίοδο υλοποίησης των εργασιών της ομάδας Δ: Ασφαλτικά σε μέρες.

**Εκτίμηση:** Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων κατά τη χειμερινή περίοδο και ανομβρία κατά τη θερινή. Δεδομένης της εποχής που θα λάβουν χώρα οι εργασίες ασφαλτόστρωσης, η ύπαρξη υψηλών ποσοστών βροχοπτώσεων είναι υπολογίσιμης αλλά όχι απαγορευτικής για την εκτέλεση του έργου πιθανότητας.

**Πιθανότητα:** Μέση.

### R6. Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου.

**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη εμπειρίας από την ομάδα σχεδιασμού του έργου, αλλαγές στο σκοπό ή σχεδιασμό του έργου, ελλιπής προκαταρκτική εξέταση πριν την υποβολή προσφοράς.

**Εκτίμηση:** Κατά τη μελέτη των εγγράφων του έργου δεν παρατηρούνται ελλείψεις στις προδιαγραφές απαιτήσεων, καθώς ο αριθμός των εργασιών είναι μικρός και οι προδιαγραφές παρατίθενται αναλυτικά.

**Πιθανότητα:** Πολύ χαμηλή.

**R7. Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων.**

**Παράμετροι επιρροής:** Διαφωνίες και συγκρούσεις εταίρων, διαφωνίες με το σύμβουλο της υπηρεσίας, έλλειψη προδιαγραφών του έργου.

**Εκτίμηση:** Η πιθανότητα συγκρούσεων μεταξύ εταίρων σε βαθμό που μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το έργο θεωρείται πολύ χαμηλή. Στην ύπαρξη συγκρούσεων με τους συμβούλους που παρέχει η διευθύνουσα υπηρεσία είναι δυνατόν να συμβάλει τόσο η πιθανή έλλειψη εμπειρίας τους, όσο και η πιθανή ύπαρξη ελλείψεων προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου.

**Πιθανότητα:** Χαμηλή.

**R8. Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου.**

**Παράμετροι επιρροής:** Διαφωνίες και συγκρούσεις εταίρων, υπεραισιοδοξία εκτιμήσεων χρόνου και κόστους.

**Εκτίμηση:** Αν και η πιθανότητα ύπαρξης διαφωνιών και συγκρούσεων εταίρων θεωρείται πολύ χαμηλή, η πιθανότητα υπεραισιοδοξία των εκτιμήσεων κόστους χρόνου και ποιότητας είναι αρκετά σημαντική. Για το λόγο αυτό είναι πιθανότερη η είσοδος νέου εταίρου στο έργο παρά η αποχώρηση υπάρχοντος.

**Πιθανότητα:** Πολύ χαμηλή.

**R9. Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών.**

**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη εμπειρίας από τον εργοταξίαρχη και τους μηχανικούς, κακή συνεργασία μεταξύ εταίρων, πολυπλοκότητα και μέγεθος έργου, υπεραισιοδοξία εκτιμήσεων ποιότητας, έλλειψη γνώσεων εργατικού προσωπικού, επαγγελματική ανεπάρκεια υπεργολάβων, έλλειψη εμπειρίας των συμβούλων του έργου.

**Εκτίμηση:** Οι πιθανότητες της έλλειψης εμπειρίας των εργοστασιαρχών, καθώς της υπεραισιοδοξίας στις εκτιμήσεις ποιότητας του έργου είναι, όπως επίσης και η επαγγελματική ανεπάρκεια των υπεργολάβων δεν είναι μηδαμινές. Επιπλέον, η ανάγκη ύπαρξης πολλών εργοταξίων δυσχεραίνει τις διαδικασίες διαχείρισης του έργου. Παρ' όλα αυτά, η χαμηλή πολυπλοκότητα και το σχετικά μικρό μέγεθος του έργου, καθώς και η υψηλή προσφορά εργατικού δυναμικού στην αγορά, συντελεί στην άμβλυνση της πιθανότητας των σφαλμάτων στις κατασκευαστικές εργασίες.

**Πιθανότητα :** Χαμηλή

**R10. Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο.**

**Παράμετροι επιρροής:** Έλλιπής σχεδιασμός του έργου, έλλειψη των απαραίτητων μελετών, απρόβλεπτες απαιτήσεις ή περιορισμοί σχετικά με την εξουσία.

**Εκτίμηση:** Η απουσία τεχνικής μελέτης στα τεύχη δημοπράτησης του έργου, καθώς και η πιθανότητα τα αποτελέσματα των μελετών που υποχρεούται να συντάξει ο ανάδοχος σχετικά με το έργο δημιουργούν το ενδεχόμενο ύπαρξης καθυστερημένων αλλαγών στο έργο. Λόγω της φύσης του έργου (συντήρηση) η πιθανότητα ανεύρεσης αρχαίων θεωρείται πολύ μικρή.

**Πιθανότητα:** Χαμηλή.

**R11. Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας.**

**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη εμπειρίας αναδόχου και συμβούλου αναδόχου, έλλειψη προκαταρκτικής εξέτασης πριν την υποβολή πρότασης, έλλιπη γνώση της αγοράς, έλλειψη αναγνώρισης αναγκών, υψηλός ανταγωνισμός στην υποβολή προσφορών για την αναδοχή του έργου.

**Εκτίμηση:** Η αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει τις τιμές των υλικών, κυρίως όσο αφορά στην τιμή του πετρελαίου, όπως αυτή επηρεάζει το κόστος αγοράς και μεταφοράς αυτών, δημιουργεί σημαντική πιθανότητα υποεκτίμησης του κόστους του έργου. Επιπλέον, η απουσία τεχνικής έκθεσης στα τεύχη δημοπράτησης και η έλλειψη καθορισμού των ακριβών θέσεων και είδους των επεμβάσεων πριν την υποβολή προσφοράς καθιστά πιθανή τη μεταβολή των ποσοτήτων των εργασιών, η οποία αυξάνει τις πιθανότητες υποεκτίμησης του απαραίτητου χρόνου υλοποίησης του έργου. Στον αντίποδα, η έλλειψη ανάγκης χρήσης καινοτόμων τεχνολογιών και η σχετικά χαμηλή αβεβαιότητα όσον αφορά στη μη αναμενόμενη κατάσταση εδάφους λόγω της επιδιορθωτικής φύσης του έργου, συμβάλουν στη μείωση των πιθανοτήτων υπεριοδοξίας στις εκτιμήσεις ποιότητας.

**Πιθανότητα:** Μέση

**R12. Καθυστέρηση Πληρωμών.**

**Παράμετροι επιρροής:** Οικονομική κατάσταση της χώρας, κακή διαχείριση των οικονομικών πόρων από τους διαχειριστές του έργου.

**Εκτίμηση:** Η χρηματοδότηση του έργου γίνεται αποκλειστικά από το πρόγραμμα δημοσίων επενδύσεων. Η ασταθής οικονομική κατάσταση της χώρας δημιουργεί πιθανότητα καθυστέρησης πληρωμών, ενώ η πιθανή κακή διαχείριση από τους διαχειριστές του έργου καθώς και η πιθανότητα ανάγκης αυξημένης ρευστότητας λόγω αύξησης της τιμής των υλικών εντείνουν τη συνολική πιθανότητα του κινδύνου.

**Πιθανότητα:** Μέση.

**R13. Ελλιπής σχεδιασμός του έργου.**

**Παράμετροι επιρροής:** Έλλειψη εμπειρίας και γνώσεων από την ομάδα σχεδιασμού του έργου, γραφειοκρατία, καθυστερημένες αλλαγές που επηρεάζουν το έργο.

**Εκτίμηση:** Στο παρόν έργο εκκρεμεί όμως ο καθορισμός των ακριβών θέσεων των εργασιών από τη διευθύνουσα υπηρεσία, ενώ επίσης παρατηρείται πως στα τεύχη δημοπράτησης του έργου δεν περιλαμβάνεται τεχνική μελέτη, κάτι που όμως δεν είναι ασυνήθιστο. Για τους παραπάνω λόγους είναι υπαρκτή η πιθανότητα ελλιπούς σχεδιασμού του έργου, η οποία κρίνεται όμως πολύ χαμηλή.

**Πιθανότητα:** Πολύ χαμηλή.

**5.3.2 Ποιοτική ανάλυση επιπτώσεων****5.3.2.1 Ποιοτική ανάλυση επιπτώσεων κόστους**

Για την ποιοτική ανάλυση επιπτώσεων κόστους έγινε εκτίμηση των επιπτώσεων των κινδύνων στο συνολικό κόστος του έργου, όπως προτείνεται από τη μεθοδολογία του κεφαλαίου 4. Για τα επίπεδα επίπτωσης δόθηκαν περιγραφικοί ορισμοί (descriptive labels), οι οποίοι αντιστοιχήθηκαν με διαστήματα ποσοστιαίας μεταβολής κόστους. Επιπλέον, για να είναι δυνατή η σύγκριση των επιπτώσεων στο κόστος του έργου με τις επιπτώσεις στο χρόνο και την ποιότητα, έγινε αντιστοίχιση των επιπέδων επίπτωσης με συντελεστές βάρους, με σκοπό να υπάρχει κοινή βάση στον υπολογισμό της έκθεσης του έργου στον κίνδυνο.

**Πίνακας 5.4 Κλίμακα επιπέδων επίπτωσης κόστους**

| <b>Ορισμός επίπτωσης</b>        | <b>Συντελεστής βάρους επίπτωσης</b> | <b>Ποσοστό αύξησης κόστους</b> |
|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| <i>Μηδενική/ Μη υπολογίσιμη</i> | 0                                   | Μικρότερο από 1%               |
| <i>Πολύ χαμηλή</i>              | 0,05                                | Από 1% έως και 2%              |
| <i>Χαμηλή</i>                   | 0,10                                | Μεγαλύτερο από 2% έως και 3%   |
| <i>Μέση</i>                     | 0,20                                | Μεγαλύτερο από 3% έως και 5%   |
| <i>Υψηλή</i>                    | 0,40                                | Μεγαλύτερο από 5% έως και 7%   |
| <i>Πολύ υψηλή</i>               | 0,80                                | Μεγαλύτερο από 7%              |

Ιδία επεξεργασία

Βάσει των ενδεικτικών τιμών πιθανοτήτων και των επιπέδων επίπτωσης δημιουργήθηκε ο πίνακας υπολογισμού έκθεσης στον κίνδυνο με τη μορφή της μήτρας πιθανοτήτων – επιπτώσεων. (Πίνακας 5.5)



**Πίνακας 5.5 Πίνακας υπολογισμού έκθεσης στον κίνδυνο**

| Πιθανότητα          | Έκθεση = Πιθανότητα x Επίπτωση |        |             |              |            |
|---------------------|--------------------------------|--------|-------------|--------------|------------|
|                     | Απειλές                        |        |             |              |            |
| 0,80<br>Πολύ υψηλή  | 0,04                           | 0,08   | 0,16        | 0,32         | 0,64       |
| 0,40<br>Υψηλή       | 0,02                           | 0,04   | 0,08        | 0,16         | 0,32       |
| 0,20<br>Μέση        | 0,01                           | 0,02   | 0,04        | 0,08         | 0,16       |
| 0,10<br>Χαμηλή      | 0,01                           | 0,01   | 0,02        | 0,04         | 0,08       |
| 0,05<br>Πολύ χαμηλή | 0,00                           | 0,01   | 0,01        | 0,02         | 0,04       |
|                     | 0,05                           | 0,10   | 0,20        | 0,40         | 0,80       |
|                     | Πολύ χαμηλή                    | Χαμηλή | Μέση        | Υψηλή        | Πολύ υψηλή |
|                     | Επίπτωση                       |        |             |              |            |
|                     | Χαμηλή Έκθεση                  |        | Μέση έκθεση | Υψηλή έκθεση |            |

Ιδία επεξεργασία

**Πίνακας 5.6 Πίνακας επιπτώσεων κινδύνων σε σχέση με το κόστος**

| Κωδ. | Κίνδυνος   | Εκτίμηση επίπτωσης κόστους |
|------|--|----------------------------|
| R1   | Καθυστέρηση εγκρίσεων πηγών υλικών                         | Χαμηλή                     |
| R2   | Υψηλές τιμές υλικών  | Υψηλή                      |
| R3   | Έλλειψη προσφοράς υλικών                                   | Πολύ υψηλή                 |
| R4   | Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού                      | Μέση                       |
| R5   | Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων                                 | Πολύ υψηλή                 |
| R6   | Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου      | Χαμηλή                     |
| R7   | Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων                             | Υψηλή                      |
| R8   | Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου               | Μηδενική/ Μη υπολογίσιμη   |
| R9   | Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών            | Πολύ υψηλή                 |
| R10  | Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο                            | Μηδενική/ Μη υπολογίσιμη   |
| R11  | Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας | Υψηλή                      |
| R12  | Καθυστέρηση πληρωμών                                       | Πολύ υψηλή                 |
| R13  | Ελλιπής σχεδιασμός του έργου                               | Πολύ υψηλή                 |

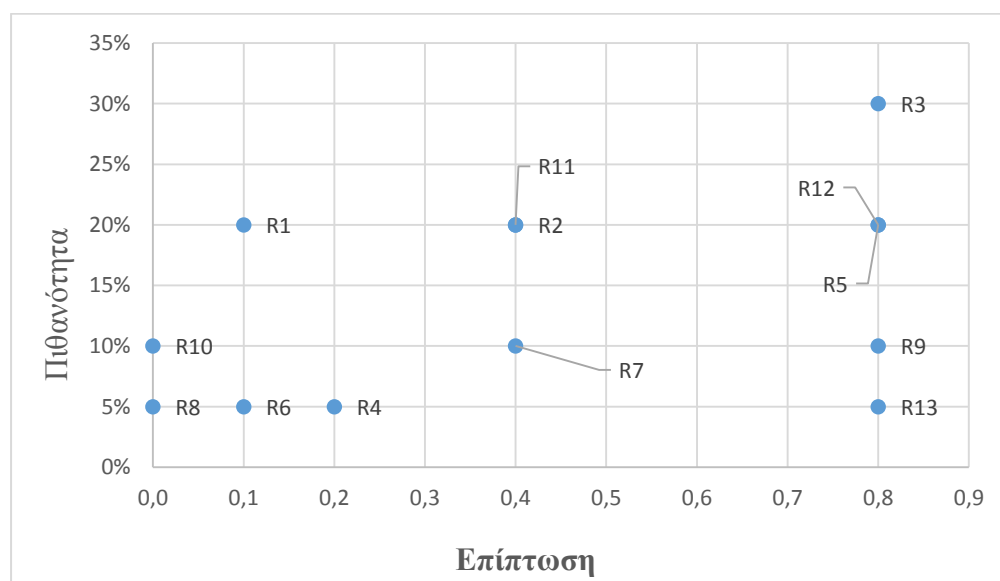
Ιδία επεξεργασία

Βάσει των εκτιμήσεων πιθανοτήτων και επιπτώσεων υπολογίζεται με χρήση του συντελεστή βάρους επίπτωσης η έκθεση του έργου σε κάθε έναν από τους κινδύνους όσον αφορά στον παράγοντα του κόστους (Πίνακας 5.7).

**Πίνακας 5.7 Έκθεση του έργου στους κινδύνους σε σχέση με το κόστος**

| Κωδ. | Συντελεστής βάρους επίπτωσης | Πιθανότητα εμφάνισης | Έκθεση στον κίνδυνο | Κατάταξη |
|------|------------------------------|----------------------|---------------------|----------|
| R1   | 0,1                          | 20%                  | 0,02                | 10       |
| R2   | 0,4                          | 20%                  | 0,08                | 4        |
| R3   | 0,8                          | 30%                  | 0,24                | 1        |
| R4   | 0,2                          | 5%                   | 0,01                | 11       |
| R5   | 0,8                          | 20%                  | 0,16                | 2        |
| R6   | 0,1                          | 5%                   | 0,005               | 12       |
| R7   | 0,4                          | 10%                  | 0,04                | 7        |
| R8   | 0,0                          | 5%                   | 0                   | 14       |
| R9   | 0,8                          | 10%                  | 0,08                | 4        |
| R10  | 0,0                          | 10%                  | 0                   | 14       |
| R11  | 0,4                          | 20%                  | 0,08                | 4        |
| R12  | 0,8                          | 20%                  | 0,16                | 2        |
| R13  | 0,8                          | 5%                   | 0,04                | 7        |

Ιδία επεξεργασία

**Διάγραμμα 5.3** Μήτρα πιθανοτήτων- επιπτώσεων κινδύνων σε σχέση με το κόστος

Ιδία επεξεργασία

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ένας αριθμός συμπερασμάτων.

1. Προκύπτουν 3 κίνδυνοι με υψηλό βαθμό έκθεσης στο έργο. Οι κίνδυνοι αυτοί είναι οι εξής:
  - R3. Έλλειψη προσφοράς υλικών.
  - R5. Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων.
  - R12. Καθυστερήση πληρωμών.

Οι παραπάνω κίνδυνοι παρουσιάζουν τόσο μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης για τα δεδομένα του έργου, όσο και βαρύτητα επίπτωσης.

2. Προκύπτουν 6 κίνδυνοι με μέσο βαθμό έκθεσης στο έργο. Οι κίνδυνοι αυτοί είναι οι εξής:
  - R2. Υψηλές τιμές υλικών.
  - R9. Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών.
  - R11. Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας.
  - R7. Καθυστερήση στη λήψη αποφάσεων.
  - R13. Ελλιπής σχεδιασμός του έργου.

Παρατηρώντας τη μήτρα πιθανοτήτων επιπτώσεων προκύπτει το γίνεται εμφανές πως οι κίνδυνοι R9 και R13 παρουσιάζουν χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης αλλά καταστροφικές επιπτώσεις για το κόστος του έργου, το οποίο σημαίνει πως για την αντιμετώπισή τους είναι προτιμότερη η χρήση στρατηγικών αποφυγής των κινδύνων ή μείωσης της έντασης των επιπτώσεων. Αντίθετα, οι κίνδυνοι R2, R11 και R7 παρουσιάζουν τόσο σημαντική πιθανότητα εμφάνισης, όσο και επίπτωσης, το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα πως στρατηγικές αντιμετώπισης που αφορούν σε συνδυαστική μείωση τόσο της πιθανότητας εμφάνισης όσο και της έντασης των επιπτώσεων είναι προτιμότερες.

3. Προκύπτουν 3 κίνδυνοι με χαμηλό βαθμό έκθεσης. Οι κίνδυνοι είναι οι εξής
  - R1. Καθυστερήση εγκρίσεων πηγών υλικών
  - R4. Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού
  - R6. Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου

Παρατηρώντας τη μήτρα πιθανοτήτων επιπτώσεων προκύπτει πως με εξαίρεση τον κίνδυνο R1 οι υπόλοιποι έχουν τόσο χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης, όσο και βαθμό επίπτωσης, το οποίο σημαίνει πως εάν δεν παρουσιάζουν διαφορετικό βαθμό επίπτωσης στο χρόνο υλοποίησης του έργου και την ποιότητα, είναι δυνατή η αποδοχή τους στο σύνολό τους.

4. Προκύπτουν 2 κίνδυνοι με μηδενική/ μη υπολογίσιμη επίπτωση. Οι κίνδυνοι είναι οι εξής:
  - R8. Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου
  - R10. Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο

Οι εν λόγω κίνδυνοι είτε δεν επηρεάζουν το κόστος υλοποίησης του έργου είτε δεν είναι δυνατή η εύρεση κάποιας σύνδεσής τους με αύξηση του κόστους. Σε περίπτωση που δεν παρουσιάζουν μέσο ή μεγαλύτερο βαθμό έκθεσης όσον αφορά στο χρόνο υλοποίησης ή την ποιότητα του έργου, είναι δυνατή η αποδοχή τους στο σύνολό τους.

### 5.3.2.2 Ποιοτική ανάλυση επιπτώσεων κινδύνων στο χρόνο υλοποίησης του έργου

Για την ποιοτική ανάλυση των επιπτώσεων των κινδύνων όσον αφορά στο χρόνο υλοποίησης έγινε εκτίμηση της καθυστέρησης που επιφέρει ο κάθε κίνδυνος στην ολοκλήρωση μιας ομάδας εργασίας. Ο λόγος που δεν εκτιμήθηκε η καθυστέρηση στο σύνολο του έργου είναι το γεγονός πως ενώ πολλές εργασίες εκτελούνται παράλληλα,

η καθυστέρηση κάποιων δεν επηρεάζει απαραίτητα το χρόνο υλοποίησης του συνολικού έργου, ενώ η επίπτωση του κάθε κινδύνου στο σύνολο του έργου εξαρτάται από το χρονικό σημείο στο οποίο θα εκδηλωθεί.

Για την κατηγοριοποίηση της έντασης των επιπτώσεων ακολουθήθηκε παρόμοια στρατηγική με την εκτίμηση των επιπτώσεων κόστους, με χρήση περιγραφικών ορισμών και διαστήματα μεταβολής χρόνου υλοποίησης σε ημέρες, ενώ έγινε αντιστοίχιση των επιπέδων με συντελεστές βάρους επίπτωσης.

#### Πίνακας 5.8 Κλίμακα επιπέδων επίπτωσης χρόνου

| Ορισμός επίπτωσης        | Συντελεστής βάρους επίπτωσης | Καθυστέρηση ολοκλήρωσης |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Μηδενική/ Μη υπολογίσιμη | 0                            | Λιγότερο από 1 ημέρα    |
| Πολύ χαμηλή              | 0,05                         | 1-5 ημέρες              |
| Χαμηλή                   | 0,10                         | 5-10 ημέρες             |
| Μέση                     | 0,20                         | 10-15 ημέρες            |
| Υψηλή                    | 0,40                         | 15-20 ημέρες            |
| Πολύ υψηλή               | 0,80                         | 20+ ημέρες              |

Ιδία επεξεργασία

Μελετώντας το χρονοδιάγραμμα και τα χαρακτηριστικά του έργου, καθώς και τα χαρακτηριστικά των αναγνωρισμένων κινδύνων, εκτιμήθηκαν οι επιπτώσεις τους στο χρόνο υλοποίησης των ομάδων εργασιών.

#### Πίνακας 5.9 Πίνακας επιπτώσεων κινδύνων σε σχέση με το χρόνο υλοποίησης

| Κωδ. | Κίνδυνος   | Εκτίμηση επίπτωσης χρόνου |
|------|--|---------------------------|
| R1   | Καθυστέρηση εγκρίσεων πηγών υλικών                         | Μέση                      |
| R2   | Υψηλές τιμές υλικών  | Μέση                      |
| R3   | Έλλειψη προσφοράς υλικών                                   | Μέση                      |
| R4   | Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού                      | Μέση                      |
| R5   | Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων                                 | Πολύ υψηλή                |
| R6   | Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου      | Πολύ υψηλή                |
| R7   | Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων                             | Υψηλή                     |
| R8   | Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου               | Χαμηλή                    |
| R9   | Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών            | Πολύ υψηλή                |
| R10  | Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο                            | Υψηλή                     |
| R11  | Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας | Μέση                      |
| R12  | Καθυστέρηση πληρωμών                                       | Πολύ υψηλή                |
| R13  | Ελλιπής σχεδιασμός του έργου                               | Μέση                      |

Ιδία επεξεργασία

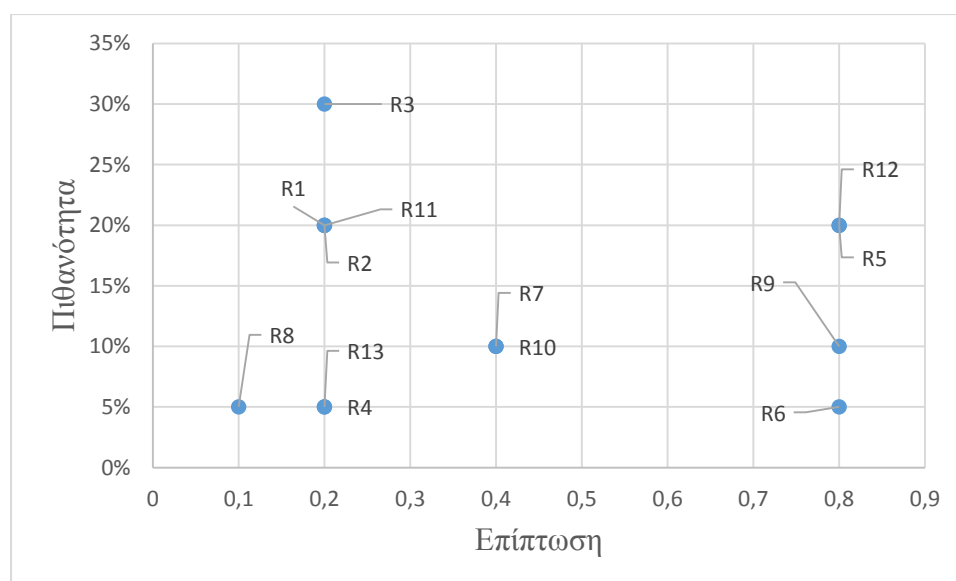
Χρησιμοποιώντας τις εκτιμήσεις επιπτώσεων και πιθανοτήτων υπολογίστηκε ο βαθμός έκθεσης του έργου σε κάθε κίνδυνο, όσον αφορά στον παράγοντα του χρόνου.

Πίνακας 5.10 Έκθεση του έργου στους κινδύνους σε σχέση με το χρόνο

| Κωδ. | Συντελεστής βάρους επίπτωσης | Πιθανότητα εμφάνισης | Έκθεση στον κίνδυνο | Κατάταξη |
|------|------------------------------|----------------------|---------------------|----------|
| R1   | 0,2                          | 20%                  | 0,04                | 5        |
| R2   | 0,2                          | 20%                  | 0,04                | 5        |
| R3   | 0,2                          | 30%                  | 0,06                | 4        |
| R4   | 0,2                          | 5%                   | 0,01                | 11       |
| R5   | 0,8                          | 20%                  | 0,16                | 1        |
| R6   | 0,8                          | 5%                   | 0,04                | 5        |
| R7   | 0,4                          | 10%                  | 0,04                | 5        |
| R8   | 0,1                          | 5%                   | 0,005               | 13       |
| R9   | 0,8                          | 10%                  | 0,08                | 3        |
| R10  | 0,4                          | 10%                  | 0,04                | 5        |
| R11  | 0,2                          | 20%                  | 0,04                | 5        |
| R12  | 0,8                          | 20%                  | 0,16                | 1        |
| R13  | 0,2                          | 5%                   | 0,01                | 11       |

Ιδία επεξεργασία

Διάγραμμα 5.4 Μήτρα πιθανοτήτων επιπτώσεων κινδύνων σε σχέση με το χρόνο



Ιδία επεξεργασία

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Προκύπτουν 2 κίνδυνοι με υψηλό βαθμό έκθεσης. Οι εν λόγω κίνδυνοι είναι οι εξής:
  - R5. Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων.
  - R12. Καθυστέρηση πληρωμών.

Και οι 2 από τους παραπάνω κινδύνους παρουσίασαν μεγάλο βαθμό έκθεσης όσον αφορά στο κόστος, κάτι που ενισχύει τη σημασία τους για το έργο.

2. Προκύπτουν 8 κίνδυνοι με μέσο βαθμό έκθεσης. Οι κίνδυνοι είναι οι παρακάτω:
- R9. Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών.
  - R1. Καθυστερήση εγκρίσεων πηγών υλικών.
  - R2. Υψηλές τιμές υλικών.
  - R3. Έλλειψη προσφοράς υλικών.
  - R6. Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου.
  - R7. Καθυστερήση στη λήψη αποφάσεων.
  - R10. Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο.
  - R11. Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας.

Παρατηρείται πως οι κίνδυνοι R9 και R6 παρουσιάζουν χαμηλή πιθανότητα αλλά υψηλό βαθμό επίπτωσης στο έργο, το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα πως πιθανότατα κάποια στρατηγική άμβλυνσης του βαθμού της επίπτωσης ή αποφυγής του κινδύνου θα ήταν κατάλληλη. Αντιθέτως, οι κίνδυνοι R1, R3, R11 και R2 οφείλουν το βαθμό έκθεσής τους στις σχετικά υψηλές πιθανότητες εμφάνισης, γεγονός το οποίο προτρέπει σε χρήση στρατηγικών άμβλυνσης των πιθανοτήτων εμφάνισής τους. Τέλος, οι κίνδυνοι R7 και R10 παρουσιάζουν εξίσου σημαντική πιθανότητα εμφάνισης και ύψος επίπτωσης, γεγονός το οποίο οδηγεί στην αναζήτηση στρατηγικών αντιμετώπισης που στοχεύουν τόσο στην άμβλυνση των πιθανοτήτων εμφάνισης όσο και του ύψους των επιπτώσεων.

3. Προκύπτουν 3 κίνδυνοι με χαμηλό βαθμό έκθεσης. Οι εν λόγω κίνδυνοι είναι οι εξής:
- R4. Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού.
  - R8. Μεταβολή εταίρων στην οργάνωση του έργου.
  - R13. Ελλιπής σχεδιασμός του έργου.

Οι κίνδυνοι R8 και R4 παρουσιάζουν χαμηλή έκθεση τόσο όσον αφορά στον παράγοντα του χρόνου, όσο και στον παράγοντα του κόστους, γεγονός που υποδεικνύει πως αν η έκθεση στον κίνδυνο σε σχέση με την ποιότητα κινηθεί σε παρόμοια επίπεδα, δε θα καταστεί αναγκαία η χρήση στρατηγικών αντιμετώπισης, αλλά θα γίνει αποδοχή των κινδύνων. Αντιθέτως, ο κίνδυνος R13 παρουσιάζει υψηλό βαθμό έκθεσης όσον αφορά στο κόστος του έργου, με την αναζήτηση στρατηγικών αποφυγής να παραμένει η προτιμότερη επιλογή για την αντιμετώπισή του.

### *5.3.2.3 Ποιοτική ανάλυση επιπτώσεων κινδύνων στην ποιότητα του έργου*

Για την ανάλυση των επιπτώσεων των κινδύνων όσον αφορά στην ποιότητα του έργου χρησιμοποιήθηκε μόνο κλίμακα με χρήση περιγραφικών ορισμών και αντιστοίχιση με τους συντελεστές βάρους επίπτωσης (πίνακας 5.11).

**Πίνακας 5.11 Κλίμακα επιπέδων επίπτωσης ποιότητας**

| <b>Ορισμός επίπτωσης</b> | <b>Συντελεστής βάρους επίπτωσης</b> |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Μηδενική/ Μη υπολογίσιμη | 0                                   |
| Πολύ χαμηλή              | 0,05                                |
| Χαμηλή                   | 0,10                                |
| Μέση                     | 0,20                                |
| Υψηλή                    | 0,40                                |
| Πολύ υψηλή               | 0,80                                |

Ιδία επεξεργασία

Μελετώντας τα χαρακτηριστικά των αναγνωρισμένων κινδύνων, καθώς επίσης τα χαρακτηριστικά του έργου και τις υποχρεώσεις του αναδόχου, έγινε εκτίμηση της επίπτωσης των κινδύνων όσον αφορά στον παράγοντα της ποιότητας.

**Πίνακας 5.12 Πίνακας επιπτώσεων κινδύνων σε σχέση με την ποιότητα**

| <b>Κωδ.</b> | <b>Κίνδυνος</b>   | <b>Εκτίμηση επίπτωσης ποιότητας</b> |
|-------------|---|-------------------------------------|
| <b>R1</b>   | Καθυστέρηση εγκρίσεων πηγών υλικών                          | Μηδενική/Μη υπολογίσιμη             |
| <b>R2</b>   | Υψηλές τιμές υλικών   | Μηδενική/Μη υπολογίσιμη             |
| <b>R3</b>   | Έλλειψη προσφοράς υλικών                                    | Μηδενική/Μη υπολογίσιμη             |
| <b>R4</b>   | Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού                       | Χαμηλή                              |
| <b>R5</b>   | Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων                                  | Μέση                                |
| <b>R6</b>   | Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου       | Υψηλή                               |
| <b>R7</b>   | Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων                              | Χαμηλή                              |
| <b>R8</b>   | Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου                | Χαμηλή                              |
| <b>R9</b>   | Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών             | Πολύ υψηλή                          |
| <b>R10</b>  | Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο                             | Μηδενική/Μη υπολογίσιμη             |
| <b>R11</b>  | Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους , χρόνου και ποιότητας | Πολύ Χαμηλή                         |
| <b>R12</b>  | Καθυστέρηση πληρωμών  | Μηδενική/Μη υπολογίσιμη             |
| <b>R13</b>  | Ελλιπής σχεδιασμός του έργου                                | Μηδενική/Μη υπολογίσιμη             |

Ιδία επεξεργασία

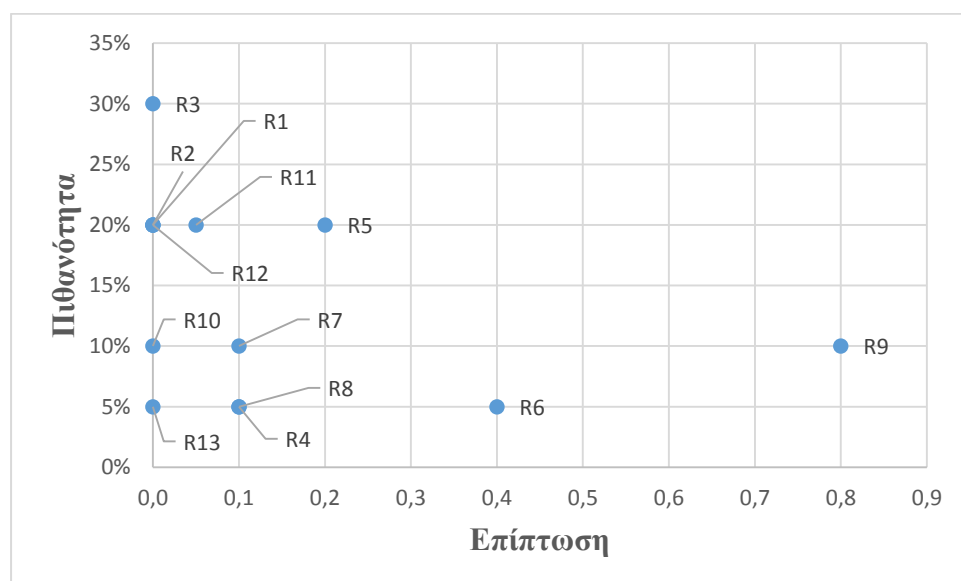
Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.12 , 6 από τους κινδύνους δε θεωρείται πως επηρεάζουν καθόλου το έργο, όσον αφορά στην ποιότητα. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι το έργο έχει συγκεκριμένες προδιαγραφές και γίνεται μετακύλιση των επιπτώσεων στους παράγοντες του κόστους και του χρόνου, ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη ποιότητα στο έργο. Οι κίνδυνοι που επηρεάζουν την ποιότητα οφείλονται κυρίως σε παράγοντες αμέλειας , όπως τα σφάλματα και οι παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών (R9) και η έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων (R6) ή σε εξωγενείς παράγοντες όπως τα υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων (R5) και η έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού (R3) που επηρεάζουν έμμεσα την ποιότητα.

Χρησιμοποιώντας τις εκτιμήσεις επιπτώσεων και πιθανοτήτων υπολογίστηκε η έκθεση του έργου στους κινδύνους σε σχέση με την ποιότητα.

**Πίνακας 5.13 Έκθεση του έργου στους κινδύνους σε σχέση με την ποιότητα**

| Κωδ. | Συντελεστής βάρους επίπτωσης | Πιθανότητα εμφάνισης | Έκθεση στον κίνδυνο | Κατάταξη |
|------|------------------------------|----------------------|---------------------|----------|
| R1   | 0,0                          | 20%                  | 0                   | 8        |
| R2   | 0,0                          | 20%                  | 0                   | 8        |
| R3   | 0,0                          | 30%                  | 0                   | 8        |
| R4   | 0,1                          | 5%                   | 0,005               | 6        |
| R5   | 0,2                          | 20%                  | 0,04                | 2        |
| R6   | 0,4                          | 5%                   | 0,02                | 3        |
| R7   | 0,1                          | 10%                  | 0,01                | 4        |
| R8   | 0,1                          | 5%                   | 0,005               | 6        |
| R9   | 0,8                          | 10%                  | 0,08                | 1        |
| R10  | 0,0                          | 10%                  | 0                   | 8        |
| R11  | 0,1                          | 20%                  | 0,01                | 4        |
| R12  | 0,0                          | 20%                  | 0                   | 8        |
| R13  | 0,0                          | 5%                   | 0                   | 8        |

Ιδία επεξεργασία

**Διάγραμμα 5.5 Μήτρα πιθανοτήτων επιπτώσεων κινδύνων σε σχέση με την ποιότητα**

Ιδία επεξεργασία

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Δεν προκύπτει κανένας κίνδυνος με υψηλό βαθμό έκθεσης.
2. Προκύπτουν 2 κίνδυνοι με μέσο βαθμό έκθεσης. Οι κίνδυνοι αυτοί είναι ο R9, «Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών» και ο R5, «Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων». Το γεγονός ότι οι κίνδυνοι αυτοί παρουσιάζουν το μεγαλύτερο βαθμό έκθεσης όσον αφορά στην ποιότητα είναι αναμενόμενο καθώς επηρεάζουν άμεσα τη διαδικασία της κατασκευής του έργου. Όσον



αφορά στον κίνδυνο R9, ο λόγος που ο εν λόγω κίνδυνος δεν παρουσιάζει μεγαλύτερο βαθμό έκθεσης είναι καθώς η πιθανότητα εμφάνισης παραμένει μικρή, ενώ, σε περίπτωση εμφάνισης, γίνεται μετακύλιση των επιπτώσεων στο χρόνο και το κόστος, με σκοπό την επίτευξη της απαιτούμενης ποιότητας.

3. Προκύπτουν 5 κίνδυνοι με χαμηλό βαθμό έκθεσης. Οι κίνδυνοι είναι οι εξής:
- R4. Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού.
  - R6. Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου.
  - R7. Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων.
  - R8 Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου.
  - R11. Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας.

Οι εν λόγω κίνδυνοι παρουσιάζουν χαμηλή έκθεση κυρίως λόγω χαμηλού βαθμού επίπτωσης (με εξαίρεση τον κίνδυνο R6), καθώς όπως προαναφέρθηκε, σε περίπτωση εμφάνισής τους γίνεται μετακύλιση των επιπτώσεων στο κόστος και το χρόνο υλοποίησης του έργου.

4. Προκύπτουν 6 κίνδυνοι με μηδενική έκθεση στον κίνδυνο. Οι κίνδυνοι είναι οι εξής:
- R1. Καθυστέρηση εγκρίσεων πηγών υλικών.
  - R2. Υψηλές τιμές υλικών.
  - R3. Έλλειψη προσφοράς υλικών.
  - R10. Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο.
  - R12. Καθυστέρηση πληρωμών.
  - R13. Ελλιπής σχεδιασμός του έργου.

Οι εν λόγω κίνδυνοι δε θεωρείται πως επηρεάζουν με οποιοδήποτε τρόπο την ποιότητα του έργου. Για παράδειγμα, ο κίνδυνος R2 δεν επηρεάζει την ποιότητα του έργου καθώς ανεξάρτητα από τις τιμές των υλικών, οι προδιαγραφές που πρέπει να καλύπτουν τα υλικά είναι σταθερές και άρα η ποιότητα του έργου δεν επηρεάζεται (δεδομένου ότι ο ανάδοχος ακολουθεί τις προδιαγραφές, κάτι το οποίο ισχύει ως παραδοχή).

### *5.3.3 Υπολογισμός συνολικής έκθεσης και ιεράρχηση κινδύνων*

Συγκεντρώνοντας τα στοιχεία και τα συμπεράσματα των παραπάνω αναλύσεων, υπολογίστηκε η συνολική έκθεση στον κίνδυνο και έγινε ιεράρχηση των κινδύνων.

Πίνακας 5.14 Ιεράρχηση κινδύνων

| Κωδ. | Έκθεση (Κόστος) | Έκθεση (Χρόνος) | Έκθεση (Ποιότητα) | Σύνολο έκθεσης | Κατάταξη |
|------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|----------|
| R5   | 0,16            | 0,16            | 0,04              | 0,36           | 1        |
| R12  | 0,16            | 0,16            | 0                 | 0,32           | 2        |
| R3   | 0,24            | 0,06            | 0                 | 0,3            | 3        |
| R9   | 0,08            | 0,08            | 0,08              | 0,24           | 4        |
| R11  | 0,08            | 0,04            | 0,01              | 0,13           | 5        |
| R2   | 0,08            | 0,04            | 0                 | 0,12           | 6        |
| R7   | 0,04            | 0,04            | 0,01              | 0,09           | 7        |
| R6   | 0,005           | 0,04            | 0,02              | 0,065          | 8        |
| R1   | 0,02            | 0,04            | 0                 | 0,06           | 9        |
| R13  | 0,04            | 0,01            | 0                 | 0,05           | 10       |
| R10  | 0               | 0,04            | 0                 | 0,04           | 11       |
| R4   | 0,01            | 0,01            | 0,005             | 0,025          | 12       |
| R8   | 0               | 0,005           | 0,005             | 0,01           | 13       |

Ιδία επεξεργασία

Από την παραπάνω ιεράρχηση (Πίνακας 5.14) προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

1. Προκύπτουν 4 κίνδυνοι με υψηλό βαθμό έκθεσης (κόκκινοι). Οι κίνδυνοι είναι οι εξής:
  - R5. Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων.
  - R12. Καθυστέρηση πληρωμών.
  - R3. Έλλειψη προσφοράς υλικών.
  - R9. Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών.

Η αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων θεωρείται προτεραιότητα για την ομαλή κατασκευή του έργου. Για τους κινδύνους R12 και R3 παρατηρείται πως οι παράγοντες που επηρεάζουν την πιθανότητα εμφάνισής τους είναι κυρίως εξωγενείς άρα η στρατηγική αντιμετώπισης η οποία αμβλύνει το βαθμό επίπτωσης ή αποφεύγει τον κίνδυνο είναι προτιμότερη. Όσον αφορά στον κίνδυνο R5, η πιθανότητά εμφάνισής του εξαρτάται επίσης από εξωγενείς παράγοντες, των οποίων όμως μπορεί να γίνει διαχείριση (πχ επιλογή εποχής με χαμηλά ποσοστά βροχοπτώσεων εάν το χρονοδιάγραμμα το επιτρέπει), ενώ για την μείωση της επίπτωσης σε περίπτωση εμφάνισης του κινδύνου οι δυνατότητες είναι λίγες. Τέλος, όσον αφορά στον κίνδυνο R9, οι παράγοντες που επηρεάζουν την πιθανότητα εμφάνισης είναι κυρίως εσωτερικοί του έργου και υπάρχει η δυνατότητα να αμβλυνθούν, ενώ σε περίπτωση αποτελεσματικής στρατηγικής αντιμετώπισης του κινδύνου, η άμβλυνση των επιπτώσεων είναι επίσης εφικτή.

2. Προκύπτουν 7 κίνδυνοι με μέσο βαθμό έκθεσης (κίτρινοι). Οι κίνδυνοι είναι οι εξής
  - R11. Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας.

- R12. Υψηλές τιμές υλικών.
- R7. Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων.
- R6. Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου.
- R1. Καθυστέρηση εγκρίσεων πηγών υλικών.
- R13. Ελλιπής σχεδιασμός του έργου.
- R10. Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο.

Οι παραπάνω κίνδυνοι θεωρούνται δευτερεύουσας σημασίας για το έργο αλλά χρίζουν αντιμετώπισης για την ελαχιστοποίηση του συνολικού κινδύνου του έργου. Όσον αφορά στις πιθανές στρατηγικές αντιμετώπισης, οι κίνδυνοι R12, R6, R1, R13 και R10 οφείλονται σε εξωτερικούς παράγοντες, άρα μια στρατηγική άμβλυνσης ή αποφυγής των επιπτώσεων θα ήταν κατάλληλη για την αντιμετώπισή τους. Αντίθετα, οι κίνδυνοι R11 και R7 οφείλουν την πιθανή εμφάνισή τους σε εσωτερικούς το έργου παράγοντες, άρα η αντιμετώπισή τους πρέπει να επικεντρωθεί σε μια στρατηγική ελαχιστοποίησης ή εκμηδένισης της πιθανότητας εμφάνισής τους.

3. Προκύπτουν 2 κίνδυνοι με χαμηλό βαθμό έκθεσης (πράσινοι). Οι εν λόγω κίνδυνοι είναι οι εξής:
  - R4. Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού
  - R8. Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου.

Η αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων δε θεωρείται αναγκαία. Η χρήση στρατηγικών αντιμετώπισης για τους παραπάνω κινδύνους δικαιολογείται μόνο εάν οι δράσεις περιλαμβάνουν και τη μείωση άλλων κινδύνων με μεγαλύτερη έκθεση, ή εάν κριθεί πως η μείωση της έκθεσης των κινδύνων R4 και R9 συμβάλλει στην αντιμετώπιση άλλων κινδύνων.

## 5.4 Ποσοτική Ανάλυση κινδύνων

### 5.4.1 Δημιουργία χρονοδιαγράμματος έργου στο Microsoft Project και εισαγωγή του στο Microsoft Excel με τη χρήση του πρόσθετου προγράμματος Palisade @Risk

Το πρώτο βήμα στη δημιουργία του μοντέλου κινδύνων που χρησιμοποιήθηκε στην ποσοτική ανάλυση ήταν η δημιουργία χρονοδιαγράμματος του έργου στο Microsoft Project. Τα στοιχεία που εισήχθησαν στο πρόγραμμα προήλθαν από τις παραδοχές του κεφαλαίου 5. Το χρονοδιάγραμμα αποτυπώθηκε βάσει των ομάδων εργασιών και υπολογίστηκε η διάρκεια ολοκλήρωσης σε εργάσιμες ημέρες. Ο λόγος που επιλέχθηκαν οι εργάσιμες ημέρες είναι πως σε περίπτωση καθυστερήσεων λόγω εμφάνισης κινδύνων οι καθυστερήσεις θα αφορούν σε εργάσιμες ημέρες, άρα ο υπολογισμός της νέας διάρκειας των ομάδων εργασιών θα πρέπει να γίνει βάσει εργάσιμων ημερών. Επιπλέον το χρονοδιάγραμμα έχει ως ημερομηνία εκκίνησης την 1<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 2016, την ημέρα δηλαδή που κατά παραδοχή γίνεται η έναρξη των εργασιών. Καθυστέρηση στην ημέρα έναρξης των εργασιών δεν υπολογίζεται καθώς όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4 δεν υπολογίζονται κίνδυνοι που επηρεάζουν την περίοδο πριν την έναρξη των εργασιών.

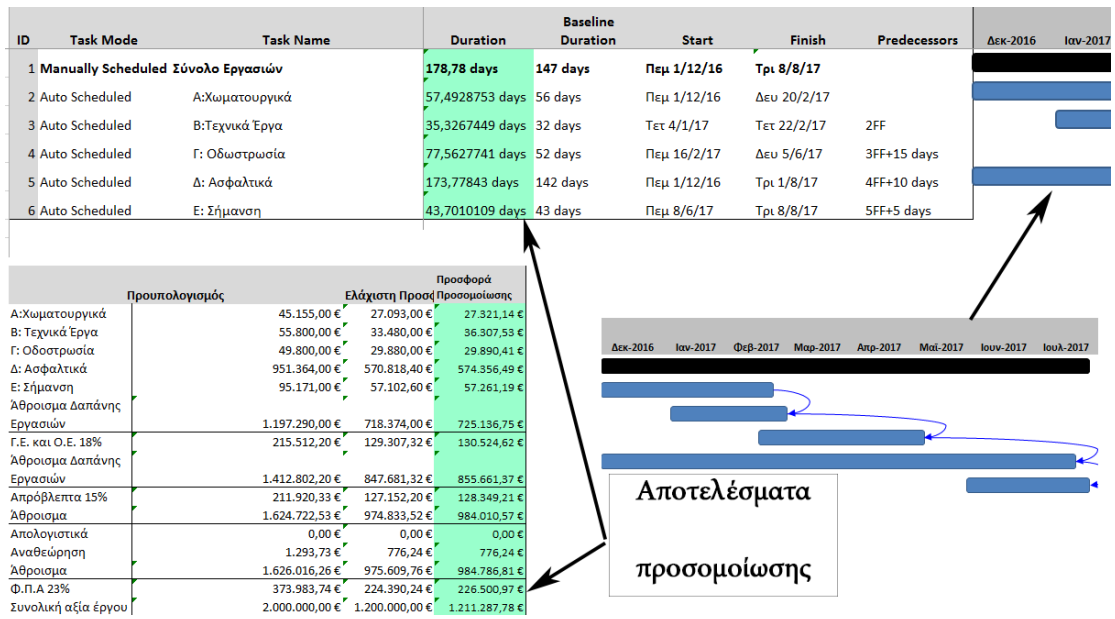
Η καθυστέρηση μιας ομάδας εργασιών λόγω της εμφάνισης ενός η περισσότερων κινδύνων δε σημαίνει απαραίτητα καθυστέρηση των υπόλοιπων ομάδων εργασιών. Ο

λόγος είναι πως οι εργασίες του παρόντος έργου εκτελούνται σε πολλά σημεία ταυτόχρονα, το έργο δεν είναι δηλαδή απόλυτα γραμμικό. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν περιορισμοί όσον αφορά την καθυστέρηση των ομάδων εργασιών και τον τρόπο που η καθυστέρηση μιας επηρεάζει τις υπόλοιπες. Για τη ρεαλιστική προσομοίωση των καθυστερήσεων του έργου εισήχθησαν οι παρακάτω περιορισμοί στο χρονοδιάγραμμα.

- Οι εργασίες κάθε ομάδας δεν μπορούν να ξεκινήσουν πριν την προγραμματισμένη ημερομηνία. Ο λόγος που τέθηκε αυτός ο περιορισμός είναι για να αποφευχθούν μη ρεαλιστικά αποτελέσματα σε προσομοιώσεις που ο επανυπολογισμός της διάρκειας μιας ομάδας εργασίας είχε ως αποτέλεσμα τον αυτόματο προγραμματισμό άλλων εργασιών με ημερομηνία έναρξης πριν την εμφάνιση του κινδύνου που προκάλεσε την καθυστέρηση, κάτι το παράδοξο.
- Για την ολοκλήρωση της ομάδας Β: Τεχνικά έργα πρέπει να προηγηθεί ολοκλήρωση της ομάδας Α: Χωματοουργικά. Αυτό είναι λογικό καθώς αν και οι εργασίες των ομάδων Α και Β μπορούν να γίνονται παράλληλα καθώς το έργο υλοποιείται σε πολλά σημεία, εάν δεν ολοκληρωθούν όλες οι εργασίες της ομάδας Α δεν μπορεί να υπάρξει ολοκλήρωση όλων των εργασιών της ομάδας Β. Παρ' όλα αυτά Λόγω του ότι οι εργασίες των Δανείων - Επιχωμάτων ολοκληρώνονται με το πέρας των Τεχνικών έργων, οι δυο ομάδες εργασίας μπορούν να ολοκληρωθούν ταυτόχρονα.
- Για την ολοκλήρωση της ομάδας Γ: Οδοστρωσία πρέπει να προηγηθεί ολοκλήρωση της ομάδας Β: Τεχνικά Έργα. Επιπλέον η ολοκλήρωση της ομάδας Γ πρέπει να γίνει τουλάχιστον 15 ημέρες μετά την ολοκλήρωση της ομάδας Β. Ο λόγος είναι πως η υπόβαση οδοστρωσίας γίνεται μετά το πέρας των Τεχνικών Έργων ενώ η υπόβαση οδοστρωσίας δεν μπορεί να γίνει ταυτόχρονα με τη βάση οδοστρωσίας (σε ένα δεδομένο σημείο) καθώς απαιτείται να παρέλθει χρονικό διάστημα για τη σταθεροποίηση της στρώσης.
- Για την ολοκλήρωση της Ομάδας Δ: Ασφαλτικά πρέπει να προηγηθεί ολοκλήρωση της ομάδας Γ: Οδοστρωσία. Επιπλέον η ολοκλήρωση των ασφαλτικών πρέπει να γίνει τουλάχιστον 10 ημέρες μετά την ολοκλήρωση της οδοστρωσίας. Ο λόγος είναι πως οι ασφαλτικές στρώσεις γίνονται πάνω στη βάση οδοστρωσίας ενώ η καθυστέρηση 10 ημερών οφείλεται στην ανάγκη η βάση οδοστρωσίας να είναι στεγνή κατά τη διάρκεια των ασφαλτικών εργασιών.
- Για την ολοκλήρωση της ομάδας Ε: Σήμανση πρέπει να έχει προηγηθεί ολοκλήρωση της ομάδας Δ: Ασφαλτικά. Επιπλέον η ολοκλήρωση της σήμανσης πρέπει να γίνει τουλάχιστον 5 ημέρες μετά την ολοκλήρωση της οδοστρωσίας. Ο λόγος είναι πως η διαγράμμιση οδοστρώματος πρέπει να γίνει σε ασφαλτο που έχει σταθεροποιηθεί.

Μετά τον εισαγωγή των περιορισμών ανάμεσα στις ομάδες εργασιών προστέθηκαν τα επιμέρους κόστη των ομάδων εργασιών βάση της ελάχιστης εκτίμησης με έκπτωση 40%. Τέλος χρησιμοποιήθηκε η δυνατότητα του @Risk για σύνδεση με το χρονοδιάγραμμα του Ms Project και συμπληρώθηκαν τα επιπλέον στοιχεία κόστους του έργου ενώ δημιουργήθηκαν τα κελιά που απεικονίζουν την προσομοίωση του έργου.

**Εικόνα 5.1 Εισαγωγή χρονοδιαγράμματος στο Microsoft Excel**



Ίδια επεξεργασία

**5.4.2 Δημιουργία μητρώου κινδύνων στο Microsoft Excel με χρήση του πρόσθετου προγράμματος Palisade @Risk**

**5.4.2.1 Υπολογισμός πιθανότητας εμφάνισης**

Για χρήση στο μοντέλο κινδύνων υπολογίστηκε η πιθανότητα εμφάνισης κάθε κινδύνου σε μια ομάδα εργασιών με χρήση της σχέσης 4,1

$$x^5 - 5x^4 + 10x^3 - 10x^2 + 5x - a = 0$$

**Πίνακας 5.15 Υπολογισμός πιθανοτήτων εμφάνισης κινδύνων ανά ομάδα εργασιών**

| Κωδ. | Κίνδυνος  | Πιθανότητα Ολική | Πιθανότητα ανα Ο.Ε. |
|------|---|------------------|---------------------|
| R1   | Καθυστέρηση εγκρίσεων πηγων υλικών                          | 20%              | 4,37%               |
| R2   | Υψηλές τιμές υλικών   | 20%              | 4,37%               |
| R3   | Έλλειψη προσφοράς υλικών                                    | 30%              | 6,89%               |
| R4   | Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού                       | 5%               | 1,02%               |
| R5   | Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων                                  | 20%              | 4,37%               |
| R6   | Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου       | 5%               | 1,02%               |
| R7   | Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων                              | 10%              | 2,09%               |
| R8   | Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου                | 5%               | 1,02%               |
| R9   | Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών             | 10%              | 2,09%               |
| R10  | Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο                             | 10%              | 2,09%               |
| R11  | Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους , χρόνου και ποιότητας | 20%              | 4,37%               |
| R12  | Καθυστέρηση πληρωμών  | 20%              | 4,37%               |
| R13  | Ελλιπής σχεδιασμός του έργου                                | 5%               | 1,02%               |

Ίδια επεξεργασία

**5.4.2.2 Προσδιορισμός επιπτώσεων κινδύνων ανά ομάδα εργασίας**

Στους πίνακες 5.16 και 5.17 παρατίθενται τα αποτελέσματα του προσδιορισμού των επιπτώσεων των κινδύνων, που προέκυψαν μέσω της διαδικασίας εκτίμησης που περιγράφεται στο κεφάλαιο 4

Πίνακας 5.16 Επιπτώσεις κινδύνων ανά Ο.Ε. σε σχέση με το κόστος

| Κωδ. | Κίνδυνος  | Α: Χωματουργικά                      | Β: Τεχνικά Έργα                | Γ: Οδοστρωσία                | Δ: Ασφαλτικά                  | Ε: Σήμανση - Ασφάλεια            |
|------|---|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| R1   | Καθυστέρηση εγκρίσεων πηγών υλικών                          | Μέτρια                               | Χαμηλή                         | Πολύ χαμηλή                  | Χαμηλή                        | Μηδενική                         |
| R2   | Υψηλές τιμές υλικών   | Μηδενική                             | Υψηλή                          | Υψηλή                        | Υψηλή                         | Υψηλή                            |
| R3   | Έλλειψη προσφοράς υλικών                                    | Μηδενική                             | Πολύ υψηλή                     | Πολύ υψηλή                   | Πολύ υψηλή                    | Πολύ υψηλή                       |
| R4   | Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού                       | Πολύ χαμηλή                          | Μέτρια                         | Μέτρια                       | Μέτρια                        | Χαμηλή                           |
| R5   | Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων                                  | Μέτρια                               | Μέτρια                         | Πολύ υψηλή                   | Πολύ υψηλή                    | Πολύ χαμηλή                      |
| R6   | Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου       | Μηδενική                             | Μέτρια                         | Πολύ χαμηλή                  | Πολύ χαμηλή                   | Πολύ χαμηλή                      |
| R7   | Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων                              | Υψηλή                                | Υψηλή                          | Υψηλή                        | Υψηλή                         | Υψηλή                            |
| R8   | Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου                | Χαμηλή                               | Χαμηλή                         | Χαμηλή                       | Χαμηλή                        | Χαμηλή                           |
| R9   | Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών             | Πολύ υψηλή                           | Πολύ υψηλή                     | Πολύ υψηλή                   | Πολύ υψηλή                    | Πολύ υψηλή                       |
| R10  | Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο                             | Πολύ υψηλή                           | Υψηλή                          | Μηδενική                     | Μηδενική                      | Μηδενική                         |
| R11  | Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους , χρόνου και ποιότητας | Υψηλή                                | Υψηλή                          | Υψηλή                        | Υψηλή                         | Υψηλή                            |
| R12  | Καθυστέρηση πληρωμών  | Πολύ υψηλή                           | Πολύ υψηλή                     | Πολύ υψηλή                   | Πολύ υψηλή                    | Πολύ υψηλή                       |
| R13  | Ελλιπής σχεδιασμός του έργου                                | Μέτρια                               | Μέτρια                         | Μέτρια                       | Μέτρια                        | Μέτρια                           |
|      | <b>Μηδενική επίπτωση = &lt;1%</b>                           | <b>Πολύ χαμηλή επίπτωση = 1% -2%</b> | <b>Χαμηλή επίπτωση = 2%-3%</b> | <b>Μέση επίπτωση = 3%-5%</b> | <b>Υψηλή επίπτωση = 5%-7%</b> | <b>Πολύ υψηλή επίπτωση = 7%+</b> |

Ιδία επεξεργασία

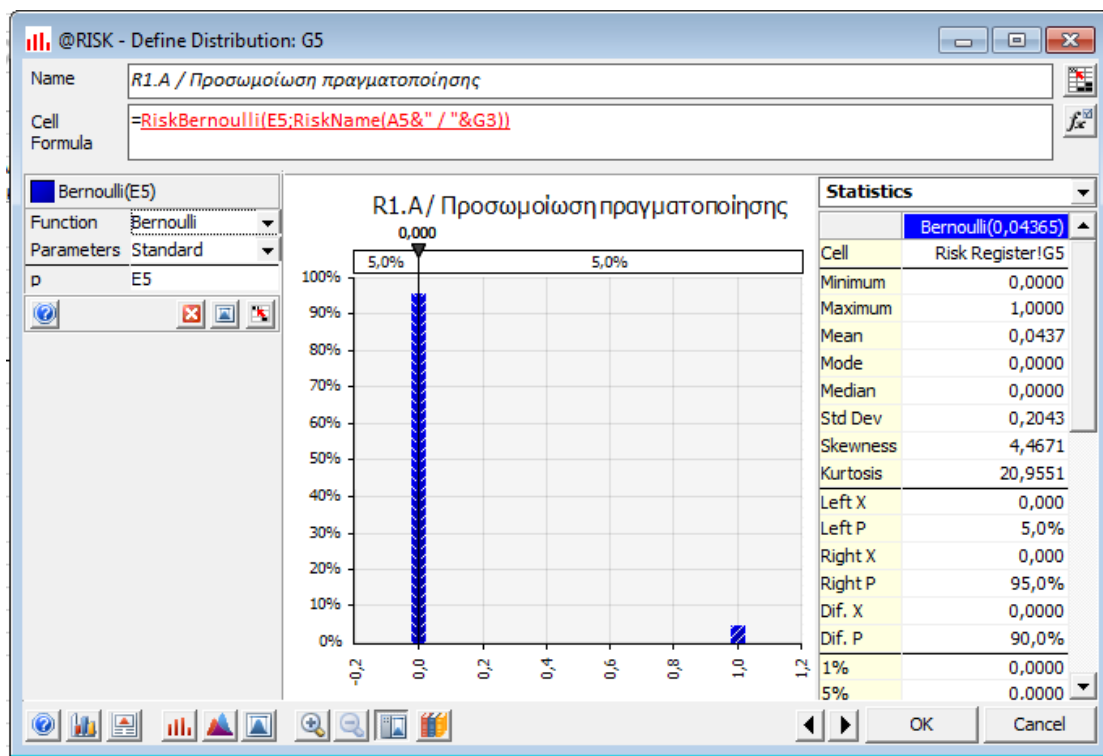
Πίνακας 5.17 Επιπτώσεις κινδύνων ανά Ο.Ε. σε σχέση με το χρόνο υλοποίησης

| Κωδ. | Κίνδυνος   | Α: Χωματουργικά                            | Β: Τεχνικά Έργα                        | Γ: Οδοστρωσία                         | Δ: Ασφαλτικά                           | Ε: Σήμανση - Ασφάλεια                   |
|------|--|--|--|---------------------------------------|--|---|
| R1   | Καθυστέρηση εγκρίσεων πηγών υλικών                           | Μέση                                       | Χαμηλή                                 | Μέση                                  | Μέση                                   | Πολύ χαμηλή                             |
| R2   | Υψηλές τιμές υλικών  | Μέση                                       | Μέση                                   | Μέση                                  | Μέση                                   | Μέση                                    |
| R3   | Έλλειψη προσφοράς υλικών                                     | Μηδενική                                   | Μέση                                   | Μέση                                  | Μέση                                   | Μέση                                    |
| R4   | Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού                        | Χαμηλή                                     | Υψηλή                                  | Μέση                                  | Μέση                                   | Χαμηλή                                  |
| R5   | Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων                                   | Μέση                                       | Μέση                                   | Υψηλή                                 | Πολύ υψηλή                             | Πολύ χαμηλή                             |
| R6   | Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου        | Μηδενική                                   | Μέση                                   | Μέση                                  | Μέση                                   | Μέση                                    |
| R7   | Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων                               | Υψηλή                                      | Υψηλή                                  | Υψηλή                                 | Υψηλή                                  | Χαμηλή                                  |
| R8   | Μεταβολή των εταιριών στην οργάνωση του έργου                | Χαμηλή                                     | Χαμηλή                                 | Χαμηλή                                | Χαμηλή                                 | Χαμηλή                                  |
| R9   | Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών              | Πολύ υψηλή                                 | Πολύ υψηλή                             | Πολύ υψηλή                            | Πολύ υψηλή                             | Πολύ υψηλή                              |
| R10  | Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο                              | Υψηλή                                      | Υψηλή                                  | Χαμηλή                                | Μηδενική                               | Μηδενική                                |
| R11  | Υπεραισιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας | Μέση                                       | Μέση                                   | Μέση                                  | Μέση                                   | Μέση                                    |
| R12  | Καθυστέρηση πληρωμών   | Υψηλή                                      | Υψηλή                                  | Υψηλή                                 | Πολύ υψηλή                             | Υψηλή                                   |
| R13  | Ελλιπής σχεδιασμός του έργου                                 | Μέση                                       | Μέση                                   | Μέση                                  | Μέση                                   | Μέση                                    |
|      | <b>Μηδενική επίπτωση = 0 ημέρες</b>                          | <b>Πολύ χαμηλή επίπτωση = 1 - 5 ημέρες</b> | <b>Χαμηλή επίπτωση = 5 - 10 ημέρες</b> | <b>Μέση επίπτωση = 10 - 15 ημέρες</b> | <b>Υψηλή επίπτωση = 15 - 20 ημέρες</b> | <b>Πολύ υψηλή επίπτωση = 20+ ημέρες</b> |

Ιδία επεξεργασία

Μετά τον προσδιορισμό των επιπτώσεων των κινδύνων ανά ομάδα εργασίας δημιουργήθηκε μητρώο κινδύνων στο οποίο καταχωρήθηκαν οι πιθανότητες εμφάνισης κινδύνων και συμπληρώθηκαν οι πίνακες επιπτώσεων χρησιμοποιώντας τις **ελάχιστες, πιθανότερες και μέγιστες** τιμές επιπτώσεων που εκτιμήθηκαν βάσει του βαθμού επίπτωσης που παρουσιάζει ο κάθε κίνδυνος στην εκάστοτε ομάδα εργασίας. Έπειτα έγινε εισαγωγή των συναρτήσεων πιθανοτήτων για την πιθανότητα εμφάνισης και τις επιπτώσεις κάθε κινδύνου, όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 4.

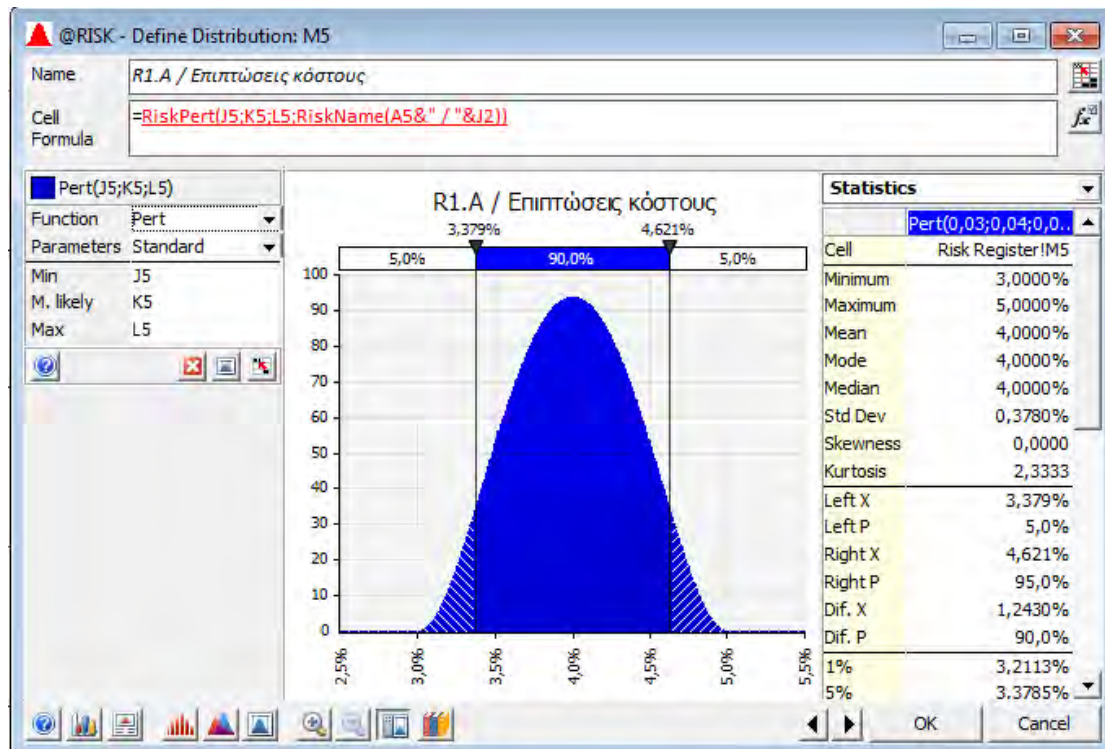
### Εικόνα 5.2 Εισαγωγή συνάρτησης πιθανότητας εμφάνισης



Ίδια επεξεργασία



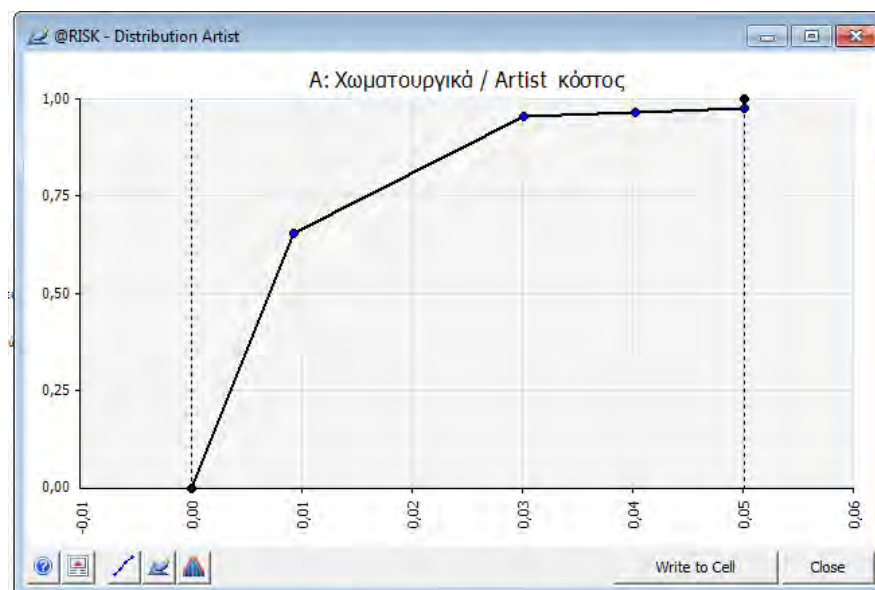
Εικόνα 5.3 Προσδιορισμός συνάρτησης επιπτώσεων κινδύνων (Pert)



Ιδία επεξεργασία

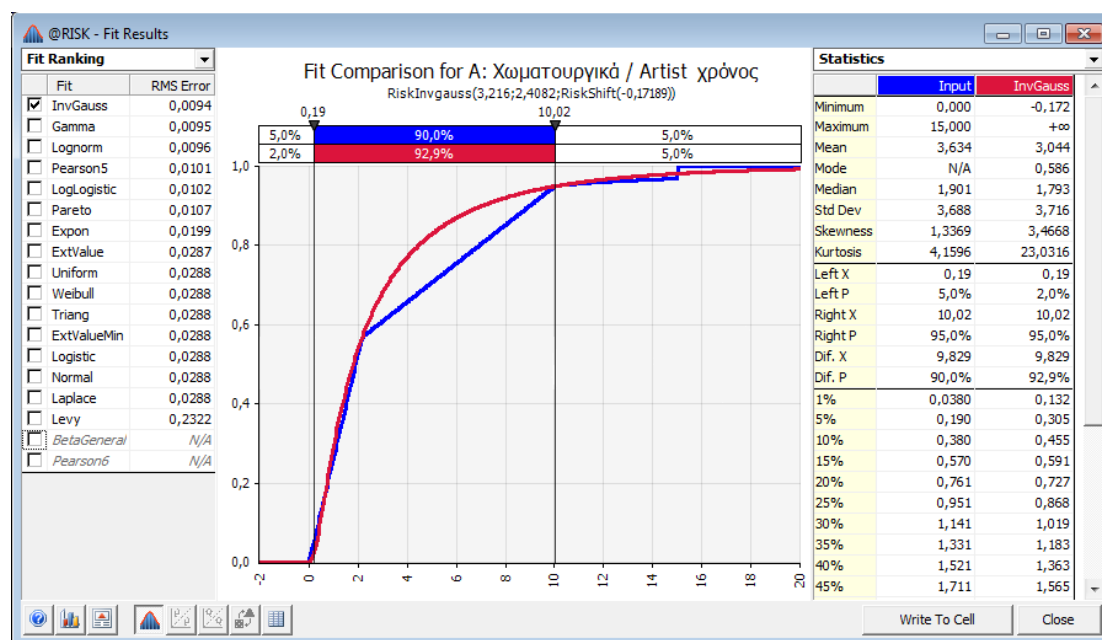
Για τους κινδύνους εγγενούς αβεβαιότητας έγινε σχεδιασμός των καμπυλών πιθανότητας – επίπτωσης με τη χρήση του εργαλείου distribution artist όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4 και έπειτα χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο αναγνώρισης κατανομής (distribution fitting) για να προσδιοριστούν οι κατάλληλες κατανομές.

Εικόνα 5.4 Σχεδιασμός καμπύλης πιθανοτήτων- επιπτώσεων



Ιδία επεξεργασία

Εικόνα 5.5 Αναγνώριση κατανομής



Ιδία επεξεργασία

Μετά την εισαγωγή των απαραίτητων για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης κατανομών δημιουργήθηκε συγκεντρωτικός πίνακας που απεικονίζει τις επιπτώσεις των κινδύνων ανά ομάδα εργασίας για μια επανάληψη (Πίνακας 5.18).

Πίνακας 5.18 Συγκεντρωτικός πίνακας επιπτώσεων κινδύνων

| Αποτελέσματα προσομοίωσης |                  |                  |               |
|---------------------------|------------------|------------------|---------------|
| Ομάδα Εργασίας            | Αύξηση Κόστους % | Αύξηση Κόστους € | Αύξηση Χρόνου |
| <b>A: Χωματουργικά</b>    | 1,04%            | 282,22 €         | 6             |
| <b>B: Τεχνικά Έργα</b>    | 3,62%            | 1.213,38 €       | 8             |
| <b>Γ: Οδοστρωσία</b>      | 2,07%            | 619,23 €         | 13            |
| <b>Δ: Ασφαλτικά</b>       | 0,88%            | 5.013,76 €       | 35            |
| <b>Ε: Σήμανση</b>         | 8,16%            | 4.658,91 €       | 20            |

Ιδία επεξεργασία

Επιπλέον παρατίθεται ο πίνακας του μητρώου κινδύνων (πίνακας 5.19), ο οποίος απεικονίζει μια επανάληψη της προσομοίωσης. Με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται οι κίνδυνοι που έχουν πραγματοποιηθεί, ενώ με ανοικτό πράσινο φαίνονται τα κελιά των οποίων η τιμή εξαρτάται από κάποια πιθανότητα κατανομής.

Πίνακας 5.19 Μητρώο κινδύνων

| Μητρώο Κινδύνων |   |         |                  |                            |                  |                             |                   |          |            | Επιπτώσεις κόστους |                       |       |          |          | Επιπτώσεις χρόνου |         |                       |   |  |
|-----------------|---|---------|------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------|----------|------------|--------------------|-----------------------|-------|----------|----------|-------------------|---------|-----------------------|---|--|
| Κωδ.            | Κίνδυνος  | Είδος   | Κατανομή         | Πιθανότητα πραγματοποίησης | Ομάδα            | Προσωμείωση πραγματοποίησης | Πραγματοποιείται? | Ελάχιστη | Πιθανότερη | Μέγιστη            | Προσωμείωση επίπτωσης |       | Επίπτωση | Ελάχιστη | Πιθανότερη        | Μέγιστη | Προσωμείωση Επίπτωσης |   |  |
|                 |   |         |                  |                            |                  |                             |                   |          |            |                    | 0                     | 1     |          |          |                   |         | 0                     | 1 |  |
| R1              | Καθυστερήση εγκρίσεων πηγών υλικών                    | Αμυγής  | Bernoulli & Pert | 20,00%                     |                  |                             |                   |          |            |                    |                       |       |          |          |                   |         |                       |   |  |
| R1.A            |   |         |                  | 4,37%                      | A: Χωματοουργικά | 0                           | Όχι               | 3,00%    | 4,00%      | 5,00%              | 4,54%                 | 0,00% | 10       | 12       | 15                | 13      | 0                     |   |  |
| R1.B            |   |         |                  | 4,37%                      | B: Τεχνικά Έργα  | 0                           | Όχι               | 2,00%    | 2,50%      | 3,00%              | 2,74%                 | 0,00% | 5        | 7        | 10                | 7       | 0                     |   |  |
| R1.Γ            |   |         |                  | 4,37%                      | Γ: Οδοστρωσία    | 1                           | Ναι               | 1,00%    | 1,50%      | 2,00%              | 1,36%                 | 1,36% | 10       | 12       | 15                | 13      | 13                    |   |  |
| R1.Δ            |   |         |                  | 4,37%                      | Δ: Ασφαλτικά     | 0                           | Όχι               | 2,00%    | 2,50%      | 3,00%              | 2,84%                 | 0,00% | 10       | 12       | 15                | 13      | 0                     |   |  |
| R1.E            |   |         |                  | 4,37%                      | Ε: Σήμανση       | 0                           | Όχι               | 0,00%    | 0,00%      | 0,00%              | 0,00%                 | 0,00% | 1        | 3        | 5                 | 2       | 0                     |   |  |
| R2              | Υψηλές τιμές υλικών                                   | Εγγενής | Gamma            | 20,00%                     |                  |                             |                   |          |            |                    |                       |       |          |          |                   |         |                       |   |  |
| R2.A            |   |         |                  | 4,37%                      | A: Χωματοουργικά | -                           | -                 | 0,00%    | 0,00%      | 0,00%              | 0,00%                 | 0,00% | 10       | 12       | 15                | 0       | 0                     |   |  |
| R2.B            |   |         |                  | 4,37%                      | B: Τεχνικά Έργα  | -                           | -                 | 5,00%    | 6,00%      | 7,00%              | 1,62%                 | 1,62% | 10       | 12       | 15                | 0       | 0                     |   |  |
| R2.Γ            |   |         |                  | 4,37%                      | Γ: Οδοστρωσία    | -                           | -                 | 5,00%    | 6,00%      | 7,00%              | 0,34%                 | 0,34% | 10       | 12       | 15                | 1       | 1                     |   |  |
| R2.Δ            |   |         |                  | 4,37%                      | Δ: Ασφαλτικά     | -                           | -                 | 5,00%    | 6,00%      | 7,00%              | 1,27%                 | 1,27% | 10       | 12       | 15                | 0       | 0                     |   |  |
| R2.E            |   |         |                  | 4,37%                      | Ε: Σήμανση       | -                           | -                 | 5,00%    | 6,00%      | 7,00%              | 0,25%                 | 0,25% | 10       | 12       | 15                | 9       | 9                     |   |  |
| R3              | Ελλειψη προσφοράς υλικών                              | Αμυγής  | Pert             | 30,00%                     |                  |                             |                   |          |            |                    |                       |       |          |          |                   |         |                       |   |  |
| R3.A            |   |         |                  | 6,89%                      | A: Χωματοουργικά | 0                           | Όχι               | 0,00%    | 0,00%      | 0,00%              | 0,00%                 | 0,00% | 0        | 0        | 0                 | 0       | 0                     |   |  |
| R3.B            |   |         |                  | 6,89%                      | B: Τεχνικά Έργα  | 0                           | Όχι               | 7,00%    | 8,00%      | 10,00%             | 7,79%                 | 0,00% | 10       | 12       | 15                | 12      | 0                     |   |  |
| R3.Γ            |   |         |                  | 6,89%                      | Γ: Οδοστρωσία    | 0                           | Όχι               | 7,00%    | 8,00%      | 10,00%             | 8,34%                 | 0,00% | 10       | 12       | 15                | 12      | 0                     |   |  |
| R3.Δ            |   |         |                  | 6,89%                      | Δ: Ασφαλτικά     | 0                           | Όχι               | 7,00%    | 8,00%      | 10,00%             | 7,24%                 | 0,00% | 10       | 12       | 15                | 11      | 0                     |   |  |
| R3.E            |   |         |                  | 6,89%                      | Ε: Σήμανση       | 0                           | Όχι               | 7,00%    | 8,00%      | 10,00%             | 7,79%                 | 0,00% | 10       | 12       | 15                | 11      | 0                     |   |  |
| R4              | Ελλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού                 | Αμυγής  | Bernoulli & Pert | 5,00%                      |                  |                             |                   |          |            |                    |                       |       |          |          |                   |         |                       |   |  |
| R4.A            |   |         |                  | 1,02%                      | A: Χωματοουργικά | 0                           | Όχι               | 1,00%    | 1,50%      | 2,00%              | 1,17%                 | 0,00% | 1        | 3        | 5                 | 3       | 0                     |   |  |
| R4.B            |   |         |                  | 1,02%                      | B: Τεχνικά Έργα  | 0                           | Όχι               | 3,00%    | 4,00%      | 5,00%              | 4,67%                 | 0,00% | 15       | 17       | 20                | 16      | 0                     |   |  |
| R4.Γ            |   |         |                  | 1,02%                      | Γ: Οδοστρωσία    | 0                           | Όχι               | 3,00%    | 4,00%      | 5,00%              | 4,31%                 | 0,00% | 10       | 12       | 15                | 13      | 0                     |   |  |
| R4.Δ            |   |         |                  | 1,02%                      | Δ: Ασφαλτικά     | 0                           | Όχι               | 3,00%    | 4,00%      | 5,00%              | 3,65%                 | 0,00% | 10       | 12       | 15                | 14      | 0                     |   |  |
| R4.E            |   |         |                  | 1,02%                      | Ε: Σήμανση       | 0                           | Όχι               | 2,00%    | 2,50%      | 3,00%              | 2,17%                 | 0,00% | 5        | 7        | 10                | 7       | 0                     |   |  |
| R5              | Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων                            | Εγγενής | Gamma, InvGauss  | 20,00%                     |                  |                             |                   |          |            |                    |                       |       |          |          |                   |         |                       |   |  |
| R5.A            |   |         |                  | 4,37%                      | A: Χωματοουργικά |                             |                   | 3,00%    | 4,00%      | 5,00%              | 0,86%                 | 0,86% | 10       | 12       | 15                | 2       | 2                     |   |  |
| R5.B            |   |         |                  | 4,37%                      | B: Τεχνικά Έργα  |                             |                   | 3,00%    | 5,00%      | 5,00%              | 0,87%                 | 0,87% | 10       | 12       | 15                | 1       | 1                     |   |  |
| R5.Γ            |   |         |                  | 4,37%                      | Γ: Οδοστρωσία    |                             |                   | 7,00%    | 8,00%      | 11,00%             | 0,16%                 | 0,16% | 15       | 17       | 20                | 4       | 4                     |   |  |
| R5.Δ            |   |         |                  | 4,37%                      | Δ: Ασφαλτικά     |                             |                   | 7,00%    | 8,00%      | 11,00%             | 0,33%                 | 0,33% | 20       | 25       | 30                | 2       | 2                     |   |  |
| R5.E            |   |         |                  | 4,37%                      | Ε: Σήμανση       |                             |                   | 1,00%    | 1,50%      | 2,00%              | 0,28%                 | 0,28% | 1        | 3        | 5                 | 0       | 0                     |   |  |
| R6              | Ελλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου | Αμυγής  | Bernoulli & Pert | 5,00%                      |                  |                             |                   |          |            |                    |                       |       |          |          |                   |         |                       |   |  |
| R6.A            |   |         |                  | 1,02%                      | A: Χωματοουργικά | 0                           | Όχι               | 0,00%    | 0,00%      | 0,00%              | 0,00%                 | 0,00% | 0        | 0        | 0                 | 0       | 0                     |   |  |
| R6.B            |   |         |                  | 1,02%                      | B: Τεχνικά Έργα  | 0                           | Όχι               | 3,00%    | 4,00%      | 5,00%              | 3,49%                 | 0,00% | 10       | 12       | 15                | 11      | 0                     |   |  |
| R6.Γ            |   |         |                  | 1,02%                      | Γ: Οδοστρωσία    | 1                           | Ναι               | 1,00%    | 1,50%      | 2,00%              | 1,53%                 | 1,53% | 10       | 12       | 15                | 13      | 13                    |   |  |
| R6.Δ            |   |         |                  | 1,02%                      | Δ: Ασφαλτικά     | 0                           | Όχι               | 1,00%    | 1,50%      | 2,00%              | 1,17%                 | 0,00% | 10       | 12       | 15                | 13      | 0                     |   |  |
| R6.E            |   |         |                  | 1,02%                      | Ε: Σήμανση       | 0                           | Όχι               | 1,00%    | 1,50%      | 2,00%              | 1,64%                 | 0,00% | 10       | 12       | 15                | 12      | 0                     |   |  |

| Μητρώο Κινδύνων |  |       |                  |                            |                 |                             |                   | Επιπτώσεις κόστους |            |         | Επιπτώσεις χρόνου     |          |          |            |         |                       |          |          |
|-----------------|--|-------|------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|------------|---------|-----------------------|----------|----------|------------|---------|-----------------------|----------|----------|
| Κωδ.            | Κίνδυνος   | Είδος | Κατανομή         | Πιθανότητα πραγματοποίησης | Ομάδα           | Προσωμοίωση πραγματοποίησης | Πραγματοποιείται? | Ελάχιστη           | Πιθανότερη | Μέγιστη | Προσωμοίωση επίπτωσης | Επίπτωση | Ελάχιστη | Πιθανότερη | Μέγιστη | Προσωμοίωση επίπτωσης | Επίπτωση |          |
|                 |  |       |                  |                            |                 |                             |                   |                    |            |         |                       |          |          |            |         |                       |          | Ελάχιστη |
| R7              | Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων                             | Αμμή  | Bernoulli & Pert | 10,00%                     |                 |                             |                   |                    |            |         |                       |          |          |            |         |                       |          |          |
| R7.A            |  |       |                  | 2,09%                      | A: Χωματουργικά | 0                           | Όχι               | 5,00%              | 6,00%      | 7,00%   | 6,62%                 | 0,00%    | 15       | 17         | 20      | 16                    | 0        |          |
| R7.B            |  |       |                  | 2,09%                      | B: Τεχνικά Έργα | 0                           | Όχι               | 5,00%              | 6,00%      | 7,00%   | 5,92%                 | 0,00%    | 15       | 17         | 20      | 19                    | 0        |          |
| R7.Γ            |  |       |                  | 2,09%                      | Γ: Οδοστρωσία   | 0                           | Όχι               | 5,00%              | 6,00%      | 7,00%   | 5,15%                 | 0,00%    | 15       | 17         | 20      | 16                    | 0        |          |
| R7.Δ            |  |       |                  | 2,09%                      | Δ: Ασφαλτικά    | 0                           | Όχι               | 5,00%              | 6,00%      | 7,00%   | 5,40%                 | 0,00%    | 15       | 17         | 20      | 17                    | 0        |          |
| R7.E            |  |       |                  | 2,09%                      | Ε: Σήμανση      | 0                           | Όχι               | 5,00%              | 6,00%      | 7,00%   | 6,57%                 | 0,00%    | 5        | 7          | 10      | 7                     | 0        |          |
| R8              | Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου               | Αμμή  | Bernoulli & Pert | 5,00%                      |                 |                             |                   |                    |            |         |                       |          |          |            |         |                       |          |          |
| R8.A            |  |       |                  | 1,02%                      | A: Χωματουργικά | 0                           | Όχι               | 2,00%              | 2,50%      | 3,00%   | 2,39%                 | 0,00%    | 5        | 7          | 10      | 7                     | 0        |          |
| R8.B            |  |       |                  | 1,02%                      | B: Τεχνικά Έργα | 1                           | Ναι               | 2,00%              | 2,50%      | 3,00%   | 2,78%                 | 2,78%    | 5        | 7          | 10      | 7                     | 7        |          |
| R8.Γ            |  |       |                  | 1,02%                      | Γ: Οδοστρωσία   | 0                           | Όχι               | 2,00%              | 2,50%      | 3,00%   | 2,31%                 | 0,00%    | 5        | 7          | 10      | 7                     | 0        |          |
| R8.Δ            |  |       |                  | 1,02%                      | Δ: Ασφαλτικά    | 0                           | Όχι               | 2,00%              | 2,50%      | 3,00%   | 2,15%                 | 0,00%    | 5        | 7          | 10      | 7                     | 0        |          |
| R8.E            |  |       |                  | 1,02%                      | Ε: Σήμανση      | 0                           | Όχι               | 2,00%              | 2,50%      | 3,00%   | 2,76%                 | 0,00%    | 5        | 7          | 10      | 6                     | 0        |          |
| R9              | Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών            | Αμμή  | Bernoulli & Pert | 10,00%                     |                 |                             |                   |                    |            |         |                       |          |          |            |         |                       |          |          |
| R9.A            |  |       |                  | 2,09%                      | A: Χωματουργικά | 0                           | Όχι               | 7,00%              | 8,00%      | 11,00%  | 9,27%                 | 0,00%    | 20       | 25         | 30      | 26                    | 0        |          |
| R9.B            |  |       |                  | 2,09%                      | B: Τεχνικά Έργα | 0                           | Όχι               | 7,00%              | 8,00%      | 11,00%  | 7,58%                 | 0,00%    | 20       | 25         | 30      | 22                    | 0        |          |
| R9.Γ            |  |       |                  | 2,09%                      | Γ: Οδοστρωσία   | 0                           | Όχι               | 7,00%              | 8,00%      | 11,00%  | 7,62%                 | 0,00%    | 20       | 25         | 30      | 25                    | 0        |          |
| R9.Δ            |  |       |                  | 2,09%                      | Δ: Ασφαλτικά    | 0                           | Όχι               | 7,00%              | 8,00%      | 11,00%  | 8,02%                 | 0,00%    | 20       | 25         | 30      | 23                    | 0        |          |
| R9.E            |  |       |                  | 2,09%                      | Ε: Σήμανση      | 0                           | Όχι               | 7,00%              | 8,00%      | 11,00%  | 9,37%                 | 0,00%    | 20       | 25         | 30      | 28                    | 0        |          |
| R10             | Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο                            | Αμμή  | Bernoulli & Pert | 10,00%                     |                 |                             |                   |                    |            |         |                       |          |          |            |         |                       |          |          |
| R10.A           |  |       |                  | 2,09%                      | A: Χωματουργικά | 0                           | Όχι               | 7,00%              | 8,00%      | 11,00%  | 8,27%                 | 0,00%    | 15       | 17         | 20      | 17                    | 0        |          |
| R10.B           |  |       |                  | 2,09%                      | B: Τεχνικά Έργα | 0                           | Όχι               | 5,00%              | 6,00%      | 7,00%   | 5,14%                 | 0,00%    | 15       | 17         | 20      | 17                    | 0        |          |
| R10.Γ           |  |       |                  | 2,09%                      | Γ: Οδοστρωσία   | 0                           | Όχι               | 0,00%              | 0,00%      | 0,00%   | 0,00%                 | 0,00%    | 5        | 7          | 10      | 6                     | 0        |          |
| R10.Δ           |  |       |                  | 2,09%                      | Δ: Ασφαλτικά    | 0                           | Όχι               | 0,00%              | 0,00%      | 0,00%   | 0,00%                 | 0,00%    | 0        | 0          | 0       | 0                     | 0        |          |
| R10.E           |  |       |                  | 2,09%                      | Ε: Σήμανση      | 0                           | Όχι               | 0,00%              | 0,00%      | 0,00%   | 0,00%                 | 0,00%    | 0        | 0          | 0       | 0                     | 0        |          |
| R11             | Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας | Αμμή  | Bernoulli & Pert | 20,00%                     |                 |                             |                   |                    |            |         |                       |          |          |            |         |                       |          |          |
| R11.A           |  |       |                  | 4,37%                      | A: Χωματουργικά | 0                           | Όχι               | 5,00%              | 6,00%      | 7,00%   | 6,66%                 | 0,00%    | 10       | 12         | 15      | 12                    | 0        |          |
| R11.B           |  |       |                  | 4,37%                      | B: Τεχνικά Έργα | 0                           | Όχι               | 5,00%              | 6,00%      | 7,00%   | 5,58%                 | 0,00%    | 10       | 12         | 15      | 14                    | 0        |          |
| R11.Γ           |  |       |                  | 4,37%                      | Γ: Οδοστρωσία   | 0                           | Όχι               | 5,00%              | 6,00%      | 7,00%   | 6,19%                 | 0,00%    | 10       | 12         | 15      | 12                    | 0        |          |
| R11.Δ           |  |       |                  | 4,37%                      | Δ: Ασφαλτικά    | 0                           | Όχι               | 5,00%              | 6,00%      | 7,00%   | 6,16%                 | 0,00%    | 10       | 12         | 15      | 14                    | 0        |          |
| R11.E           |  |       |                  | 4,37%                      | Ε: Σήμανση      | 0                           | Όχι               | 5,00%              | 6,00%      | 7,00%   | 5,50%                 | 0,00%    | 10       | 12         | 15      | 12                    | 0        |          |
| R12             | Καθυστέρηση πληρωμών                                       | Αμμή  | Bernoulli & Pert | 20,00%                     |                 |                             |                   |                    |            |         |                       |          |          |            |         |                       |          |          |
| R12.A           |  |       |                  | 4,37%                      | A: Χωματουργικά | 0                           | Όχι               | 7,00%              | 8,00%      | 11,00%  | 7,85%                 | 0,00%    | 15       | 17         | 20      | 18                    | 0        |          |
| R12.B           |  |       |                  | 4,37%                      | B: Τεχνικά Έργα | 0                           | Όχι               | 7,00%              | 8,00%      | 11,00%  | 8,42%                 | 0,00%    | 15       | 17         | 20      | 16                    | 0        |          |
| R12.Γ           |  |       |                  | 4,37%                      | Γ: Οδοστρωσία   | 0                           | Όχι               | 7,00%              | 8,00%      | 11,00%  | 8,32%                 | 0,00%    | 15       | 17         | 20      | 17                    | 0        |          |
| R12.Δ           |  |       |                  | 4,37%                      | Δ: Ασφαλτικά    | 0                           | Όχι               | 7,00%              | 8,00%      | 11,00%  | 8,60%                 | 0,00%    | 20       | 25         | 30      | 22                    | 0        |          |
| R12.E           |  |       |                  | 4,37%                      | Ε: Σήμανση      | 1                           | Ναι               | 7,00%              | 8,00%      | 11,00%  | 7,88%                 | 7,88%    | 15       | 17         | 20      | 17                    | 17       |          |
| R13             | Ελλιπής σχεδιασμός του έργου                               | Αμμή  | Bernoulli & Pert | 5,00%                      |                 |                             |                   |                    |            |         |                       |          |          |            |         |                       |          |          |
| R13.A           |  |       |                  | 1,02%                      | A: Χωματουργικά | 0                           | Όχι               | 3,00%              | 4,00%      | 5,00%   | 3,71%                 | 0,00%    | 10       | 12         | 15      | 13                    | 0        |          |
| R13.B           |  |       |                  | 1,02%                      | B: Τεχνικά Έργα | 0                           | Όχι               | 3,00%              | 4,00%      | 5,00%   | 4,05%                 | 0,00%    | 10       | 12         | 15      | 14                    | 0        |          |
| R13.Γ           |  |       |                  | 1,02%                      | Γ: Οδοστρωσία   | 0                           | Όχι               | 3,00%              | 4,00%      | 5,00%   | 4,67%                 | 0,00%    | 10       | 12         | 15      | 10                    | 0        |          |
| R13.Δ           |  |       |                  | 1,02%                      | Δ: Ασφαλτικά    | 0                           | Όχι               | 3,00%              | 4,00%      | 5,00%   | 4,46%                 | 0,00%    | 10       | 12         | 15      | 11                    | 0        |          |
| R13.E           |  |       |                  | 1,02%                      | Ε: Σήμανση      | 0                           | Όχι               | 3,00%              | 4,00%      | 5,00%   | 3,35%                 | 0,00%    | 10       | 12         | 15      | 12                    | 0        |          |

Ίδια επεξεργασία

Δημιουργία μήτρας συσχετίσεων στο Microsoft Excel με χρήση του πρόσθετου προγράμματος Palisade @Risk

Η πιθανότητα εμφάνισης ενός κινδύνου δεν είναι πάντα ανεξάρτητη της εμφάνισης των υπολοίπων. Είναι πολύ συχνό φαινόμενο η εμφάνιση ενός κινδύνου να επηρεάζει τις πιθανότητες εμφάνισης ενός ή περισσότερων άλλων κινδύνων. Με χρήση του διαγράμματος **5.3 Επιρροές παραγόντων κινδύνων** αναγνωρίστηκαν οι επιρροές που ασκεί η εμφάνιση κάποιων κινδύνων στην πιθανότητα εμφάνισης άλλων κινδύνων και δημιουργήθηκε μήτρα συσχετίσεων (Πίνακας 5.20) η οποία ομαδοποιεί τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων βάσει ενός συντελεστή συσχέτισης. Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως η μήτρα συσχετίσεων δε μεταβάλλει την πιθανότητα εμφάνισης ενός κινδύνου, εάν όμως υπάρχει συσχέτιση μεταξύ δυο ή περισσότερων κινδύνων, ανάλογα με το συντελεστή συσχέτισης, η πιθανότητα να εμφανιστούν ταυτόχρονα αυξάνεται ή μειώνεται.

Μετά από μελέτη του διαγράμματος **5.3 Επιρροές παραγόντων κινδύνων** αναγνωρίστηκαν οι παρακάτω επιρροές και έγινε εκτίμηση των συντελεστών συσχέτισης. Ο βαθμός του συντελεστή συσχέτισης κυμαίνεται από 0, που σημαίνει πως δεν υπάρχει συσχέτιση, έως 1, που σημαίνει πως υπάρχει απόλυτη συσχέτιση και οι δυο παράμετροι κινούνται πάντα προς την ίδια κατεύθυνση. Για την εκτίμηση των συντελεστών λήφθηκε υπόψη η αμεσότητα της επιρροής καθώς και ο αριθμός των υπόλοιπων παραγόντων που επηρεάζουν την εμφάνιση του κινδύνου ( όπως αναφέρονται στην εκτίμηση πιθανοτήτων κινδύνων). Παρακάτω αναφέρονται οι αναγνωρισμένες επιρροές καθώς και ο συντελεστής συσχέτισης:

- R3 → R2 (0,3)
- R6 → R7 (0,2)
- R10 → R6 (0,2)
- R11 → R9 (0,1) , R8 (0,3)
- R13 → R6 (0,3), R7 (0,3), R10 (0,4)

**Πίνακας 5.20 Μήτρα συσχετίσεων κινδύνων**

| @RISK Correlations   | R3.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register'!\$G\$17 | R2.A / Προσωμοίωση επίπτωσης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register'!\$M\$11 | R2.A / Επιπτώσεις χρόνου in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register'!\$S\$11 |
|--|--|--|--|
| R3.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register'!\$G\$17 | 1  |  |  |
| R2.A / Προσωμοίωση επίπτωσης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register'!\$M\$11       | 0,3  | 1  |  |
| R2.A / Επιπτώσεις χρόνου in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register'!\$S\$11           | 0,3  | 0  | 1  |

| @RISK.Correlations   | R6.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$35 | R7.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$41 | R8.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$47 | R9.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$53 | R10.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$59 | R11.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$65 | R13.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$77 |
|--|---|---|---|---|--|--|--|
| R6.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$35  | 1   |   |   |   |  |  |  |
| R7.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$41  | 0,2   | 1   |   |   |  |  |  |
| R8.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$47  | 0   | 0   | 1   |   |  |  |  |
| R9.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$53  | 0   | 0   | 0   | 1   |  |  |  |
| R10.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$59 | 0,2   | 0   | 0   | 0   | 1  |  |  |
| R11.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$65 | 0   | 0   | 0   | 0,1   | 0  | 1  |  |
| R13.A / Προσωμοίωση πραγματοποίησης in '[Ποσοτική Ανάλυση.xlsx]Risk Register!\$G\$77 | 0,3   | 0,3   | 0,4   | 0   | 0  | 0  | 1  |

Ίδια επεξεργασία

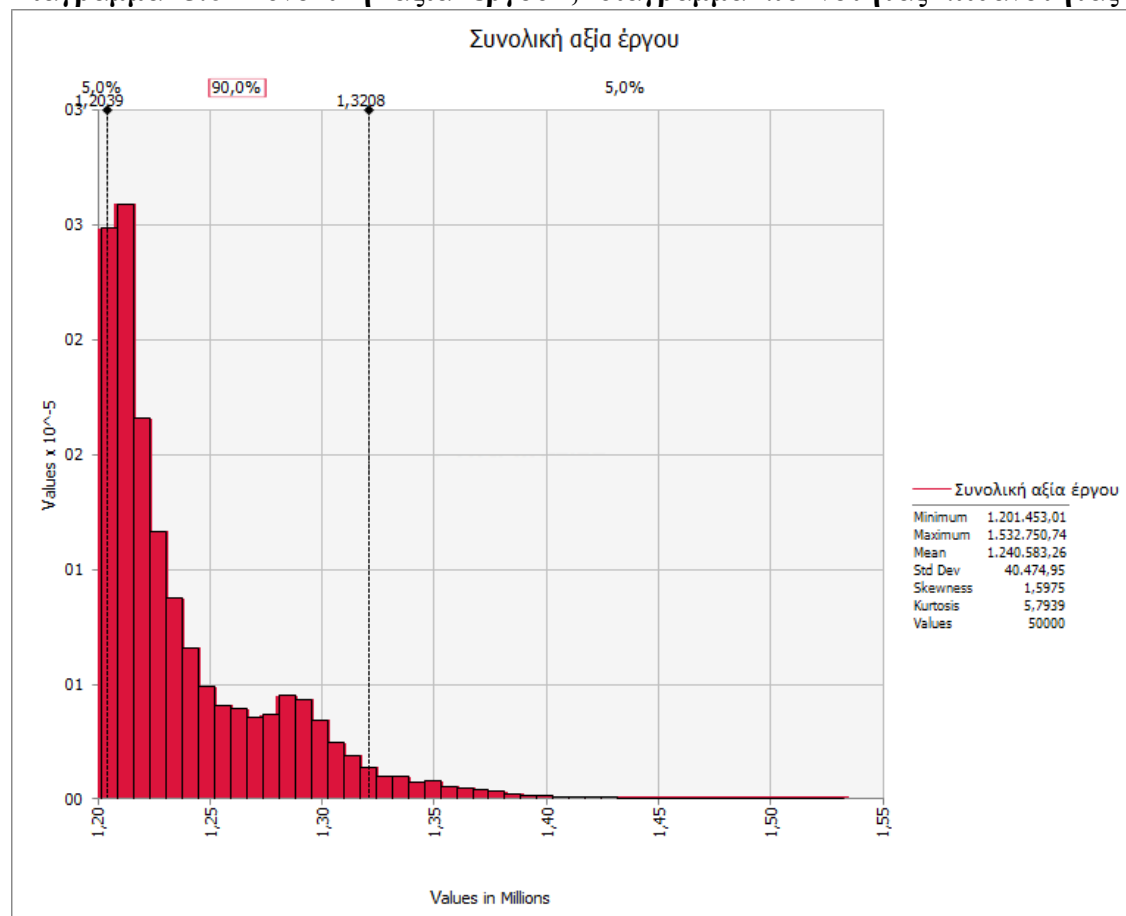
### 5.4.3 Πραγματοποίηση προσομοίωσης κινδύνων έργου

Η προσομοίωση των κινδύνων εκτελέστηκε με την πραγματοποίηση 50.000 επαναλήψεων, αριθμού απαραίτητου για αποτελέσματα με επίπεδο εμπιστοσύνης 99% και ανοχή σύγκλισης 1%. Η μέθοδος δειγματοληψίας που ακολουθήθηκε είναι αυτή του Λατινικού Υπερκύβου (Latin Hypercube Sampling), όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4, Μεθοδολογία.

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

#### 5.4.3.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης όσον αφορά στο κόστος του έργου

#### Διάγραμμα 5.6 Συνολική αξία έργου , διάγραμμα πυκνότητας πιθανότητας

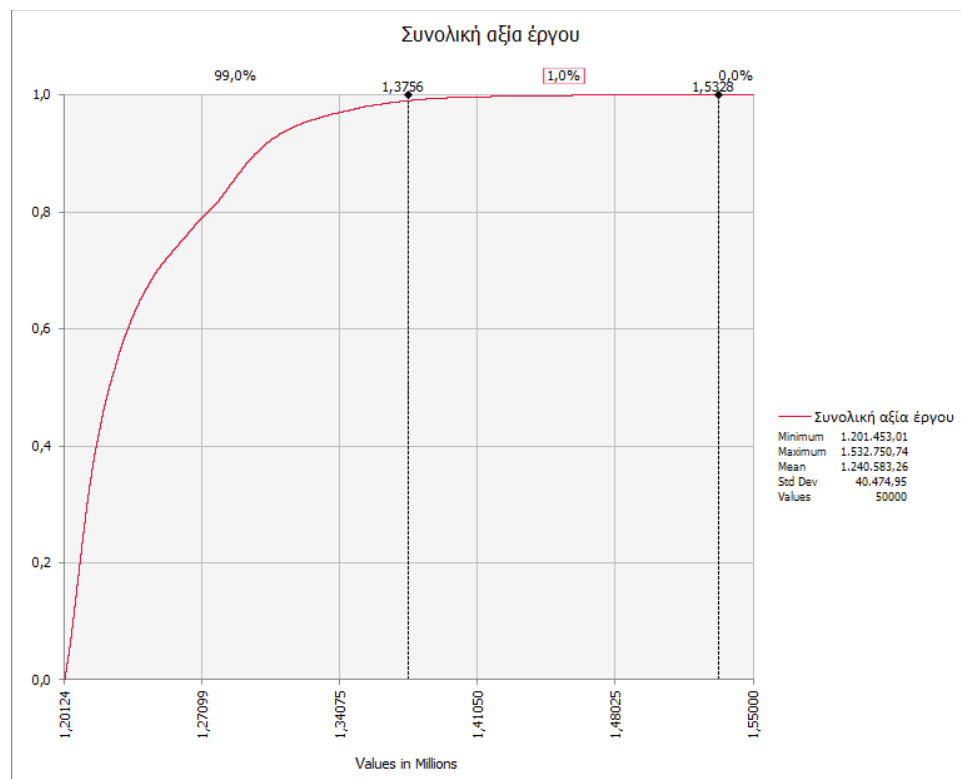


#### Ίδια επεξεργασία

Το διάγραμμα 5.6 παρουσιάζει τις πιθανές τιμές που μπορεί να πάρει η συνολική αξία του έργου, το άθροισμα δηλαδή του κόστους όλων των ομάδων εργασιών, προστιθέμενο σε όλου τους παράγοντες που περιγράφει ο προϋπολογισμός του έργου (ΦΠΑ, Γενικά έξοδα & Όφελος Εργολάβου κλπ.). Δίνει δηλαδή μια εικόνα της διακύμανσης του κόστους του έργου βάσει πιθανοτήτων. Όπως είναι εμφανές, υπάρχει σημαντικό περιθώριο για έκπτωση επί του προϋπολογισμού, καθώς οι πιθανότητες το έργο να κοστίσει περισσότερο από 1,32 εκ. ευρώ ανέρχονται στο 5%, ενώ για κόστος μεγαλύτερο του 1,4 εκ. ευρώ οι πιθανότητες πλησιάζουν το μηδέν. Παράλληλα είναι δυνατόν να ειπωθεί πως όσο αυξάνεται το κόστος, οι πιθανότητες των τιμών μειώνονται σχεδόν εκθετικά. Οι παραπάνω τάσεις γίνονται εμφανείς παρατηρώντας το

βαθμό ασυμμετρίας (Skewness) και κύρτωσης (Kurtosis) στον πίνακα με τα στατιστικά στοιχεία.

### Διάγραμμα 5.7 Συνολική αξία έργου, αθροιστική κατανομή πιθανότητας

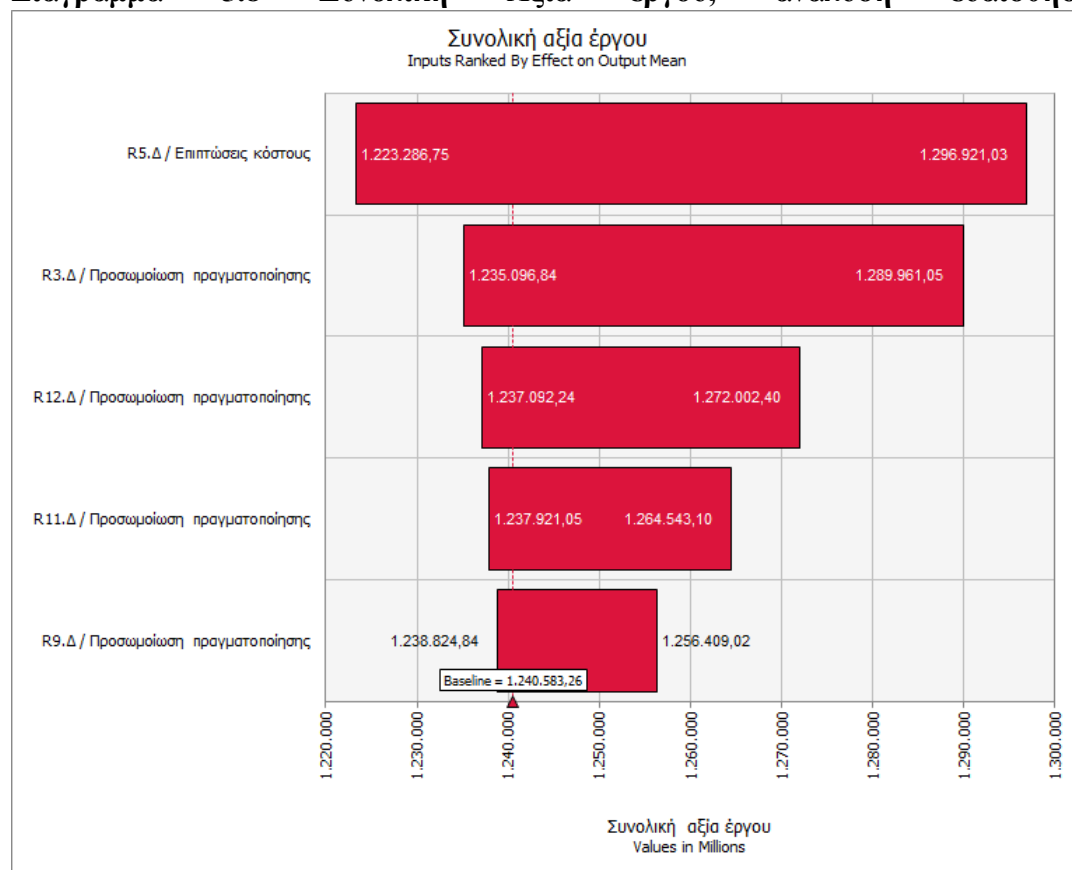


#### Ίδια επεξεργασία

Οι εντυπώσεις του διαγράμματος 5.6 επιβεβαιώνονται μετά από μελέτη της αθροιστικής κατανομής πιθανότητας της συνολικής αξίας του έργου (διάγραμμα 5.7). Όπως είναι εμφανές, αν και η μέγιστη πιθανή τιμή για το συνολικό κόστος είναι λίγο μεγαλύτερη από 1,5 εκ. ευρώ, η πιθανότητα το έργο να κοστίσει περισσότερο από 1,37εκ ευρώ είναι μόλις 1%. Αντίθετα, κάτω από την τιμή του 99% (1,37 εκ. ευρώ) η καμπύλη αθροιστικής πιθανότητας ακολουθεί αυξημένη πτωτική πορεία. Το συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί είναι πως ενώ ο κίνδυνος για υπέρβαση του κόστους των 1,37 εκ. ευρώ είναι ιδιαίτερα χαμηλός, τα περιθώρια κέρδους αυξάνονται σε μεγάλο βαθμό εάν η προσφορά κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα έκπτωσης. Το γεγονός αυτό δίνει στον υποψήφιο ανάδοχο περιθώριο ρύθμισης της προσφοράς ανάλογα με τον ανταγωνισμό.

Παρακάτω παρουσιάζεται διάγραμμα τύπου Tornado (διάγραμμα 5.8) , το οποίο απεικονίζει την επιρροή των σημαντικότερων κινδύνων στο συνολικό κόστος του έργου, μετρώντας τη συσχέτιση της των τιμών κάθε παραμέτρου αβεβαιότητας με την τιμή του συνολικού κόστους του έργου.



**Διάγραμμα 5.8 Συνολική Αξία έργου, ανάλυση ευαισθησίας****Ιδία επεξεργασία**

Όπως είναι εύκολα αντιληπτό, τη μεγαλύτερη επίπτωση στην αύξηση του κόστους παρουσιάζουν οι κίνδυνοι:

- R5, Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων
- R3, Έλλειψη προσφοράς υλικών
- R12, Καθυστέρηση πληρωμών
- R11, Υπεραισοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας
- R9, Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών

Επίσης είναι εμφανές πως η ομάδα εργασιών που πλήττεται ιδιαίτερα είναι αυτή των ασφαλικών, κάτι αναμενόμενο καθώς η ομάδα των ασφαλικών αποτελεί το 79% του προϋπολογισμού, όσον αφορά στις δαπάνες εργασιών.

**Πίνακας 5.21 Σύγκριση αποτελεσμάτων Tornado με αποτελέσματα ποιοτικής ανάλυσης**

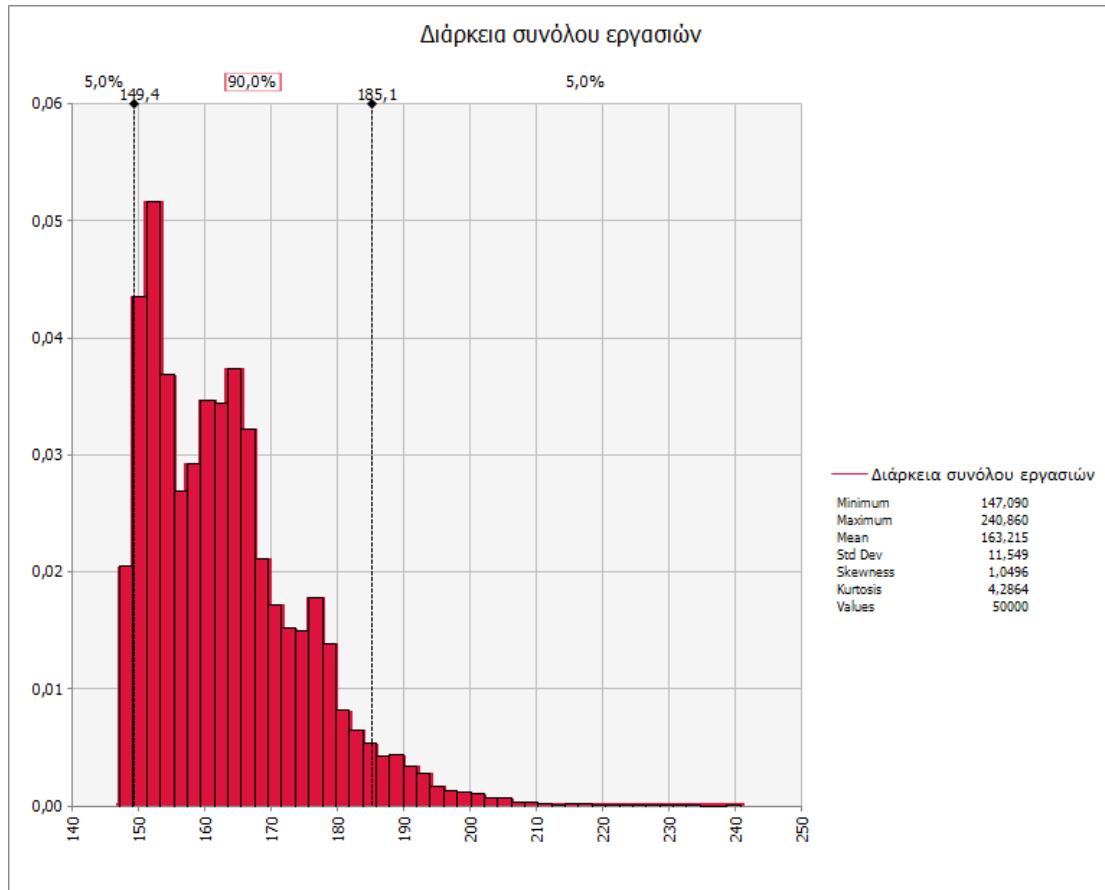
| Κατάταξη Κινδύνου | Ποιοτική Ανάλυση | Ανάλυση Ευαισθησίας |
|-------------------|------------------|---------------------|
| 1                 | R3               | R5                  |
| 2                 | R5               | R3                  |
| 3                 | R12              | R12                 |
| 4                 | R9               | R11                 |
| 5                 | R11              | R9                  |

**Ιδία επεξεργασία**

Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.21 οι εκτιμήσεις της ποιοτικής ανάλυσης είναι σχεδόν ταυτόσημες με τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας. Οι κίνδυνοι που είχαν αναγνωριστεί ως σημαντικότεροι κατά τη διαδικασία της ποιοτικής ανάλυσης είναι οι ίδιοι με αυτούς που παρουσιάζει και η ανάλυση ευαισθησίας, με μικρές διαφορές στην κατάταξη.

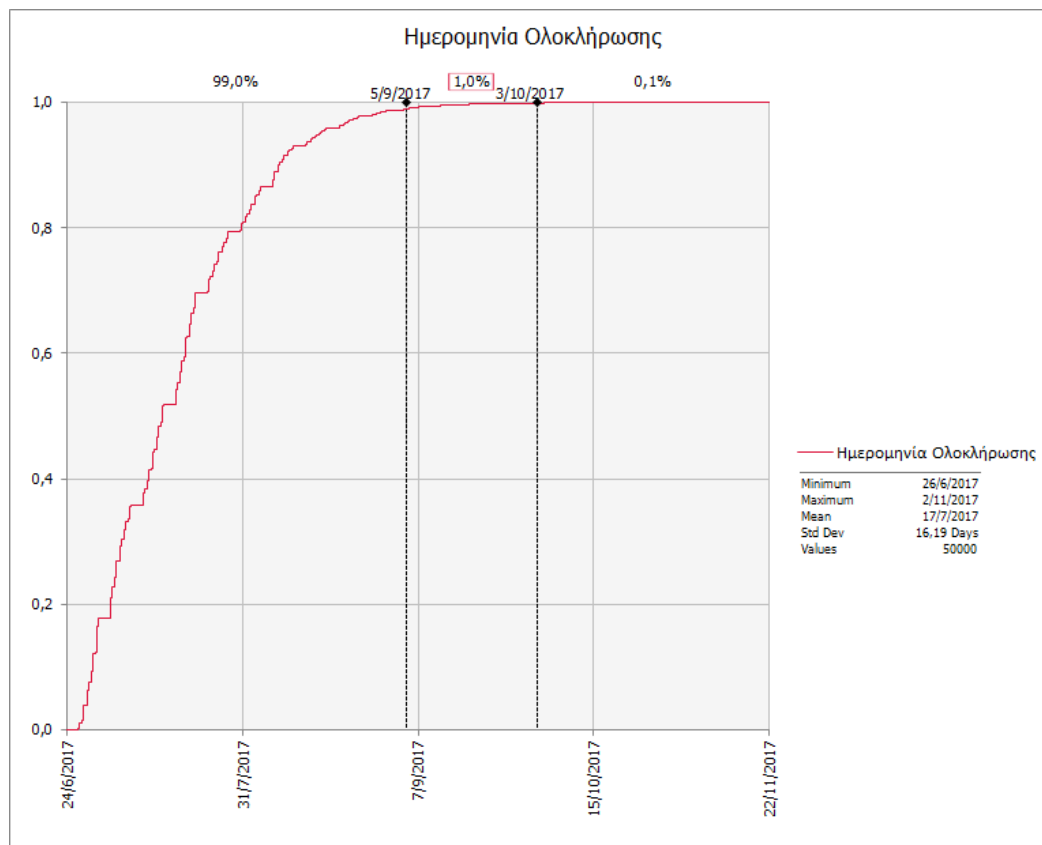
#### 5.4.3.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης όσον αφορά στο χρόνο υλοποίησης του έργου

#### Διάγραμμα 5.9 Διάρκεια συνόλου εργασιών, διάγραμμα πυκνότητας πιθανότητας



#### Ιδία επεξεργασία

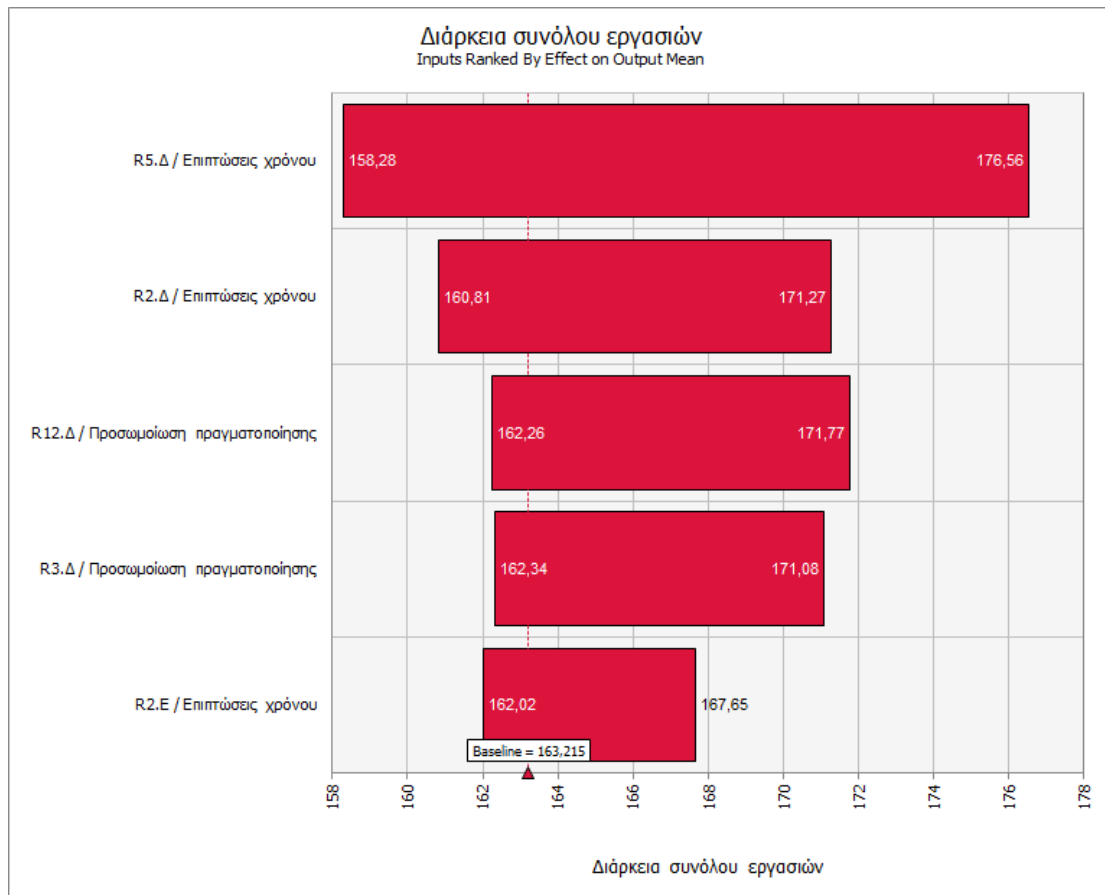
Παρατηρώντας το διάγραμμα πυκνότητας πιθανότητας της διάρκειας του συνόλου των εργασιών (διάγραμμα 5.9) γίνεται εμφανές πως παρά το γεγονός ότι υπάρχει εμφανής ασυμμετρία, είναι αρκετά χαμηλότερη από ό,τι στο διάγραμμα πυκνότητας πιθανότητας της συνολικής αξίας έργου. Η παραπάνω παρατήρηση αποτυπώνεται και στα στις χαμηλότερες τιμές ασυμμετρίας και κύρτωσης του στατιστικού πίνακα. Τα παραπάνω σημαίνουν πως οι χρονικές επιπτώσεις των κινδύνων είναι περισσότερο εμφανείς από τις επιπτώσεις κόστους, ενώ η συνδυαστική επίπτωσή τους δημιουργεί αλυσιδωτές καθυστερήσεις στην ολοκλήρωση των εργασιών. Παρά τη μεγαλύτερη διακύμανση των πιθανοτήτων όσον αφορά στη διάρκεια του συνόλου των εργασιών είναι εμφανές πως ο κίνδυνος παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, καθώς το 95% των επαναλήψεων της προσομοίωσης έμεινε σε τιμές χαμηλότερες των 185 εργάσιμων ημερών.

**Διάγραμμα 5.10 Ημερομηνία ολοκλήρωσης, αθροιστική κατανομή πιθανότητας****Ιδία επεξεργασία**

Στις εκτιμήσεις σχετικά με το χρόνο υλοποίησης του έργου μπορεί να δοθεί μεγαλύτερη ακρίβεια μετά από μελέτη της αθροιστικής κατανομής πιθανότητας που αποτυπώνει την ημέρα ολοκλήρωσης των εργασιών (διάγραμμα 5.10). Η πιθανότητα να ολοκληρωθούν οι εργασίες πριν την 5<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2017 είναι 99%, ενώ η πιθανότητα ο χρόνος υλοποίησης του έργου να ξεπεράσει την προκαθορισμένη ημέρα παράδοσης είναι 0,1%, γεγονός που καθιστά τον κίνδυνο υπέρβασης του διαθέσιμου χρόνου ιδιαίτερα χαμηλό. Είναι επίσης σημαντικό να τονιστεί πως σε αντίθεση με το κόστος υλοποίησης, το οποίο παρέχει μετρήσιμο όφελος όσο η τιμή του μειώνεται, η ολοκλήρωση του έργου νωρίτερα από την ημερομηνία παράδοσης δεν παρέχει κάποιο επιπλέον όφελος (μόνους) στον ανάδοχο. Η ανάγκη ελαχιστοποίησης του χρόνου υλοποίησης του έργου λοιπόν, έχει ως μοναδικό στόχο τη μείωση του κινδύνου υπέρβασης της προκαθορισμένης ημερομηνίας παράδοσης του έργου.

Παρακάτω διατίθεται διάγραμμα Tornado (διάγραμμα 5.11) για την αναγνώριση των κινδύνων με τη μεγαλύτερη συμμετοχή στην αύξηση του χρόνου υλοποίησης του έργου.

### Διάγραμμα 5.11 Διάρκεια συνόλου εργασιών, ανάλυση ευαισθησίας



#### Ιδία επεξεργασία

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 5.11, οι κίνδυνοι με τη μεγαλύτερη επίπτωση στη διάρκεια του συνόλου των εργασιών είναι οι εξής:

- R5, Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων
- R2, Υψηλές τιμές υλικών
- R12, Καθυστέρηση πληρωμών
- R3, Έλλειψη προσφοράς υλικών

Επιπλέον, ο κίνδυνος R2 εμφανίζεται 2 φορές στο διάγραμμα tornado, την πρώτη φορά όσον αφορά στις επιπτώσεις του στην ομάδα των ασφαλικών και τη δεύτερη φορά για τις επιπτώσεις του στην ομάδα της σήμανσης. Είναι επίσης εμφανές στο διάγραμμα πως όπως σε σχέση με το κόστος, έτσι και σε σχέση με το χρόνο υλοποίησης, η ομάδα εργασιών που επηρεάζεται περισσότερο από τους κινδύνους είναι η ομάδα Δ: Ασφατικά. Οι λόγοι που συμβαίνει αυτό είναι κυρίως δυο:

- Η ομάδα Δ συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ποσοστό των αναγκαίων οικονομικών πόρων, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από κινδύνους που σχετίζονται άμεσα με την ύπαρξη ρευστότητας ή την προμήθεια υλικών.
- Οι εργασίες των ασφαλικών δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν ημέρες που υπάρχει βροχόπτωση με αποτέλεσμα ο κίνδυνος R5 να επηρεάζει απόλυτα το χρόνο υλοποίησής τους

**Πίνακας 5.22 Σύγκριση αποτελεσμάτων Tornado με αποτελέσματα ποιοτικής ανάλυσης**

| Κατάταξη Κινδύνου | Ποιοτική Ανάλυση | Ανάλυση Ευαισθησίας |
|-------------------|------------------|---------------------|
| 1                 | R5               | R5                  |
| 2                 | R12              | R2                  |
| 3                 | R9               | R12                 |
| 4                 | R3               | R3                  |
| 5                 | R11              | -                   |

Ιδία επεξεργασία

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 5.22, αν και οι εκτιμήσεις της ποιοτικής ανάλυσης συμφωνούν σε κάποιο βαθμό με τις εκτιμήσεις της ανάλυσης ευαισθησίας, υπάρχουν αρκετές διαφορές, τόσο όσον αφορά στην αναγνώριση των σημαντικότερων κινδύνων όσο και στην ιεράρχησή τους. Ο πίνακας κάνει εμφανή την ανάγκη της ποσοτικής ανάλυσης, η οποία εξειδικεύει τα αποτελέσματα της ποιοτικής ανάλυσης και βοηθάει στην εξακρίβωση λανθασμένων εκτιμήσεων ή προκαταλήψεων.

Αναγνώριση σημαντικότερων κινδύνων

Συγκεντρώνοντας τα αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης προκύπτουν οι εξής σημαντικότεροι κίνδυνοι:

- Όσον αφορά στο κόστος του έργου:
  1. R5, Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων
  2. R3, Έλλειψη προσφοράς υλικών
  3. R12, Καθυστέρηση πληρωμών
  4. R11, Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας
  5. R9, Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών
- Όσον αφορά στο χρόνο υλοποίησης
  1. R5, Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων
  2. R2, Υψηλές τιμές υλικών
  3. R12, Καθυστέρηση πληρωμών
  4. R3, Έλλειψη προσφοράς υλικών

### 5.5 Σχεδιασμός αντιμετώπισης κινδύνων

Παρακάτω γίνεται περιγραφή των προτάσεων που προέκυψαν μελετώντας τα αποτελέσματα της ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων, λαμβάνοντας παράλληλα υπ' όψη τους παράγοντες που επηρεάζουν τους κινδύνους άλλα και τις συσχετίσεις μεταξύ των κινδύνων. Επιπλέον παρατίθενται οι εκτιμήσεις σχετικά με τους υπολειμματικούς κινδύνους που παραμένουν μετά την εφαρμογή των στρατηγικών αντιμετώπισης.

### 5.5.1 Προτάσεις αντιμετώπισης κινδύνων

#### **R1 Καθυστέρηση εγκρίσεων πηγών υλικών**

Κατηγορία στρατηγικής: Αποφυγή

Περιγραφή στρατηγικής: Για την αντιμετώπιση του κινδύνου R1 προτείνονται 2 ενέργειες:

1. Μεταφορά της ημερομηνίας έναρξης της ομάδας εργασίας των ασφαλικών κατά 2 μήνες. Μεταφέροντας την ομάδα εργασίας των ασφαλικών 2μήνες αργότερα εξασφαλίζεται η έγκαιρη εξασφάλιση των εγκρίσεων αποφεύγοντας το ενδεχόμενο να υπάρξουν σταλίες.
2. Έγκαιρη έναρξη των διαδικασιών ανεύρεσης πηγών υλικών δανείων. Η ανεύρεση πηγών υλικών δανείων εξασφαλίζει την άμβλυνση των επιπτώσεων σε περίπτωση καθυστέρησης των εγκρίσεων.

Με την εφαρμογή της παραπάνω στρατηγικής η έκθεση του έργου στον κίνδυνο θεωρείται πως τείνει στο μηδέν.

#### **R2 Υψηλές τιμές υλικών**

Κατηγορία στρατηγικής: Ελαχιστοποίηση – Μεταφορά

Περιγραφή στρατηγικής: Για την άμβλυνση του κινδύνου R2 προτείνονται οι παρακάτω 2 ενέργειες:

1. Εκτενής αναζήτηση εναλλακτικών πηγών υλικών. Η εκτενής αναζήτηση εναλλακτικών πηγών υλικών συμβάλλει στη δυνατότητα ανεύρεσης συμφέρουσας προσφοράς, λόγω καλύτερης γνώσης της αγοράς. Επιπλέον, λόγω της ανάγκης μεταφοράς στον τόπο του έργου, η ανεύρεση πηγών υλικών δανείων πλησίον του έργου μειώνει το κόστος μεταφοράς και άρα εξοικονομεί οικονομικούς πόρους.
2. Χρήση μεθόδων αντιστάθμισης κινδύνου (Hedging) για μεταφορά του κινδύνου αύξησης των τιμών υλικών. Οι μέθοδοι αντιστάθμισης κινδύνου προέρχονται από τον κλάδο των χρηματοοικονομικών και εκτελούνται μέσω των λεγόμενων «παραγώγων». Οι μέθοδοι αντιστάθμισης λειτουργούν με τη χρήση προθεσμιακών συμβολαίων που δίνουν τη δυνατότητα στον επενδυτή να εμπορευτεί ένα αγαθό μετά από ένα χρονικό διάστημα στην τιμή που ισχύει την ημέρα που υπογράφεται το συμβόλαιο. Με τον τρόπο αυτό μεταφέρεται ο κίνδυνος της αύξησης τιμής από τον αγοραστή στον πωλητή. Υπάρχουν παράγωγα δεσμευτικά και μη δεσμευτικά προς τον αγοραστή. Οι μέθοδοι του Hedging χρησιμοποιούνται ευρέως και στη βιομηχανία των αερομεταφορών, για την αντιστάθμιση του κινδύνου που προέρχεται από τις διακυμάνσεις στην αγορά των καυσίμων, καθώς η οικονομική βιωσιμότητα της βιομηχανίας των αερομεταφορών παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στις τιμές των παραγώγων του πετρελαίου. Όσον αφορά στη βιομηχανία των κατασκευών, η χρήση μεθόδων αντιστάθμισης είναι υπαρκτή αλλά όχι ιδιαίτερα διαδεδομένη. Οι Al-Zarrad, Moynihan & Vereen (2015) προτείνουν

μια μέθοδο αντιστάθμισης που βασίζεται στη χρήση συμβάσεων ανταλλαγής (swaps) ανάμεσα στον ανάδοχο και τον προμηθευτή. Στην Ελλάδα η χρήση μεθόδων αντιστάθμισης γίνεται με την έκδοση εγγυητικής επιστολής από τράπεζα.

Το υπό εξέταση έργο όπως αναφέρθηκε παραπάνω, παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία όσον αφορά στο κόστος της ομάδας εργασιών Δ: Ασφαλτικά, άρα και στις τιμές της ασφάλτου. Για το λόγο αυτό η επίτευξη μιας συμφέρουσας συμφωνίας με τη χρήση swap θα μεταφέρει εξολοκλήρου τον κίνδυνο από τον ανάδοχο στον προμηθευτή της ασφάλτου, αφαιρώντας όμως παράλληλα από τον ανάδοχο την ευκαιρία αγοράς σε χαμηλότερη τιμή από αυτή της σύμβασης.

### **R3 Έλλειψη προσφοράς υλικών**

Κατηγορία στρατηγικής: Ελαχιστοποίηση

Περιγραφή στρατηγικής: Η έλλειψη προσφοράς υλικών εξαρτάται κυρίως από εξωγενείς παράγοντες. Παρ' όλα αυτά είναι δυνατή η εφαρμογή ενεργειών για την άμβλυνση των επιπτώσεων της το έργο:

1. Εκτενής αναζήτηση εναλλακτικών πηγών. Η δυνατότητα του αναδόχου να αντλήσει υλικά από πολλές πηγές και προμηθευτές μειώνει σε μεγάλο βαθμό την επίπτωση της έλλειψης προσφοράς υλικών στην αγορά. Η αναζήτηση εναλλακτικών πηγών υλικών και εναλλακτικών προμηθευτών αποτελεί καθιερωμένη διαδικασία στον κλάδο της βιομηχανικής παραγωγής .
2. Έγκαιρη παραγγελία των υλικών. Η έγκαιρη παραγγελία των υλικών μειώνει τις πιθανότητες έλλειψης της απαιτούμενης ποσότητας κατά τη διάρκεια των κατασκευαστικών εργασιών.
3. Έλεγχος αξιοπιστίας προμηθευτών. Η επίτευξη συμφέρουσας προσφοράς στην τιμή των υλικών είναι σημαντική για την μεγιστοποίηση του κέρδους του αναδόχου, όμως ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην επιλογή κατάλληλων προμηθευτών έχει η αξιοπιστία στην έγκαιρη παράδοση των υλικών. Για το λόγο αυτό προτείνεται έλεγχος ιστορικού (background check) των υποψήφιων προμηθευτών από τον ανάδοχο όσον αφορά στα έργα που έχουν τροφοδοτήσει στο παρελθόν.

### **R4 Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού**

Κατηγορία στρατηγικής: Αποδοχή

Περιγραφή στρατηγικής: Ο κίνδυνος R4 θεωρήθηκε χαμηλής έκθεσης , βάσει των αποτελεσμάτων της ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης. Ως εκ τούτου, δεν κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή στρατηγικής για την αντιμετώπισή του.

### **R5 Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων**

Κατηγορία στρατηγικής: Ελαχιστοποίηση

Περιγραφή στρατηγικής: Βάσει των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση ευαισθησίας στην ποσοτική ανάλυση των κινδύνων, ο κίνδυνος R5 είναι ο

σημαντικότερος κίνδυνος τόσο όσον αφορά στην αύξηση του κόστους του έργου, όσο και στην αύξηση του χρόνου υλοποίησης. Επιπλέον, η επιρροή του κινδύνου στο έργο οφείλεται στην ευαισθησία που παρουσιάζει η ομάδα εργασιών Δ: Ασφαλτικά στη μεταβολή των ποσοστών βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια των εργασιών, και κυρίως στις ημέρες που παρουσιάζουν βροχόπτωση, καθώς όπως αναφέρθηκε παραπάνω, δεν είναι δυνατόν να εκτελεστούν εργασίες ασφαλικών τις ημέρες με βροχόπτωση. Παρά την μεγάλη επιρροή του κινδύνου R5 στο κόστος και το χρόνο υλοποίησης, τα αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης έδειξαν πως η πιθανότητα της ολοκλήρωσης του έργου μετά την προγραμματισμένη ημερομηνία παράδοσης είναι ιδιαίτερα χαμηλή (0,1%), ενώ η ολοκλήρωση του έργου νωρίτερα δεν παρέχει κάποιο Bonus στον ανάδοχο. Αντίθετα, για κάθε οικονομική μονάδα που εξοικονομείται στην κατασκευή το όφελος του αναδόχου είναι μετρήσιμο. Βάσει των παραπάνω κρίθηκε πως για την αντιμετώπιση του κινδύνου πρέπει να δοθεί μεγαλύτερο βάρος στην άμβλυνση των οικονομικών επιπτώσεων του κινδύνου. Η στρατηγική που προτείνεται είναι η μεταφορά της προγραμματισμένης ημερομηνίας έναρξης των ασφαλικών εργασιών 2 μήνες αργότερα από την αρχική, από την 1<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 2016 στην 1<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2017. Σύμφωνα με το μετεωρολογικό κανάλι [www.holiday-weather.com](http://www.holiday-weather.com) η περιοχή της Εύβοιας παρουσιάζει κατά την περίοδο Δεκεμβρίου – Ιουνίου (περίοδος στην οποία προγραμματίστηκαν αρχικά οι εργασίες των ασφαλικών) 52 ημέρες βροχόπτωσης. Εφόσον οι ημέρες της εβδομάδας που γίνονται εργασίες είναι κατά παραδοχή 5 (εργάσιμες ημέρες), οι 52 ημέρες βροχόπτωσης ισοδυναμούν με 37 εργάσιμες ημέρες βροχόπτωσης. Αντίστοιχα η περίοδος Φεβρουάριος – Αύγουστος (περίοδος στην οποία προτείνεται η τοποθέτηση των ασφαλικών εργασιών) παρουσιάζει 34 ημέρες βροχόπτωσης (κατά μέσο όρο), ή αντίστοιχα 24 εργάσιμες ημέρες βροχόπτωσης, δηλαδή 13 ημέρες λιγότερη βροχόπτωση. Η εξοικονόμηση 13 ημερών αδράνειας μειώνει τη διάρκεια της ομάδας ασφαλικών κατά 13 ημέρες εργασίας, κάτι που εξοικονομεί οικονομικούς πόρους που σχετίζονται με το κόστος εργασίας 13 ημερών. Το κόστος της ομάδας Δ: Ασφαλτικά βάσει της ελάχιστης προσφοράς με έκπτωση 40% είναι 570.818,40 €. Εκτιμώντας το κόστος εργασίας περίπου στο 20% του συνολικού κόστους της ομάδας (η ομάδα εργασιών Δ: Ασφαλτικά οφείλει το υψηλό κόστος της κυρίως στο κόστος απόκτησης των υλικών ασφαλικών) το κόστος εργασίας για τις προγραμματισμένες 142 ημέρες εργασίας ανέρχεται σε 114.163,68 €. Μειώνοντας τη διάρκεια της ομάδας εργασιών κατά 13 εργάσιμες ημέρες εξοικονομούνται 10451,68 €, ενώ παράλληλα μειώνεται η πιθανότητα αυξημένων βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια των εργασιών καθώς και οι οικονομικές επιπτώσεις του κινδύνου λόγω χαμηλότερης διακύμανσης στις ημέρες βροχοπτώσεων.

Με την καθυστέρηση της έναρξης των ασφαλικών κατά 2 μήνες, η αναμενόμενη ημερομηνία ολοκλήρωσης τους είναι η 31<sup>η</sup> Ιουλίου 2017, υπάρχει δηλαδή καθυστέρηση περίπου ενάμιση μήνα. Η απόφαση όμως κρίνεται δικαιολογημένη βάσει των λόγων που προαναφέρθηκαν, ενώ η διαφορά αναμένεται να καλυφθεί από τα οφέλη στην αντιμετώπιση των υπολοίπων κινδύνων, έτσι ώστε ο κίνδυνος υπέρβασης της προκαθορισμένης ημερομηνίας παράδοσης να παραμείνει σε χαμηλά επίπεδα.

## **R6 Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου**

Κατηγορία στρατηγικής: Αποφυγή



Περιγραφή στρατηγικής: Οι προδιαγραφές απαιτήσεων του έργου θεωρούνται σαφείς. Η προτεινόμενη στρατηγική για την αντιμετώπισή τους είναι η εκτενής προκαταρκτική εξέταση των εγγράφων και των χαρακτηριστικών του έργου για τον τυχόν εντοπισμό ελλείψεων. Λόγω του χαμηλού βαθμού πολυπλοκότητας του έργου, μετά από εκτενή προκαταρκτική εξέταση, η πιθανότητα έλλειψης προδιαγραφών στα έγγραφα θεωρείται ότι τείνει στο μηδέν και άρα υπάρχει αποφυγή του κινδύνου.

### **R7 Καθυστερήση στη λήψη αποφάσεων**

Κατηγορία στρατηγικής: Ελαχιστοποίηση

Περιγραφή στρατηγικής: Για την αντιμετώπιση του κινδύνου R7 προτείνονται 2 ενέργειες:

1. Εκτενής προκαταρκτική εξέταση. Με την διεξαγωγή εκτενούς προκαταρκτικής εξέτασης αποφεύγεται ο κίνδυνος έλλειψης προδιαγραφών (R6), η εμφάνιση του οποίου επηρεάζει τη λήψη αποφάσεων. Επιπλέον αποφεύγονται τυχόν ασάφειες που μπορούν να προκαλέσουν διαφωνίες.
2. Έγκαιρη ανεύρεση πηγών υλικών και εκπόνηση των απαραίτητων ελέγχων ποιότητας. Με την έγκαιρη ανεύρεση πηγών υλικών και εκπόνηση των απαραίτητων ελέγχων ποιότητας ελαχιστοποιείται η πιθανότητα διαφωνιών με την υπηρεσία, ενώ παράλληλα μειώνεται ο κίνδυνος της ανάγκης επιλογής προμηθευτών αργά στην πορεία του έργου.

### **R8 Μεταβολή των εταίρων στην οργάνωση του έργου**

Κατηγορία στρατηγικής: Αποδοχή

Περιγραφή στρατηγικής: Η έκθεση του έργου στον παραπάνω κίνδυνο κρίθηκε πολύ χαμηλή και δεν κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή στρατηγικής αντιμετώπισης του κινδύνου.

### **R9 Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών**

Κατηγορία στρατηγικής: Ελαχιστοποίηση

Περιγραφή στρατηγικής: Για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου R9, προτείνονται οι παρακάτω 3 ενέργειες:

1. Δημιουργία ημερήσιου προγράμματος στόχων (Checklist). Με τη δημιουργία ημερήσιου προγράμματος στόχων γίνεται εφικτή η παρακολούθηση της πορείας του έργου, η αξιολόγηση της παραγωγικότητας και η αποφυγή παραλείψεων στις εργασίες. Διατηρώντας πρόγραμμα στόχων, ο εργοταξιάρχης ελαχιστοποιεί την πιθανότητα παραλείψεων στις εργασίες ενώ παράλληλα λαμβάνει καθημερινά πληροφορίες για τα σημεία του έργου στα οποία εμφανίζονται προβλήματα.
2. Δημιουργία τακτικού χρονοδιαγράμματος επιθεώρησης. Συμπληρωματικά του ημερήσιου χρονοδιαγράμματος στόχων, προτείνεται η δημιουργία τακτικού χρονοδιαγράμματος συνολικής επιθεώρησης των εργασιών που έχουν εκτελεστεί. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση των

επιπτώσεων τυχόν παραλείψεων ή σφαλμάτων στις εργασίες. Ο λόγος είναι πως αν υπάρχουν παραλείψεις ή σφάλματα στις εργασίες, ο έγκαιρος εντοπισμός τους μειώνει την ποσότητα των εργασιών που πρέπει να επαναληφθούν, ελαχιστοποιώντας το επιπλέον κόστος και χρόνο που επιφέρουν οι εν λόγω παραλείψεις και σφάλματα.

3. Πρόσληψη εργοταξίαρχη με μεγάλη εμπειρία σε έργα οδοποιίας. Αν και η συνολική εμπειρία του εργοταξίαρχη είναι σημαντική για την ομαλή διεξαγωγή του έργου, η εμπειρία του εργοταξίαρχη σε έργα οδοποιίας έχει μεγαλύτερη βαρύτητα, λόγω της ικανότητας του για γρήγορες αποφάσεις και αποφυγή σφαλμάτων που σχετίζονται με την οδοποιία. Για το λόγο αυτό προτείνεται η πρόσληψη εργοταξίαρχη με μεγάλη εμπειρία σε έργα οδοποιίας χρησιμοποιώντας ως γνώμονα τα προηγούμενα έργα στα οποία έχει εργαστεί με τη διεξαγωγή έρευνας ιστορικού (Background check) πριν την πρόσληψη.

### **R10 Καθυστερημένες αλλαγές στο έργο**

Κατηγορία στρατηγικής: Ελαχιστοποίηση

Περιγραφή στρατηγικής: Ο κίνδυνος R10 δεν περιλαμβάνεται στους κινδύνους με μεγάλη επιρροή στο έργο, ενώ η εμφάνιση του εξαρτάται από κυρίως από εξωτερικούς παράγοντες. Η μόνη στρατηγική που θεωρείται πως μπορεί να μειώσει τις επιπτώσεις του κινδύνου είναι η δημιουργία σαφούς πλάνου απομάκρυνσης του εξοπλισμού και διακοπής των εργασιών σε περίπτωση ανεύρεσης αρχαίων.

### **R11 Υπεραισιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας**

Κατηγορία στρατηγικής : Ελαχιστοποίηση

Περιγραφή στρατηγικής: Για την αντιμετώπιση του κινδύνου R11 προτείνονται οι παρακάτω 2 ενέργειες:

1. Εκπόνηση εκτενούς προκαταρκτικής εξέτασης. Για την αποφυγή υπεραισιοδοξίας εκτίμησης όσον αφορά στα βασικά χαρακτηριστικά του έργου, η εκτενής προκαταρκτική εξέταση πριν την υπογραφή της σύμβασης μπορεί να ελαχιστοποιήσει την πιθανότητα παράλειψης αναγνώρισης των αναγκών του έργου σε χρόνο, κόστος και ποιότητα.
2. Πρόσληψη συμβούλου με κριτήριο την εμπειρία σε έργα οδοποιίας. Η πρόσληψη συμβούλου θεωρείται δεδομένη καθ' όλη τη διάρκεια ανάμιξης του αναδόχου με το έργο. Είναι ιδιαίτερης σημασίας ο σύμβουλος να έχει, όπως και ο εργοταξίαρχης, μεγάλη εμπειρία σε έργα οδοποιίας, ώστε να μπορεί να αναγνωρίσει τα κρίσιμα σημεία του έργου και να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα παράβλεψης αναγκών που μπορούν να οδηγήσουν στην υπέρβαση του κόστους, του χρόνου ή την αδυναμία επίτευξης της απαιτούμενης ποιότητας εργασιών.

**R12 Καθυστέρηση πληρωμών**

Κατηγορία στρατηγικής: Ελαχιστοποίηση

Περιγραφή στρατηγικής: Η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου R12 εξαρτάται από εξωτερικούς του έργου παράγοντες. Παρ' όλα αυτά η επίπτωσή του στο έργο μπορεί να αμβλυνθεί. Για το λόγο αυτό προτείνονται 2 ενέργειες.

1. Ανάπτυξη σχεδίου διαχείρισης οικονομικών έργου. Μέσω της ανάπτυξης σχεδίου διαχείρισης των οικονομικών του έργου μειώνονται οι επιπτώσεις καθυστερημένων πληρωμών καθώς μειώνεται η πιθανότητα κακής διαχείρισης των οικονομικών πόρων του έργου.
2. Αναζήτηση εναλλακτικών πηγών χρηματοδότησης (fallback plan). Είναι σημαντική η αναζήτηση εναλλακτικών πηγών χρηματοδότησης, όπως το ενδεχόμενο πίστωσης από τράπεζα για όσο υπάρχει καθυστέρηση πληρωμών από τον κύριο του έργου. Επιπλέον η διατήρηση αποθεματικού, όπως ορίζεται στον προϋπολογισμό του έργου (Απρόβλεπτα 15%) είναι μείζονος σημασίας για την άμβλυνση των αρνητικών επιπτώσεων σε περίπτωση ύπαρξης καθυστερήσεων στις πληρωμές.

**R13 Ελλιπής σχεδιασμός του έργου**

Κατηγορία στρατηγικής: Ελαχιστοποίηση

Περιγραφή στρατηγικής: Ο κίνδυνος του ελλιπούς σχεδιασμού του έργου κρίνεται σχετικά χαμηλός έως μέτριος, παρ' όλα αυτά είναι δυνατή επιπλέον άμβλυνση του με τη λήψη της τεχνικής μελέτης πριν την υπογραφή της σύμβασης του έργου, έτσι ώστε να αναγνωριστούν έγκαιρα τυχόν ελλείψεις.

**5.5.2 Υπολειμματικός κίνδυνος**

Στους πίνακες 5.23, 5.24 και 5.25 παρατίθενται οι εκτιμήσεις σχετικά με τον κίνδυνο που παραμένει ως υπολειμματικός μετά την εφαρμογή των προτάσεων αντιμετώπισης.

**Πίνακας 5.23 Υπολειμματικός κίνδυνος ως προς την πιθανότητα εμφάνισης**

| Κωδ. | Πιθανότητα Ολική (Αρχική) | Πιθανότητα Ολική (Υπολειμματική) | Πιθανότητα ανα Ο.Ε. (Αρχική) | Πιθανότητα ανα Ο.Ε. (Υπολειμματική) |
|------|---------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| R1   | 20%                       | 0%                               | 4,37%                        | 0,00%                               |
| R2   | 20%                       | 20%                              | 4,37%                        | 4,37%                               |
| R3   | 30%                       | 30%                              | 6,89%                        | 6,89%                               |
| R4   | 5%                        | 5%                               | 1,02%                        | 1,02%                               |
| R5   | 20%                       | 19%                              | 4,37%                        | 4.37% (3,5% για Ο.Ε. Δ)             |
| R6   | 5%                        | 0%                               | 1,02%                        | 0,00%                               |
| R7   | 10%                       | 5%                               | 2,09%                        | 1,02%                               |
| R8   | 5%                        | 5%                               | 1,02%                        | 1,02%                               |
| R9   | 10%                       | 5%                               | 2,09%                        | 1,02%                               |
| R10  | 10%                       | 10%                              | 2,09%                        | 2,09%                               |
| R11  | 20%                       | 5%                               | 4,37%                        | 1,02%                               |
| R12  | 20%                       | 20%                              | 4,37%                        | 4,37%                               |
| R13  | 5%                        | 5%                               | 1,02%                        | 1,02%                               |

Ίδια επεξεργασία

Πίνακας 5.24 Υπολειμματικός κίνδυνος ως προς τις επιπτώσεις κόστους

| Κωδ. | Κίνδυνος   | Α: Χωματουργικά               |               | Β: Τεχνικά Έργα         |               | Γ: Οδοστρωσία         |               | Δ: Ασφαλτικά           |               | Ε: Σήμανση - Ασφάλεια     |               |
|------|--|-------------------------------|---------------|-------------------------|---------------|-----------------------|---------------|------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
|      |  | Αρχική                        | Υπολειμματική | Αρχική                  | Υπολειμματική | Αρχική                | Υπολειμματική | Αρχική                 | Υπολειμματική | Αρχική                    | Υπολειμματική |
| R1   | Καθυστέρηση εγκρίσεων πηγών υλικών                         | Μέση                          | Αποφυγή       | Χαμηλή                  | Αποφυγή       | Πολύ χαμηλή           | Αποφυγή       | Χαμηλή                 | Αποφυγή       | Μηδενική                  | Αποφυγή       |
| R2   | Υψηλές τιμές υλικών  | Μηδενική                      | Μηδενική      | Υψηλή                   | Μέση          | Υψηλή                 | Μέση          | Υψηλή                  | 1% (Hedging)  | Υψηλή                     | Μέση          |
| R3   | Έλλειψη προσφοράς υλικών                                   | Μηδενική                      | Μηδενική      | Πολύ υψηλή              | Μέση          | Πολύ υψηλή            | Μέση          | Πολύ υψηλή             | Μέση          | Πολύ υψηλή                | Μέση          |
| R4   | Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού                      | Πολύ χαμηλή                   | Πολύ χαμηλή   | Μέση                    | Μέση          | Μέση                  | Μέση          | Μέση                   | Μέση          | Χαμηλή                    | Χαμηλή        |
| R5   | Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων                                 | Μέση                          | Μέση          | Μέση                    | Μέση          | Πολύ υψηλή            | Πολύ υψηλή    | Πολύ υψηλή             | Υψηλή         | Πολύ χαμηλή               | Πολύ χαμηλή   |
| R6   | Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου      | Μηδενική                      | Αποφυγή       | Μέση                    | Αποφυγή       | Πολύ χαμηλή           | Αποφυγή       | Πολύ χαμηλή            | Αποφυγή       | Πολύ χαμηλή               | Αποφυγή       |
| R7   | Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων                             | Υψηλή                         | Χαμηλή        | Υψηλή                   | Χαμηλή        | Υψηλή                 | Χαμηλή        | Υψηλή                  | Χαμηλή        | Υψηλή                     | Χαμηλή        |
| R8   | Μεταβολή των εταιρών στην οργάνωση του έργου               | Χαμηλή                        | Χαμηλή        | Χαμηλή                  | Χαμηλή        | Χαμηλή                | Χαμηλή        | Χαμηλή                 | Χαμηλή        | Χαμηλή                    | Χαμηλή        |
| R9   | Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών            | Πολύ υψηλή                    | Χαμηλή        | Πολύ υψηλή              | Χαμηλή        | Πολύ υψηλή            | Χαμηλή        | Πολύ υψηλή             | Χαμηλή        | Πολύ υψηλή                | Χαμηλή        |
| R10  | Καθυστέρημένες αλλαγές στο έργο                            | Πολύ υψηλή                    | Υψηλή         | Υψηλή                   | Υψηλή         | Μηδενική              | Μηδενική      | Μηδενική               | Μηδενική      | Μηδενική                  | Μηδενική      |
| R11  | Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας | Υψηλή                         | Μέση          | Υψηλή                   | Μέση          | Υψηλή                 | Μέση          | Υψηλή                  | Μέση          | Υψηλή                     | Μέση          |
| R12  | Καθυστέρηση πληρωμών                                       | Πολύ υψηλή                    | Μέση          | Πολύ υψηλή              | Μέση          | Πολύ υψηλή            | Μέση          | Πολύ υψηλή             | Υψηλή         | Πολύ υψηλή                | Μέση          |
| R13  | Ελλιπής σχεδιασμός του έργου                               | Μέση                          | Μέση          | Μέση                    | Μέση          | Μέση                  | Μέση          | Μέση                   | Μέση          | Μέση                      | Μέση          |
|      | Μηδενική επίπτωση = <1%                                    | Πολύ χαμηλή επίπτωση = 1% -2% |               | Χαμηλή επίπτωση = 2%-3% |               | Μέση επίπτωση = 3%-5% |               | Υψηλή επίπτωση = 5%-7% |               | Πολύ υψηλή επίπτωση = 7%+ |               |

Πίνακας 5.25 Υπολειμματικός κίνδυνος ως προς τις επιπτώσεις χρόνου

| Κωδ. | Κίνδυνος   | Α: Χωματουργικά                     |               | Β: Τεχνικά Έργα                 |               | Γ: Οδοστρωσία                  |               | Δ: Ασφαλτικά                    |               | Ε: Σήμανση - Ασφάλεια            |               |
|------|--|-------------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|----------------------------------|---------------|
|      |  | Αρχική                              | Υπολειμματική | Αρχική                          | Υπολειμματική | Αρχική                         | Υπολειμματική | Αρχική                          | Υπολειμματική | Αρχική                           | Υπολειμματική |
| R1   | Καθυστέρηση εγκρίσεων πηγών υλικών                         | Μέση                                | Αποφυγή       | Χαμηλή                          | Αποφυγή       | Μέση                           | Αποφυγή       | Μέση                            | Αποφυγή       | Πολύ χαμηλή                      | Αποφυγή       |
| R2   | Υψηλές τιμές υλικών  | Μέση                                | Μέση          | Μέση                            | Χαμηλή        | Μέση                           | Χαμηλή        | Μέση                            | (Hedging)     | Μέση                             | Χαμηλή        |
| R3   | Έλλειψη προσφοράς υλικών                                   | Μηδενική                            | Μηδενική      | Μέση                            | Πολύ Χαμηλή   | Μέση                           | Πολύ Χαμηλή   | Μέση                            | Χαμηλή        | Μέση                             | Χαμηλή        |
| R4   | Έλλειψη προσφοράς εργατικού δυναμικού                      | Χαμηλή                              | Χαμηλή        | Υψηλή                           | Υψηλή         | Μέση                           | Μέση          | Μέση                            | Μέση          | Χαμηλή                           | Χαμηλή        |
| R5   | Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων                                 | Μέση                                | Μέση          | Μέση                            | Μέση          | Υψηλή                          | Υψηλή         | Πολύ υψηλή                      | Υψηλή         | Πολύ χαμηλή                      | Πολύ χαμηλή   |
| R6   | Έλλειψη προδιαγραφών απαιτήσεων στα έγγραφα του έργου      | Μηδενική                            | Αποφυγή       | Μέση                            | Αποφυγή       | Μέση                           | Αποφυγή       | Μέση                            | Αποφυγή       | Μέση                             | Αποφυγή       |
| R7   | Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων                             | Υψηλή                               | Χαμηλή        | Υψηλή                           | Χαμηλή        | Υψηλή                          | Χαμηλή        | Υψηλή                           | Χαμηλή        | Χαμηλή                           | Χαμηλή        |
| R8   | Μεταβολή των εταιρών στην οργάνωση του έργου               | Χαμηλή                              | Χαμηλή        | Χαμηλή                          | Χαμηλή        | Χαμηλή                         | Χαμηλή        | Χαμηλή                          | Χαμηλή        | Χαμηλή                           | Χαμηλή        |
| R9   | Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών            | Πολύ υψηλή                          | Χαμηλή        | Πολύ υψηλή                      | Χαμηλή        | Πολύ υψηλή                     | Χαμηλή        | Πολύ υψηλή                      | Χαμηλή        | Πολύ υψηλή                       | Χαμηλή        |
| R10  | Καθυστέρημένες αλλαγές στο έργο                            | Υψηλή                               | Μέση          | Υψηλή                           | Μέση          | Χαμηλή                         | Χαμηλή        | Μηδενική                        | Μηδενική      | Μηδενική                         | Μηδενική      |
| R11  | Υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας | Μέση                                | Χαμηλή        | Μέση                            | Χαμηλή        | Μέση                           | Χαμηλή        | Μέση                            | Χαμηλή        | Μέση                             | Χαμηλή        |
| R12  | Καθυστέρηση πληρωμών                                       | Υψηλή                               | Πολύ χαμηλή   | Υψηλή                           | Πολύ Χαμηλή   | Υψηλή                          | Πολύ χαμηλή   | Πολύ υψηλή                      | Μέση          | Υψηλή                            | Μέση          |
| R13  | Ελλιπής σχεδιασμός του έργου                               | Μέση                                | Χαμηλή        | Μέση                            | Χαμηλή        | Μέση                           | Χαμηλή        | Μέση                            | Χαμηλή        | Μέση                             | Χαμηλή        |
|      | Μηδενική επίπτωση = <1%                                    | Πολύ χαμηλή επίπτωση = 1 - 5 ημέρες |               | Χαμηλή επίπτωση = 5 - 10 ημέρες |               | Μέση επίπτωση = 10 - 15 ημέρες |               | Υψηλή επίπτωση = 15 - 20 ημέρες |               | Πολύ υψηλή επίπτωση = 20+ ημέρες |               |

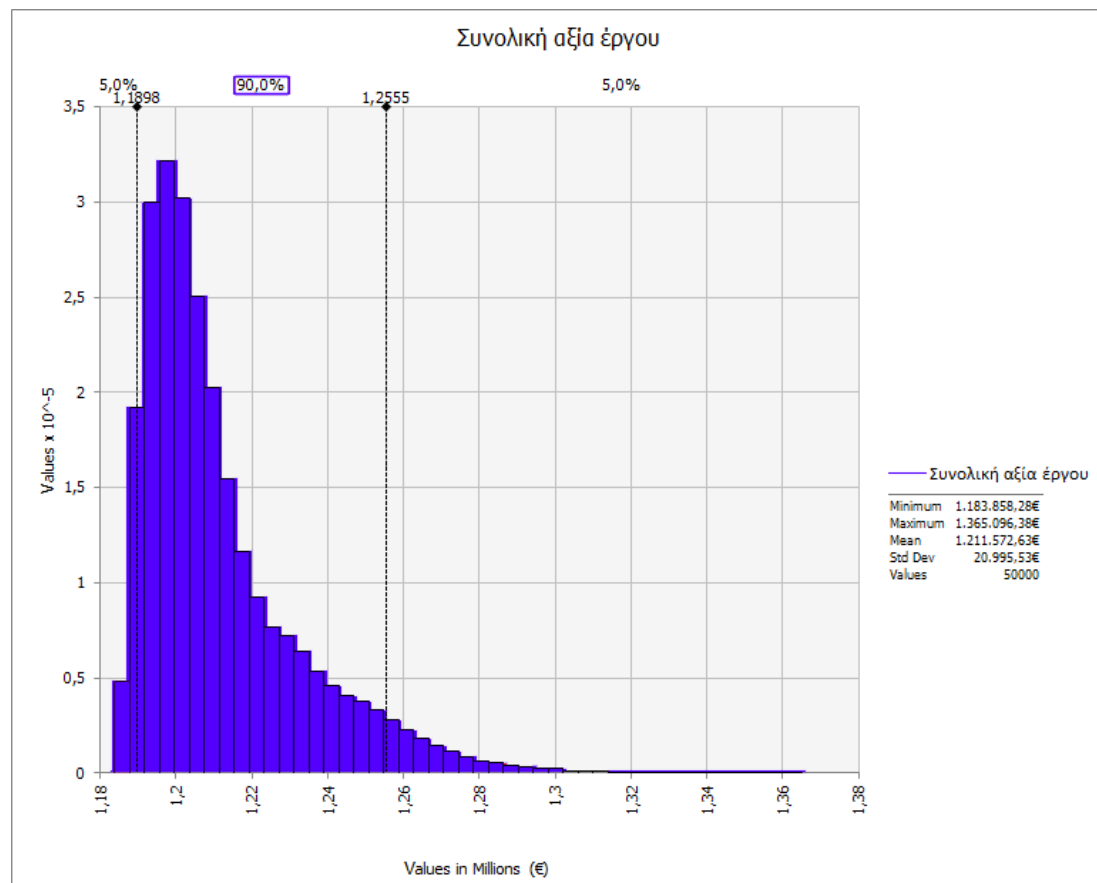
Ιδιά επεξεργασία

## 5.6 Προσομοίωση υπολειμματικού κινδύνου

Αντικαθιστώντας τα νέα δεδομένα των κινδύνων στο μοντέλο προσομοίωσης προέκυψαν αποτελέσματα, τα οποία απεικονίζουν τον υπολειμματικό κίνδυνο του έργου, μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων στρατηγικών.

### 5.6.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης όσον αφορά στο κόστος του έργου

#### Διάγραμμα 5.12 Συνολική αξία έργου , διάγραμμα πυκνότητας πιθανότητας υπολειμματικού κινδύνου

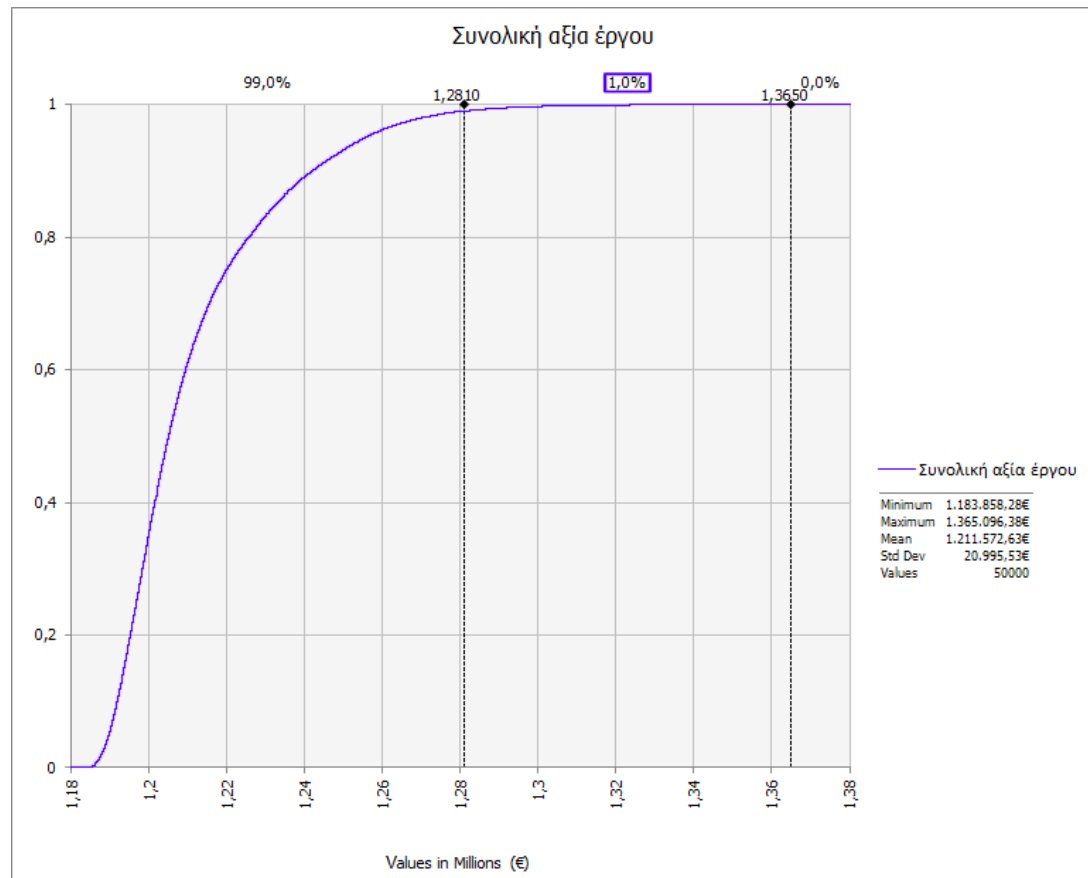


#### Ιδία επεξεργασία

Παρατηρώντας το διάγραμμα πυκνότητας πιθανότητας του υπολειμματικού κινδύνου (διάγραμμα 5.12) είναι εμφανής η μείωση το συνολικού επιπέδου κινδύνου που επιφέρουν οι στρατηγικές αντιμετώπισης. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα η μέση τιμή της συνολικής αξίας του έργου είναι οριακά χαμηλότερη στο 1.211.572.63 € σε σχέση με την τιμή του 1.240.583.26 € πριν την εφαρμογή των στρατηγικών. Παρ' όλα αυτά η τυπική απόκλιση παρουσιάζει σημαντική μείωση από την αρχική τιμή της 40.474,95 στην τωρινή 20.995,53. Η σημαντικά μειωμένη τιμή της τυπικής απόκλισης απεικονίζει τα αυξημένα επίπεδα βεβαιότητας ως προς την αποφυγή υπέρβασης του κόστους, καθώς οι πιθανότητες του κόστους του έργου να παρουσιάσει τιμές πολύ μεγαλύτερες από την μέση τιμή μειώνονται. Οι παραπάνω διαπιστώσεις γίνονται ευκολότερα κατανοητές με τη παρατήρηση των διαχωριστικών που τοποθετούν το 90% των πιθανοτήτων στο διάστημα ανάμεσα στις τιμές 1,1898 εκ. € και 1,255 εκ.€. με πιθανότητες για μεγαλύτερες ή μικρότερες τιμές αριστερά και δεξιά του διαστήματος,

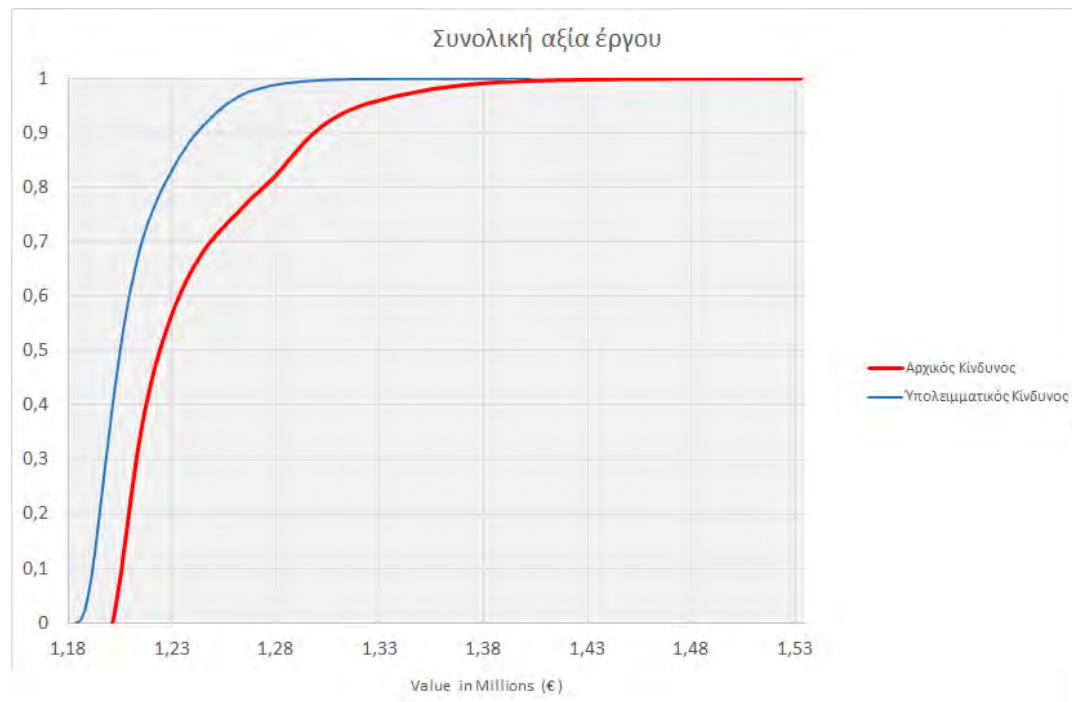
5% αντίστοιχα. Συγκρίνοντας τα παραπάνω δεδομένα με τα αντίστοιχα αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης του αρχικού κινδύνου, που τοποθετούσαν το 90% των περιπτώσεων ανάμεσα στις τιμές 1,2039 εκ.€ και 1,3208 εκ. €, η μείωση των επιπέδων κινδύνων κρίνεται σημαντική.

### Διάγραμμα 5.13 Συνολική αξία έργου, αθροιστική κατανομή πιθανότητας υπολειμματικού κινδύνου



#### Ιδία επεξεργασία

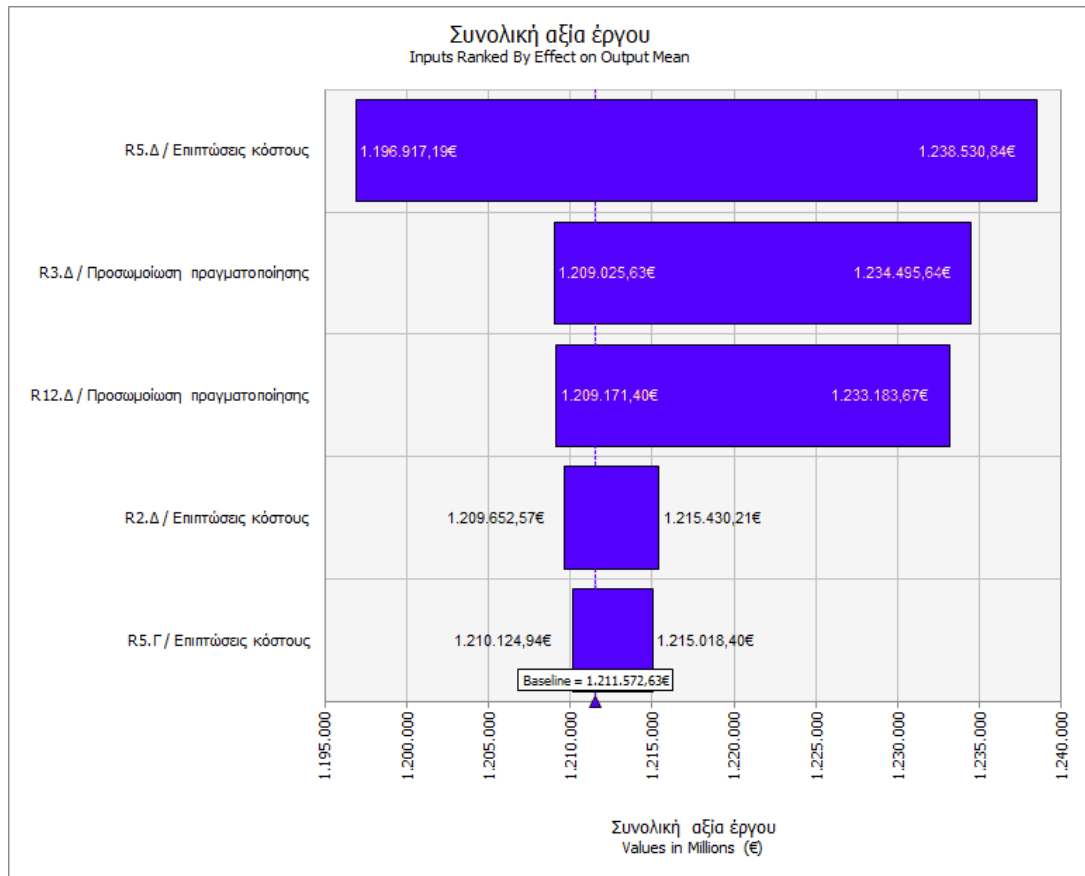
Όπως και στην αθροιστική κατανομή πιθανότητας του αρχικού κινδύνου, έτσι και στην αθροιστική κατανομή πιθανότητας υπολειμματικού κινδύνου (διάγραμμα 5.13) γίνεται εμφανές το προφίλ του κινδύνου με μεγαλύτερη ακρίβεια όσον αφορά στις ακραίες τιμές. Η μέγιστη τιμή που παρουσιάζεται παραπάνω είναι 1,365 εκ. € ενώ 99% των τιμών κυμαίνεται χαμηλότερα του 1,298 εκ.€. Αντίστοιχα, για τον αρχικό κίνδυνο η μέγιστη τιμή ήταν 1,5328 εκ. €, ενώ το 99% των τιμών κυμαινόταν κάτω του 1,3756 εκ. €. Συγκρίνοντας τα παραπάνω δεδομένα είναι εμφανής η μείωση των ακραίων τιμών αλλά και των πιθανοτήτων το κόστος του έργου να υπερβεί σημαντικά το εκτιμηθέν.

**Διάγραμμα 5.14 Σύγκριση προφίλ κινδύνων , αθροιστική κατανομή πιθανότητας**

#### Ιδία επεξεργασία

Στο διάγραμμα 5.14 παρουσιάζεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων των ποσοτικών αναλύσεων αρχικού και υπολειμματικού κινδύνου σε σχέση με το κόστος του έργου. Το διάστημα ανάμεσα στις καμπύλες του αρχικού και υπολειμματικού κινδύνου δίνει ξεκάθαρη οπτική της μείωσης του κινδύνου με την εφαρμογή των στρατηγικών αντιμετώπισης των κινδύνων. Στο σημείο αυτό τονίζεται η σημασία της εκπόνησης σχεδίου διαχείρισης κινδύνου πριν την καταβολή της προσφοράς για την αναδοχή του έργου καθώς η μείωση του κινδύνου δίνει τη δυνατότητα στον εν δυνάμει ανάδοχο να κινηθεί σε υψηλότερα επίπεδα εκπτώσεων ( κρίνοντας βάσει του αναμενόμενου ανταγωνισμού για την αναδοχή του έργου), αυξάνοντας τις πιθανότητες ανάληψης του έργου. Παρ' όλα αυτά, ακόμη και αν η εκπόνηση σχεδίου διαχείρισης κινδύνου δεν είναι δυνατή πριν την ανάληψη του έργου (λόγω μικρού χρονικού περιθωρίου κλπ.), η ανάλυση και διαχείριση των κινδύνων του έργου είναι ωφέλιμη σε κάθε στάδιο της υλοποίησής του.

### Διάγραμμα 5.15. Συνολική Αξία έργου, ανάλυση ευαισθησίας υπολειμματικού κινδύνου



#### Ιδία επεξεργασία

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας (διάγραμμα 5.15) γίνεται εμφανές πως ακόμη και μετά την αντιμετώπιση των κινδύνων οι 3 σημαντικότεροι κίνδυνοι όσον αφορά στο κόστος του έργου παραμένουν οι εξής:

- R5, Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων (όσον αφορά στα ασφαλτικά)
- R3, Έλλειψη προσφοράς υλικών
- R12, Καθυστέρηση πληρωμών

Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι αναμενόμενα, καθώς η εμφάνιση των εν λόγω κινδύνων εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από εξωτερικούς παράγοντες και οι διαθέσιμες στρατηγικές αντιμετώπισης στοχεύουν στην άμβλυση των επιπτώσεων που επιφέρουν, με αποτέλεσμα ένα σημαντικό μέρος του κινδύνου να παραμένει.

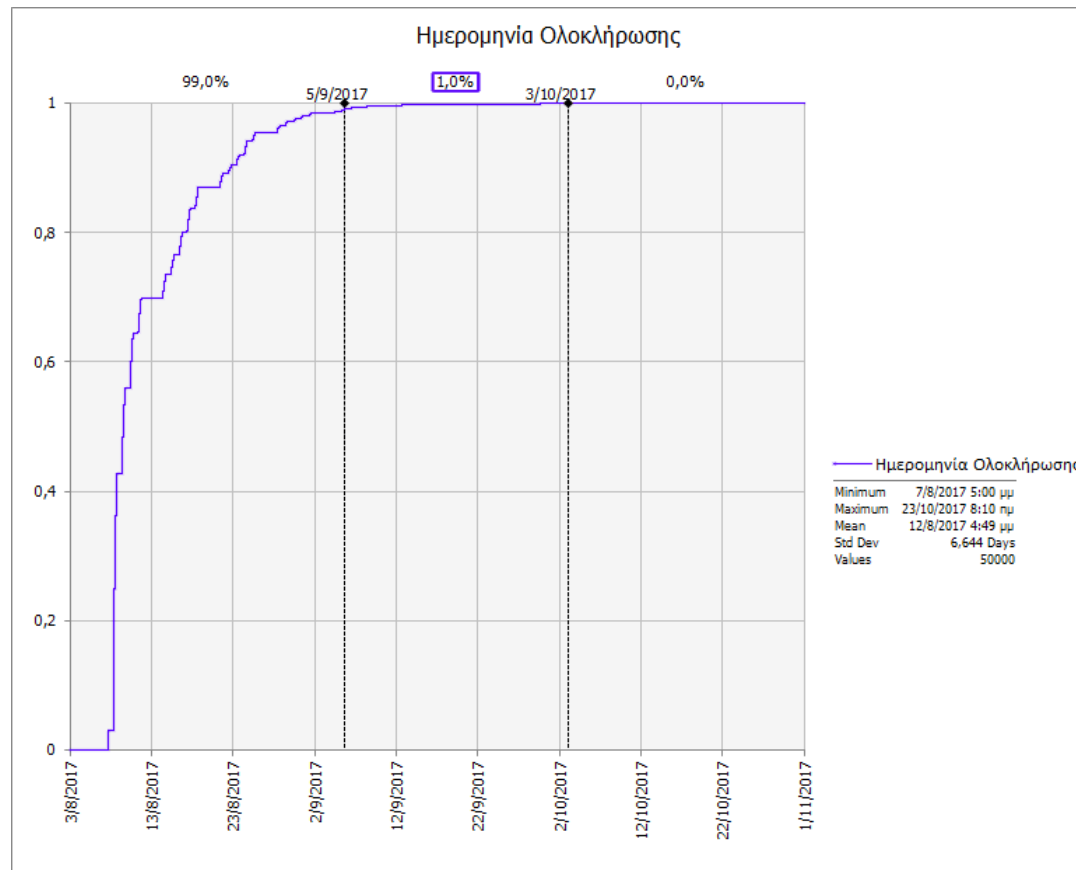
Εκτός των τριών σημαντικότερων κινδύνων, το διάγραμμα tornado παρουσιάζει διαφορετική εικόνα από αυτή του αρχικού κινδύνου. Οι κίνδυνοι R11 (υπεραιοδοξία στις εκτιμήσεις κόστους, χρόνου και ποιότητας) και R9( Σφάλματα ή παραλείψεις κατασκευαστικών εργασιών) απουσιάζουν, ενώ τη θέση τους παίρνουν οι κίνδυνοι R2 (Υψηλές τιμές υλικών) και R5.Γ ( Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων, όσον αφορά στα έργα οδοστρωσίας). Η παρουσία του κινδύνου R2 αντικατοπτρίζει την απώλεια της ευκαιρίας αγοράς των υλικών σε χαμηλότερες από τις προβλεφθείσες τιμές λόγω της εφαρμογής του hedging, ενώ η παρουσία του κινδύνου R5.Γ είναι απλά αποτέλεσμα



της μετακύλισης των κινδύνων R11 και R9 πολύ χαμηλότερα στην ιεράρχηση βάσει επιρροής λόγω αντιμετώπισής τους. Είναι σημαντικό να τονιστεί πως οι δυο παραπάνω κίνδυνοι παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερα επίπεδα ευαισθησίας τόσο από τους 3 σημαντικότερους όσο και από τους R11 και R9 της ανάλυσης αρχικού κινδύνου.

#### 5.6.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης όσον αφορά στο χρόνο υλοποίησης

#### Διάγραμμα 5.16 Ημερομηνία ολοκλήρωσης, αθροιστική κατανομή πιθανότητας υπολειμματικού κινδύνου.

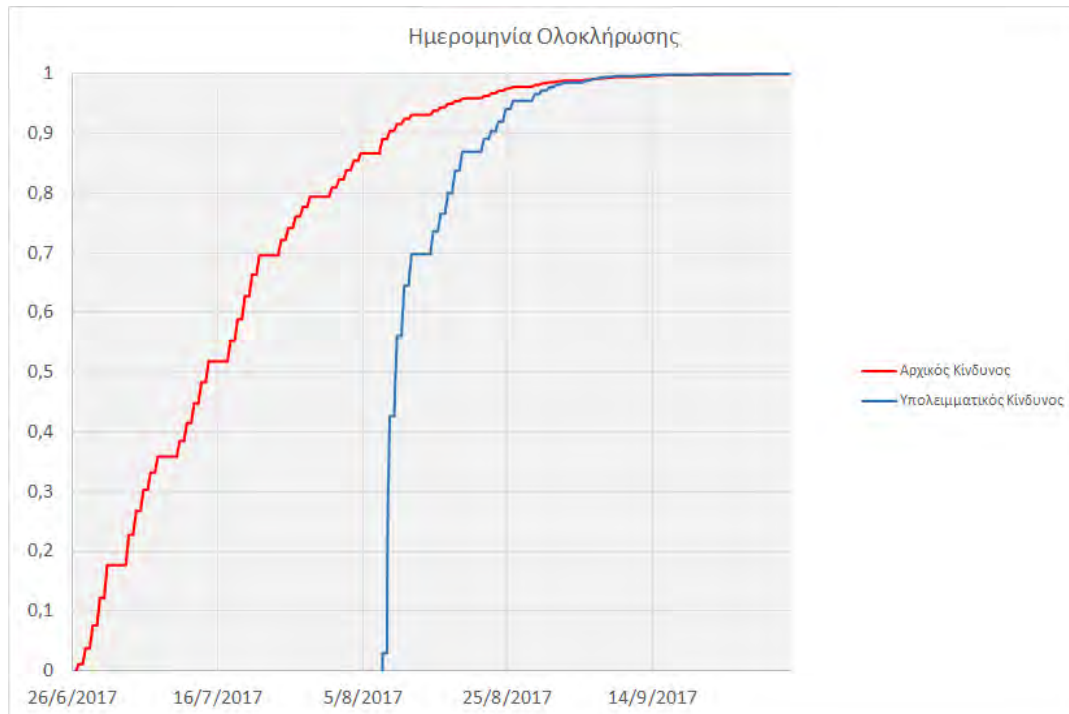


#### Ίδια επεξεργασία

Παρατηρώντας την αθροιστική κατανομή πιθανότητας του υπολειμματικού κινδύνου όσον αφορά στην ημερομηνία ολοκλήρωσης του έργου (διάγραμμα 5.16) εξάγεται το συμπέρασμα πως αν και η ελάχιστη τιμή είναι 7/8/2017 σε σχέση με την αντίστοιχη 24/6/2017, η οποία είναι αποτέλεσμα της μετακίνησης των ασφαλικών κατά 2 μήνες αργότερα (όσον αφορά στην ημερομηνία έναρξης) η πιθανότητες υπέρβασης της ημερομηνίας παράδοσης παραμένουν σε μεγάλο βαθμό το ίδιο χαμηλές. Όπως και στην ανάλυση του αρχικού κινδύνου, το 99% των επαναλήψεων της προσομοίωσης δείχνει ολοκλήρωση των εργασιών νωρίτερα της 5<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 2017, ενώ η πιθανότητα υπέρβασης της ημερομηνίας παράδοσης πλέον κυμαίνεται σε επίπεδα χαμηλότερα του 0,1%. Επιπλέον, η μέγιστη τιμή της προσομοίωσης παρουσιάζει ολοκλήρωση του έργου την 23<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2017, εν αντιθέσει με την 2<sup>η</sup> Νοεμβρίου της ανάλυσης του αρχικού κινδύνου, ενώ η τιμή της τυπικής απόκλισης μειώνεται από 16,19 ημέρες σε 6,644 ημέρες. Στα παραπάνω αποτελέσματα συμβάλλουν δυο γεγονότα:

1. Η σχέση ανάμεσα στις ομάδες εργασιών ( για να ολοκληρωθεί μια εργασία πρέπει να έχει ολοκληρωθεί η προηγούμενη) σημαίνει πως αν και η ομάδα των ασφαλικών καθυστέρησε την εκκίνησή της κατά δυο μήνες, εάν η ολοκλήρωση των προηγούμενων εργασιών δεν ξεπεράσει την αναμενόμενη ημερομηνία ολοκλήρωσης των ασφαλικών, οποιαδήποτε καθυστέρηση δεν επηρεάζει τη συνολική διάρκεια υλοποίησης του έργου. Άρα αν και η μεταφορά της ημερομηνίας έναρξης των ασφαλικών μεταφέρει τον ορίζοντα ολοκλήρωσης, μειώνει επίσης την ευαισθησία του έργου στις καθυστερήσεις των υπόλοιπων ομάδων εργασιών.
2. Οι στρατηγικές αντιμετώπισης κινδύνων αμβλύνουν σημαντικά τις πιθανότητες υπέρβασης του χρονοδιαγράμματος, μειώνοντας έτσι τον συνολικό κίνδυνο του έργου όσον αφορά στο χρόνο υλοποίησης

**Διάγραμμα 5.17 Σύγκριση προφίλ κινδύνων, αθροιστική κατανομή πιθανότητας**

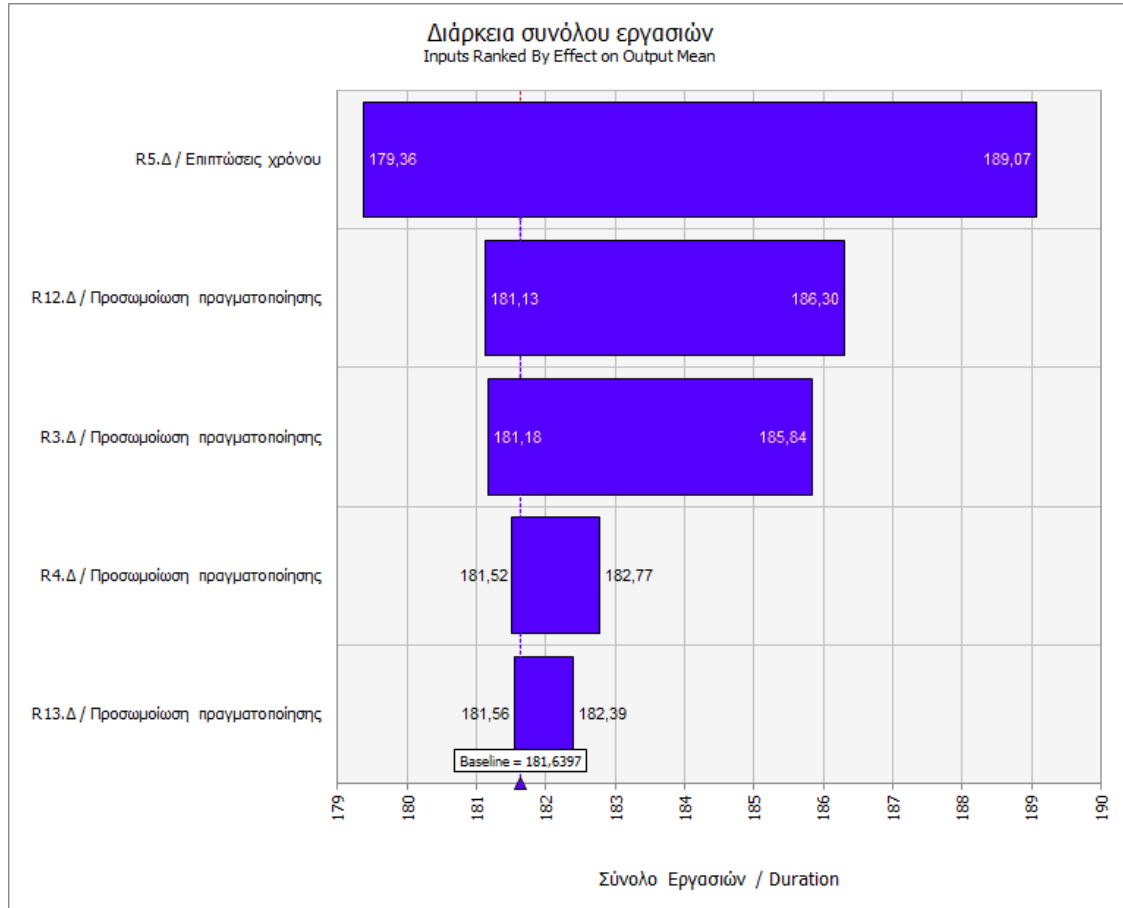


#### Ιδία επεξεργασία

Τα αποτελέσματα της αντιμετώπισης των κινδύνων γίνονται περισσότερο εμφανή παρατηρώντας ταυτόχρονα τις αθροιστικές κατανομές πιθανότητας του αρχικού και υπολειμματικού κινδύνου (διάγραμμα 5.17). Παρά το γεγονός ότι στις ημερομηνίες από 26/6/2017 έως και τα τέλη του Αυγούστου 2017 ο αρχικός κίνδυνος φαίνεται χαμηλότερος ( η καμπύλη του αρχικού κινδύνου δίνει υψηλότερη αθροιστική πιθανότητα για χαμηλές τιμές), η εικόνα αντιστρέφεται για ημερομηνίες από τέλη Αυγούστου και έπειτα. Η εικόνα αυτή είναι θετική καθώς η ολοκλήρωση του συνόλου του έργου νωρίτερα από την ημερομηνία παράδοσης δεν παρέχει κάποιο όφελος στον ανάδοχο, ενώ η καθυστέρηση του έργου μετά την ημερομηνία παράδοσης ενέχει κυρώσεις. Το τμήμα της κατανομής που απασχολεί τον ανάδοχο είναι αυτό που αφορά

στις ημερομηνίες κοντά στην ημερομηνία παράδοσης και στις ημερομηνίες που υπερβαίνουν αυτή.

### Διάγραμμα 5.18 Διάρκεια συνόλου εργασιών, ανάλυση ευαισθησίας υπολειμματικού κινδύνου



#### Ιδία επεξεργασία

Παρατηρώντας το διάγραμμα tornado που απεικονίζει την ανάλυση ευαισθησίας του έργου στον υπολειμματικό κίνδυνο με βάση το χρόνο υλοποίησης (διάγραμμα 5.18) είναι εμφανές πως ο κίνδυνος R5, Υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων, όσον αφορά στην ομάδα εργασιών Δ: Ασφαλτικά, παραμένει ο σημαντικότερος κίνδυνος του έργου όσον αφορά στο χρόνο υλοποίησης. Το παραπάνω συμπέρασμα είναι αναμενόμενο καθώς παρά τη μεταφορά της έναρξης των εργασιών που αφορούν στα ασφαλτικά κατά δυο μήνες αργότερα, η ομάδα Δ καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου υλοποίησης του έργου και το ποσοστό βροχοπτώσεων συνεχίζει να επηρεάζει σημαντικά τη διεξαγωγή των εργασιών. Παρ' όλα αυτά η αποτελεσματικότητα της στρατηγικής αντιμετώπισης είναι εμφανής παρατηρώντας τις τιμές ανάμεσα στις οποίες κυμαίνεται η ανάλυση ευαισθησίας του κινδύνου R5 [179.36 , 189.07] το διάστημα των οποίων είναι κατά πολύ μικρότερο του αντίστοιχου για τον αρχικό κίνδυνο του έργου [158.28, 176.66], γεγονός που αντικατοπτρίζει τον χαμηλότερο βαθμό ευαισθησίας που παρουσιάζει το έργο στον κίνδυνο R5 μετά την εφαρμογή της στρατηγικής αντιμετώπισης.

Μελετώντας τους υπόλοιπους κινδύνους παρατηρείται επίσης μείωση των επιπέδων ευαισθησίας που παρουσιάζουν. Το σύνολο του διαγράμματος tornado παρουσιάζει μικρότερο πλάτος, κάτι που υποδεικνύει χαμηλότερα επίπεδα μεταβλητότητας όσον αφορά στους παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο υλοποίησης του έργου.

### 5.7 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού αντιμετώπισης κινδύνων επιχειρήθηκε η άμβλυση του συνολικού κινδύνου του έργου, στοχεύοντας στην αντιμετώπιση των μεμονωμένων αναγνωρισμένων κινδύνων των οποίων η επίπτωση στο έργο εκτιμήθηκε κατά τις διαδικασίες της ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης. Μετά την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των στρατηγικών στην πιθανότητα και την επίπτωση που ενέχει κάθε μεμονωμένος κίνδυνος στους παράγοντες του κόστους και το χρόνο στο έργο, πραγματοποιήθηκε επαναληπτική προσομοίωση του συνολικού κινδύνου του έργου.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του υπολειμματικού κινδύνου, του κινδύνου δηλαδή που παραμένει μετά την εφαρμογή στρατηγικών αντιμετώπισης, δείχνουν σαφή μείωση του συνολικού κινδύνου του έργου, τόσο όσον αφορά στον παράγοντα του κόστους όσο και στον παράγοντα του χρόνου. Πιο συγκεκριμένα, η μείωση του κινδύνου είναι εμφανής όχι τόσο από τη μείωση των μέσων τιμών κόστους και χρόνου υλοποίησης αλλά από τη μείωση των τιμών που απεικονίζουν τον παράγοντα της μεταβλητότητας, όπως οι ακραίες τιμές, που μετά την αντιμετώπιση των κινδύνων βρίσκονται κατά πολύ εγγύτερα στη μέση τιμή, και η τυπική απόκλιση, η οποία έχει μειωθεί αισθητά και στις 2 μετρήσιμες παραμέτρους του έργου (χρόνος, κόστος).

Παρά τα ευνοϊκά αποτελέσματα της προσομοίωσης υπολειμματικού κινδύνου, δεν πρέπει να αγνοείται το ενδεχόμενο αστοχίας των εκτιμήσεων, καθώς και ο προσωπικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την κρίση του μελετητή. Είναι επίσης πιθανό κατά τη διάρκεια του έργου να προκύψουν κίνδυνοι που δεν έχουν προβλεφθεί. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια της εργασίας, σκοπός της ανάλυσης και διαχείρισης κινδύνων δεν είναι η πρόβλεψη όλων των πιθανών κινδύνων ενός έργου ούτε είναι δυνατή η μείωση του συνολικού κινδύνου στο μηδέν. Λαμβάνοντας υπ' όψη τα παραπάνω, στην προσομοίωση του κόστους του έργου συμπεριλήφθηκε αποθεματικό απροβλέπτων, όπως ορίζεται και από τον προϋπολογισμό, ενώ το χρονοδιάγραμμα του έργου σχεδιάστηκε με γνώμονα την άμβλυση των επιπτώσεων χρόνου που μπορούν να επιφέρουν οι κίνδυνοι στην έγκαιρη ολοκλήρωση του έργου.

Οι σημαντικότεροι περιορισμοί που παρουσιάστηκαν στην ανάλυση και διαχείριση κινδύνων αφορούν στην συλλογή αξιόπιστων πληροφοριών για την εκτίμηση των κινδύνων που αφορούν στο συγκεκριμένο έργο, καθώς η εκτίμηση βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό στην επιστράτευση κριτικής ικανότητας και εμπειρικής γνώσης.

Συμπερασματικά, αν και η μέθοδος της προσομοίωσης των κινδύνων δεν είναι δυνατόν να απεικονίζει απόλυτα την πραγματικότητα, παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την επιρροή των κινδύνων στο σύνολο του έργου, οι οποίες είναι μείζονος σημασίας στην λήψη αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση του έργου, γεγονός το οποίο σαφώς απεικονίζεται στην παρούσα μελέτη περίπτωσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια ανάλυσης της έννοιας του κινδύνου που επηρεάζει τα τεχνικά έργα και ανάπτυξης μεθοδολογίας διαχείρισης κινδύνου, η οποία εφαρμόστηκε σε μελέτη περίπτωσης για την ανάλυση του κατασκευαστικού κινδύνου έργου οδοποιίας και την εξαγωγή προτάσεων άμβλυνσης του συνολικού κινδύνου του έργου. Η μελέτη περίπτωσης εκπονήθηκε υπό τη σκοπιά του αναδόχου του έργου και αφορούσε στον κίνδυνο υπέρβασης κόστους και χρόνου υλοποίησης κατά τη διάρκεια των κατασκευαστικών εργασιών ενώ επίσης μελετήθηκαν οι κίνδυνοι με αρνητικές επιπτώσεις ως προς την επίτευξη των στόχων ποιότητας.

Όσον αφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε στην μελέτη περίπτωσης, αλλά και στο σύνολο της εργασίας, έγινε εκτενής χρήση ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας, η θεματολογία της οποίας αφορούσε τη διαχείριση έργου στο σύνολό της, την εξέλιξη των πρακτικών διαχείρισης κινδύνου ανά τα έτη, αλλά και την περιγραφή εναλλακτικών πρακτικών και μεθόδων διαχείρισης κινδύνου με ευρεία χρήση στον κλάδο των κατασκευών

Όσον αφορά στη μελέτη περίπτωσης, το έργο που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή των μεθόδων ανάλυσης και διαχείρισης κινδύνων που συνέστησαν τη μεθοδολογία της παρούσας εργασίας είναι η συντήρηση του εθνικού και επαρχιακού οδικού δικτύου Κεντρικής Ευβοίας. Το εν λόγω έργο κρίθηκε κατάλληλο για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας καθώς ενώ τα έργα οδοποιίας αποτελούν σημαντικό τμήμα του κατασκευαστικού κλάδου στην Ελλάδα, δεν συνηθίζεται η συστηματική χρήση μεθόδων διαχείρισης κινδύνου για την υλοποίησή τους, ιδιαίτερα όσον αφορά σε έργα σχετικά μικρού μεγέθους ή πολυπλοκότητας, όπως το παρόν. Με την επιλογή του συγκεκριμένου έργου για την εκπόνηση της μελέτης περίπτωσης, επιχειρήθηκε η ανάδειξη του οφέλους που παρέχει η χρήση συστηματικών μεθόδων ανάλυσης και διαχείρισης κινδύνων στον ανάδοχο του έργου, για την εξασφάλιση της επιτυχίας των στόχων του έργου σε σχέση με το κόστος, το χρόνο και την ποιότητα αλλά και την αύξηση της ανταγωνιστικότητας του αναδόχου για την ανάληψη του έργου.

Η μεθοδολογία της μελέτης περίπτωσης βασίστηκε εξίσου σε ποσοτικά και ποιοτικά κριτήρια και μεθόδους. Για την αναγνώριση των κινδύνων χρησιμοποιήθηκε προκαταρκτική λίστα βασισμένη σε βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με τους σημαντικότερους κινδύνους που επηρεάζουν τη φάση κατασκευής των έργων οδοποιίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Χρησιμοποιώντας την παραπάνω λίστα ως σημείο εκκίνησης έγινε μελέτη των εγγράφων του έργου ώστε να προσδιοριστούν οι κίνδυνοι που το επηρεάζουν. Για την ανάλυση των κινδύνων χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικές και

ποσοτικές μέθοδοι. Λόγω αδυναμίας συλλογής δεδομένων συγκεκριμένα για το εν λόγω έργο και την περιοχή διεξαγωγής, λήφθηκαν κάποιες παραδοχές και η εκτίμηση των κινδύνων βασίστηκε περισσότερο στην επιστράτευση κριτικής ικανότητας και εμπειρικής γνώσης. Ο παραπάνω περιορισμός θεωρείται σημαντικός στην ρεαλιστική αποτύπωση των κινδύνων του έργου, παρ' όλα αυτά η εν λόγω πρακτική είναι η συνηθέστερη σε έργα μικρού μεγέθους όπως το παρόν. Ο λόγος είναι συνήθως η μη ύπαρξη ικανοποιητικών δεδομένων για την εκάστοτε περίπτωση, ενώ επίσης η διεξαγωγή εκτενών ερευνών και μετρήσεων για έργα μικρού μεγέθους συνήθως κρίνεται μη σκόπιμη. Για το λόγο αυτό η χρήση της συγκεκριμένης πρακτικής κρίθηκε ικανοποιητική και εντός ρεαλιστικών πλαισίων για το παρόν έργο.

Όσον αφορά στην ποσοτική ανάλυση των κινδύνων του έργου, η μέθοδος που επιλέχθηκε ήταν αυτή της προσομοίωσης, με δημιουργία μοντέλου κινδύνων βασισμένου σε κατανομές πιθανοτήτων για την εμφάνιση και την επίπτωση των κινδύνων, ενώ στο μοντέλο συμπεριλήφθηκαν οι αναγνωρισμένες αλληλεξαρτήσεις ανάμεσα στους κινδύνους. Για τη δημιουργία του μοντέλου κινδύνων χρησιμοποιήθηκε λογισμικό το οποίο αποτελεί πρότυπο για την διεξαγωγή τέτοιου είδους προσομοιώσεων, ενώ για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκε η δειγματοληπτική μέθοδος του λατινικού υπερκύβου (Latin Hypercube Sampling) η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων σε προσομοιώσεις που ενέχουν τυχαιότητα.

Τα αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης έδωσαν μια ικανοποιητική εικόνα της επιρροής των κινδύνων στο έργο και χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση προτάσεων αντιμετώπισης του συνολικού κινδύνου στο έργο. Στην εκπόνηση των προτάσεων λήφθηκαν υπ' όψη οι αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των κινδύνων, οι παράγοντες που επηρεάζουν την εμφάνιση και την έντασή τους, καθώς και το κατά πόσο οι παραπάνω παράγοντες είναι δυνατόν να επηρεαστούν από τον ανάδοχο του έργου.

Μετά την εκπόνηση των προτάσεων έγινε εκτίμηση των υπολειμματικών μεμονωμένων κινδύνων και πραγματοποιήθηκε επαναληπτική προσομοίωση, τα αποτελέσματα της οποίας έδειξαν σημαντική μείωση του κινδύνου του έργου. Η μείωση του κινδύνου έγινε εμφανής μέσω της χαμηλότερης αναμενόμενης τιμής του κόστους υλοποίησης αλλά και της διάρκειας των εργασιών, αλλά κυρίως με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση των τιμών της προσομοίωσης γύρω από την αναμενόμενη τιμή κόστους και διάρκειας εργασιών.

Ο μεγαλύτερος περιορισμός που παρουσιάζει η μελέτη περίπτωσης είναι η αδυναμία εκτέλεσης διαδικασίας ελέγχου κινδύνου, η συνεχής δηλαδή παρατήρηση της έκβασης των εργασιών του έργου και η αναπροσαρμογή του μοντέλου κινδύνων σύμφωνα με τις πληροφορίες που αντλούνται σε πραγματικό χρόνο. Όπως αναφέρθηκε σε πολλά σημεία της εργασίας, η διαχείριση κινδύνων είναι μια διαρκής διαδικασία, τα οφέλη της οποίας μεγιστοποιούνται με την άντληση πληροφοριών σχετικά με τα προβλήματα που αντιμετωπίζει το έργο και την παρατήρηση των εσωτερικών και παραγόντων που συμβάλλουν στην ύπαρξη αβεβαιότητας στην υλοποίηση του έργου.

Λαμβάνοντας υπ' όψη τους υπαρκτούς περιορισμούς στην εκπόνηση της εργασίας, σκοπός της ήταν η ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με τη διαχείριση κινδύνου στα τεχνικά έργα και η παροχή μιας εμπειριστατωμένης, χρηστικής

και κατανοητής μεθοδολογίας για την ανάλυση του κατασκευαστικού κινδύνου στα έργα οδοποιίας, με χρήση της σε ένα πραγματικό σύγχρονο τεχνικό έργο. Τέλος, είναι σημαντικό να τονιστεί πως η διαχείριση κινδύνου, όπως όλες οι επιστήμες, εξελίσσεται συνεχώς, ενώ κάθε παράμετρος της διατίθεται προς κριτική και αμφισβήτηση, με σκοπό την ανάπτυξη του γνωστικού της αντικειμένου και την βελτίωση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων που παράγει.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

• *Ξενόγλωσση*

Al-Bahar J.F. & Crandall K.C. (1990) *Systematic Risk Management Approach for Construction Projects*, Journal of Construction Engineering and Management Vol.116, No.3, 533-546

Al-Zarrad, M.A. Moynihan, G.P., & Vereen, S.C. (2015). *Guideline to apply hedging to mitigate the risk of construction materials price escalation*.

Anthony Tony Cox, L. (2008). *What's wrong with risk matrices?.* Risk analysis, 28(2), 497-512.

Baartz, J., Longley, N., Counsel, S., & Robinson, A. A. (2003). *Construction and infrastructure projects-risk management through insurance*. Allens Arthur Robinson. Ανακτήθηκε την 17/5/2016 από <http://www.aar.com.au/pubs/pdf/insur/ins6aug.pdf>. Pdf.

Baker, S., Ponniah, D., & Smith, S. (1999). *Risk response techniques employed currently for major projects*. Construction Management & Economics, 17(2), 205-213

Banaitiene N. & Banaitis A. (2012). *Risk Management in Construction Projects*. Risk Management – Current Issues and Challenges (pp. 429- 448), InTech

Carayannis E.G., Kwak Y.H., Anbari F.T. (2003) *The Story of Managing Projects*, Westport: Quorum books.

Christopher Frey, H., & Patil, S. R. (2002). *Identification and review of sensitivity analysis methods*. Risk analysis, 22(3), 553-578.

Clemen, R. T., & Winkler, R. L. (1999). *Combining probability distributions from experts in risk analysis*. Risk analysis, 19(2), 187-203

Covello V.T., Mumpower J. (1985) *Risk Analysis and Risk Management: An Historical Perspective*, Risk Analysis, Vol.5, No. 2, 103-120

El-Sabaa, S. (2001). *The skills and career path of an effective project manager*. International journal of project management, 19(1), 1-7.

Gilks, W. R. (2005). *Markov chain Monte Carlo*. John Wiley & Sons, Ltd.



- H.M. Treasury (2003), *The Green Book: Appraisal and Evaluation in Central Government*, London: TSO
- Hillson, D. (2003). *Effective opportunity management for projects: Exploiting positive risk*. CRC Press.
- Hillson, D., Grimaldi, S., & Rafele, C. (2006). *Managing project risks using a cross risk breakdown matrix*. Risk management, 8(1), 61-76.
- International Organization for Standardization [ISO] (2009), ISO 31000 Risk Management
- Kangari R. (1989) *Construction Risk Assessment by Linguistics*, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol.36, No. 2, 126-131
- Katz R.L. (1974) *Skills of an Effective Administrator*. Ανακτήθηκε την 19/5/2016 από την <https://hbr.org/1974/09/skills-of-an-effective-administrator>
- Lam, K. C., Wang, D., Lee, P. T., & Tsang, Y. T. (2007). *Modelling risk allocation decision in construction contracts*. International Journal of Project Management, 25(5), 485-493.
- Larsen, J. K., Shen, G. Q., Lindhard, S. M., & Brunoe, T. D. (2015). *Factors Affecting Schedule Delay, Cost Overrun, and Quality Level in Public Construction Projects*. Journal of Management in Engineering, 32(1), 04015032.
- Loosemore, M., & McCarthy, C. S. (2008). *Perceptions of contractual risk allocation in construction supply chains*. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 134(1), 95-105.
- Maurer, I. (2010). *How to build trust in inter-organizational projects: The impact of project staffing and project rewards on the formation of trust, knowledge acquisition and product innovation*. International Journal of Project Management, 28(7), 629-637.
- McKay, M. D., Beckman, R. J., & Conover, W. J. (2000). *A comparison of three methods for selecting values of input variables in the analysis of output from a computer code*. Technometrics, 42(1), 55-61.
- Motiar Rahman, M., & Kumaraswamy, M. M. (2002). *Risk management trends in the construction industry: moving towards joint risk management*. Engineering, Construction and Architectural Management, 9(2), 131-151.
- Moynihan, G.P., & Al-Zarrad, M.A. (2015). *Application of Hedging Principles to Materials Price Risk Mitigation in Construction Projects*. International Journal of Construction Engineering and Management, 4(5), 180-190
- Oberlender, G. D. (1993). *Project management for engineering and construction* (Vol. 2). New York: McGraw-Hill.
- Okoli C. & Pawlowski S.D. (2004) *The Delphi method as a research Tool: an example, design considerations and applications*, Information & Management 42 (2004), 15-29

- Paté-Cornell, M. E. (1996). *Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment*. Reliability Engineering & System Safety, 54(2), 95-111.
- Project Management Institute (2013) *A Guide to the Project Management Body of Knowledge* Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Qu, S. Q., & Dumay, J. (2011). *The qualitative research interview*. Qualitative Research in Accounting & Management, 8(3), 238-264.
- RAND (2016) *Delphi Method*. Ανακτήθηκε την 5/4/2016, από <http://www.rand.org/topics/delphi-method.ht>
- Rooney J.J. & Heuvel L.N.V. (2004) *Root Cause Analysis For Beginners*, Quality Progress, July 2004, 45-53
- Smith N.J. , Merna T. , Jobling P. (2006) *Managing Risk in Construction Projects, Second Edition*, Oxford: Blackwell Publishing
- Stretton A. (2007), *A Short History of Modern Project Management*, PM World Today, Vol. IX, Issue X
- Tah J.H.M., Thorpe A., McCaffer R. (1993) *Contractor Project Risks Contingency Allocation Using Linguistic Approximation*, Computer Systems in Engineering Vol. 4, Nos 2-3 ,281- 293
- Taleb, N.N. (2012), *Antifragile, things that gain from disorder*. New York: Random House Publishing.
- The Institute of Risk Management (2002), *A Risk Management Standard*. London, The Institute of Risk Management.
- Thompson, P., & Perry, J. G. (Eds.). (1992). *Engineering construction risks: A guide to project risk analysis and assessment implications for project clients and project managers*. Thomas Telford
- Vilet V.v (2014) *Five Functions of Management by Henri Fayol*. Ανακτήθηκε την 19/5/2016 από <http://www.toolshero.com/management/five-functions-of-management/>
- Vose, D. (2008) *Risk analysis: a quantitative guide*. John Wiley & Sons
- Williams T.M. (1994) *Using a risk register to integrate risk management in project definition*, International Journal of Project Management 1994, 12(1), 17-22
- Yuan, Hongping. "A SWOT analysis of successful construction waste management." Journal of Cleaner Production 39 (2013): 1-8.
- Zaghoul, R., & Hartman, F. (2003). *Construction contracts: the cost of mistrust*. International Journal of Project Management, 21(6), 419-424.
- *Ελληνόγλωσση*
- Γεωργαντοπούλου, Α (2013). *Ανάπτυξη συστήματος στήριξης αποφάσεων για τη διαχείριση κινδύνων στα τεχνικά έργα*. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών.

Πολύζος, Σ (2011). *Διοίκηση και Διαχείριση Έργων – Μέθοδοι και τεχνικές – Νέα αναθεωρημένη έκδοση*. Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική ΑΕ.