



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ ΑΠΟ

ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗ ΡΕΜΑΤΟΣ

ΡΑΦΗΝΑΣ



Δ.Π.Μ.Σ.

«Περιβάλλον

και

Ανάπτυξη»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

ΤΣΑΚΙΡΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Οικονομολόγος, ΟΠΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΛΕΚΤΟΡΑΣ: Ι.ΣΑΓΙΑΣ

Αθήνα, Ιανουάριος 2009



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ ΑΠΟ

ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗ ΡΕΜΑΤΟΣ

ΡΑΦΗΝΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

ΤΣΑΚΙΡΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Οικονομολόγος, ΟΠΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΛΕΚΤΟΡΑΣ: Ι.ΣΑΓΙΑΣ

Αθήνα, Ιανουάριος 2009

Δ.Π.Μ.Σ.
«Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη»

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με τον τόμο αυτό που αποτελεί την μεταπτυχιακή (διπλωματική) εργασία ολοκληρώνονται οι υποχρεώσεις μου στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Ε.Μ.Π. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη». Ο χρόνος πέρασε γρήγορα εμπλουτίζοντας τις γνώσεις μου με θέματα και αντικείμενα άλλοτε κοντά και άλλοτε μακριά από το υπόβαθρο των οικονομικών μου γνώσεων που απέκτησα στο τμήμα Οικονομικής Επιστήμης του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Στόχος μου όταν εκδήλωσα το ενδιαφέρον μου για την παρακολούθηση αυτού του μεταπτυχιακού προγράμματος, όπως και στόχος του ίδιου του προγράμματος ήταν να αποκτήσω την ικανότητα να συνδιαλέγομαι με άλλους επιστήμονες και να μετέχω σε διεπιστημονικές ομάδες στη κατά το δυνατόν ολοκληρωμένη μελέτη αντικειμένων που αφορούν στο περιβάλλον και την ανάπτυξη.

Η πρώτη ιδέα για αυτή τη μεταπτυχιακή μου εργασία δόθηκε τον Δεκέμβριο του 2007 σε ένα συνέδριο για τους φυσικούς κινδύνους που οργάνωσε το Κέντρο Εκτίμησης Φυσικών Κινδύνου και Προληπτικού Σχεδιασμού στο Πολυτεχνείο. Ακολούθησαν συζητήσεις με διδάσκοντες του Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» που είχαν ως αποτέλεσμα να ασχοληθώ από τη μεριά του οικονομολόγου με τις πλημμύρες και την πλημμυρική διακινδύνευση.

Το θέμα των πλημμυρών είναι βέβαια ευρύτατο και στη μελέτη του συμμετέχουν πρώτιστα μηχανικοί που γνωρίζουν την υδρολογία και την υδραυλική. Όμως διέκρινα από την αρχή ότι υπάρχουν πολλά θέματα που δεν καλύπτονται επαρκώς από την συμβατική ανάλυση πλημμυρών των μηχανικών. Έτσι με αυτή τη μεταπτυχιακή εργασία προσπάθησα να επεκτείνω τα «υδραυλικά» αποτελέσματα με οικονομικές εκτιμήσεις και να προτείνω μία απλοποιημένη μέθοδο εκτίμησης της πλημμυρικής

διακινδύνευσης αλλά και να περιγράψω με πιο σίγουρα οικονομικά στοιχεία τον τρόπο βέλτιστης αντιπλημμυρικής προστασίας.

Στην προσπάθεια μου βρήκα μεγάλη συμπαράσταση από πολλούς επιστήμονες που μου πρόσφεραν απλόχερα τη βοήθεια τους. Πρώτα από όλα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της εργασίας μου Λέκτορα Ι. Σαγιά για τη βοήθειά του στη διαμόρφωση της εργασίας αλλά και τις χρήσιμες παρατηρήσεις του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της. Ευχαριστίες επίσης εκφράζω και στα μέλη του Εργαστηρίου Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. για τη βοήθεια τους στους υδραυλικούς υπολογισμούς που ήταν απαραίτητοι, στον κ. Κ. Λαχανά (ασφαλιστή) και την κα Κ. Βλάχου (μεσίτρια) για τις χρήσιμες πληροφορίες τους. Τέλος ευχαριστώ όλους που με τον ένα ή τον άλλο τρόπο με στήριξαν σ' αυτή την προσπάθεια.

Παναγιώτης Τσακίρης

Αθήνα, Ιανουάριος 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελ.
Περίληψη	13
Extended Abstract	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	18
1.1 Φυσικοί κίνδυνο	18
1.2 Βασικοί φυσικοί κίνδυνοι	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	
ΟΙ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΩΣ ΦΥΣΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ	27
2.1 Βασικοί ορισμοί	27
2.2 Εκτίμηση ζημιών	31
2.3 Παράμετροι που επηρεάζουν τις επιπτώσεις	34
2.4 Τύποι Ζημιών	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ	40
3.1 Εισαγωγή	40
3.2 Αναγωγή οικονομικών μεγεθών	41
3.3 Εκτίμηση ωφελειών	44
3.4 Κριτήρια ανάλυσης κόστους-οφέλους	47

3.5 Προσέγγιση αξιολόγησης των έργων	48
--------------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Η ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ 49

4.1 Εισαγωγή	49
--------------	----

4.2 Εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60	53
----------------------------------	----

4.3 Συνοπτική παρουσίαση της Οδηγίας 2007/60	56
--	----

4.4 Συμπεράσματα	60
------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΞΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΚΙΝΗΤΩΝ - ΑΣΦΑΛΙΣΗ ΑΚΙΝΗΤΩΝ 61

5.1 Εισαγωγή	61
--------------	----

5.2 Μέθοδοι εκτίμησης της αξίας των αστικών ακινήτων	63
--	----

5.3 Επιλογή μεθόδου εκτίμησης	66
-------------------------------	----

5.4 Ασφάλιση αστικών ακινήτων και βιομηχανικών εγκαταστάσεων	67
--	----

5.5 Εκτίμηση διακυβεύματος αστικών ακινήτων	70
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΞΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ, ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΩΝ ΑΞΙΩΝ 73

6.1 Εισαγωγή	73
--------------	----

6.2 Κινητές αξίες	74
-------------------	----

6.3 Υποδομές	76
--------------	----

6.4 Βιομηχανικές εγκαταστάσεις	78
6.5 Αγροτικές γαίες	78
6.6 Δασικές εκτάσεις	79
6.7 Διακύβευμα κινητών αξιών, υποδομών, βιομηχανικών εγκαταστάσεων, αγροτικών και δασικών εκτάσεων	80

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΖΗΜΙΩΝ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

7.1 Εισαγωγή	82
7.2 Επισκόπηση παροχής – υπολογισμός διακυβεύματος	84
7.3 Επιλογή αντιπροσωπευτικού τμήματος της έκτασης	84
7.4 Υπολογισμός έκτασης που κατακλύζεται	85
7.4.1 Υπολογισμός παροχής	85
7.4.2 Υπολογισμός στάθμης νερού και κατακλυζόμενης έκτασης	86
7.5 Υπολογισμός ανηγμένων και συνολικών ζημιών	87
7.6 Υπολογισμένης ετησιοποιημένης διακινδύνευσης	89
7.7 Υπολογισμός κόστους αντιπλημμυρικών έργων	91
7.8 Σύγκριση μεταξύ ζημιών και κόστους έργων	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ (ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ)

8.1 Περιγραφή	93
---------------	----

8.2 Μεγέθη έργων και διακυβεύματος	97
8.3 Μέσο διακύβευμα	102
8.4 Εφαρμογή της μεθοδολογία	103
8.5 Υπολογισμός ζημιών από πλημμύρες	106
8.6 Υπολογισμός κόστους των έργων	121
8.7 Αναλυτική κοστολόγηση των αντιπλημμυρικών έργων	123
8.7.1 Προμέτρηση υλικών και εργασιών	124
8.7.2 Προϋπολογισμός	127
8.8 Βέλτιστο μέγεθος σχεδιασμού των έργων	129
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο	
ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	131
9.1 Μεταβλητότητα συντελεστών ζημιών και κόστους	131
9.2 Ανάλυση ευαισθησίας με βάση το μέσο διακύβευμα	132
9.3 Ανάλυση ευαισθησίας με βάση το επιτόκιο προεξόφλησης	138
9.4 Μεταβολή κόστους έργων σε σχέση με το επιτόκιο προεξόφλησης	143
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο	
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ	145
10.1 Σκοπός εργασίας – Προτεινόμενη μεθοδολογία	145
10.2 Χρησιμότητα της εργασίας	146
10.3 Περιορισμοί	147
10.4 Κύρια συμπεράσματα	148

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 150

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 153

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ, ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

Σχήμα 2.1 : Χρονοσειρές του μεγέθους δύο φυσικών φαινομένων (α) συνεχούς μεταβλητής, (β) διακριτής μεταβλητής	29
Πίνακας 2.1 : Μεγέθη κινδύνου με αντίστοιχες αναμενόμενες δυνητικές επιπτώσεις	32
Σχήμα 2.2 : Καμπύλη δυνητικών επιπτώσεων	32
Σχήμα 2.3 : Η καμπύλη Σχετικής Τρωτότητας	33
Πίνακας 2.2 : Μεγέθη κινδύνου με τις αντίστοιχες αναμενόμενες επιπτώσεις μετά την κατασκευή των βελτιωτικών έργων	34
Σχήμα 2.4 : Οι ζώνες κατάκλυσης μετά τα έργα προστασίας	36
Σχήμα 2.5 : Καμπύλη στάθμης-χρόνου σε ένα στοιχείο	36
Σχήμα 2.6 : Κατηγορίες ζημιών από πλημμύρες	39
Σχήμα 3.1 : Πιθανότητες και ζημιές από πλημμύρες	46
Πίνακας 4.1: Εκτιμώμενο κόστος ζημιών (σε Μ€) από πλημμύρες στην πεδινή περιοχή του Μαραθώνα Αττικής για τρία σενάρια με και χωρίς Φράγμα αντιπλημμυρικής προστασίας.	55
Σχήμα 7.1 : Ο συντελεστής βάθους σε συνάρτηση με το μέσο βάθος κατάκλυσης	87
Πίνακας 8.1 : Τα συμβάλλοντα ρέματα στο ρ. Ραφήνας	94
Σχήμα 8.1 : Ρέματα και Λεκάνες που συμβάλλουν στο ρ. Ραφήνας	96
Σχήμα 8.2 : Σχηματική απεικόνιση του ρ. Ραφήνας	98
Φωτογραφία 8.1	99
Φωτογραφία 8.2	100

Φωτογραφία 8.3	100
Φωτογραφία 8.4	101
Πίνακας 8.2 : Πλημμυρικές παροχές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς για το τμήμα που εξετάζεται	104
Πίνακας 8.3 : Κατακλυζόμενη έκταση και μέσο βάθος κατάκλυσης	105
Σχήμα 8.4 : Διατομή ρέματος διαμορφωμένη με συρματοκιβώτια	108
Πίνακας 8.4 : Σχεδιασμός διατομής για κάθε περίοδο επαναφοράς	108
Σχήμα 8.5 : Βάθη και εκτάσεις κατάκλυσης για όλα τα σενάρια που ελέγχονται και διευθετημένες διατομές για $T=2,5,10,25,50,100,1000$, αντίστοιχα.	109-112
Πίνακας 8.5 : Υφιστάμενη κατάσταση χωρίς έργα διευθέτησης	114
Πίνακας 8.6 : Διατομή σχεδιασμού για $T=2$ έτη	115
Πίνακας 8.7 : Διατομή σχεδιασμού για $T=5$ έτη	116
Πίνακας 8.8 : Διατομή σχεδιασμού για $T=10$ έτη	117
Πίνακας 8.9 : Διατομή σχεδιασμού για $T = 25$ έτη	118
Πίνακας 8.10 : Διατομή σχεδιασμού για $T=50$ έτη	119
Πίνακας 8.11 : Διατομή σχεδιασμού για $T=100$ έτη	120
Πίνακας 8.12: Κόστος κατασκευής των έργων διευθέτησης	121
Σχήμα 8.6: Καμπύλη συνολικών ετήσιων δαπανών κατασκευής και συντήρησης των έργων διευθέτησης	123
Πίνακας 8.13 : Ενδεικτική Αναλυτική Προμέτρηση	127
Πίνακας 8.14 : Προϋπολογισμός Δημοπράτησης Έργων	128
Σχήμα 8.7: Προσδιορισμός βέλτιστου (οικονομικά) σχεδιασμού έργων διευθέτησης στο ρ. Ραφήνας	130

Σχήμα 9.1 : Με μέσο διακύβευμα $D=10000$ €/στρ. η βέλτιστη οικονομική λύση είναι οριακά για $T=50$ έτη	133
Σχήμα 9.2 : Μέσο διακύβευμα $D=20000$ €/στρ. , βέλτιστη λύση $T=50$ έτη	134
Σχήμα 9.3 : Μέσο διακύβευμα $D=30000$ €/στρ. , βέλτιστη λύση $T=100$ έτη	135
Σχήμα 9.4 : Μέσο διακύβευμα $D=50000$ €/στρ. , βέλτιστη λύση $T=100$ έτη	136
Σχήμα 9.5 : Μέσο διακύβευμα $D=100000$ €/στρ. , βέλτιστη λύση για T μεγαλύτερο των 100 ετών	137
Σχήμα 9.6 : Για επιτόκιο 3% η βέλτιστη λύση είναι $T=50$ έτη (μέχρι 100 έτη)	139
Σχήμα 9.7 : Για επιτόκιο 4,5% η βέλτιστη λύση είναι $T=50$ έτη	140
Σχήμα 9.8 : Για επιτόκιο 6% η βέλτιστη λύση είναι $T=50$ έτη	141
Σχήμα 9.9 : Για επιτόκιο 12% η βέλτιστη λύση είναι $T=25$ έτη	142
Σχήμα 9.10 : Η μεταβολή του ετήσιου κόστους των έργων για διάφορα επιτόκια δανεισμού (3, 4.5, 6, 7.5 και 9%)	144

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μεταπτυχιακή αυτή εργασία είχε ως στόχο τη διαμόρφωση μιας απλοποιημένης μεθοδολογίας για την εκτίμηση των οικονομικών ζημιών από τις πλημμύρες από ρέματα. Με δεδομένο ότι οι πλημμύρες είναι ένα ακραίο φαινόμενο που περιγράφεται από μία συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας, η εκτίμηση των οικονομικών ζημιών γίνεται ως μέσο αναμενόμενο μέγεθος ανά έτος (ετησιοποιημένο μέγεθος). Το μέγεθος αυτό αντιπροσωπεύει τη διακινδύνευση μιας περιοχής από τον κίνδυνο πλημμύρας και δείχνει το πόσο επιρρεπής στις πλημμύρες είναι αυτή η περιοχή αλλά και πόσο μεγάλο είναι το διακύβευμα που εκτίθεται σε κίνδυνο.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία στηρίζεται στην απλοποιημένη αναπαράσταση του αναγλύφου με διατομές που χαρακτηρίζονται από σταθερές εγκάρσιες κλίσεις εκατέρωθεν του ρέματος. Για τον υπολογισμό της έκτασης κατάκλυσης χρησιμοποιήθηκαν διάφορα σενάρια πλημμύρας που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες περιόδους επαναφοράς και έγιναν οι υδραυλικοί υπολογισμοί ομοιόμορφης μονοδιάστατης ροής που προέκυψαν με τη χρήση κατάλληλου υπολογιστικού λογισμικού. Τέλος με βάση το μέσο μέγεθος διακυβεύματος (που προκύπτει από τις χρήσεις γης της ζώνης που εκτίθεται σε κίνδυνο) γίνεται η αδρομερής εκτίμηση των αναμενόμενων οικονομικών ζημιών σε ετησιοποιημένη βάση.

Δεύτερος κύριος στόχος της εργασίας ήταν ο ορθολογικός σχεδιασμός των αντιπλημμυρικών έργων. Για το στόχο αυτό παρουσιάστηκε η διαδικασία υπολογισμού του κόστους των έργων διευθέτησης ενός υδατορεύματος και η αναγωγή των οικονομικών μεγεθών σε ετήσια βάση. Με τον τρόπο αυτό τόσο το κόστος των έργων όσο και οι οικονομικές ζημιές εκφράστηκαν σε ομοειδή μεγέθη. Τελικά ο βέλτιστος από οικονομική άποψη σχεδιασμός προκύπτει ως ο σχεδιασμός με το ελάχιστο άθροισμα οικονομικών ζημιών και κόστους των έργων. Ως περιοχή μελέτης έχει ληφθεί το κεντρικό τμήμα του ρέματος Ραφήνας μήκους 11 km.

Η χρησιμότητα της εργασίας έγκειται στο γεγονός ότι συμβάλλει στην αδρομερή αλλά γρήγορη εκτίμηση των οικονομικών ζημιών και της πλημμυρικής διακινδύνευσης μιας παραρεμάτιας περιοχής. Η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προκαταρκτικές προσεγγίσεις στην κατεύθυνση των εργασιών που προβλέπονται με βάση την Οδηγία 2007/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις πλημμύρες. Η εκτίμηση της διακινδύνευσης σε ετήσιες χρηματικές μονάδες, που περιλαμβάνει την στοχαστική εξέλιξη των πλημμυρών σε μία περιοχή αλλά και το διακύβευμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κύριο οικονομικό κριτήριο για την ιεραρχική κατάταξη των περιοχών που κινδυνεύουν από πλημμύρες. Με τον τρόπο αυτό η πολιτεία θα μπορεί να ιεραρχήσει τις ανάγκες της από πλευράς έργων που απαιτούνται για την προστασία από τις πλημμύρες.

Η εργασία περιλαμβάνει 10 κεφάλαια εκ των οποίων το πρώτο γίνεται η εισαγωγή στο θέμα και καθορίζονται οι στόχοι της εργασίας. Στο 2^ο κεφάλαιο οι πλημμύρες αντιμετωπίζονται ως φυσικός κίνδυνος με στόχο την ανάλυση διακινδύνευσης. Οι αρχές της οικονομικής ανάλυσης με την ισοδυναμία των οικονομικών μεγεθών (παρούσα αξία – ετήσιο τοκοχρεολύσιο) παρουσιάζονται στο 3^ο κεφάλαιο ενώ συνοπτικά παρουσιάζονται τα κύρια άρθρα της Οδηγίας 2007/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αφορά στις πλημμύρες (Κεφ. 4). Οι μέθοδοι για τον υπολογισμό των αξιών των ακινήτων (αστικών, βιομηχανικών, αγροτικών) αλλά και κινητών αξιών, παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 6 ενώ στο 7^ο παρουσιάζεται η προτεινόμενη μεθοδολογία. Τέλος περιγράφεται η περιοχή μελέτης (ρ. Ραφήνας) και γίνεται μία πλήρης εφαρμογή σε ένα μεγάλο τμήμα του ρέματος της Ραφήνας (Κεφ. 8). Επιπρόσθετα επιχειρείται η ανάλυση ευαισθησίας λόγω της μεταβλητότητας και της αβεβαιότητας προσδιορισμού ορισμένων μεταβλητών (Κεφ. 9). Από τα αποτελέσματα της εργασίας που αναφέρονται στην συγκεκριμένη περιοχή του ρέματος Ραφήνας, από τη γενίκευση που επιχειρήθηκε, αλλά και από την ανάλυση ευαισθησίας των βασικών μεγεθών προέκυψαν σημαντικά συμπεράσματα (Κεφ. 10):

- 1) Για την πεδινή περιοχή του ρέματος Ραφήνας η εργασία κατέληξε ως βέλτιστο σχεδιασμό αντιπλημμυρικής προστασίας τη διευθέτηση του ρέματος με συρματοκιβώτια με παροχές σχεδιασμού (για το εκτιμώμενο διακύβευμα) που αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς 50 έτη.

- 2) Όπως ήταν αναμενόμενο από την ανάλυση ευαισθησίας προέκυψε ότι όσο το διακύβευμα μεγαλώνει τόσο η πλημμυρική διακινδύνευση μεγαλώνει και ωθεί για αποφάσεις για αντιπλημμυρικά έργα με μεγαλύτερη περίοδο επαναφοράς (δηλ. που εξασφαλίζουν μεγαλύτερη θωράκιση μιας περιοχής από τον κίνδυνο των πλημμυρών).
- 3) Όσο το επιτόκιο προεξόφλησης (δηλ. δανεισμού) μεγαλώνει τόσο το κόστος των έργων μεγαλώνει και η μεθοδολογία που προτείνεται ωθεί προς μικρότερα έργα δηλαδή έργα με παροχή σχεδιασμού μικρότερης περιόδου επαναφοράς.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία για την εκτίμηση των οικονομικών ζημιών από τις πλημμύρες και για τον ορθολογικό σχεδιασμό των αντιπλημμυρικών έργων είναι μία απλοποιημένη μεθοδολογία που επιδέχεται σημαντικές βελτιώσεις που αφορούν τόσο στην αναπαράσταση του φυσικού αναγλύφου και του υδατορεύματος όσο και στις οικονομικές εκτιμήσεις.

EXTENDED ABSTRACT

The objective of this postgraduate thesis is to formulate a simplified methodology for the estimation of economic damages caused by floods. Floods are considered as an extreme stochastic phenomenon described by a certain probability density function. Flood risk assessment of an area in the flood plain is based on the flood hazard (probabilistic nature) and the potential consequences (maximum consequences of flood events) linked with a simple deterministic function. Annualized flood risk protection values (R) are then compared with the annualized cost of flood protection works(C). The minimum sum of both values (R+C) results in the optimal design of flood protection works. Thus, a second objective of the thesis to formulate a methodology for achieving the optimal flood work design, is fulfilled.

The proposed rational procedure is in line with the new EU-flood directive 2007/60 which emphasizes the role of rationality in flood protection measures from planning to construction.

The proposed methodology uses a simplified simulation of the terrain by adopting cross sections of the river composed of linear traversal gradient instead of detailed cartography. Further uniform flow packages are used to delineate the zone of inundation for each flood scenario (T-year flood).

The area in which the methodology was applied is the central part of the stream of Rafina of a total length of 11 km which is under study by the Ministry of the Environment and Public Works.

Among the 10 chapters of the thesis, the first is introductory and the last contains some important concluding remarks. From the other chapters, the 2nd considers floods as a natural hazard and evaluates risk as a function of hazard. The 3rd one presents the principles of economic analysis, the 4th is devoted to the description of the EU Directive on floods, the 5th and 6th are dealing with the estimation of the values of real estate together with the values of agricultural areas and all other of values threatened by floods. Industrial establishments, mobile values such as cars, forests areas etc are also included in the analysis. An attempt is also made for the estimation of (maximum) potential consequences Chapter 7 is devoted to the presentation of the simplified methodology for a) the estimation of economic consequences and b) the optimization of flood protection works design. The application of the proposed methodology to the study area is presented in Chapter 8. Finally Chapter 9 deals with the sensitivity analysis of the most important variables which is necessary due to the uncertainty of their estimation.

Apart from the reconnaissance and quick estimation of economic consequences from flood events, proposed in this study, the most important conclusions from the study are :

1. The optimal design of river training works is selected for the part of the stream which is analyzed. For the most probable future conditions the optimal design discharge is found to correspond to the 50-year flood (or more).
2. As it was expected, the increase of the mean value of potential consequences from floods in the area leads to design floods of greater return periods.
3. Greater interest rate leads to more expensive flood protection works and therefore it leads to accept design floods of smaller return periods. However the optimal solution is not sensitive towards the interest rate change.

The study presented in this thesis is based on a reconnaissance approach which can be improved further in regard to the simulation of the natural terrain (which is very simplified), and the estimation of potential consequences from flood events.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΦΥΣΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

Ανατρέχοντας την ιστορία θα βρει κάποιος μεγάλες καταστροφές με πολλά θύματα και ανυπολόγιστες ζημιές. Ακόμη και ολόκληροι πολιτισμοί χάθηκαν εξ αιτίας ορισμένων μεγάλων καταστροφών. Οι μεγαλύτερες καταστροφές έχουν προέλθει από φυσικά αίτια δηλαδή προήλθαν από εκδήλωση φυσικών κινδύνων.

Τον τελευταίο αιώνα και περισσότερο τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μια αύξηση των μεγάλων καταστροφών που οφείλεται στη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ακραίων γεγονότων αλλά και στη μεγέθυνση του διακυβεύματος στις περιοχές που κινδυνεύουν. Νέες αιτίες και νέοι κίνδυνοι τεχνολογικής υφής ήρθαν να προστεθούν στους φυσικούς κινδύνους.

Για την κατηγοριοποίηση των κινδύνων με βάση την αιτία που προκαλεί την εκδήλωση τους οι κίνδυνοι χαρακτηρίζονται ως :

α) φυσικοί

β) τεχνολογικοί

Υπάρχει και μία ενδιάμεση σύνθετη κατηγορία στην οποία η εκδήλωση του κινδύνου μπορεί να προέλθει είτε από φυσικά είτε από τεχνολογικά αίτια. Χαρακτηριστικό των τεχνολογικών κινδύνων είναι ότι προέρχονται κυρίως από ανθρώπινη άστοχη παρέμβαση ενώ οι φυσικοί κίνδυνοι προέρχονται από φυσικά φαινόμενα που μόνο έμμεσα μπορούν να επηρεασθούν από ανθρώπινες παρεμβάσεις.

Έτσι για παράδειγμα η έκρηξη ενός ηφαιστείου θεωρείται φυσικό φαινόμενο ενώ η έκρηξη ενός πυρηνικού αντιδραστήρα τεχνολογικό φαινόμενο. Τέλος η θραύση ενός χωμάτινου φράγματος (που ανήκει στην ενδιάμεση κατηγορία) μπορεί να προέλθει από φυσική αιτία όπως είναι η υπερχειλίση ή από εσωτερικά αίτια όπως είναι η αστοχία του υλικού κατασκευής, ή ακόμα από ανθρώπινο λάθος στην κατασκευή ή στη λειτουργία του φράγματος. Τέλος μπορεί να προκληθεί από δολιοφθορά.

Οι φυσικοί κίνδυνοι μπορούν να διακριθούν σε :

α) γεωλογικούς

β) κλιματικούς

γ) σύνθετους

Στην τελευταία αυτή κατηγορία οι αιτίες έχουν σχέση και σε γεωλογικούς και σε κλιματικούς παράγοντες. Στους γεωλογικούς κινδύνους εντάσσονται οι σεισμοί, οι κατολισθήσεις, οι εκρήξεις ηφαιστειών, οι υποθαλάσσιες κατολισθήσεις. Στους κλιματικούς κινδύνους εντάσσονται οι ραγδαίες βροχές και καταιγίδες, οι ισχυροί άνεμοι, οι τροπικές καταιγίδες, οι χιονοθύελλες, οι πλημμύρες, οι ξηρασίες, οι καύσωνες, οι δασικές πυρκαγιές. Τέλος στην ενδιάμεση κατηγορία εντάσσονται οι κατολισθήσεις, οι πτώσεις βράχων και οι καθιζήσεις που προέρχονται από παρατεταμένες βροχοπτώσεις.

Συνηθισμένο φαινόμενο μετά την εκδήλωση ενός κινδύνου είναι η πρόκληση ενός άλλου κινδύνου, διαδικασία γνωστή ως «ντόμινο». Μια μεγάλη δασική πυρκαγιά για παράδειγμα που αποψιλώνει μια δασική περιοχή αυξάνει τον κίνδυνο εκδήλωσης πλημμυρών στη περιοχή αφού το γυμνό έδαφος δεν μπορεί να συγκρατήσει μεγάλες ποσότητες νερού όπως γινόταν με το δάσος με αποτέλεσμα να αυξάνει η επιφανειακή απορροή και να αυξάνει η πιθανότητα πλημμυρών στα πεδινά της λεκάνης απορροής.

1.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΦΥΣΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

Στην παράγραφο αυτή εξετάζονται συνοπτικά οι πιο σημαντικοί φυσικοί κίνδυνοι. Έτσι από τους γεωλογικούς κινδύνους γίνεται μία σύντομη αναφορά :

- α) στους σεισμούς
- β) στις ηφαιστειακές εκρήξεις
- γ) στα tsunamis

Επίσης γίνεται αναφορά στους πιο σημαντικούς κλιματικούς κινδύνους (εκτός των πλημμυρών που εξετάζονται διεξοδικά) :

- δ) στις τροπικές καταιγίδες / τυφώνες

ε) στην ανύψωση της στάθμης της θάλασσας

ζ) στις ξηρασίες

η) στις δασικές πυρκαγιές

Σεισμοί

Οι σεισμοί αποτελούν σοβαρή απειλή για τις δομημένες περιοχές. Όταν εκδηλώνονται κοντά σε αστικές περιοχές οι συνέπειες μπορούν να είναι καταστροφικές. Με τη μεγάλη οικονομική ανάπτυξη του περασμένου αιώνα το διακύβευμα που απειλείται από τους σεισμούς έχει αυξηθεί σημαντικά. Από τους σεισμούς κινδυνεύουν πολλοί τύποι κτηρίων, φράγματα, γέφυρες, τοίχοι αντιστήριξης, συστήματα μεταφορών κ.α.. Η αιτία των ισχυρών σεισμών μπορεί να εξηγηθεί με τη βοήθεια της τεκτονικής θεωρίας των πλακών. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή η επιφάνεια της γης αποτελείται από τεράστιες πλάκες που ονομάζονται τεκτονικές πλάκες στα όρια των οποίων πραγματοποιούνται διάφορες κινήσεις και αλληλεπιδράσεις. Οι σεισμοί συνήθως πραγματοποιούνται σε μεγάλο βάθος στα όρια των πλακών (π.χ. 300 χλμ. κάτω από την επιφάνεια της γης). Εντούτοις πολλοί καταστρεπτικοί σεισμοί εκδηλώνονται σε μικρότερα βάθη. Ανεξάρτητα από τις κινήσεις στα όρια των πλακών τα σεισμικά κύματα παράγονται και μεταδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις.

Τα σεισμικά κύματα καταγράφονται σε σειсмоγράφους, όργανα που χρησιμοποιούνται εδώ και εκατό χρόνια. Ο σεισμός δημιουργείται σε ένα υπόκεντρο από το οποίο κάθετα πάνω στην επιφάνεια της γης βρίσκεται το επίκεντρο. Οι σεισμοί ταξινομούνται σύμφωνα με τον τρόπο δημιουργίας τους σε τεκτονικούς και ηφαιστειακούς σεισμούς. Μεταξύ των σεισμών που έχουν σημειωθεί παγκοσμίως ο σεισμός του Νοεμβρίου του 1755 στη Λισαβόνα προκάλεσε 60.000 θανάτους ενώ ο πιο καταστροφικός ήταν αυτός στην Κίνα το 1965 που προκάλεσε 255.000 θανάτους. Γνωστός καταστροφικός σεισμός είναι και αυτός που εκδηλώθηκε στο Σαν Φραντζίσκο το 1906.

Ηφαιστειακές εκρήξεις

Μια ηφαιστειακή έκρηξη αποτελεί εκδήλωση έκκλισης θερμότητας όπου ο φλοιός της γης ανοίγει και το μάγμα, ένα ρευστό πύρινο υλικό χύνεται ως λάβα στις γύρω περιοχές. Ο κίνδυνος λόγω των ηφαιστειών είναι συγκρίσιμος με αυτόν των σεισμών, όμως οι θέσεις τους γεωγραφικά είναι προκαθορισμένες. Παγκοσμίως υπάρχουν περίπου 650 ενεργά ηφαίστεια. Ο κίνδυνος από τα ηφαίστεια είναι μεγαλύτερος στην περιοχή του Ειρηνικού, στη Χαβάη και στη Μεσόγειο. Από την ιστορία πιο γνωστή είναι η έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης περίπου το 1500 π.χ. και η έκρηξη του Βεζούβιου στη Νάπολη το 79 μ.χ.. Τα τελευταία χρόνια οι πιο μεγάλες καταστροφές δημιουργήθηκαν από τις εκρήξεις του ηφαιστείου Krakatoa στις 27 Αυγούστου του 1983 στην Ινδονησία και στις 18 Μαΐου του 1980 στη Washington των Η.Π.Α..

Οι κίνδυνοι από τις ηφαιστειακές εκρήξεις οφείλονται:

- α) στις πυροκλαστικές ροές με υψηλές θερμοκρασίες που ξεπερνούν και τους 600 βαθμούς Κελσίου και καταστρέφουν τα πάντα στο πέρασμά τους
- β) στα τοξικά νέφη αερίου που περιέχουν υδρόθειο, μονοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του άνθρακα
- γ) πτώση τέφρας που προκαλεί ζημιές στα κτήρια και τη γεωργία

Η εκτίμηση του κινδύνου από την ηφαιστειακή δραστηριότητα εξαρτάται από την «ιστορική» συμπεριφορά του ηφαιστείου.

Τα tsunamis

Τα tsunamis είναι ακραία περιστατικά θαλάσσιων κυμάτων που προκαλούνται από σεισμικές, ηφαιστειακές, υποθαλάσσιες κατολισθήσεις ή άλλες γεωλογικές αιτίες. Σε ένα ισχυρό σεισμό υπάρχει μετακίνηση των πλακών του γήινου φλοιού όχι μόνο οριζόντια αλλά και κατακόρυφη που έχει ως αποτέλεσμα την ξαφνική ανύψωση του βυθού που αναγκάζει το νερό να κινηθεί πάνω-κάτω. Τα κύματα που δημιουργούνται κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις και μεγαλώνουν στις ρηχές θάλασσες κοντά στις παράκτιες περιοχές. Η λέξη tsunamis είναι ιαπωνική και σημαίνει «λιμενικά κύματα» επειδή στα λιμάνια της Ιαπωνίας έχουν προκληθεί ζημιές από τέτοια κύματα.

Ιστορικά έχουν συμβεί πολλά tsunamis από σεισμούς πάνω από 6 Richter. Το 1707 ένα tsunamis στην Ιαπωνία βύθισε μόνο στον κόλπο της Οζάκα 1.000 σκάφη. Άλλα καταστρεπτικά tsunamis σημειώθηκαν στη Λισσαβώνα από σεισμό 9 Richter με 100.000 νεκρούς το 1755, στη Μεσσήνη της Σικελίας από σεισμό 7,5 Richter και 100.000 νεκρούς. Πρόσφατα (26 Δεκεμβρίου 2004) το tsunamis του Ινδικού Ωκεανού που προήλθε από σεισμό 9,3 Richter σε περιοχή 200 km από τη βορειοδυτική ακτή του νησιού Sumatra της Ινδονησίας, έχει τραγικό απολογισμό 230.000 νεκρούς και τεράστιες υλικές καταστροφές στην Ινδονησία, στη Σρι Λάνκα, στην Ινδία, στην Ταϊλάνδη και άλλες χώρες. Τα κύματα που δημιουργήθηκαν από την μετατόπιση μέρους της Ινδικής πλάκας είχαν ταχύτητες πάνω από 800 km/h φτάνοντας σε 10 ώρες στην Ανατολική Αφρική.

Τροπικές Καταιγίδες / Τυφώνες

Οι τροπικές καταιγίδες δημιουργούνται συνήθως σε παράκτιες περιοχές που λόγω μεγάλης εξάτμισης από τον ωκεανό η ατμόσφαιρα βρίσκεται φορτισμένη με μεγάλες ποσότητες νερού στα σύννεφα. Η ύπαρξη ενός κέντρου χαμηλών πιέσεων στην ατμόσφαιρα δημιουργεί ελικοειδή κίνηση με μεγάλες ταχύτητες ανέμων που πολλές

φορές ξεπερνούν και τα 200 km/h. Υπάρχουν διάφορα επίπεδα τροπικών καταιγίδων τα πιο καταστροφικά από τα οποία είναι οι τυφώνες.

Η ύπαρξη μεγάλων ποσοτήτων νερού στα νέφη και οι μεγάλες ταχύτητες ανέμου αποτελούν ένα από τους μεγαλύτερους φυσικούς κινδύνους στη σημερινή εποχή.

Πολύ γνωστές είναι οι καταστροφές στην περιοχή της Λουϊζιάνας των Η.Π.Α. όπου ο τυφώνας Katrina συνέβαλε στην θραύση των αναχωμάτων προστασίας από τη θάλασσα με αποτέλεσμα να πλημμυρίσει η πόλη και να χαθούν περί τις 1200 ζωές.

Πιο καταστροφικοί αποδείχθηκαν οι πρόσφατοι αλληπάλληλοι τυφώνες στο Bangladesh και στην Mian Mar (Βιρμανία) με εκατοντάδες χιλιάδες νεκρούς.

Η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας

Είναι γνωστό ότι ένα από τα χαρακτηριστικά των κλιματικών αλλαγών που αναμένονται είναι και το λιώσιμο των πάγων στους πόλους με αποτέλεσμα την ανύψωση της στάθμης των θαλασσών και των ωκεανών.

Η ανύψωση της στάθμης αναμένεται να κυμανθεί από 20-50 cm στην Ανατολική Μεσόγειο και θα έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην οικονομία αλλά και στα αποθέματα νερού. Εκτιμάται ότι σε πολλές περιοχές θα υπάρξει απώλεια μιας μικρής παράκτιας λωρίδας γης και θα χαθούν παραλίες που σήμερα χρησιμοποιούνται, με δυσμενή αποτελέσματα για τον τουρισμό αλλά και την αναψυχή των κατοίκων των μεσογειακών παράκτιων περιοχών. Σημαντική επίπτωση της ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας αποτελεί και η εισροή θαλασσινού νερού στους υπόγειους παράκτιους υδροφορείς που υδροδοτούν τους περισσότερους μεγάλους και μικρούς παράκτιους

οικισμούς με καταστρεπτικά αποτελέσματα για την ποιότητα του νερού που διαθέτουν.

Τέλος υπάρχει και απευθείας απειλή οικισμών που βρίσκονται σε χαμηλά υψόμετρα (0-2 m πάνω από τη θάλασσα), όπως για παράδειγμα το Μεσολόγγι και το Αιτωλικό.

Ξηρασίες

Οι ξηρασίες αποτελούν ένα μεγάλο φυσικό κίνδυνο για πολύ μεγάλες περιοχές του κόσμου. Είναι χαρακτηριστικό ότι η ξηρασία πλήττει συχνά την ήπειρο της Αφρικής επηρεάζοντας το 80% του πληθυσμού της. Η ξηρασία είναι η κύρια αιτία της έλλειψης νερού και των λιμών που κατά καιρούς προκαλούνται σε διάφορες αναπτυσσόμενες χώρες. Η επικείμενη αλλαγή στο κλίμα θα έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση της συχνότητας και της έντασης των ξηρασιών με πολύ δυσμενή αποτελέσματα στην υγεία των ανθρώπων (μεγαλύτερη έλλειψη τροφών) και την ανάπτυξη (π.χ. γεωργία).

Η ξηρασία (drought) είναι παροδικό φαινόμενο και εντάσσεται στη διακύμανση του κλίματος. Δεν πρέπει να συγχέεται με την ξηρότητα (aridity) που αναφέρεται στα μόνιμα χαρακτηριστικά του κλίματος μιας περιοχής όπου το μέσο ετήσιο βροχομετρικό ύψος είναι ιδιαίτερα χαμηλό.

Οι παρατεταμένες ξηρασίες μπορούν να δημιουργήσουν υποβάθμιση της βλάστησης (βιομάζα) και σταδιακά να μετατρέψουν μια περιοχή σε έρημο. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως ερημοποίηση.

Οι Δασικές Πυρκαγιές

Οι δασικές πυρκαγιές που οφείλονται σε φυσικά αλλά τις περισσότερες φορές ανθρωπογενή αίτια προκαλούνται σε περιόδους όπου η εδαφική υγρασία είναι ελάχιστη, η θερμοκρασία υψηλή και οι άνεμοι έχουν μεγάλες ταχύτητες. Η Μεσόγειος αποτελεί μια περιοχή που λόγω του γνωστού Μεσογειακού κλίματος έχει ξηρά και θερμά καλοκαίρια χωρίς βροχές και συνεπώς εύκολα δημιουργούνται συνθήκες κατάλληλες για εκδήλωση πυρκαγιών αλλά και γρήγορη διάδοση τους.

Νωπές είναι και οι μνήμες στην Ελλάδα από το καλοκαίρι του 2007 όπου οι δασικές πυρκαγιές έκαψαν περί τα 3 εκατομμύρια στρέμματα δασικών και καλλιεργήσιμων εκτάσεων με 80 νεκρούς και πολλά χωριά καταστρεμμένα στην Πελοπόννησο στην Εύβοια και σε άλλες περιφέρειες της χώρας.

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν έναν σύνθετο κίνδυνο με φυσικά και ανθρωπογενή αίτια με οικονομικές και κοινωνικές προεκτάσεις που παίρνει μεγάλες διαστάσεις σε περιοχές όπου το διακύβευμα είναι μεγάλο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΟΙ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΩΣ ΦΥΣΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ

2.1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Στο πλαίσιο της ανάλυσης ενός φυσικού κινδύνου και της εκτίμησης της κρισιμότητας αλλά και του διακυβέματος που βρίσκεται υπό απειλή εξετάζονται όροι όπως ο κίνδυνος (hazard), η τρωτότητα (vulnerability), η έκθεση (exposure), και η διακινδύνευση (risk) που ορίζονται παρακάτω.

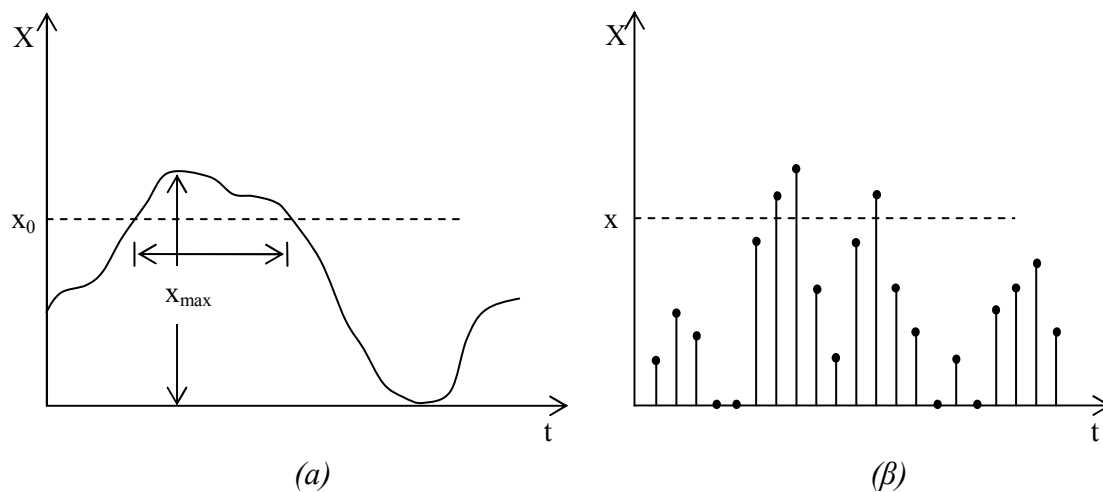
Με μια γενική θεώρηση ο φυσικός κίνδυνος (hazard) είναι μια απειλή σε ένα σύστημα που περιλαμβάνει στοιχεία (elements) όπως ο άνθρωπος, οι περιουσίες, οι υποδομές, οι οικονομικές δραστηριότητες, το περιβάλλον και τα μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς. Ο κίνδυνος εκδηλώνεται με μεταβαλλόμενη ένταση στο χώρο και στο χρόνο με αποτέλεσμα να απειλεί με διαφορετική ένταση κάθε σύστημα και κάθε στοιχείο που μελετάμε.

Η τρωτότητα (vulnerability) αντιπροσωπεύει τη δυνατότητα αντίστασης στον κίνδυνο ή τη δυνατότητα προστασίας των στοιχείων του συστήματος έναντι του συγκεκριμένου κινδύνου. Τέλος η διακινδύνευση (risk) είναι το μέγεθος του κινδύνου που τελικά πραγματικά απειλεί τα στοιχεία του συστήματος.

Η κατανόηση αυτής της προσέγγισης μπορεί να παρουσιασθεί απλά με τη μορφή ενός παραδείγματος. Ας θεωρήσουμε τον κίνδυνο που προέρχεται από την έκθεση των ανθρώπων στον ήλιο που μπορεί να τους προκαλέσει βλάβες στην υγεία τους. Ας θεωρήσουμε ότι το σύστημα μας είναι μια οικογένεια που πάει για μπάνιο μένοντας κάποιες ώρες κάτω από μια ομπρέλα που τους προστατεύει από τον κίνδυνο που είναι οι ακτίνες του ηλίου. Ο κίνδυνος εκδηλώνεται με διαφορετική ένταση κατά τις διάφορες ώρες της ημέρας. Το πρωί η ένταση είναι μικρότερη ενώ το μεσημέρι η ένταση μεγαλώνει δηλαδή ο κίνδυνος μεγαλώνει. Η ομπρέλα αποτελεί το μέσο προστασίας για την οικογένεια που όμως δέχεται ένα ποσό ακτίνων έστω και από ανάκλαση στις γύρω επιφάνειες. Η προστασία που προσφέρει η ομπρέλα μειώνει δραστικά την ένταση του κινδύνου που δέχεται η οικογένεια συνεπώς μειώνει την τρωτότητα του συστήματος. Ο κίνδυνος που διαπερνά αυτή την προστασία και απειλεί τελικά την οικογένεια είναι η διακινδύνευση. Είναι προφανές ότι η διακινδύνευση κάθε στοιχείου του συστήματος είναι διαφορετική που οφείλεται και στην διαφορετική δυνατότητα αντίστασης ή στην ευαισθησία κάθε οργανισμού στις συγκεκριμένες συνθήκες. Για παράδειγμα τα μικρά παιδιά είναι πιο ευαίσθητα από ότι οι ενήλικες κατά την έκθεσή τους στις ακτίνες του ήλιου. Συμπερασματικά στην τρωτότητα κάθε μέλους του συστήματος κρίσιμο ρόλο διαδραματίζουν το «φίλτρο» ή τα έργα προστασίας αλλά και η ευαισθησία των ίδιων των μελών που τα καθιστά πιο ευάλωτα στις δυσμενείς για αυτά επιπτώσεις.

Το παραπάνω παράδειγμα αν και απλοϊκό δείχνει ανάγλυφα τη συστημική προσέγγιση που προτείνει αυτή η εργασία. Με πιο επιστημονικούς όρους και μαθηματικές εκφράσεις οι όροι, κίνδυνος, τρωτότητα, έκθεση και διακινδύνευση περιγράφονται παρακάτω.

Ένα φυσικό φαινόμενο αποτελεί κίνδυνο αν υπερβεί μια ορισμένη οριακή τιμή (hazard threshold) (που μπορεί να μεταβάλλεται στον χρόνο). Από μια πλήρη χρονοσειρά του φαινομένου προκύπτουν οι τιμές που υπερβαίνουν αυτή την τιμή με αποτέλεσμα να προκύπτει μια μερική σειρά που περιλαμβάνει τα μεγέθη που αποτελούν απειλή δηλ. κίνδυνο. Στο Σχ. 2.1 παρουσιάζονται γραφικά οι χρονοσειρές ενός φαινομένου συνεχούς χρόνου και ενός φαινομένου διακριτού χρόνου αντίστοιχα. Στην πρώτη περίπτωση η μεταβλητή είναι συνεχής (π.χ. παροχή σε μια διατομή ενός υδατορεύματος) και στην δεύτερη η μεταβλητή είναι διακριτή (π.χ. ημερήσια ύψη βροχής). Και στις δύο περιπτώσεις φαίνονται οι τιμές και οι αντίστοιχοι χρόνοι που τα παραπάνω φυσικά φαινόμενα αποτελούν κίνδυνο (επίπεδο $x > x_0$). (Χαλικιάς, 2003 / Χατζηνικολάου, 2002)



Σχήμα 2.1 : Χρονοσειρές του μεγέθους δύο φυσικών φαινομένων

(α) συνεχούς μεταβλητής, (β) διακριτής μεταβλητής

Για την περιγραφή συνεπώς ενός φυσικού κινδύνου στην απλούστερη διακριτή προσομοίωση απαιτείται περιγραφή της στοχαστικής ανέλιξης που αναφέρεται στη μεταβλητή x ($x \geq x_0$) και τη χρονική τους διάρκεια. Αν επρόκειτο για μια σειρά μεγάλου χρονικού μήκους χωρίς τάσεις, χωρίς εποχικότητα κλπ. θα μπορούσε η χρονοσειρά αυτή του κινδύνου να περιγραφεί με μια απλή μαθηματική ανέλιξη. Όμως αυτό στις περισσότερες περιπτώσεις δεν μπορεί να αποδώσει λόγω της

περιπλοκότητας του πραγματικού φυσικού κόσμου. Για το λόγο αυτό καταφεύγουμε στην ανάλυση ακραίων τιμών σε ετήσια βάση (ώστε να αποφεύγονται οι εποχικότητες) με την υπόθεση ότι στο δείγμα δεν υπάρχουν τάσεις. Η έννοια του μέσου διαστήματος στο οποίο η τιμή της μεταβλητής έχει τιμή μεγαλύτερη ή ίση της δοθείσας μια φορά, γνωστό ως «περίοδος επαναφοράς», είναι πολύ γνωστή στους μηχανικούς που τη χρησιμοποιούν για τον προσδιορισμό του μεγέθους σχεδιασμού πολλών έργων προστασίας. Στην ουσία ο τρόπος αυτός προσέγγισης επιχειρεί να προσδιορίσει την οριακή τιμή της μεταβλητής ώστε η πιθανότητα να συμβεί ένα ακόμη μεγαλύτερο γεγονός να είναι αποδεκτή ως «αποτελεσματική» για την κοινωνία. Έτσι, για παράδειγμα στις μελέτες των αντιπλημμυρικών έργων η οριακή τιμή x_0 προσδιορίζεται ως το μέγεθος (ύψος) εκείνο της βροχής ή το μέγεθος της παροχής ώστε η πιθανότητα υπέρβασης να είναι 1/50 ή καλύτερα η περίοδος επαναφοράς να είναι 50 έτη.

Για να καθοριστεί ορθολογικά η παραπάνω οριακή τιμή θα πρέπει να ελεγχθούν οι συνέπειες από μια γκάμα μεγεθών που έχουν διάφορες πιθανότητες υπέρβασης και έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στο σύστημα που εξετάζεται. Επομένως για μια σειρά σημαντικών μεγεθών κινδύνου θα πρέπει να μελετηθούν οι επιπτώσεις που αφορούν στη ζωή, στην υγεία, στις περιουσίες, στις υποδομές, στις παραγωγικές διαδικασίες στην πολιτιστική κληρονομιά μιας περιοχής. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται στην εκτίμηση της τρωτότητας και της έκθεσης του συστήματος στον συγκεκριμένο κίνδυνο.

Αν μείνουμε όμως στο κίνδυνο, θα πρέπει να προσδιορίσουμε ένα άλλο σημαντικό όριο, το όριο της ολικής καταστροφής (limit of total destruction) που αναφέρεται σε μεγέθη του φαινομένου πάνω από τα οποία προκαλείται η μέγιστη δυνατή καταστροφή.

Συνεπώς ο κίνδυνος για ένα σύστημα μπορεί να περιγραφεί από μια χρονοσειρά μεγεθών διατεταγμένη στο χρόνο πάνω από ένα βασικό μέγεθος x_0 . Από την στατιστική ανάλυση αυτών των μεγεθών, σε κάθε μέγεθος μπορεί να αντιστοιχηθεί

μια πιθανότητα υπέρβασης ή μια περίοδος επαναφοράς. Όμως ο προσδιορισμός αυτός δεν είναι επαρκής για την κατανόηση σε ποσοτικούς όρους της σπουδαιότητας/σοβαρότητας του αντίστοιχου μεγέθους. Αν και θεωρητικά ο κίνδυνος αναφέρεται σε απειλή και όχι σε επιπτώσεις πολλές φορές είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε τα μέγιστα (πιο δυσμενή) αποτελέσματα στην περίπτωση εκδήλωσης του κινδύνου με αυτό το μέγεθος σε ένα σύστημα χωρίς προστασία. Στην πραγματικότητα για τα μικρά μεγέθη του κινδύνου πρακτικά σε κάθε σύστημα δεν υπάρχουν επιπτώσεις ή οι επιπτώσεις είναι ελάχιστες. Συνεπώς ένα ελάχιστο επίπεδο προστασίας υπάρχει σε κάθε σύστημα. Όμως η ιδέα της εκτίμησης των μέγιστων δυνητικών επιπτώσεων (potential consequences) σε ένα απροστάτευτο σύστημα είναι ένα σημαντικό στοιχείο για ορθολογικές αποφάσεις σε σχέση με τα έργα και τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν για την αποτελεσματική του προστασία. Οι μέγιστες δυνητικές επιπτώσεις στο όριο της ολικής καταστροφής συχνά αναφέρονται στα ελληνικά ως διακύβευμα.

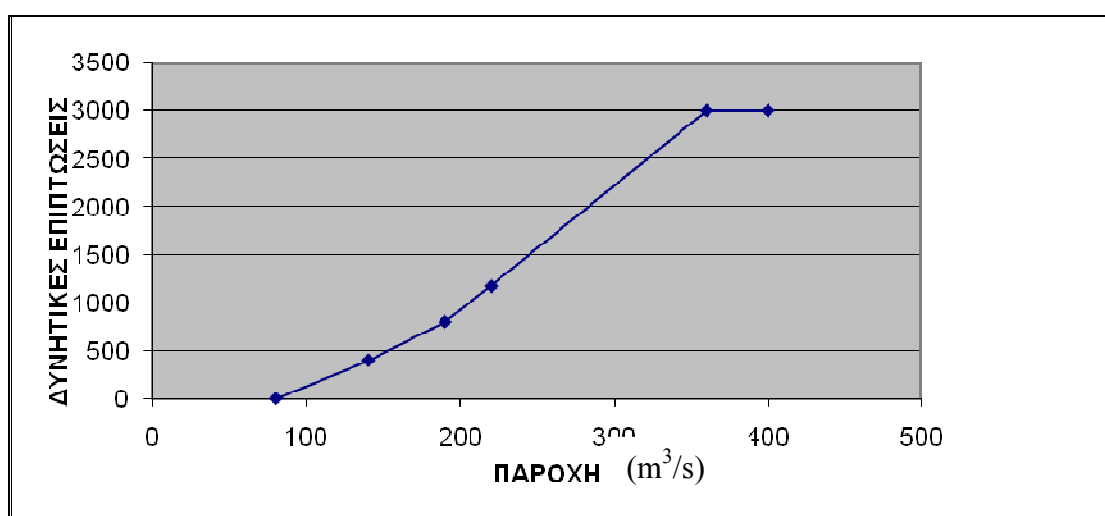
2.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

Το πρώτο συνεπώς βήμα στη μελέτη ενός κινδύνου είναι η συμπλήρωση ενός πίνακα που περιέχει τα μεγέθη του φαινομένου, τις πιθανότητες υπέρβασης (ή τις περιόδους επαναφοράς) και τις δυνητικές μέγιστες επιπτώσεις σε οικονομικούς, κοινωνικούς ή άλλους όρους. Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα για τον κίνδυνο πλημμύρας μιας περιοχής που περιλαμβάνει μόνο οικονομικές απώλειες (Tsakiris, 2007).

Πίνακας 2.1 : Μεγέθη κινδύνου με αντίστοιχες αναμενόμενες δυνητικές επιπτώσεις

Περίοδος επαναφοράς T (έτη)	Παροχή αιχμής Q_{max} (m ³ /s)	Μέγιστες Δυνητικές Επιπτώσεις D (Μ€)	Σχετική τρωτότητα (αδιάστατη)
2	80	0	0
10	140	400	0.13
50	190	800	0.27
100	220	1170	0.39
1000	360	3000	1
>1000	>360	3000	1

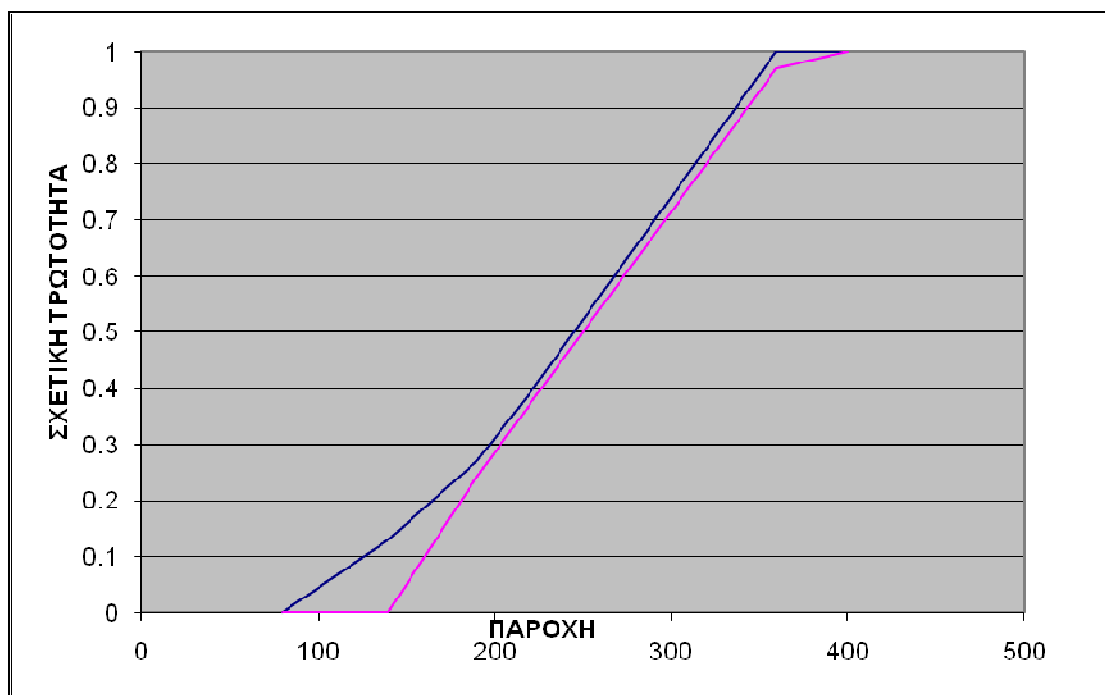
Η καμπύλη μεταξύ δυνητικών επιπτώσεων (PC) και μεγεθών (Q_{max}) περιέχει πολύ σημαντικές πληροφορίες για τη συμπεριφορά του συστήματος στην εκδήλωση του κινδύνου όταν αυτό είναι εκτεθειμένο στον κίνδυνο και δεν διαθέτει κανένα σύστημα προστασίας (Σχ. 2.2).



Σχήμα 2.2 : Καμπύλη δυνητικών επιπτώσεων

Η καμπύλη αυτή αντιπροσωπεύει το βασικό επίπεδο τρωτότητας (vulnerability) του συστήματος έναντι του συγκεκριμένου κινδύνου. Τώρα αν το σύστημα προστατευθεί με έργα και μέτρα είναι προφανές ότι η καμπύλη PC- Q_{max} θα μετακινηθεί προς τα δεξιά μειώνοντας τις επιπτώσεις για τις ίδιες τιμές της παροχής Q_{max} .

Από την καμπύλη του παραδείγματος προκύπτει ότι για τιμές $Q_{max} \geq 360 \text{m}^3/\text{s}$ επέρχεται ολοκληρωτική καταστροφή στο σύστημα. Αντίθετα για τιμές $Q_{max} \leq 80 \text{m}^3/\text{s}$ δεν προκαλείται καμία καταστροφή. Ας ορίσουμε τη σχετική τρωτότητα του συστήματος ως μια συνάρτηση 1-1 της Q_{max} που παίρνει τιμές από το 0 μέχρι το 1 που αντιπροσωπεύει το λόγο των δυνητικών επιπτώσεων για κάθε τιμή του Q_{max} προς τις μέγιστες δυνητικές επιπτώσεις της μέγιστης Q_{max} (πιθανότητα ολικής καταστροφής). Στην περίπτωση αυτή για τιμές $Q_{max} \leq 80 \text{m}^3/\text{s}$ η σχετική τρωτότητα είναι μηδέν ενώ για $Q_{max} \geq 360 \text{m}^3/\text{s}$ η σχετική τρωτότητα είναι 1. Αντίστοιχα για την τιμή Q_{max} 140, 190 και 220 οι τιμές σχετικής τρωτότητας είναι $400/3000=0,13$, $800/3000=0,27$, $1170/3000=0,39$. Οι τιμές της σχετικής τρωτότητας παρουσιάζονται στην τελευταία στήλη του Πίνακα 2.1.



Σχήμα 2.3 : Η καμπύλη Σχετικής Τρωτότητας

Μετά την κατασκευή βελτιωτικών και προστατευτικών έργων για τα ίδια μεγέθη κινδύνου οι αναμενόμενες μικρότερες επιπτώσεις παρουσιάζονται στον πίνακα 2.2. Η καμπύλη της σχετικής τρωτότητας έχει βελτιωθεί και παρουσιάζεται στην τελευταία στήλη του Πίνακα 2.2 και με ροζ γραμμή στο Σχ. 2.3.

Πίνακας 2.2 : Μεγέθη κινδύνου με τις αντίστοιχες αναμενόμενες επιπτώσεις μετά την κατασκευή των βελτιωτικών έργων

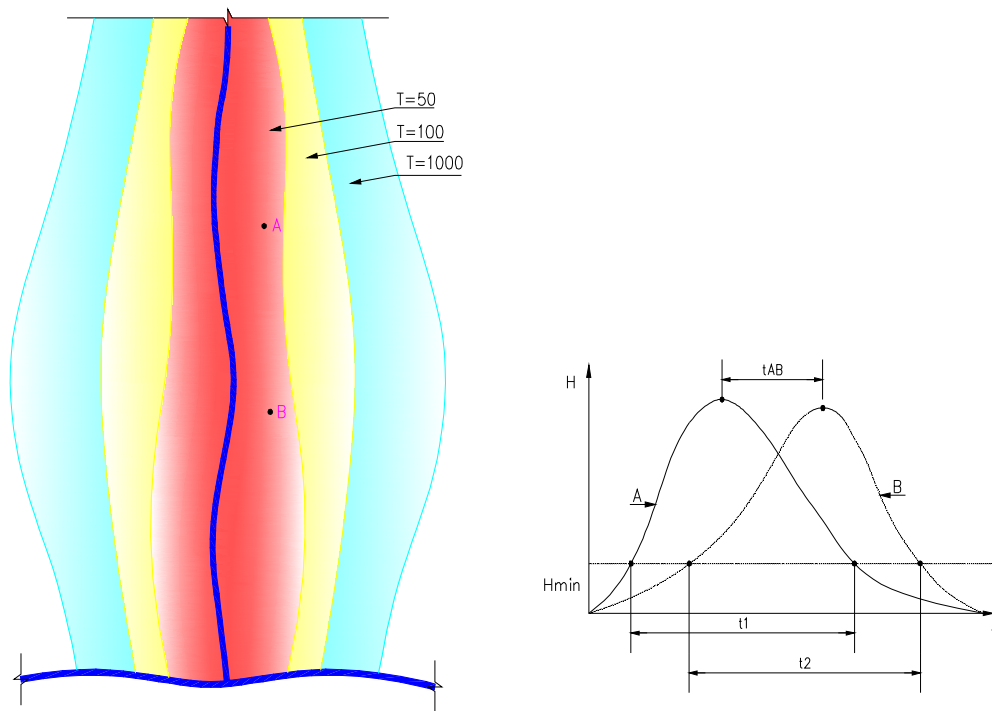
Περίοδος επαναφοράς T(y)	Παροχή αιχμής Q_{max} (m ³ /s)	Αναμενόμενες επιπτώσεις D (Μ€)	Σχετική τρωτότητα V/V _{max}
2	80	0	0
10	140	0	0
50	190	720	0.24
100	220	1112	0.37
1000	360	2910	0.97
>1000 (π.χ. 2000)	>360 ≈400	3000	1

2.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΙΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Ο υπολογισμός των επιπτώσεων από κάθε μέγεθος κινδύνου είναι μια δύσκολη διαδικασία που απαιτεί καλή γνώση της εξέλιξης του φαινομένου, των χρήσεων γης, της έκθεσης του συστήματος στον κίνδυνο και της ανθεκτικότητας / αντοχής του συστήματος στον κίνδυνο. Σημαντικό ρόλο επίσης διαδραματίζει ο χρόνος (timing)

που εκδηλώνεται ο κίνδυνος καθώς και η ύπαρξη σταθερών ή μεταβαλλόμενων συνθηκών αντοχής στο χρόνο (π.χ. γήρανση κατασκευών). (CANAH, 2006, 2007)

Πιο αναλυτικά η εξέλιξη του φαινομένου όπως είναι η πλημμύρα, χαρακτηρίζεται από την κατάκλυση ενός στοιχείου A με βάθη νερού που εξελίσσονται στο χρόνο όπως φαίνεται στο αντίστοιχο σχήμα. Σε ένα στοιχείο B κατάντη του A (Σχ. 2.4) η εξέλιξη της μεταβολής του βάθους κατάκλυσης παρουσιάζεται με μια μετατοπισμένη ως προς τον χρόνο καμπύλη (Σχ. 2.5). Ο χρόνος κατάκλυσης (δηλ. Ο χρόνος που το νερό παραμένει στο στοιχείο A ή B με ένα βάθος μεγαλύτερο από το βάθος που δημιουργεί προβλήματα υπολογίζεται ως t_1 και t_2 αντίστοιχα. Τέλος κρίσιμο μέγεθος που επηρεάζει το μέγεθος των καταστροφών είναι και η ταχύτητα με την οποία διέρχεται η πλημμύρα. Η ταχύτητα αυτή αδρομερώς υπολογίζεται από την απόσταση των σημείων A και B που βρίσκονται στην κεντρική κατεύθυνση της πλημμύρας προς τον χρόνο διέλευσης του κύματος από το A στο B δηλ. $v = S_{AB}/t_{AB}$ (Σχ. 2.4 και Σχ. 2.5). Στο Σχ. 2.4 φαίνονται και οι ζώνες πλημμύρας που αντιστοιχούν σε περιόδους επαναφοράς $T=50$ έτη (κόκκινη), $T=100$ έτη (κόκκινη και κίτρινη), $T=1000$ έτη (κόκκινη και κίτρινη και πράσινη).



Σχ. 2.4 : Οι ζώνες κατάκλυσης μετά τα έργα προστασίας

Σχ. 2.5 : Καμπύλη στάθμης-χρόνου σε ένα στοιχείο

Σε μελέτες των τελευταίων ετών ως αντιπροσωπευτική μεταβλητή θεωρείται το γινόμενο βάθους x ταχύτητα (δηλ. hxv). Η μορφή εξέλιξης μιας πλημμύρας επιβάλλει και τη διαφορετική μελέτη των επιπτώσεων. Με βάση τη μορφή οι πλημμύρες χαρακτηρίζονται

(α) Απότομες πλημμύρες (flash floods)

Εδώ οι κρίσιμοι παράγοντες είναι η ταχύτητα και το βάθος του νερού αφού ο χρόνος παραμονής είναι σχετικά μικρός.

(β) Υπερχείλιση ποταμών / Κατάκλυση παραρεμάτων εκτάσεων

Κρίσιμο μέγεθος το βάθος κατάκλυσης.

(γ) Υπερχείλιση χειμάρων

Κρίσιμο μέγεθος η παροχή.

(δ) Κατάκλυση χαμηλών περιοχών

Εδώ οι κρίσιμοι παράγοντες είναι το βάθος κατάκλυσης και ο χρόνος παραμονής.

(ε) Κατάκλυση από θραύση φράγματος

Εδώ η κρίσιμη ποσότητα είναι η διερχόμενη παροχή, δηλαδή ο όγκος νερού που διέρχεται ανά μονάδα χρόνου.

(ζ) Κατάκλυση παράκτιων εκτάσεων από κύματα, tsunamis ή τροπικές καταιγίδες

Εδώ κρίσιμη παράμετρος είναι το βάθος κατάκλυσης και δευτερευόντως ο χρόνος παραμονής.

Πέρα από την επιλογή της παραμέτρου της πλημμύρας που επηρεάζει τις επιπτώσεις σημαντικό ρόλο στις επιπτώσεις παίζει η χρήση γης. Για δομημένες αστικές περιοχές οι επιπτώσεις αναμένεται να είναι μεγαλύτερες λόγω της αξίας της γης και των κτισμάτων της αστικής περιοχής. Στα κεφάλαια 5 και 6 αναφέρονται στοιχεία για τον τρόπο υπολογισμού του διακυβεύματος που τελεί υπό απειλή ανάλογα με τη χρήση γης της υπό μελέτη περιοχής.

Η έκθεση ενός στοιχείου ενός συστήματος (π.χ. μιας ιδιοκτησίας) στον κίνδυνο πλημμύρας οφείλεται κυρίως στη θέση του στοιχείου στο χώρο, δηλαδή της απόστασης από την πηγή του κινδύνου (στην περίπτωση μας την απόσταση από το ρέμα) και του υψομέτρου σε σχέση πάντα με την πηγή κινδύνου. Είναι προφανές ότι η έκθεση εξαρτάται επίσης από το μέγεθος της πλημμύρας αλλά και από τα τυχόν προστατευτικά μέτρα που έχουμε λάβει. Η έκθεση στον κίνδυνο της πλημμύρας αποτελεί επίσης παράμετρο που μπορεί να διαφοροποιήσει τις επιπτώσεις. Για παράδειγμα για την αποφυγή θανάτων και τεράστιων ζημιών σε περιοχή κατάντη ενός φράγματος μπορεί ως εναλλακτική λύση να εξετάζεται η μετεγκατάσταση των κατοίκων σε υψηλότερα υψόμετρα ώστε να μην εκτίθενται στον κίνδυνο κατάκλυσης από ενδεχόμενη θραύση του φράγματος.

Σημαντικό ρόλο στο ύψος των επιπτώσεων διαδραματίζει και ο χρόνος που συμβαίνει η πλημμύρα. Αν για παράδειγμα μια πλημμύρα συμβαίνει σε μια καλλιεργημένη έκταση τον Νοέμβριο ή Δεκέμβριο ενδεχομένως οι ζημιές να είναι πολύ μικρές. Αντίθετα αν μια πλημμύρα συμβεί την άνοιξη όταν οι περισσότερες καλλιέργειες έχουν καρπό οι ζημιές θα είναι πολύ μεγαλύτερες.

Τέλος επίσης ρόλο στο ύψος των ζημιών διαδραματίζει η ηλικία των κατασκευών και η γήρανση των στοιχείων ενός συστήματος όπως και τα προστατευτικά έργα. Αν για παράδειγμα μια περιοχή προστατεύεται από αναχώματα αν αυτά παραμείνουν ασυντήρητα είναι προφανές ότι γίνονται πιο ευάλωτα σε σχέση με την αρχική τους αντοχή. Συνυφασμένο με την τελευταία παρατήρηση είναι το γεγονός ότι ένα σύστημα πρέπει να θεωρείται ως δυναμική οντότητα που μεταβάλλεται στον χρόνο και επομένως οι εκτιμήσεις ζημιών ή γενικότερα των επιπτώσεων σ' αυτό από τις ενδεχόμενες πλημμύρες πρέπει να παίρνουν υπόψη κατά το δυνατόν τις κυοφορούμενες και μελλοντικές μεταβολές.

2.4 ΤΥΠΟΙ ΖΗΜΙΩΝ

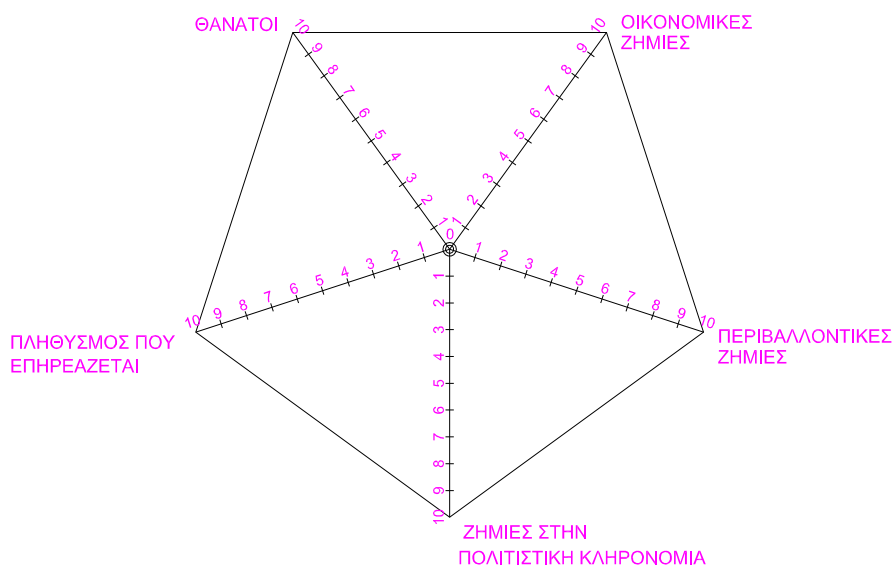
Κατηγορίες οικονομικών ζημιών

Όπως έχει αναφερθεί αντικείμενο της μεταπτυχιακής εργασίας είναι η διαμόρφωση μιας μεθοδολογίας εκτίμησης των οικονομικών ζημιών των πεδινών εκτάσεων που κινδυνεύουν από πλημμύρες. Οι οικονομικές ζημιές από πλημμύρες θα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες : οι άμεσες (direct) και οι έμμεσες (indirect). Οι άμεσες έχουν σχέση με τη φυσική επίδραση του νερού, ενώ οι έμμεσες δεν έχουν απόλυτη σχέση με το νερό. Οι άμεσες διακρίνονται επίσης σε μετρήσιμες (tangible) και μη μετρήσιμες (intangible). Οι μετρήσιμες αναφέρονται στα κτίρια, στις υποδομές, στη γεωργική παραγωγή και στα κεφαλαιουχικά αγαθά (κινητά και ακίνητα) κτλ. Οι μη μετρήσιμες αναφέρονται στην απώλεια ζώων , βλάβες στην υγεία, περιβαλλοντικές επιπτώσεις και επιπτώσεις στα μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς.

Όμοια οι έμμεσες ζημιές διακρίνονται σε μετρήσιμες και μη μετρήσιμες. Στις μετρήσιμες έμμεσες περιλαμβάνονται πιθανές επιδράσεις σε γύρω περιοχές έξω από την περιοχή που κατακλύζεται. Στην κατηγορία αυτή ανήκει η απώλεια χρόνου για επισκευές κλπ και η αναστάτωση των αγορών. Στις έμμεσες μη μετρήσιμες ανήκει η πιθανή μετανάστευση σε άλλες περιοχές, η μείωση της ανταγωνιστικότητας της περιοχής και η μεγέθυνση των κινδύνων στις οικονομικές δραστηριότητες.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι για την εκτίμηση των ζημιών οι οικονομικές ζημιές αποτελούν ένα μέρος του όλου. Επιπλέον στην οικονομική ανάλυση συνήθως υπολογίζονται οι άμεσες μετρήσιμες οικονομικές ζημιές μια που πολλές άλλες κατηγορίες ζημιών δύσκολα ποσοτικοποιούνται. (Pistrika and Tsakiris, 2006)

Στο Σχ. 2.6 παρουσιάζονται γραφικά οι κατηγορίες ζημιών που προέρχονται από τις πλημμύρες με τη σπουδαιότερη όλων την απώλεια ζώων.



Σχ. 2.6 : Κατηγορίες ζημιών από πλημμύρες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η οικονομική ανάλυση ενός αντιπλημμυρικού έργου αποτελεί το αμέσως επόμενο στάδιο της τεχνικής λύσης που δίνεται από τους μηχανικούς. Η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος αντιπλημμυρικών έργων αποτελεί ένα από τις πιο βασικές διαδικασίες στην επιλογή κατασκευής ενός έργου που πρέπει να είναι τεχνικά άρτιο αλλά και βέλτιστο από οικονομικής πλευράς.

Η οικονομική ανάλυση κάθε τεχνικού έργου στηρίζεται στον υπολογισμό των δαπανών και των ωφελειών που συμβαίνουν κατά τον χρόνο ζωής του έργου. Ως δαπάνες θεωρούνται οι δαπάνες κατασκευής που συμβαίνουν στην πρώτη περίοδο (με διάρκεια 1-3 χρόνια) και οι δαπάνες συντήρησης και λειτουργίας που συμβαίνουν καθόλη τη διάρκεια ζωής του έργου. Ως ωφέλειες από την λειτουργία των έργων

θεωρούνται οι χρηματικές ποσότητες που παράγονται λόγω του έργου (π.χ. αρδευτικό έργο: μεγαλύτερη παραγωγή σε σχέση με την ξηρική γεωργία) η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης (π.χ. σύστημα υδροδότησης μιας πόλης) αλλά επίσης και η αποφυγή κινδύνων και καταστροφών (π.χ. αντιπλημμυρικό έργο).

Στην περίπτωση των αντιπλημμυρικών έργων που εξετάζουμε οι μεν δαπάνες αναφέρονται στην κατασκευή και τη συντήρηση ενώ οι ωφέλειες αναφέρονται στην αποφυγή ενδεχόμενων ζημιών που θα προκαλούνταν στην περιοχή χωρίς την κατασκευή των έργων. Για την απόφαση συνεπώς κατασκευής ενός αντιπλημμυρικού έργου το μέγεθος σχεδιασμού θα πρέπει να είναι κατάλληλο ώστε το συνολικό κόστος του έργου στο χρόνο ζωής του να είναι μικρότερο από τις ζημιές που μπορούν να προκληθούν στο ίδιο διάστημα χωρίς το έργο.

Η προσέγγιση αυτή αν και ορθολογική δεν αποτελεί την πρακτική που εφαρμόζεται στη μελέτη των αντιπλημμυρικών έργων στην Ελλάδα τις προηγούμενες δεκαετίες. Σύμφωνα με την μέχρι τώρα πρακτική οι μελετητές καλούνται να προτείνουν έργα για παροχές σχεδιασμού πλημμύρας συγκεκριμένης περιόδου επαναφοράς. Με τον τρόπο αυτό δεν επιχειρείται η εύρεση της βέλτιστης από οικονομική άποψη πρότασης για κατασκευή έργου αλλά η τεχνικά άρτια λύση που θα αντιμετωπίζει τη συγκεκριμένη πλημμύρα. Στην ουσία δηλαδή αυτός ο τρόπος μελέτης είναι μονοδιάστατος επιτρέποντας μόνο εναλλακτικές τεχνικές λεπτομέρειες με τα βασικά μεγέθη σχεδιασμού (όπως η παροχή) να κρατούνται σταθερά και «δεδομένα».

3.2 ΑΝΑΓΩΓΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Όπως αναφέρθηκε η οικονομική ανάλυση των έργων εμπεριέχει μεγέθη τα οποία συμβαίνουν σε διαφορετικούς χρόνους και έχουν διαφορετική διάρκεια. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να γίνονται αναγωγές ούτως ώστε τα οικονομικά μεγέθη να είναι ομοειδή και να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους.

Ιδιαίτερα για τα αντιπλημμυρικά έργα πρέπει να τονισθεί ότι το κόστος κατασκευής τους αποτελεί ένα αρχικό κόστος ενώ το κόστος συντήρησης είναι ένα ετήσιο κόστος για όλα τα χρόνια ζωής του έργου. Το κόστος συντήρησης είναι συνήθως μικρό και δεν ξεπερνά σε ετήσια βάση το 1 % του αρχικού κόστους (κόστος κατασκευής). Όσον αφορά στις ωφέλειες από την αποφυγή των ζημιών, αυτές αντιμετωπίζονται ως μεγέθη που έχουν πιθανοτικό χαρακτήρα και επομένως αντιμετωπίζονται με τη χρήση πιθανοτήτων.

Για την αναγωγή των οικονομικών μεγεθών στην ίδια χρονική βάση χρησιμοποιούνται διάφοροι συντελεστές αναγωγής. (Βλάχου, 2001 / Λιανός κ.α. 1998 / Τσακίρης 2004)

Διακρίνουμε δύο διαδικασίες αναγωγής :

α) την αναγωγή σε ετήσιες τιμές

β) την αναγωγή σε παρούσα αξία

Για την αναγωγή σε ετήσιες τιμές τα ετήσια μεγέθη παραμένουν όπως έχουν ενώ οι αρχικές δαπάνες και ενδεχόμενα κάποιες δαπάνες αντικατάστασης που συμβαίνουν σε συγκεκριμένους χρόνους μετατρέπονται σε ετήσιες δαπάνες. Η αναγωγή του κόστους κατασκευής ενός αντιπλημμυρικού έργου για παράδειγμα μετατρέπονται σε ετήσιο μέγεθος με τη χρησιμοποίηση του Συντελεστή Ανάκτησης Κεφαλαίου (Capital Recovery Factor, ΣΑΚ ή CRF) που δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$\Sigma A K = \frac{A}{P} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

όπου

A : η ετήσια τοκοχρεωλυτική δόση

P : η αρχική δαπάνη κατασκευής του έργου

n : ο χρόνος ζωής του έργου (π.χ. 40 ή 50 έτη)

i : το επιτόκιο προεξόφλησης

Αν μετά από k έτη απαιτείται η αντικατάσταση τμήματος του έργου η άλλη μεγάλη δαπάνη βελτίωσης χρησιμοποιείται ο Συντελεστής Μειωμένου Ποσού (sinking – fund factor, ΣΜΠ), που υπολογίζεται:

$$\Sigma \text{ Μ Π} = \frac{A}{F} = \frac{i}{(1 + i)^k - 1}$$

όπου

F : είναι η μελλοντική αξία της αντικατάστασης ή βελτίωσης

k : ο αριθμός των ετών (ισοδιάστημα) που απαιτείται αντικατάσταση

Τα άλλα μεγέθη παραμένουν όπως προηγούμενα.

Για την αναγωγή σε παρούσα αξία οι ετήσιες δαπάνες (όπως οι δαπάνες συντήρησης) μετατρέπονται σε παρούσα αξία με τη χρησιμοποίηση του Συντελεστή Παρούσας Αξίας Τοκοχρεωλυσίου που γράφεται :

$$\Sigma \text{ Π Α Τ} = \frac{P}{A} = \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$$

Το κόστος ενδεχομένων αντικαταστάσεων που συμβαίνει σε k έτη από την έναρξη λειτουργίας του έργου μετατρέπονται σε αρχική δαπάνη με τη χρήση του Συντελεστή Παρούσας Αξίας.

$$\Sigma \text{ Π Α} = \frac{P}{F} = \left(\frac{1}{1 + i} \right)^k$$

όπου τα σύμβολα παραμένουν όπως προηγούμενα.

3.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΩΦΕΛΕΙΩΝ

Στα περισσότερα τεχνικά έργα η εκτίμηση των ωφελειών γίνεται με ποσοτικούς όρους και με κάποια αβεβαιότητα. Κατά τον σχεδιασμό είναι συνήθως χρήσιμο, λόγω της αβεβαιότητας σε κάποια μεγέθη ωφελειών που θα προκύψουν με την κατασκευή του έργου, να γίνεται μία στοιχειώδης ανάλυση ευαισθησίας. Αν για παράδειγμα το έργο εκτιμούμε ότι θα αποδίδει A ωφέλειες σε χρηματικές μονάδες είναι χρήσιμο το έργο να ελεγχθεί και με -20% , -10% και $+10\%$, $+20\%$ ώστε να φανεί αν αντέχει η επιλογή στις μικρές αυτές αλλαγές.

Στην περίπτωση των αντιπλημμυρικών έργων όμως δεν φαίνεται να ταιριάζει μία τέτοια εκτίμηση των ωφελειών. Ο κύριος λόγος είναι ότι οι ωφέλειες προκύπτουν με δεδομένη πιθανότητα μια που οι πλημμύρες είναι ένα στοχαστικό υδρολογικό φαινόμενο που ακολουθεί μια κατανομή πιθανότητας.

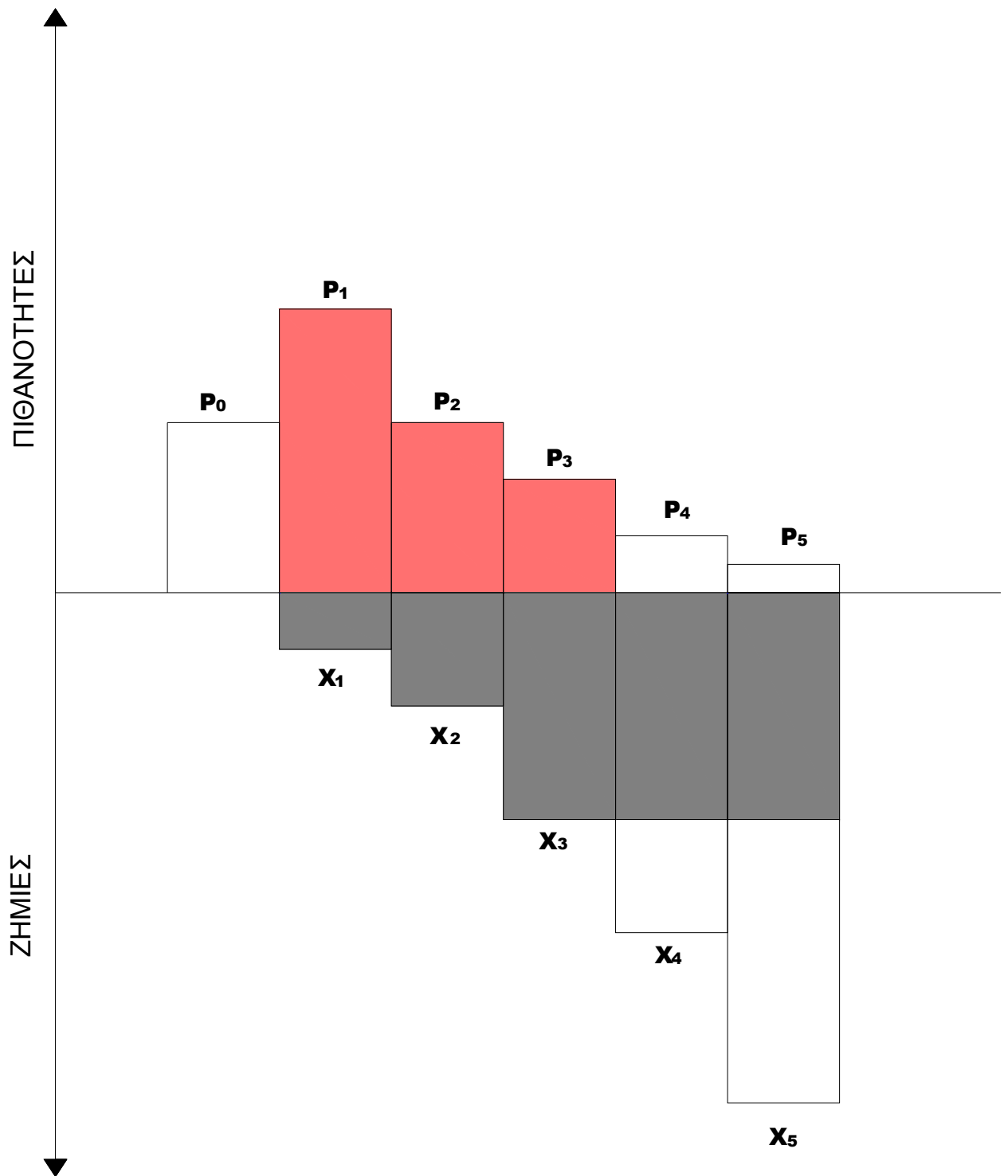
Η περίπτωση αυτή αδρομερώς μπορεί να περιγραφεί με αναφορά σε ετήσια μεγέθη ωφελειών από την αποφυγή ζημιών που θα προέλθουν από ενδεχόμενες πλημμύρες. Έτσι αν για παράδειγμα οι ζημιές που θεωρητικά θα προέκυπταν χωρίς τα έργα προστασίας είναι x_1, x_2, x_3 με πιθανότητες P_1, P_2, P_3 τότε οι δυνητικές ωφέλειες (B) είναι :

$$B = \sum_{i=1}^3 X_i P_i \quad , \text{ (σε χρηματικές μονάδες/ έτος)}$$

Με βάση αυτή την εξίσωση είναι προφανές ότι υπάρχουν πιθανότητες P_4 και P_5 (για παράδειγμα) που προκαλούν ζημιές x_4 και x_5 αντίστοιχα που τα αντιπλημμυρικά έργα που σχεδιάζουμε δεν είναι δυνατόν να αποφύγουν. Ομοίως υπάρχει και μια

πιθανότητα P_0 να συμβούν μεγέθη παροχών που δεν δημιουργούν ούτως ή άλλως ζημιές στην περιοχή είτε κατασκευασθούν τα έργα είτε όχι.

Επειδή οι τιμές των πιθανοτήτων αναφέρονται σε κλάσεις, οι τιμές x_i θεωρούνται ως οι μέσες τιμές ζημιών (ή ωφελειών) κάθε κλάσης i . Στο σχήμα 3.1 παρουσιάζονται οι πιθανότητες και οι μέσες αναμενόμενες ζημιές για κάθε κλάση. Η γραμμοσκιασμένη περιοχή του σχήματος δείχνει ποιές ζημιές με τις αντίστοιχες πιθανότητες αποφεύγονται με την κατασκευή των αντιπλημμυρικών έργων σε μια περιοχή. Αντίθετα με πιθανότητα P_0 δεν υπάρχουν ζημιές ενώ στις πολύ μικρές πιθανότητες (P_4 και P_5) αντιστοιχούν μεγάλες ζημιές που δεν μπορούν να αποφευχθούν με την κατασκευή των έργων. Στην πραγματικότητα αυτές οι μεγάλες ζημιές μπορούν να μετριασθούν από την κατασκευή των έργων σε κάποιο βαθμό. Αυτός ο μετριασμός φαίνεται με τη γραμμοσκιασμένη περιοχή στις στήλες x_4 και x_5 . Επομένως ακριβέστερα στις ωφέλειες πρέπει να προστεθεί και το άθροισμα $\sum_{i=4}^5 x_3 * P_i$.



Σχ. 3.1 : Πιθανότητες και ζημιές από πλημμύρες

3.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ – ΟΦΕΛΟΥΣ

Πριν αναφερθούμε στα κριτήρια ανάλυσης κόστους – οφέλους (cost-benefit analysis) πρέπει να τονίσουμε τη σπουδαιότητα δύο μεγεθών από τα οποία σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται η επιλογή των έργων. Τα μεγέθη αυτά είναι :

- α) το επιτόκιο προεξόφλησης (i) και
- β) ο χρόνος ζωής του έργου (n έτη)

Όπως γίνεται εύκολα φανερό όσο μεγαλύτερο είναι το επιτόκιο προεξόφλησης (δηλ. δανεισμού) τόσο το έργο γίνεται ακριβότερο. Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει και με τον χρόνο ζωής του έργου. Όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος ζωής του έργου τόσο οικονομικότερο γίνεται το έργο.

Για τα αντιπλημμυρικά έργα ο χρόνος ζωής συνήθως παίρνεται 50 έτη ενώ το επιτόκιο που συνεχώς μεταβάλλεται μπορεί να παίρνεται από 3 μέχρι 6% για την περίοδο που διανύουμε.

Με την αναγωγή όλων των δαπανών σε ετήσια βάση η παρούσα αξία, η σύγκριση μεταξύ εναλλακτικών έργων μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους:

- α) Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value, NPV) , δηλαδή η διαφορά μεταξύ παρούσας αξίας ωφελειών και παρούσας αξίας δαπανών. Προφανώς για ένα έργο επιδιώκεται θετική τιμή.
- β) Λόγος Ωφελειών-Κόστους (Benefit/ Cost, B/C), δηλαδή ο λόγος της παρούσας αξίας των ωφελειών προς την παρούσα αξία του κόστους. Ο λόγος αυτός πρέπει να είναι μεγαλύτερος της μονάδας.
- γ) Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (Internal Rate of Return, IRR) που αντιπροσωπεύει το επιτόκιο το οποίο συντελεί ώστε η παρούσα αξία των ωφελειών να είναι ίση με την παρούσα αξία των δαπανών (δηλ. NPV=0). Αν ο IRR είναι μεγαλύτερος από το επιτόκιο δανεισμού (δηλ. προεξόφλησης) το έργο κρίνεται

αποδεκτό. Προκειμένου να γίνει σύγκριση μεταξύ έργων προκρίνεται αυτό με το υψηλότερο IRR.

3.5 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ

Οι προσεγγίσεις αξιολόγησης είναι κυρίως τρεις (Chin, 2006) :

α) Η Χρηματοοικονομική αξιολόγηση (financial appraisal) που χρησιμοποιεί τιμές της αγοράς (εμπορίου) καθώς και όλες τις δαπάνες που πραγματικά προκύπτουν περιλαμβανομένων και των φόρων. Η προσέγγιση αυτή είναι περισσότερο κατάλληλη για ιδιώτες και ιδιωτικές εταιρείες.

β) Η Οικονομική αξιολόγηση (economic appraisal) χρησιμοποιεί τις σκιώδεις τιμές ή λογιστικές τιμές (shadow prices). Η προσέγγιση αυτή δείχνει την αξιολόγηση του έργου από την πλευρά της Εθνικής Οικονομίας μιας χώρας. Η οικονομική αξιολόγηση ταιριάζει σε όλα τα κρατικά έργα, όπως τα αντιπλημμυρικά έργα.

γ) Η Κοινωνική αξιολόγηση (Social appraisal) που αποσκοπεί να διερευνήσει τα γενικότερα οφέλη σε μια κοινωνία από τα έργα. Κύριο μέλημα της κοινωνικής αξιολόγησης είναι η διασπορά των ωφελειών σε μεγάλα τμήματα του πληθυσμού. Δηλαδή η Κοινωνική αξιολόγηση σε αντίθεση με τη Χρηματοοικονομική αξιολόγηση ασχολείται με τις επιπτώσεις του έργου στο σύνολο της κοινωνίας και της εθνικής οικονομίας.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν γίνεται προσπάθεια για την οικονομική ανάλυση των αντιπλημμυρικών έργων με βάση την οικονομική αξιολόγηση. Μόνο όπου είναι ανέφικτο χρησιμοποιούνται τιμές της αγοράς (χαρακτηριστικό της Χρηματοοικονομικής αξιολόγησης) με τις αντίστοιχες κατάλληλες προσαρμογές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις πλημμύρες (Οδηγία 2007/60) μπήκε σε εφαρμογή το Νοέμβριο του 2007. Η Οδηγία αποτελεί συμπλήρωμα της Οδηγίας πλαισίου 2000/60 και έχει στόχο τη μείωση της πλημμυρικής διακινδύνευσης στις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Κύρια αιτία της ανάληψης πρωτοβουλίας από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τις πλημμύρες αποτελούν οι καταστροφικές πλημμύρες στο Δούναβη και τον Έλβα στο διάστημα 1998-2002.

Η Οδηγία που αναφέρεται σε όλα τα είδη πλημμυρών (ποταμών, λιμνών, απότομων πλημμυρών (flash floods), αστικών και παράκτιων πλημμυρών) απαιτεί από τις χώρες μέλη να αντιμετωπίσουν το θέμα των πλημμυρών με τη μεθοδολογία της εκτίμησης της πλημμυρικής διακινδύνευσης και της διαχείρισης της.

Ήδη από την έναρξη ισχύος της Οδηγίας-Πλαισίου για την Διαχείριση των Υδατικών Πόρων 2000/60 (γνωστής ως WFD – Water Framework Directive) είχε γίνει γνωστό ότι το θέμα των πλημμυρών αλλά και των ξηρασιών θα αντιμετωπισθεί με άλλες περισσότερο εξειδικευμένες Οδηγίες που θα συμπληρώσουν την Οδηγία – Πλαίσιο. Το γεγονός που βοήθησε στην προώθηση για ψήφιση της νέας αυτής Οδηγίας ήταν εκτός των άλλων η έξαρση σε ένταση και συχνότητα των πλημμυρών στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια.

Κατά το διάστημα 1992-2002 στην Ευρώπη σημειώθηκαν περί τις 100 μεγάλες πλημμύρες (περιλαμβανομένων και αυτών στον Δούναβη και τον Έλβα). Οι πλημμύρες αυτές έχουν κοστίσει στην Ευρώπη 700 ανθρώπινες ζωές, μισό εκατομμύριο άστεγους και περί τα 25 δις ευρώ.

Κατά την περίοδο 2003 μέχρι 2007 συνέβησαν στην Ευρώπη 120 ακόμη μεγάλες πλημμύρες προκαλώντας τον θάνατο 345 ανθρώπων και οικονομικές ζημιές 12 δις ευρώ. Αυτό που κατανοήθηκε στην Ευρώπη είναι ότι οι μεγάλες πλημμύρες είναι συχνότερες και πιο καταστροφικές. Με τις αναμενόμενες κλιματικές αλλαγές εκτιμάται ότι οι συνθήκες θα γίνουν ακόμα δυσμενέστερες με περισσότερες πλημμύρες και μεγαλύτερες καταστροφές.

Τα κυριότερα σημεία της Οδηγίας για τις Πλημμύρες 2007/60 και τη Διαχείριση της Πλημμυρικής Διακινδύνευσης είναι τα ακόλουθα (EU, 2007) :

- 1) Η Οδηγία στηρίζεται σε ορισμούς, μεθοδολογίες και προτάσεις που περιλαμβάνονται και στην Οδηγία-πλαίσιο για τη διαχείριση υδατικών πόρων.
- 2) Προβλέπει προκαταρκτικό στάδιο για τον αρχικό προσδιορισμό των εκτάσεων που είναι ευάλωτες σε πλημμύρες.
- 3) Απαιτεί λεπτομερή χαρτογραφική απεικόνιση των περιοχών που κινδυνεύουν (ψηφιακά υπόβαθρα, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών).

- 4) Απαιτεί καταγραφή όλων των οικονομικών δραστηριοτήτων, των πληθυσμών, των χρήσεων γης, ώστε να υπάρχει πλήρης εικόνα για το διακύβευμα.
- 5) Απαιτεί την κατάρτιση χαρτών τρωτότητας για πλημμύρες χαμηλής πιθανότητας, μέσης πιθανότητας και υψηλής πιθανότητας χωρίς όμως να τις προσδιορίζει απόλυτα.
- 6) Αφήνει τα κράτη μέλη να θέσουν τους στόχους και να διαμορφώσουν τα σχέδια διαχείρισης της διακινδύνευσης, ώστε να εξασφαλίζεται η μείωση των δυνητικών αρνητικών συνεπειών που οι πλημμύρες έχουν στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και την οικονομική δραστηριότητα.
- 7) Η διαχείριση της διακινδύνευσης περιλαμβάνει τα πάσης φύσεως μέτρα και έργα στη λεκάνη απορροής κάθε ποταμού που έχουν ως στόχο τη μείωση των παροχών αλλά και τις μικρότερες δυνατόν απώλειες και ζημιές από τις πλημμύρες.
- 8) Κύριο μέλημα της Οδηγίας αποτελεί η πρόληψη των πλημμυρών και επομένως η Οδηγία δίνει έμφαση στην προετοιμασία για την αντιμετώπιση τους. Επομένως εκτός των μέτρων προστασίας προτείνονται και τα συστήματα πρόγνωσης και έγκαιρης προειδοποίησης ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε λεκάνης ως μέσα που βοηθούν στην καλύτερη αντιμετώπιση του κινδύνου των πλημμυρών.
- 9) Αναφέρεται ιδιαίτερα στην ανάγκη διαμόρφωσης ενιαίου σχεδίου για τη διαχείριση της πλημμυρικής διακινδύνευσης στις περιπτώσεις των διασυνοριακών λεκανών και προτείνει ένα τρόπο διαμεσολάβησης στην περίπτωση που δεν είναι δυνατόν να υπάρξει συμφωνία μεταξύ των κρατών, στην επικράτεια των οποίων ανήκει από κοινού η διασυνοριακή λεκάνη απορροής.

Πέρα όμως και πάνω από τα παραπάνω σημεία η Οδηγία αναφέρεται στην σχέση Κινδύνου-Τρωτότητας-Διακινδύνευσης με ένα ορθολογικό τρόπο που καταλήγει στην αξιολόγηση του πραγματικού κινδύνου δηλαδή της διακινδύνευσης και τελικά τη

διαχείριση του με οργανωμένα εκ των προτέρων σχέδια. Δηλαδή η Οδηγία προτρέπει της χώρες μέλη να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις για τα διάφορα σενάρια κινδύνου να αναδείξουν τις περιοχές που κινδυνεύουν περισσότερο (είτε από πλευράς πιθανότητας είτε από την πλευρά διακυβεύματος) και να εκπονήσουν σχέδια προληπτικού σχεδιασμού ώστε να περιορισθούν οι απώλειες και οι πάσης φύσεως ζημιές.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση καλεί τις χώρες – μέλη να εφαρμόσουν την Οδηγία για τις πλημμύρες σε τρία στάδια:

- 1) Μέχρι το 2011 οι χώρες μέλη πρέπει να έχουν ολοκληρώσει το προκαταρκτικό στάδιο εκτίμησης των περιοχών που είναι εκτεθειμένες στον πλημμυρικό κίνδυνο, να έχουν προσδιορίσει τις περιοχές όπου υπάρχει ή θα υπάρξει πραγματικός κίνδυνος.
- 2) Στις περιοχές που εκτίθενται στον κίνδυνο των πλημμυρών, οι χώρες μέλη πρέπει να κατασκευάσουν χάρτες κινδύνου και διακινδύνευσης μέχρι το 2013. Οι χάρτες κινδύνου θα δείχνουν την περιοχή που κατακλύζεται και τα πιθανά βάθη κατάκλυσης σε γεγονότα με πιθανότητα μικρή, μεσαία και μεγάλη. Στις περιοχές αυτές θα πρέπει να γίνει αποτύπωση του ανάγλυφου, απογραφή των κατοίκων, των οικονομικών δραστηριοτήτων και καταγραφή των συνθηκών περιβάλλοντος που βρίσκονται σε δυνητικό κίνδυνο. Οι χάρτες διακινδύνευσης αναφέρονται (σύμφωνα με την οδηγία) στις οικονομικές και άλλες ζημιές από τις πλημμύρες.
- 3) Μέχρι το 2015 πρέπει οι χώρες μέλη να έχουν διαμορφώσει Σχέδια Διαχείρισης της Διακινδύνευσης που θα περιλαμβάνουν τρόπους μείωσης της διακινδύνευσης σε δύο άξονες: της πρόληψης (prevention) και της προετοιμασίας (preparedness).

Τα βήματα αυτά πρέπει να επαναλαμβάνονται κάθε 6 έτη συγχρονισμένα με τα βήματα της Οδηγίας 2000/60 με αρχή το 2009. Το αμέσως επόμενο έτος πρέπει να έχουν οριστεί οι Αρχές που θα υλοποιήσουν την Οδηγία, οι οποίες κατά πάσα πιθανότητα θα είναι οι ίδιες για την εφαρμογή της Οδηγίας για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων.

4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2007/60

Προσπάθειες για την εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60 άρχισαν να εμφανίζονται σε διάφορες χώρες. Μία προσπάθεια εφαρμογής της Οδηγίας αυτής επιχειρήθηκε στην Ελλάδα σε ερευνητικό επίπεδο.

Η εφαρμογή εκτίμησης της έκτασης κατάκλυσης και των ζημιών από τις πλημμύρες έγινε πρόσφατα (2007) από Ερευνητικά Προγράμματα του Κέντρου Εκτίμησης Φυσικών Κινδύνων του ΕΜΠ (Πρόγραμμα DISMA, 2007). Η περιοχή εφαρμογής ήταν η λεκάνη απορροής της Ραπεντώσσας, της οποίας κύριο ρέμα (Ρέμα Βρανά) εκβάλλει στον όρμο του Μαραθώνα. Η λεκάνη απορροής έχει έκταση 35 km² και ιστορικά έχουν παρατηρηθεί πλημμύρες στο πεδινό τμήμα με τελευταία την πλημμύρα του Νοεμβρίου 2004. Πρόσφατα (2002) έχει κατασκευαστεί στην ορεινή ζώνη της λεκάνης ένα φράγμα αντιπλημμυρικής προστασίας για την συγκράτηση για λίγο χρόνο των νερών της πλημμύρας. Για την εκτίμηση της έκτασης κατάκλυσης αλλά και των βαθών του νερού στα διάφορα σημεία της λεκάνης με βάση σενάρια ραγδαίων βροχών διαφόρων περιόδων επαναφοράς χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακά υπόβαθρα υψηλής ανάλυσης που προέκυψαν από έγχρωμες αεροφωτογραφίες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) που λήφθηκαν τον Σεπτέμβριο του 2005 με κλίμακα 1:15000. Ο κάρναβος των σημείων του ψηφιακού υποβάθρου είχε πυκνότητα 25 m. Για την παραγωγή του ψηφιακού υποβάθρου χρησιμοποιήθηκαν 14 αεροφωτογραφίες σε τρεις επικαλυπτόμενες λωρίδες. Με φωτοερμηνεία διακρίθηκαν επτά κατηγορίες χρήσης γης:

1. Δομημένες περιοχές
2. Θερμοκήπια
3. Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας
4. Δενδρώδεις καλλιέργειες
5. Δασικές περιοχές
6. Ακάλυπτες εκτάσεις – βραχώδεις εκτάσεις

7. Δρόμοι

Η εκτίμηση του κόστους των πλημμυρικών ζημιών έγινε με βάση τις τέσσερις πρώτες κατηγορίες χρήσης γης.

Οι υδραυλικοί υπολογισμοί έγιναν για τρία σενάρια πλημμύρας με περιόδους επαναφοράς 25, 50 και 100 έτη. Για κάθε σενάριο πλημμύρας έγιναν οι ακόλουθες εργασίες (CANAH, 2007 / Pistrika and Tsakiris, 2007):

1. Πλημμυρογράφημα σχεδιασμού
2. Διόδευση πλημμύρας μέσω ταμιευτήρα
3. Μη μόνιμη διόδευση πλημμύρας μέσω τμήματος ποταμού
4. Χάρτης έκτασης περιβάλλουσας πλημμύρας σε περιβάλλον GIS

Τα αποτελέσματα σε σχέση με την περιβάλλουσα πλημμύρα αλλά και τα μέγιστα βάθη κατάκλυσης παρουσιάστηκαν σε ψηφιακούς χάρτες για κάθε περίοδο επαναφοράς.

Τέλος, όσον αφορά στην εκτίμηση των ζημιών χρησιμοποιήθηκαν συναρτήσεις κόστους-ζημιών με ανεξάρτητη μεταβλητή το μέγιστο βάθος κατάκλυσης. Η εκτίμηση των οικονομικών ζημιών στηρίζεται σε διαφορετικές συναρτήσεις ανάλογα με τη χρήση γης. Κριτήριο – κατώφλι βάθους για τις διάφορες ζημιές χρησιμοποιήθηκε το βάθος των 30 cm. Ιδιαίτερα για τη γεωργία χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές συναρτήσεις για τις κατηγορίες : α) Κηπευτικές/ξηρικές καλλιέργειες, β) Δενδρώδεις καλλιέργειες, γ) Θερμοκήπια. Οι συναρτήσεις προέκυψαν από εκτεταμένες συζητήσεις με ειδικούς επιστήμονες και ανθρώπους της περιοχής. Οι κατηγορίες οικονομικών ζημιών αναφέρονται στην οικονομική αποτίμηση των απευθείας μετρήσιμων ζημιών. Συνεπώς υπάρχουν πολλές άλλες δυνητικές επιπτώσεις οι οποίες δεν προσμετρήθηκαν.

Στον παρακάτω πίνακα (Πιν. 4.1) παρουσιάζεται σε Μ€ το κόστος των ζημιών από τις πλημμύρες στην παράκτια – πεδινή περιοχή για τα τρία σενάρια περιόδων επαναφοράς 25, 50 και 100 ετών. Επίσης φαίνεται η σύγκριση μεταξύ δύο επιλογών: α) χωρίς φράγμα, β) με το υπάρχον φράγμα αντιπλημμυρικής προστασίας. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η συμβολή του φράγματος είναι οριακά θετική.

Πίνακας 4.1: Εκτιμώμενο κόστος ζημιών (σε Μ€) από πλημμύρες στην πεδινή περιοχή του Μαραθώνα Αττικής για τρία σενάρια με και χωρίς Φράγμα αντιπλημμυρικής προστασίας.(CANAH, 2007)

Σενάρια/ Χρήσεις Γης	Χωρίς το Φράγμα			Με το Φράγμα		
	T = 25 έτη	T = 50 έτη	T = 100 έτη	T = 25 έτη	T = 50 έτη	T = 100 έτη
Καλλιεργούμενες Εκτάσεις	3.31	3.40	3.49	3.08	3.16	3.26
Δενδρώδεις καλλιέργειες	0.45	0.47	0.48	0.43	0.45	0.47
Θερμοκήπια	2.99	3.04	3.10	2.36	2.40	2.44
Δομημένες εκτάσεις	51.12	52.60	53.92	50.08	51.56	52.81
Σύνολο	57.87	59.51	60.99	55.95	57.57	58.96

Όπως συμπεραίνεται από τη σύντομη παρουσίαση της εφαρμογής είναι προφανές ότι για την εκτίμηση της διακινδύνευσης στις πεδινές παράκτιες περιοχές, η οδηγία 2007/60 δημιουργεί μεγάλες απαιτήσεις σε γεωγραφικό υπόβαθρο, οικονομικά, δημογραφικά στοιχεία και άλλων δραστηριοτήτων. Αυτές οι απαιτήσεις είναι ιδιαίτερα μεγάλες ώστε να μπορεί να εφαρμοσθεί στο σύνολο της χώρας. Συνεπώς

απαιτούνται απλούστερες διαδικασίες τουλάχιστον όσον αφορά το πρώτο προκαταρκτικό στάδιο.

4.3 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2007/60

Συνοπτικά τα κεφάλαια της Οδηγίας 2007/60 έχουν ως εξής:

Κεφάλαιο 1

Στο Άρθρο 1 παρουσιάζεται ο σκοπός της Οδηγίας που είναι η θέσπιση πλαισίου αξιολόγησης και διαχείρισης της πλημμυρικής διακινδύνευσης.

Στο Άρθρο 2 δίνονται οι ορισμοί της πλημμύρας και της πλημμυρικής διακινδύνευσης. Η πλημμύρα ορίζεται ως η προσωρινή κάλυψη με νερό εδάφους που σε φυσιολογικές συνθήκες δεν καλύπτεται από νερό. Με τον όρο πλημμύρα καλύπτονται πλημμύρες από ποτάμια, χείμαρρους, εφήμερα υδατορεύματα ή από τη θάλασσα. Ως πλημμυρική διακινδύνευση ορίζεται ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα μία πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών. Για τους υπόλοιπους ορισμούς ισχύουν οι αντίστοιχοι της Οδηγίας 2000/60.

Στο Άρθρο 3 αναφέρονται οι υποχρεώσεις των κρατών – μελών να διορίσουν αρμόδιες αρχές για την αντιμετώπιση των πλημμυρών και να προσδιορίσουν τυχόν αλλαγές σε λεκάνες απορροής όπως αυτές έχουν προσδιορισθεί στην Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60.

Κεφάλαιο 2

Στο Άρθρο 4 αναφέρεται στην προκαταρκτική αξιολόγηση του κινδύνου πλημμύρας. Τα κράτη μέλη είναι υποχρεωμένα να παρουσιάσουν χάρτες με τα χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής, την περιγραφή των πλημμυρών που συνέβησαν στο

παρελθόν και την αξιολόγηση των συνεπειών από αυτές τις πλημμύρες. Στην περίπτωση διεθνών (διασυνοριακών) λεκανών μεριμνούν για την ανταλλαγή όλων των χρήσιμων πληροφοριών σχετικών με τις πλημμύρες. Η προθεσμία για την ολοκλήρωση της προκαταρκτικής αξιολόγησης είναι μέχρι τις 22 Δεκεμβρίου 2011.

Το Άρθρο 5 αναφέρεται στα συμπεράσματα της προκαταρκτικής αξιολόγησης με βάση τα οποία υποδεικνύονται οι περιοχές (λεκάνες) στις οποίες υπάρχουν δυνητικοί σοβαροί κίνδυνοι πλημμύρας (μεγάλο διακύβευμα) ή είναι πιθανόν να σημειωθεί πλημμύρα. Σε περίπτωση που η λεκάνη είναι διεθνής οι περιοχές αυτές αποτελούν αντικείμενο συντονισμού μεταξύ των όμορων χωρών.

Κεφάλαιο 3

Το Άρθρο 6 αναφέρεται στην κατάρτιση από τα κράτη – μέλη χαρτών κινδύνου πλημμύρας και χαρτών διακινδύνευσης σε κατάλληλη κλίμακά για περιοχές (λεκάνες) που μπορεί να πλημμυρίσουν σύμφωνα με τα σενάρια χαμηλής, μέσης ή υψηλής πιθανότητας. Για κάθε σενάριο υπολογίζεται η έκταση που κατακλύζεται, το βάθος (ή η στάθμη) νερού και αναλόγως η ταχύτητα ή η παροχή υδάτων. Οι χάρτες διακινδύνευσης περιγράφουν τις δυνητικές αρνητικές συνέπειες για κάθε σενάριο πλημμύρας, όπως ο αριθμός κατοίκων που ενδέχεται να πληγούν, ο τύπος οικονομικής δραστηριότητας στην περιοχή, οι εγκαταστάσεις και οι πηγές ρύπανσης. Η κατάρτιση των χαρτών κινδύνου πλημμύρας και διακινδύνευσης για τα βασικά τρία σενάρια πιθανότητας πρέπει να ολοκληρωθούν μέχρι τις 22 Δεκεμβρίου 2013.

Κεφάλαιο 4

Το Άρθρο 7 αναφέρεται στην κατάρτιση των συντονισμένων σχεδίων διαχείρισης της πλημμυρικής διακινδύνευσης σε επίπεδο λεκάνης απορροής ή μονάδας διαχείρισης. Τα κράτη – μέλη θέτουν τους κατάλληλους στόχους και προτείνουν τρόπους για την επίτευξη των στόχων με βάση οικονομικά κριτήρια (κόστος-οφέλη), περιβαλλοντικά κριτήρια λαμβάνοντας υπόψη τον χωροταξικό σχεδιασμό, τις χρήσεις και τις υποδομές. Το σχέδιο διαχείρισης εστιάζει περισσότερο στον προληπτικό σχεδιασμό

(πρόληψη, προστασία και ετοιμότητα) συμπεριλαμβάνοντας και τα συστήματα πρόβλεψης και έγκαιρης προειδοποίησης. Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνεται στην προώθηση βιώσιμων πρακτικών χρήσης γης. Τα κράτη – μέλη πρέπει να ολοκληρώσουν τα σχέδια διαχείρισης μέχρι τις 22 Δεκεμβρίου 2015.

Στο Άρθρο 8 αναφέρονται οι διαδικασίες εκπόνησης του Σχεδίου Διαχείρισης της πλημμυρικής διακινδύνευσης στην περίπτωση διεθνούς λεκάνης απορροής. Στην περίπτωση αυτή πρέπει το κράτος – μέλος να επιχειρήσει τον συντονισμό των προσπαθειών για την κατάρτιση από κοινού με την όμορη χώρα του Σχεδίου. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν τουλάχιστον καταρτίζει το Σχέδιο που αναφέρεται στο τμήμα της δικής της επικράτειας. Παράλληλα όταν το κράτος – μέλος αντιμετωπίζει ζήτημα επιπτώσεων μπορεί να αναφέρει το ζήτημα στην Επιτροπή (Commission) η οποία ανταποκρίνεται εντός έξι μηνών.

Κεφάλαιο 5

Στο Άρθρο 9 αναφέρεται η υποχρέωση των κρατών – μελών για λήψη μέτρων στο πλαίσιο της Οδηγίας που να προωθούν τους στόχους της Οδηγίας – πλαίσιο (2000/60). Τονίζεται ιδιαίτερα η απαίτηση για συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων στη λήψη μέτρων που σχετίζονται με την Οδηγία.

Στο Άρθρο 10 τονίζεται η υποχρέωση των χωρών – μελών να ενθαρρύνουν τους πολίτες να συμμετέχουν στις διαδικασίες για την κατάρτιση και ενημέρωση των σχεδίων. Όλοι οι παραγόμενοι χάρτες και οι αξιολογήσεις είναι διαθέσιμοι στο κοινό.

Κεφάλαιο 6

Το Άρθρο 11 αναφέρεται στον τρόπο διαβίβασης των δεδομένων. Η επιτροπή μπορεί να θεσπίσει τεχνικά υποδείγματα για την ευκολότερη διαβίβαση στατιστικών και χαρτογραφικών δεδομένων.

Το Άρθρο 12 αναφέρεται στην υποβοήθηση της Επιτροπής από άλλη επιτροπή εμπειρογνομόνων του άρθρου 21 της Οδηγίας 2000/60.

Κεφάλαιο 7

Στο Άρθρο 13 αναφέρεται σε μεταβατικά μέτρα που μπορούν να εφαρμόσουν τα κράτη μέλη. Για παράδειγμα μπορούν να αποφύγουν το προκαταρκτικό στάδιο αν έχουν ήδη διενεργήσει αξιολόγηση του κινδύνου. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν χάρτες και σχέδια πριν τις καταληκτικές ημερομηνίες με την προϋπόθεση ότι τα σχέδια που χρησιμοποιούν ικανοποιούν τις απαιτήσεις των σχεδίων που προβλέπει η Οδηγία.

Κεφάλαιο 8

Στο Άρθρο 14 περιγράφονται οι δυνατότητες επανεξέτασης όλων των σταδίων της Οδηγίας κυρίως όσον αφορά στις κλιματικές αλλαγές. Έτσι προβλέπονται αναθεωρήσεις του προκαταρκτικού σταδίου μέχρι 22 Δεκ. 2018, των χαρτών κινδύνου μέχρι 22 Δεκ. 2019 και των Σχεδίων Διαχείρισης μέχρι τις 22 Δεκ. 2021. Εν συνεχεία οι αναθεωρήσεις γίνονται για όλα τα στάδια ανά βετία.

Τα κράτη – μέλη θέτουν στην διάθεση της Επιτροπής όλα τα στάδια εφαρμογής της Οδηγίας (άρθρο 15) και η Επιτροπή (μέχρι τις 22 Δεκ. 2018 και εν συνεχεία ανά εξαετία) υποβάλλει έκθεση στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και στο Συμβούλιο σχετικά με την εφαρμογή της Οδηγίας.

Το Άρθρο 17 αναφέρεται στην υποχρέωση των κρατών – μελών να προβούν στις αναγκαίες νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις στο Εθνικό Δίκαιο ώστε να συμμορφωθούν με την παρούσα Οδηγία πριν την 26^η Νοεμβρίου 2009. Για τις ενέργειες αυτές ενημερώνουν σχετικά την Επιτροπή.

Τέλος το Άρθρο 18 αναφέρει την έναρξη ισχύος της Οδηγίας (20 ημέρες μετά τη δημοσίευση στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και το Άρθρο 19 σημειώνει ότι η Οδηγία απευθύνεται στα κράτη – μέλη.

4.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η νέα προσέγγιση στην αντιπλημμυρική προστασία των παραρεμάτων περιοχών, που προτείνεται με την Οδηγία 2007/60, στηρίζεται στη διαχείριση της πλημμυρικής διακινδύνευσης. Με βάση το επίπεδο διακινδύνευσης, που καθορίζεται από την πιθανότητα αλλά και το διακύβευμα, οι αποφάσεις για λήψη μέτρων και έργων αντιπλημμυρικής προστασίας (ή άλλων έργων στη λεκάνη απορροής που επηρεάζουν τη διακινδύνευση) γίνεται με ορθολογικά κριτήρια.

Εντούτοις η εφαρμογή τέτοιων μεθοδολογιών σε ένα μεγάλο αριθμό λεκανών και εκτάσεων που κινδυνεύουν (ή θα κινδυνεύσουν) από πλημμύρες είναι ιδιαίτερα απαιτητική σε χαρτογραφικά υπόβαθρα μεγάλης ακρίβειας καθώς και σε απογραφικές διαδικασίες που αφορούν τους κατοίκους, τις οικονομικές δραστηριότητες, τις χρήσεις γης και την κατάσταση του περιβάλλοντος. Η χώρα μας ως μια λιγότερο οργανωμένη χώρα σε σχέση με τις βόρειες χώρες της Ευρώπης κινδυνεύει για μία ακόμα φορά να μείνει πίσω στις διαδικασίες που επιβάλλουν οι Οδηγίες με τις γνωστές ή τις λιγότερες γνωστές συνέπειες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΞΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΚΙΝΗΤΩΝ – ΑΣΦΑΛΙΣΗ ΑΚΙΝΗΤΩΝ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πριν προχωρήσουμε στην ανάπτυξη μεθοδολογιών για τις αξίες των ακινήτων που εκτίθενται σε κίνδυνο από τις πλημμύρες, είναι σκόπιμο να καθορίσουμε τις κατηγορίες στις οποίες διακρίνεται ο χώρος. Μια πρώτη διάκριση του χώρου τον χαρακτηρίζει ως αστικό, αγροτικό και δασικό. Σε κάθε κατηγορία επιτρέπονται μία σειρά από δραστηριότητες / βελτιώσεις ώστε ο χώρος να προσφέρει στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη κάθε περιοχής αλλά και στη διατήρηση καλών συνθηκών περιβάλλοντος.

Με το δεδομένο ότι υπάρχει συνταγματική προστασία της χρήσης του δασικού χώρου ως ακίνητα του δασικού χώρου εννοούνται τα δασικά γεωτεμάχια με καθορισμένη και αποκλειστική χρήση. Αντίθετα τα ακίνητα του αστικού χώρου νοούνται ως συνδυασμός των αστικών γεωτεμαχίων (ή αστικών οικοπέδων) και τυχόν «βελτιώσεων» (κατασκευών) που μπορούν να αναπτυχθούν σύμφωνα με την κατά

τόπους ισχύουσα πολεοδομική νομοθεσία. Τέλος τα ακίνητα του αγροτικού χώρου είναι τα αγροτικά γεωτεμάχια και αυτά με νόμιμες «βελτιώσεις» (δηλ. κατασκευές σύμφωνα με τα ισχύοντα για την εκτός σχεδίου δόμηση), ή μη νόμιμες.

Όπως έχει προαναφερθεί οι πλημμύρες απειλούν τόσο φυσικό όσο και το δομημένο περιβάλλον. Οι περιοχές του αστικού χώρου αναμφισβήτητα αποτελούν το μεγαλύτερο διακύβευμα από τον κίνδυνο των πλημμυρών. Το γεγονός αυτό προκύπτει από το υψηλό κόστους επίπεδο επενδύσεων στον αστικό χώρο. Οι αστικές περιοχές αποτιμώνται συνήθως σε τιμές πολλαπλάσιες αυτές των αγροτικών εκτάσεων. Η μεγάλη αξία των αστικών ακινήτων οφείλεται σε δύο παράγοντες: στην μεγάλη αξία της γης στον αστικό χώρο και στην μεγάλη αξία των πάσης φύσεως οικοδομημάτων.

Ο κίνδυνος πλημμύρας στις αστικές περιοχές είναι γενικά μεγαλύτερος λόγω του γεγονότος ότι οι επιφάνειες του αστικού χώρου είναι στην πλειονότητα τους αδιαπέρατες. Οι αδιαπέρατες αυτές επιφάνειες δημιουργούν μεγαλύτερους όγκους πλημμύρας (επομένως βάθος κατάκλυσης) και μεγαλύτερες ταχύτητες ροής.

Για τους παραπάνω λόγους κατά την εκτίμηση των ζημιών από τις πλημμύρες η έμφαση πρέπει να δίνεται στις αστικές περιοχές όπου οι ζημιές αναμένεται να είναι μεγαλύτερες.

Η μεθοδολογία που ακολουθεί αυτή η εργασία βασίζεται στην εκτίμηση των ζημιών σε δύο στάδια: α) στην εκτίμηση της αξίας των αστικών εκτάσεων β) στο ποσοστό της αξίας αυτής που εκτίθεται στον κίνδυνο των πλημμυρών και αποτελεί το διακύβευμα. Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσονται οι συνήθειες (συμβατικές) μεθοδολογίες εκτίμησης των αστικών ακινήτων ενώ στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζεται η διαδικασία εκτίμησης της αξίας των υποδομών, των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και άλλων χρήσεων γης όπως οι αγροτικές γαίες, οι δασικές εκτάσεις κτλ. Στο επόμενο κεφάλαιο επίσης αναπτύσσονται οι μεθοδολογίες εκτίμησης των

κινητών αξιών που επίσης κινδυνεύουν από πλημμύρες (οικοσυσσκευές, αυτοκίνητα κτλ).

5.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΞΙΑΣ ΤΩΝ ΑΚΙΝΗΤΩΝ

Βασικές Αρχές

Η αγορά ακινήτων αποτελεί μια σύνθετη δραστηριότητα στην οποία συμμετέχουν πολλά συγγενή επαγγέλματα τα οποία αποσκοπούν στο να καθορίσουν τις τιμές των ακινήτων, να διευκολύνουν την πώληση / αγορά και να συντελέσουν στην οικονομική ανάπτυξη με τη βέλτιστη χρήση των ακινήτων. Μεταξύ των επαγγελμάτων αυτού του χώρου βρίσκονται οι χαρτογράφοι (Αγρονόμοι και Τοπογράφοι Μηχανικοί) που προσδιορίζουν τη θέση και το μέγεθος των ακινήτων, οι εκτιμητές που εκτιμούν την αξία του ακινήτου, οι μεσίτες, οι developers, οι συμβολαιογράφοι, οι δικηγόροι και άλλοι.

Για τον καθορισμό της αξίας ενός ακινήτου που αναφέρεται αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε στις επόμενες παραγράφους με α) τους τρόπους εκτίμησης της αξίας των ακινήτων β) με το χρόνο ζωής των ακινήτων και την υποτίμηση στο χρόνο. Για το λόγο αυτό θα διακρίνουμε κατηγορίες ακινήτων και θα αναφερθούμε και στα επιμέρους δικαιώματα κυριότητας.

Οι βασικές αρχές που διέπουν την εκτίμηση ενός ακινήτου είναι :

- i. η λειτουργία του νόμου προσφοράς – ζήτησης
- ii. το κόστος ευκαιρίας (αν δηλαδή υπάρχουν άλλες επενδύσεις που αποδίδουν περισσότερα)
- iii. η πρόβλεψη για την εξέλιξη της αξίας του ακινήτου στο μέλλον
- iv. η από ένα βαθμό και πάνω μείωση της απόδοσης
- v. η καλύτερη – δυνατή χρήση (και επομένως απόδοση)

Συμβατικές Μέθοδοι Εκτίμησης Αξίας Ακινήτων

Οι συμβατικές μέθοδοι εκτίμησης της αξίας των ακινήτων είναι τρεις (Ζεντέλης, 2001) :

α) Η συγκριτική μέθοδος ή μέθοδος αγοραίας αξίας

β) Η μέθοδος του κόστους αντικατάστασης

γ) Η μέθοδος εκτίμησης της παρούσας αξίας των εισοδημάτων

Οι τρεις αυτές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιούνται αυτοτελώς ή να συνυπάρχουν σε συνδυασμούς. Πιο αναλυτικά οι τρεις μέθοδοι παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια.

α) Μέθοδος αγοραίας αξίας

Η μέθοδος αυτή κατά βάση στηρίζεται στη σύγκριση με άλλες παρόμοιες περιπτώσεις αγοράς αντίστοιχων ακινήτων (ίδια περιοχή, ίδια πλεονεκτήματα). Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι η αξία της συναλλαγής δεν μπορεί να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από μια αντίστοιχη περίπτωση ακινήτου γιατί ο αγοραστής θα κινηθεί προς την κατεύθυνση του φθηνότερου ακινήτου. Προυπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου είναι η αγορά να είναι ζωντανή και να υπάρχουν παραδείγματα εκτίμησης της αξίας όμοιων ακινήτων με παρεμφερή πλεονεκτήματα. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι η τεχνητή αλλοίωση των στοιχείων της αγοράς από παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τις αγοραίες τιμές (π.χ. τεχνητή αύξηση της τιμής ορισμένων ακινήτων από μεγαλοεπιχειρηματίες μιας περιοχής)

β) Η μέθοδος του κόστους αντικατάστασης

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην θεώρηση ότι η ζητούμενη αξία του ακινήτου προκύπτει από το πραγματικό κόστος ανακατασκευής κατά την περίοδο που γίνεται

η εκτίμηση. Η μέθοδος χωρίζει την αξία του ακινήτου σε αξία της γης και αξία των επ' αυτού κατασκευών. Επιπλέον αφαιρεί την αξία υποτίμησης κυρίως των κατασκευών λόγω παλαίωσης (χρόνος και χρήση μετά την κατασκευή).

Η μέθοδος οδηγεί σε δίκαιη εκτίμηση της αξίας των ακινήτων στην περίπτωση αποζημίωσης λόγω κάποιας βλάβης. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι η αδυναμία του ιδιοκτήτη να επαναφέρει την πρότερη κατάσταση του ακινήτου γιατί το κόστος αντικατάστασης δεν αρκεί για την πραγματική αντικατάσταση επειδή είναι πάντα χαμηλότερο από το απαιτούμενο κόστος που επαναφέρει το ακίνητο στην αρχική κατάσταση και όχι στην κατάσταση λίγο πριν τη βλάβη.

Η μέθοδος είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στις ασφαλιστικές εταιρείες επειδή μειώνει το κόστος αποζημίωσης.

Ιδιαίτερα όσον αφορά στην υποτίμηση (μείωση της αξίας) των κατασκευών, οι ασφαλιστικές εταιρείες την προσεγγίζουν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια χωρίζοντας τις κατασκευές σε τμήματα όπου η παλαίωση έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά και επηρεάζει διαφορετικά την τελική τιμή. Για παράδειγμα σε ένα κτήριο μπορεί να μελετηθεί διαφορετικά η επίδραση του χρόνου παλαίωσης για i) τον φέροντα οργανισμό (π.χ. υποστυλώματα, δοκοί, πλάκες από σκυρόδεμα) ii) τα οικοδομικά στοιχεία που διαμορφώνουν το κτήριο (τοιχοί, μάνια, κουφώματα) και iii) τις εγκαταστάσεις (υδραυλικές, ηλεκτρικές, θέρμανση κλπ).

γ) Η μέθοδος εκτίμησης της παρούσας αξίας των εισοδημάτων

Η μέθοδος στηρίζεται στη θεώρηση ότι το κάθε αστικό ακίνητο είναι ένα διαρκές αγαθό που προσφέρει τις υπηρεσίες του για μεγάλο χρονικό διάστημα (ή και για πάντα). Συνεπώς ένας τρόπος εκτίμησης θα ήταν να υπολογισθούν οι μελλοντικές ωφέλειες και να αναχθούν σε παρούσα αξία. Δηλαδή αν το ακίνητο προσφέρει στον

ιδιοκτήτη εν είδει ενοικίου ένα ποσό ανά έτος (σταθερό ή μεταβαλλόμενο στο χρόνο) η λογική τιμή του ακινήτου θα ήταν ίση με το ποσό παρούσας αξίας που προκύπτει με την αναγωγή της χρηματοροής αυτής των εισοδημάτων. Βασική υπόθεση στη μέθοδο αυτή είναι η κατά βέλτιστο τρόπο (περισσότερο αποδοτικό) χρήση του ακινήτου.

Κρίσιμο θέμα στην εφαρμογή της μεθόδου αποτελεί το χρονικό διάστημα που γίνεται η αναγωγή. Συνήθως αυτό το διάστημα αντιστοιχεί στην λεγόμενη «οικονομική ζωή του ακινήτου» (κυρίως του κτηρίου), δηλαδή το χρονικό διάστημα κατά το οποίο η χρήση του έργου θα εκτελείται ανεμπόδιστα χωρίς η παλαιότητα να μειώνει την απόδοσή του. Κρίσιμο επίσης μέγεθος αποτελεί το επιτόκιο προεξόφλησης που χρησιμοποιείται στις αναγωγές. Ο καθορισμός διαφορετικού επιτοκίου από το πραγματικά αναμενόμενο μπορεί να οδηγήσει σε εντελώς λανθασμένες εκτιμήσεις. Τέλος, δεν πρέπει να λησμονείται και η υπολειμματική αξία μετά την περίοδο χρήσης (οικονομική ζωή) που πρέπει και αυτή να ανάγεται σε παρούσα αξία ($F \rightarrow P$) όπως έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο 3 αυτής της εργασίας.

5.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ

Από τις τρεις μεθόδους γίνεται φανερό ότι καμία δεν είναι απολύτως κατάλληλη για τον υπολογισμό του διακυβεύματος το οποίο τελεί σε πλημμυρικό κίνδυνο. Εντούτοις η πλησιέστερη φαίνεται να είναι η δεύτερη που στηρίζεται στο κόστος αντικατάστασης. Σημαντικό ρόλο στην αξία ενός ακινήτου φαίνεται να διαδραματίζει η Τρίτη μέθοδος κυρίως ως προς το σκέλος της διαχρονικής εξέλιξης της αξίας του ακινήτου. Το τελευταίο κρίνεται απαραίτητο λόγω του γεγονότος ότι η ανάλυση καλύπτει ένα μεγάλο χρονικό ορίζοντα και επομένως η αξία των ακινήτων αλλά και του διακυβεύματος δεν μπορεί να γίνεται για την αφετηρία της ανάλυσης, αλλά σε αντιπροσωπευτικό χρόνο στο διάστημα της ανάλυσης.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3, η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται στα έργα που κατασκευάζονται από το Δημόσιο είναι αυτή της Οικονομικής Αξιολόγησης που χρησιμοποιεί σκιάδεις (λογιστικές) τιμές και όχι αγοραίες τιμές. Για το λόγο αυτό και όσο αφορά στις οικονομικές ζημιές αυτές πρέπει να προκύπτουν κατά δυνατόν με τρόπους που να αποφεύγουν τις αγοραίες τιμές. Το κόστος αντικατάστασης και μάλιστα ως μέγεθος που μεταβάλλεται διαχρονικά παρουσιάζεται ως η πιο ενδεδειγμένη λύση στην εκτίμηση των αξιών των αστικών ακινήτων και του διακυβεύματος. Είναι προφανές ότι το κόστος αντικατάστασης χρησιμοποιεί τιμές που ελάχιστα επηρεάζονται από τις συνθήκες προσφοράς και ζήτησης. Αντίθετα μπορεί σχεδόν πάντα να υπολογίζεται αυτό το κόστος με λογιστικές (σκιάδεις) τιμές όπως στην περίπτωση της κοστολόγησης των έργων.

Συμπερασματικά, χρησιμοποιώντας σκιάδεις τιμές προκύπτει το κόστος αντικατάστασης που μπορεί να συγκριθεί με το κόστος κατασκευής των αντιπλημμυρικών έργων, ως ομοειδείς ποσότητες. Επίσης οι οικονομικές ζημιές πρέπει να υπολογίζονται σε αντιπροσωπευτικές για την περίοδο που αναλύεται χρονικές στιγμές.

5.4 ΑΣΦΑΛΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να μελετηθεί ο τρόπος που τα αστικά ακίνητα και βιομηχανικές εγκαταστάσεις ασφαλιζονται από πλημμύρα. Για τα στοιχεία που θα αναφερθούν στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε η βοήθεια ασφαλιστών ώστε να έχουμε μία πραγματική εικόνα για τις ασφάλειες έναντι σε πλημμύρων.

Ένα πρώτο στοιχείο που αξίζει να τονισθεί είναι ότι υπάρχει διαφοροποίηση στα ασφάλιστρα που καλούνται να καταβάλλουν οι ιδιοκτήτες (των κατοικιών ή των βιομηχανικών εγκαταστάσεων) ανάλογα με την ασφαλιστική εταιρεία που επιλέγουν. Για να ασφαλίσει κάποιος το ακίνητο του από πλημμύρα είναι υποχρεωτικό να έχει κάνει και ασφάλεια πυρός. Η ασφάλεια για πλημμύρα στην ουσία περιλαμβάνεται ως

επιπλέον ασφάλεια στην ασφάλεια πυρός. Δηλαδή η βασική ασφάλεια είναι η ασφάλεια πυρός και μετά μπορεί κάποιος να προσθέσει και μία σειρά από άλλες συμπληρωματικές ασφάλειες όπως για πλημμύρα, για σεισμό, για πτώση αεροπλάνου κτλ.

Σε αυτό το σημείο εμείς θα εστιάσουμε την προσοχή μας στην ασφάλιση παραρεμάτων εκτάσεων για να προσεγγισθεί καλύτερα η περιοχή εκατέρωθεν του ρέματος Ραφήνας που εξετάζουμε. Σε πολλές περιπτώσεις οι ασφαλιστικές εταιρείες αποφεύγουν να ασφαλίσουν παραρεμάτια ακίνητα γιατί θεωρούν ότι ο κίνδυνος είναι υψηλός. Από πλημμύρες κινδυνεύουν κυρίως υπόγεια και ισόγεια. Εφόσον τελικά η ασφαλιστική εταιρεία αποφασίσει να ασφαλίσει από πλημμύρα ένα παραρεμάτιο ακίνητο προχωρά προηγουμένως στην εκτίμηση της αξίας του αστικού ακινήτου καθώς και του περιεχομένου του. Η εκτίμηση αυτή γίνεται από ειδικό εκτιμητή που αποστέλλεται από την ασφαλιστική εταιρεία πριν την υπογραφή της ασφαλιστήριου. Ιδιαίτερα για την ασφάλιση βιομηχανικών εγκαταστάσεων ή αποθηκών ενδέχεται ο εκτιμητής της ασφαλιστικής εταιρείας να ζητήσει κάποιες τροποποιήσεις στη διαρρύθμιση του χώρου ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος ζημιάς σε μια ενδεχόμενη πλημμύρα. Για παράδειγμα μπορεί η ασφαλιστική εταιρεία να ζητήσει από τον ιδιοκτήτη την δημιουργία ειδικών ραφιών, ύψους τουλάχιστον 0,5 m από το έδαφος προκειμένου εκεί να τοποθετηθούν κάποια εμπορεύματα, μηχανήματα και μερικές πρώτες ύλες. Αφού γίνουν οι κατάλληλες βελτιώσεις η ασφαλιστική εταιρεία αναλαμβάνει να ασφαλίσει το ακίνητο. Αν έχουμε να κάνουμε με βιομηχανική εγκατάσταση όπου τα εμπορεύματα, τα μηχανήματα και οι πρώτες ύλες αλλάζουν με τη πάροδο του χρόνου, τότε η ενδεχόμενη ζημιά αποδεικνύεται με βάση τα παραστατικά που διατηρούν οι επιχειρήσεις και τα οποία καλούνται να τα προσκομίσουν στην ασφαλιστική εταιρεία.

Σε αυτό το σημείο θα παραθέσουμε κάποια ενδεικτικά μεγέθη για να δείξουμε πόσο διαφοροποιείται το ασφάλιστρο για το ακίνητο ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκεται. Αν έχουμε ένα αστικό ακίνητο 100 m² το οποίο κοστολογείται στα 100.000 ευρώ και δεν βρίσκεται κοντά σε ρέμα ή ποτάμι τότε ένα μέσο ασφάλιστρο για φωτιά είναι 60 €/έτος και πάνω σε αυτό +10 €/έτος για ασφάλιση από πλημμύρα, +100 €/έτος για ασφάλιση από σεισμό και +2 €/έτος για ασφάλιση από πτώση

αεροπλάνου. Προφανώς τα παραπάνω νούμερα είναι ενδεικτικά και ενδέχεται να υπάρχουν αποκλίσεις σε αυτά μεταξύ των ασφαλιστικών εταιρειών. Τα παραπάνω μεγέθη προκύπτουν ως ένας συνδυασμός της πιθανότητας να εκδηλωθεί ένας κίνδυνος με τη ζημιά που μπορεί να προκαλέσει. Παρατηρούμε ότι το κόστος για ασφάλιση από σεισμό είναι ιδιαίτερα υψηλό (100 €/έτος). Αυτό οφείλεται στο ότι τις περισσότερες φορές η ζημιά από σεισμό είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη ή και ολική οπότε η αποζημίωση σε τέτοια περίπτωση είναι υψηλή. Με άλλα λόγια το διακύβευμα αναφέρεται σε ολόκληρη την αξία του ακινήτου (του κτηρίου και όχι της έκτασης).

Τώρα αν το ίδιο ακίνητο 100 m² βρίσκεται δίπλα στο ρέμα είναι λογικό η τιμή του ασφαλιστρού για πλημμύρα να είναι αρκετά υψηλότερη. Το ασφαλιστρού για πλημμύρα σε ένα τέτοιο ακίνητο από 10 €/έτος μπορεί να κυμανθεί σε 200 έως 500 €/έτος. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην αύξηση του κινδύνου λόγω της μικρής απόστασης από το ρέμα. Πρέπει να ξαναειπωθεί ότι για την ασφάλιση παραρεμάτων ακινήτων στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει επιτόπιος έλεγχος από εκτιμητή ώστε να διαπιστωθεί εμπειρικά ο κίνδυνος στον οποίο εκτίθεται το ακίνητο. Τέλος όπως γίνεται αντιληπτό το κόστος ασφάλισης μίας βιομηχανικής εγκατάστασης από πλημμύρα είναι σαφώς μεγαλύτερο και σε πολλές περιπτώσεις φτάνει στο τριπλάσιο ασφάλισης ενός αστικού ακινήτου. Αυτό οφείλεται στο μεγάλο ύψος επένδυσης που συνήθως συνοδεύει μία βιομηχανική εγκατάσταση.

Αξίζει να αναφερθούμε και σε ένα άλλο παράδειγμα από τις Ηνωμένες Πολιτείες που προτείνει ο οργανισμός FEMA (Federal Emergency Management Agency) (FEMA, 1993). Το Εθνικό Πρόγραμμα NFIP (National Flood Insurance Program) που διευθύνει η FEMA το 2002 κάλυπτε περί τους 20.000 οικισμούς με 5 εκατομμύρια ιδιοκτησίες παράγοντας ένα συνολικό «ασφαλισμένο» διακύβευμα στις Η.Π.Α. ύψους 600 δισεκατομμυρίων δολαρίων.

Σύμφωνα με το Πρόγραμμα ασφάλισης NFIP υπάρχουν προαπαιτήσεις για την ένταξη στο ασφαλιστικό πρόγραμμα. Η βασική αρχή είναι ότι κυρίως ο ιδιοκτήτης ακινήτου στο Πεδίο Πλημμυρών (Floodplain) είναι υπεύθυνος με το κόστος των

ζημιών και όχι γενικώς ο φορολογούμενος πολίτης. Αν πληρούνται οι απαιτήσεις η Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση επιδοτεί το κόστος της ασφάλισης. Οι συμμετέχουσες κοινότητες/οικισμοί οφείλουν να κατασκευάζουν κτήρια που πρέπει υψομετρικά να κτίζονται πάνω από το επίπεδο του Πεδίου των Πλημμυρών που ορίζεται με βάση την πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 100 ετών. Οποιαδήποτε ανάπτυξη στην περιοχή δεν πρέπει να συντελεί στην ανύψωση της στάθμης της πλημμύρας των 100 ετών.

Με βάση την πλημμύρα των 100 ετών προσδιορίζονται οι ζώνες ειδικού πλημμυρικού κινδύνου (special hazard areas). Οι ζώνες που προκύπτουν μεταξύ πλημμύρας 100 ετών και 500 ετών χαρακτηρίζονται ως ζώνες μέτριου πλημμυρικού κινδύνου (moderate flood hazard). Τέλος οι ζώνες έξω και από τη ζώνη των 500 ετών χαρακτηρίζονται ως ζώνες με ελάχιστο πλημμυρικό κίνδυνο (minimal flood hazard).

5.5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΚΥΒΕΥΜΑΤΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΚΙΝΗΤΩΝ

Είναι φανερό ότι η αξία ενός ακινήτου που διατρέχει κίνδυνο από τις πλημμύρες εξαρτάται άμεσα από τον τύπο του ακινήτου, την κατάσταση του κατά την έναρξη της περιόδου ανάλυσης αλλά και πολλούς άλλους παράγοντες που καθορίζουν την τρωτότητα του ακινήτου σε σχέση με τον κίνδυνο πλημμύρας.

Ως διακύβευμα ορίζουμε την αξία της δυνητικής καταστροφής σε ένα γεγονός πολύ μικρής πιθανότητας ή πολύ μεγάλης περιόδου επαναφοράς. Για να καταλήγουμε σε πρακτικά αποτελέσματα το διακύβευμα μπορεί να προκύψει ως η οικονομική ζημιά που μπορεί να προκληθεί σε ένα ακίνητο για πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 500-1000 ετών. Το μέγεθος των 500 ετών της περιόδου επαναφοράς για τις συνήθεις πλημμύρες ποταμού ή ρέματος χρησιμοποιείται και στις ΗΠΑ από την FEMA. Στην Ευρώπη ακόμη και με τη νέα οδηγία 2007/60 για τις πλημμύρες δεν καθορίζεται αυτό το επίπεδο πολύ μικρής πιθανότητας αφήνοντας τις χώρες μέλη να το καθορίσουν από μόνες τους. Σε κάθε περίπτωση το διακύβευμα θα μπορούσε να προκύψει με βάση τα μέγιστα πλημμύρας που μπορούν να συμβούν σε μία περιοχή. Επειδή όμως

δεν μπορεί να προσδιορισθεί αυτό το μέγιστο, αλλά ταυτόχρονα επειδή πρόκειται για ένα εντελώς σπάνιο γεγονός υποστηρίζουμε ότι το διακύβευμα πρέπει να προκύπτει από κάποια ιδιαίτερα μεγάλη περίοδο επαναφοράς. Σε περίπτωση δυσκολίας προσδιορισμού του μέγιστου βάθους κατάκλυσης από μία μεγάλη περίοδο επαναφοράς θεωρείται ότι το διακύβευμα προκύπτει για απώλεια αξίας με βάθος μεγαλύτερο του 1 m.

Ένας οδηγός για τον καθορισμό του διακυβεύματος αποτελεί και η συνολική αξία του ακινήτου. Ένα σημαντικό μέρος αυτής της αξίας, που μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να πλησιάζει ολόκληρη την αξία του κτηρίου αποτελεί το διακύβευμα. Είναι συνεπώς προφανές ότι η εκτίμηση του διακυβεύματος βρίσκεται μεταξύ της συνολικής αξίας του ακινήτου και ενός σημαντικού μέρους που αποτελεί την υπολειμματική του αξία.

Με βάση τα παραπάνω το διακύβευμα αστικών ακινήτων ποικίλλει από 100% της αξίας τους για κτήρια ισόγεια (και υπόγεια), μέχρι το 50% για διώροφα και 1/3 για πολυώροφα. Η αξία των κτηρίων αναφέρεται στο κόστος ανακατασκευής και το κόστος όλου του εξοπλισμού που περιέχεται και θεωρείται αναπόσπαστο τμήμα του κτηρίου. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις εμπειρών μηχανικών για κάθε τετραγωνικό μέτρο κάλυψης οικοδομής (ισόγειο και υπόγειο) για το μισό του χρόνου ζωής ενός κτηρίου το διακύβευμα πλημμύρας προσεγγίζεται από το μισό της αξίας που υπολογίζεται :

$$2500 * \frac{3}{2} * \frac{1}{2} - 0,10 * 2500 = 1625 \square 1600 \text{ €/m}^2$$

(όπου ο συντελεστής $\frac{3}{2}$ είναι ο συντελεστής προσαύξησης λόγω υπογείου, ο συντελεστής $\frac{1}{2}$ είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω παλαιότητας και 0,10 επί της αρχικής αξίας είναι η υπολειμματική αξία).

Συνεπώς το κόστος των αστικών ακινήτων 1600000 €/στρ.

Επειδή η πλημμύρα δεν μπορεί να καταστρέψει ολοσχερώς το κτήριο οι μέγιστες ζημιές μπορούν να ανέλθουν μέχρι το μισό της παραπάνω αξίας δηλ. 800000 €/στρ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΞΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ, ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΩΝ ΑΞΙΩΝ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εκτός των ζημιών που προκαλούνται στα αστικά ακίνητα, η εκτίμηση της αξίας των οποίων έχει περιγραφεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, ζημιές προκαλούνται και σε πολλές άλλες κατηγορίες αξιών. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η εκτίμηση των κινητών αξιών που σχετίζονται με τα αστικά ακίνητα, των βιομηχανικών και βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, των υποδομών κοινής ωφέλειας, των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, των δασών και των δασικών εκτάσεων. Στο κεφάλαιο αυτό προσδιορίζεται η αξία αντικατάστασης για όλες τις ιδιωτικές αξίες, ενώ για τις αξίες ορισμένων κατηγοριών όπως οι υποδομές και οι δασικές εκτάσεις γίνεται προσπάθεια για τον προσδιορισμό της αξίας με άλλους συμβατικούς τρόπους. Ιδιαίτερα για τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις η εκτίμηση της αξίας αναφέρεται τόσο στη γεωργική γη όσο και στην αξία της παραγωγής που χάνεται σε ενδεχόμενο πλημμύρας.

Με βάση αυτή την προσέγγιση προκύπτει ότι οι αξίες όπως και στην περίπτωση των αστικών ακινήτων δεν είναι σταθερά μεγέθη αλλά διαφοροποιούνται σε σχέση με τον χρόνο. Ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπως στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις ο κίνδυνος καταστροφής της παραγωγής εξαρτάται απόλυτα από την περίοδο που συμβαίνουν οι πλημμύρες μέσα στο έτος.

6.2 ΚΙΝΗΤΕΣ ΑΞΙΕΣ

Ως κινητές αξίες για τις ανάγκες αυτής της εργασίας ορίζουμε οποιοδήποτε περιουσιακό αντικείμενο το οποίο μπορεί να μεταφερθεί, μη αποτελώντας αναπόσπαστο τμήμα του ακινήτου. Με βάση αυτόν τον ορισμό κινητές αξίες που σχετίζονται με τα αστικά ακίνητα ή με άλλες κατηγορίες ακινήτων είναι: α) ο οικιακός εξοπλισμός που μπορεί να μετακινηθεί β) ο κινητός εξοπλισμός για εμπορικές, βιοτεχνικές και βιομηχανικές επιχειρήσεις γ) τα πάσης φύσεως οχήματα, σκάφη, γεωργικά μηχανήματα κτλ.

Η ιδιαιτερότητα των κινητών αξιών σε σχέση με τα υπόλοιπα ακίνητα οφείλεται στο γεγονός ότι σε μεγάλο βαθμό μπορούν να προστατευθούν από επερχόμενη πλημμύρα εάν υπάρχει έγκαιρη προειδοποίηση και ο λεγόμενος κοινωνικός παράγων (γνώση, εκπαίδευση, διάθεση και ετοιμότητα) βρίσκεται σε υψηλό επίπεδο.

Όσον αφορά στον οικιακό εξοπλισμό, παρά το γεγονός ότι μέρος του μπορεί να μεταφερθεί, εντούτοις σπάνια συντρέχουν οι προϋποθέσεις για τη μεταφορά πριν από την πλημμύρα. Επίσης δεν πρέπει να διαφεύγει της προσοχής μας ότι υπάρχει η τάση που θεωρεί ότι ο οικιακός εξοπλισμός αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα του ακινήτου (π.χ. εντοιχισμένες συσκευές). Συνεπώς η εκτίμηση της αξίας του οικιακού εξοπλισμού παρά το γεγονός ότι υπολογίζεται χωριστά εντούτοις θεωρείται ως μέρος του ακινήτου, δεν μεταφέρεται και επομένως η ζημία αναφέρεται επί της αξίας του.

Η αξία του εξοπλισμού αυτού εξαρτάται από την αρχική αξία του εξοπλισμού, τον χρόνο που έχει παρέλθει από την αγορά του εξοπλισμού, από τον χρόνο λειτουργικής ζωής του και από την υπολειμματική του αξία. Οι υπολογισμοί αυτοί ακολουθούν τη διαδικασία υπολογισμού των χρηματοοικονομικών ροών (cash flow) που έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο 3.

Όπως ο οικιακός εξοπλισμός έτσι και ο κινητός βιοτεχνικός ή βιομηχανικός εξοπλισμός δύσκολα μπορεί να μετακινηθεί πριν από την πλημμύρα. Επειδή όμως οι βιοτεχνικές ή βιομηχανικές μονάδες διαθέτουν οχήματα και προσωπικό, εάν υπάρχει έγκαιρη προειδοποίηση, τμήμα αυτού του εξοπλισμού μπορεί να απομακρυνθεί. Σημειώνεται ότι οι βιοτεχνικές ή βιομηχανικές μονάδες επειδή λειτουργούν συνήθως σε ισόγεια ή υπόγεια κινδυνεύουν συχνότερα και περισσότερο, γεγονός που συμβάλλει στην ετοιμότητα τους να αντιμετωπίσουν κινδύνους πλημμύρας. Συνεπώς κατά την καταγραφή του εξοπλισμού των μονάδων αυτών πρέπει να γίνεται διάκριση μεταξύ κινητού και ακίνητου εξοπλισμού και να γίνεται η υπόθεση ότι μέρος του πιο ευαίσθητου κινητού εξοπλισμού μπορεί να απομακρυνθεί ή να τοποθετηθεί σε υψηλότερα σημεία ώστε να μην καταστραφεί.

Όσον αφορά στα οχήματα ιδιωτικής χρήσης, η καταστροφή τους από ενδεχόμενη πλημμύρα μπορεί να προκύψει μόνο εφόσον αφεθούν στην επικίνδυνη περιοχή ή βρεθούν να διέρχονται από την περιοχή αυτή κατά την εξέλιξη της πλημμύρας. Ανάλογα με την ώρα εκδήλωσης της πλημμύρας μπορεί να εκτιμηθεί ο αριθμός των αυτοκινήτων που παραμένουν ή διέρχονται από την περιοχή. Ένα αυτοκίνητο ιδιωτικής χρήσης ανατρέπεται ανάλογα με τον κυβισμό του και το ύψος των αξόνων των τροχών από το δάπεδο. Σύμφωνα με πρακτικούς υπολογισμούς για το αντικείμενο αυτό, τα ιδιωτικής χρήσης οχήματα ανατρέπονται αν η στάθμη του νερού υπερβεί 0,30 m για μικρά οχήματα και 0,50 έως 0,55 m για τα SUV (τύπου τζιπ). Η ανατροπή και η παράσυρση ενός αυτοκινήτου που βρίσκεται κάθετα στη ροή της πλημμύρας μπορεί να οδηγήσει στην κατακόρυφη μείωση της τιμής του μέχρι και στο επίπεδο υπολειμματικής αξίας που δεν ξεπερνά συνήθως το 10% της αρχικής του αξίας.

Τα γεωργικά μηχανήματα, τα οχήματα μεταφοράς επιβατών (πούλμαν) και τα φορτηγά συνήθως δεν θεωρούνται ότι μπορούν να υποστούν πολύ μεγάλες ζημιές ακόμη και αν βρεθούν σε κατακλυσμένη περιοχή.

Συμπερασματικά ο κινητός εξοπλισμός των κτηρίων θεωρείται κατά βάση αναπόσπαστο μέρος των κτηρίων και συνεπώς συμπεριλαμβάνεται στην αξία του κτηρίου αλλά και στο διακύβευμα που εκτίθεται στον κίνδυνο της πλημμύρας. Τη μόνη εξαίρεση μπορεί να αποτελέσουν βιομηχανικά εργαλεία και μηχανήματα που μπορούν να απομακρυνθούν έγκαιρα. Αυτοκίνητα ιδιωτικής χρήσης μπορούν να ανατραπούν και να καταστραφούν αν βρεθούν σε μεγάλα βάθη ροής (π.χ. 1 m). Ο υπολογισμός των αυτοκινήτων που βρίσκονται σε κίνδυνο υπολογίζεται με βάση τον πληθυσμό της περιοχής και το ποσοστό αυτοκινήτων ανά 1000 κατοίκους. Σήμερα αντιστοιχούν περί τα 500-600 αυτοκίνητα ανά 1000 κατοίκους ως μέσος όρος για την Ελλάδα. Ενδεχομένως αυτό το ποσοστό σε πεδινές αστικές περιοχές να είναι πολύ μεγαλύτερο και να πλησιάζει τα 1000 αυτοκίνητα ανά 1000 κατοίκους.

6.3 ΥΠΟΔΟΜΕΣ

Οι βασικές υποδομές μιας περιοχής αφορούν στις μεταφορές και τα δίκτυα κοινής ωφέλειας. Πιο αναλυτικά στις αστικές περιοχές στις υποδομές περιλαμβάνονται :

- Πάσης φύσεως δρόμοι (ασφαλτοστρωμένοι και μη)
- Σιδηροδρομικές γραμμές
- Γέφυρες
- Σήραγγες
- Λιμάνια
- Χώροι στάθμευσης οχημάτων
- Χώροι αναψυχής (Δημόσιοι κήποι, λίμνες κλπ.)
- Δίκτυα ύδρευσης

- Δίκτυα αποχέτευσης
- Εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού
- Δεξαμενές
- Δίκτυα ηλεκτρισμού
- Δίκτυα φυσικού αερίου
- Τηλεπικοινωνιακά δίκτυα (τηλέφωνο, ADSL)
- Χώροι άθλησης
- Χώροι αναψυχής (π.χ. παιδικές χαρές)
- κτλ.

Σε περίπτωση πλημμύρας ανάλογα με το μέγεθος της πλημμύρας και την τρωτότητα κάθε δικτύου προκαλούνται καταστροφές που στην ακραία τους εκδοχή μπορούν να προκαλέσουν ολική καταστροφή του δικτύου. Και εδώ όπως και προηγούμενα ως εκτίμηση της καταστροφής υπολογίζεται το κόστος της αντικατάστασης. Δυστυχώς είναι πολύ δύσκολο (αν και απαραίτητο) να προστεθεί στο κόστος αυτό το «κόστος» της όχλησης του κοινωνικού συνόλου κατά τη διάρκεια που το αντίστοιχο δίκτυο δεν θα λειτουργεί. Αξίζει να σκεφτεί κανείς την όχληση αλλά και την παρεμπόδιση κάθε δραστηριότητας από την πολυήμερη διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος σε μία πόλη.

Οι εκτιμήσεις των πιθανών ζημιών στα δίκτυα είναι εξειδικευμένο αντικείμενο και απαιτεί καλή τεχνολογική γνώση των δικτύων και των συνθηκών κάτω από τις οποίες προκαλούνται δυσλειτουργίες και βλάβες στα δίκτυα. Συνεπώς οι εκτιμήσεις των ζημιών πρέπει να προέρχονται από εξειδικευμένους επιστήμονες/μηχανικούς.

Τέλος σε αγροτικές περιοχές οι υποδομές μπορεί να περιλαμβάνουν και αρδευτικά και στραγγιστικά δίκτυα που μπορεί να είναι και επιφανειακά. Επίσης στις αγροτικές περιοχές συναντώνται πάσης φύσεως φρεάτια δικτύων, αντλητικά συγκροτήματα και δεξαμενές.

6.4 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Σε μια οργανωμένη χώρα οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις βρίσκονται σε ειδικά χωροθετημένες περιοχές τις «βιομηχανικές ζώνες». Στις ζώνες αυτές επειδή συνήθως οι επενδύσεις είναι μεγάλες, υπάρχει μεγαλύτερη προστασία από τις πλημμύρες τόσο με προστατευτικά έργα αλλά κυρίως με την επιλογή των θέσεων αυτών των περιοχών ώστε να εκτίθενται λιγότερο στον κίνδυνο πλημμύρας. Στις βιομηχανικές περιοχές επίσης είναι πιο σύνηθες να τοποθετούνται συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης (early warning systems) ώστε σε περίπτωση ενδεχομένου πλημμύρας να είναι δυνατή η απομάκρυνση των εργαζομένων, αλλά και η μετακόμιση μέρους του κινητού εξοπλισμού συμπεριλαμβανομένων και των αυτοκινήτων.

Αν και οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις αντιμετωπίζονται διαφορετικά από τα άλλα αστικά ακίνητα (εκτίμηση γης, εκτίμηση κτηρίων, εκτίμηση εξοπλισμού και εγκαταστάσεων), η γενικότερη μέθοδος προσέγγισης της αξίας τους είναι η ίδια όπως και στα αστικά ακίνητα. Λόγω του μεγάλου ύψους των επενδύσεων στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, αυτές κατά κανόνα ασφαλίζονται όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

6.5 ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΓΑΙΕΣ

Στις αγροτικές γαίες περιλαμβάνονται αγροτεμάχια (καλλιεργούμενα ή μη, αρδευόμενα ή ξηρικά), μικρά αγροτικά σπίτια ή αποθήκες, βοσκότοποι καθώς και εκτάσεις χωρίς βλάστηση. Οι οικονομικές ζημιές είναι μεγαλύτερες για τις καλλιεργούμενες και κυρίως τις αρδευόμενες εκτάσεις λόγω της καταστροφής της παραγωγής αλλά και της καταστροφής των πάσης φύσεως εγκαταστάσεων (π.χ. αρδευτικό δίκτυο). Ιδιαίτερα μεγάλη αξία (και επομένως μεγάλο διακύβευμα) αντιστοιχεί στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες όπου το κόστος των επενδύσεων είναι μεγάλο ενώ οι αντίστοιχες κατασκευές είναι ιδιαίτερα ευάλωτες σε κάθε μορφή κακοκαιρίας που συνήθως συνοδεύει τα μεγάλα ύψη βροχής και τις πλημμύρες.

Ιδιαίτερη σημασία για την εκτίμηση των επιπτώσεων από τις πλημμύρες διαδραματίζει το είδος της καλλιέργειας και ο χρόνος/εποχή που συμβαίνει μια πλημμύρα.

Για τον υπολογισμό της αξίας μιας γεωργικής γης με ρεαλιστικούς όρους η πιο κατάλληλη μέθοδος είναι η αναγωγή των ετήσιων καθαρών ποσών κέρδους (απόδοσης) σε παρούσα αξία. Η παρούσα αυτή αξία μπορεί να ανάγεται σε κάθε αντιπροσωπευτικό χρόνο στη διάρκεια της περιόδου που αναλύουμε.

6.6 ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ

Τα δάση και οι δασικές εκτάσεις παρά τα οφέλη που προσφέρουν στους ανθρώπους εντούτοις όταν αξιολογούνται οικονομικά θεωρούνται μηδενικής αξίας επειδή δεν προσφέρουν άμεσα δυνατότητες αξιοποίησης και οικονομικής ανάπτυξης ή παραγωγής πλούτου. Αυτός είναι και ο λόγος που δύσκολα μπαίνουν σε σύγκριση με άλλες μορφές ακινήτων που παράγουν οικονομικό αποτέλεσμα.

Αν θέλαμε να αξιολογήσουμε οπωσδήποτε μια δασική έκταση ο καλύτερος τρόπος είναι να εκτιμήσουμε την αξία της με βάση την αρχή της επιθυμίας μας να πληρώσουμε για να υπάρχει (willingness to pay principle). Το μέγεθος αυτό μπορεί να υπολογίζεται σε ετήσια βάση. Είναι προφανές ότι το μέγεθος αυτό χαρακτηρίζεται από μεγάλη αβεβαιότητα στον προσδιορισμό του. Δείχνει όμως το πόσο ευαίσθητη είναι μία κοινωνία στον κίνδυνο να απωλέσει βασικά υποστηρικτικά συστήματα που διαμορφώνουν συνθήκες καλής διαβίωσης.

6.7 ΔΙΑΚΥΒΕΥΜΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΑΞΙΩΝ, ΥΠΟΔΟΜΩΝ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ, ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ

Με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε θα επιχειρηθεί τώρα η εκτίμηση του διακυβεύματος έναντι των πλημμυρών για όλες τις κατηγορίες αξιών που αναπτύχθηκαν σ' αυτό το κεφάλαιο. Όπως έχει εξηγηθεί σε προηγούμενα κεφάλαια το διακύβευμα προσεγγίζεται με το μεγαλύτερο δυνατό ύψος ζημιών που μπορεί να προκληθεί από πλημμύρες.

Συνεπώς το διακύβευμα από πλευράς κινητών αξιών σε μια περιοχή που κινδυνεύει από πλημμύρες είναι οι αναμενόμενες καταστροφές στις κινητές αξίες (κυρίως αυτοκίνητα) όταν το βάθος κατάκλυσης ξεπερνά το 1 m. Με βάση τον μόνιμο πληθυσμό και τον αριθμό αυτοκινήτων ανά 1000 άτομα που υπάρχουν στην περιοχή εκτιμάται το μέγιστο αναμενόμενο κόστος ζημιών. Ιδιαίτερα για την περιοχή που εξετάζεται (περιοχή του ρ. Ραφήνας) εκτιμάται ότι το διακύβευμα των κινητών αξιών δεν υπερβαίνει στη ζώνη των 11 km τα 100 αυτοκίνητα με συνολικό μέσο κόστος (αρχική αξία – μείωση τιμής λόγω παλαιότητας – υπολειμματική αξία).

$$100 * (25000 - 7500 - 2500) = 1500000 \text{ €}$$

Οι κινητές αξίες των βιομηχανικών εγκαταστάσεων θεωρείται ότι μπορούν να απομακρυνθούν έγκαιρα (οχήματα, κινητός εξοπλισμός). Όσον αφορά στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις αυτές απαιτούν ιδιαίτερο υπολογισμό με τεχνοκρατική γνώση. Επειδή οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι ισόγειες και υπόγειες ο κίνδυνος πλημμύρας τις απειλεί με πολύ υψηλά ποσοστά της αξίας των κτηρίων και των μηχανημάτων που διαθέτουν. Εντούτοις στην περιοχή του ρ. Ραφήνας οι κυριότερες βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι αποθήκες και διαμετακομιστικά κέντρα για εμπορική κυρίως χρήση. Συνεπώς οι πιθανές μέγιστες ζημιές είναι στα κτήρια και στο εμπόρευμα που διακινείται. Με εντελώς εμπειρική εκτίμηση το διακύβευμα τέτοιων εγκαταστάσεων (πολλών αποθηκών και λίγων βιομηχανικών) θεωρείται εμπειρικά ως 1,5 του διακυβεύματος των αστικών ακινήτων.

Οι πάσης φύσεως υποδομές δρόμοι, δίκτυα, έργα κοινής ωφέλειας κινδυνεύουν με ένα μικρό ποσοστό της αξίας τους που δεν ξεπερνά το 1/3 λόγω της ύπαρξης κατάκλυσης πάνω από 1 m.

Στις αγροτικές εκτάσεις (που ποικίλλουν λόγω των εγκαταστάσεων τους) διακύβευμα αποτελεί το σύνολο της παραγωγής καθώς και η αξία των εγκαταστάσεων. Μία μέση αξία της ετήσιας παραγωγής εκτιμάται για τις συνήθεις καλλιέργειες της περιοχής (π.χ. αμπέλια) μαζί με την τοκοχρεωλυτική δόση των εγκαταστάσεων κυμαίνεται από 300-400 €/στρέμμα.

Επειδή οι δασικές εκτάσεις και τα δάση δεν κινδυνεύουν ιδιαίτερα από τις πλημμύρες και παρά το γεγονός ότι υπάρχει τρόπος εκτίμησης της αξίας τους όπως παρουσιάστηκε το διακύβευμα λόγω πλημμυρών θεωρείται μηδενικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΖΗΜΙΩΝ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι να παρουσιαστεί μία διαδικασία υπολογισμού των ζημιών από πλημμύρες σε μια πεδινή περιοχή που δυνητικά κινδυνεύει από πλημμύρες. Μια τέτοια περιοχή είναι συνήθως μία έκταση που διασχίζεται από ποτάμι ή ρέμα. Για την επιλογή της μεθοδολογίας χρησιμοποιήθηκαν διάφορες υποθέσεις-στόχοι οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω.

1. Η μεθοδολογία πρέπει να είναι όσο το δυνατόν απλούστερη ώστε να τύχει ευρείας εφαρμογής
2. Η έκταση να έχει ομοιόμορφες κλίσεις εκατέρωθεν του ρέματος (όχι αναγκαστικά ίσες)
3. Κάθε σενάριο πλημμύρας να οδηγεί μονοσήμαντα σε μια έκταση κατάκλυσης

4. Για τον υπολογισμό των υπό κατάκλιση εκτάσεων χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι μόνιμης ροής
5. Κάθε έκταση που αναλύεται αντιπροσωπεύεται από ένα τμήμα το οποίο θεωρείται χαρακτηριστικό για όλη την έκταση
6. Οι υπολογισμοί μέσου ετήσιου κόστους ζημιών υπολογίζεται με βάση το διακύβευμα που υπολογίζεται από το κόστος αντικατάστασης.
7. Η μεθοδολογία αναφέρεται στην εκτίμηση μόνο των άμεσων μετρήσιμων ζημιών
8. Το κόστος των έργων με το οποίο συγκρίνονται οι ζημιές υπολογίζεται με σκιώδεις τιμές που χρησιμοποιούνται στα τεχνικά έργα

Τα κύρια στάδια της μεθοδολογίας μπορούν να παρουσιαστούν ως ακολούθως:

1. Επισκόπηση της περιοχής (προκαταρκτική ανάλυση κινδύνου πλημμύρας, εντοπισμός λεκάνης απορροής, των υδρολογικών συνθηκών και της φύσης της επιφάνειας, αναγνώριση των χρήσεων γης από αεροφωτογραφίες ή δορυφορικές φωτογραφίες)
2. Επιλογή αντιπροσωπευτικού τμήματος της έκτασης (επιλέγουμε τμήμα του ρέματος με τις παραρεμάτιες εκτάσεις που αποτελεί το αντιπροσωπευτικό τμήμα στο οποίο θα γίνει η εφαρμογή, μετά λαμβάνονται χαρακτηριστικές διατομές από τις οποίες προκύπτει η μέση κλίση του εδάφους δεξιά και αριστερά του ρέματος, προσδιορίζεται η παροχευτικότητα του ρέματος και καταγράφονται αναλυτικά οι χρήσεις γης και οι οικονομικές δραστηριότητες)
3. Υπολογισμός έκτασης που κατακλύζεται από κάθε σενάριο πλημμύρας (υπολογισμός παροχής και στάθμης νερού για κάθε σενάριο πλημμύρας και έκτασης που κατακλύζεται)
4. Υπολογισμός ανηγμένων ζημιών ανά μέτρο μήκους του ρέματος και συνολικών ζημιών για κάθε σενάριο πλημμύρας
5. Υπολογισμός ετησιοποιημένης διακινδύνευσης (μέσου ετήσιου ύψους ζημιών)
6. Υπολογισμός κόστους κατασκευής και συντήρησης των εναλλακτικών έργων και αναγωγή σε ετήσια μεγέθη.

7. Σύγκριση μεταξύ ζημιών και κόστους κατασκευής των έργων σε ετήσια βάση
8. Επιλογή βέλτιστης λύσης

7.2 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΚΥΒΕΥΜΑΤΟΣ

Η επισκόπηση της περιοχής γίνεται με επιτόπια επίσκεψη και ενισχύεται με δορυφορικές φωτογραφίες ή αεροφωτογραφίες της περιοχής. Από την επιτόπια επίσκεψη και την ανάλυση των φωτογραφιών προκύπτουν σημαντικά στοιχεία σε σχέση με το ανάγλυφο, τις κλίσεις, τις χρήσεις γης, τις δραστηριότητες και τον πληθυσμό της περιοχής. Στο στάδιο αυτό γίνονται εκτιμήσεις των ακίνητων αξιών αλλά και των κινητών αξιών που δυνητικά κινδυνεύουν από τις πλημμύρες. Το μέγιστο ύψος των αξιών που εκτίθενται στον κίνδυνο ονομάζεται «διακύβευμα».

7.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ

Από όλη την περιοχή κατά μήκος του ρέματος, η οποία εκτείνεται δεξιά και αριστερά του ρέματος που την διασχίζει, επιλέγεται ένα τμήμα (δειγματοληπτικά) που αποτελεί το πιο αντιπροσωπευτικό τμήμα της έκτασης. Όλοι οι υπολογισμοί γίνονται για αυτό το τμήμα και τα μεγέθη των ζημιών και δαπανών ανάγονται σε όλη την υπό μελέτη έκταση. Η επιλογή του αντιπροσωπευτικού τμήματος προφανώς απαιτεί εμπειρία και γνώση του χώρου. Για καλύτερη προσέγγιση το αντιπροσωπευτικό τμήμα δεν πρέπει να είναι μικρότερο του 5% της συνολικής έκτασης.

Βασική απλοποίηση σε αυτή τη φάση αποτελεί η εκτίμηση μιας ενιαίας κλίσης εδάφους από κάθε πλευρά του υδατορεύματος (όχι απαραίτητα η ίδια και από τις δύο πλευρές). Όσο μικρότερη είναι αυτή η εγκάρσια κλίση τόσο η έκταση που κατακλύζεται είναι μεγαλύτερη και κατ' επέκταση οι αναμενόμενες ζημιές είναι μεγαλύτερες.

7.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΠΟΥ ΚΑΤΑΚΛΥΖΕΤΑΙ

7.4.1 Υπολογισμός παροχής

Ο υπολογισμός της παροχής στις διατομές του αντιπροσωπευτικού τμήματος γίνεται με μεθόδους μόνιμης ομοιόμορφης ροής σε ανοιχτούς πρισματικούς αγωγούς. Βασική εξίσωση που χρησιμοποιείται σ' αυτούς τους υπολογισμούς παροχεταιυτικότητας Q_o είναι η εξίσωση Manning που είναι κατάλληλη για την ομοιόμορφη ροή.

$$Q_o = \frac{1}{n} A * R^{2/3} * S_o^{1/2}$$

(n: ο συντελεστής Manning, A η υγρή διατομή (m^2), R: η υδραυλική ακτίνα $R = \frac{A}{P}$ όπου A: υγρή διατομή, P: βρεχόμενη περίμετρος και S_o : η κατά μήκος κλίση του ρέματος (αδιάστατο).

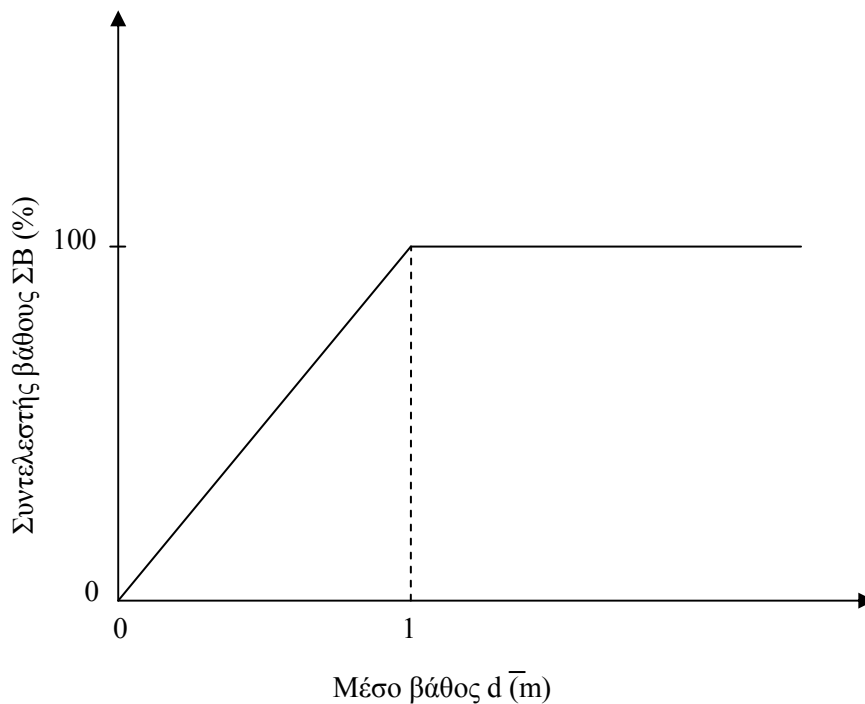
Για τον υπολογισμό της παροχής κάθε σεναρίου πλημμύρας χρησιμοποιούνται πακέτα λογισμικών όπως το HEC-HMS που με βάση την όμβρια καμπύλη (σχέση έντασης βροχής – διάρκειας) και τα χαρακτηριστικά της λεκάνης (χρόνος συγκέντρωσης, αριθμός καμπύλης CN) προσδιορίζεται το υδρογράφημα απορροής που χρησιμοποιείται περαιτέρω.

7.4.2 Υπολογισμός στάθμης νερού και κατακλυζόμενης έκτασης

Αφού υπολογιστεί η παροχή Q αυτή διοδεύεται από την χαρακτηριστική διατομή με βάση την εξίσωση του Manning και με δεδομένη την εγκάρσια κλίση εκατέρωθεν του ρέματος, προκύπτει η στάθμη νερού (επομένως το βάθος νερού) και η κατακλυζόμενη έκταση. Επειδή οι εγκάρσιες κλίσεις εκατέρωθεν του ρεύματος θεωρούνται σταθερές, εύκολα προσδιορίζεται το μέσο βάθος ως το μισό του μέγιστου βάθους ($\bar{d} = \frac{d_{\max}}{2}$).

Το μέσο βάθος χρησιμοποιείται για την αδρομερή εκτίμηση των ζημιών. Συνήθως ο συντελεστής βάθους υπολογίζεται αναλογικά για μέσα βάθη νερού από μηδέν μέχρι ενός κατωφλίου (π.χ. 1m) πάνω από το οποίο εκτιμάται ότι δημιουργούνται συνθήκες πλήρους καταστροφής του διακυβεύματος. Ο συντελεστής βάθους (ΣΒ) όπως αναφέρεται στη συνέχεια είναι το ποσοστό του διακυβεύματος που καταστρέφεται από την κατάκλυση της περιοχής (AFORISM, 1996 / CANAH, 2007).

Στο σχήμα 7.1 φαίνεται η σχέση συντελεστή βάθους και μέσου βάθους για κατώφλι 1m.



Σχ. 7.1 : Ο συντελεστής βάθους σε συνάρτηση με το μέσο βάθος κατάκλυσης

7.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΗΓΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

Ο υπολογισμός των άμεσων ζημιών (z_1) γίνεται για ζώνη εκατέρωθεν του ρέματος μήκους 1m κατά μήκος του ρεύματος. Ο υπολογισμός στηρίζεται αρχικά στην εκτίμηση του διακυβεύματος (D) σε νομισματικές τιμές ανά μονάδα εκτάσεως (π.χ. στρέμμα).

Η έκταση προσδιορίζεται από το πλάτος κατάκλυσης (W) της έκτασης που κατακλύζεται και στην οποία προκαλούνται οι κάθε λογής ζημιές.

Τέλος στους υπολογισμούς χρησιμοποιείται και ο συντελεστής μέσου βάθους (ΣΒ ή F) όπως παρουσιάστηκε παραπάνω.

Η εξίσωση εκτίμησης των άμεσων οικονομικών ζημιών ανά μέτρο μήκους του ρέματος είναι:

$$z_1 = D * \left(\frac{W * 1}{1000} \right) * F$$

z_1 : €/m μήκους ρέματος

D: €/στρέμμα

$\left(\frac{W * 1}{1000} \right)$: στρέμμα

ΣΒ ή F: αδιάστατος

Τέλος το συνολικό ύψος των ζημιών υπολογίζεται:

$$Z = z_1 * L$$

, όπου L το μήκος του ρέματος σε m για όλο το μήκος του ρέματος που αναλύεται.

Είναι προφανές ότι το ύψος των ζημιών αυξάνει όσο το σενάριο της πλημμύρας γίνεται πιο ακραίο (μεγαλύτερη περίοδος επαναφοράς).

Συνεπώς για μια σειρά σεναρίων που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες περιόδους επαναφοράς (π.χ. 2, 5, 10, 25, 50, 100 και 1000 έτη) μπορούν να γίνουν εκτιμήσεις των ζημιών που προέρχονται από κάθε τέτοιο σενάριο.

7.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤΗΣΙΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ

Σύμφωνα με την ανάλυση της διακινδύνευσης για κάθε περίοδο επαναφοράς (π.χ. $T=2, 5, 10, 25, 50, 100$ κλπ.) κατακλύζεται μια έκταση και προκαλούνται αντίστοιχες ζημιές.

Έστω το ύψος των ζημιών $Z_2, Z_5, Z_{10}, Z_{25}, Z_{50}$ και Z_{100} και $A_2, A_5, A_{10}, A_{25}, A_{50}$ και A_{100} και οι εκτάσεις που κατακλύζονται για τις αντίστοιχες περιόδους επαναφοράς. Οι κλάσεις που δημιουργούνται μεταξύ των περιόδων επαναφοράς προκύπτουν από την αφαίρεση των αθροιστικών πιθανοτήτων $\left(1 - \frac{1}{T}\right)$ για κάθε περίοδο επαναφοράς. Για κάθε κλάση το ύψος των ζημιών μπορεί να θεωρηθεί ως ο μέσος όρος των ζημιών που αντιστοιχούν σε κάθε περίοδο επαναφοράς. Για παράδειγμα για την κλάση μεταξύ $T=5$ και $T=10$ έτη οι αθροιστικές πιθανότητες στα όρια είναι $1 - \frac{1}{5} = 0,80$ και $1 - \frac{1}{10} = 0,90$. Δηλαδή η πιθανότητα που αντιστοιχεί στην κλάση είναι $0,90 - 0,80 = 0,10$.

Με βάση τα παραπάνω μπορεί να προκύψει η μέση ετησιοποιημένη διακινδύνευση $R(z)$ από την παρακάτω σχέση:

$$R(Z) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Z_i + Z_{i+1}}{2} \right) * (P_{i+1} - P_i)$$

, όπου z_i και z_{i+1} είναι το ύψος των ζημιών για περιόδους επαναφοράς T_i και T_{i+1} και P_i και P_{i+1} οι αθροιστικές πιθανότητες για T_i και T_{i+1} αντίστοιχα.

Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να παρουσιασθεί με τη μορφή παραδείγματος ως εξής:

Περίοδος επαναφοράς T(y)	Ύψος ζημιών Z(€)
2	0
10	4.000.000
50	8.000.000
100	11.700.000
1000	30.000.000
>1000	30.000.000

Πιθανότητα $P_{i+1}-P_i$	Μέσο Ύψος Ζημιών $\frac{Z_i + Z_{i+1}}{2}$
0,40	2.000.000
0,08	6.000.000
0,01	9.850.000
0,009	20.850.000
0,001	30.000.000

Σύμφωνα με την εξίσωση της μέσης διακινδύνευσης έχουμε:

$$R(Z) = 2.000.000 * 0,40 + 6.000.000 * 0,08 + 9.850.000 * 0,01 + 20.850.000 * 0,009 + 30.000.000 * 0,001 = 1.596.000 \text{ €/y}$$

Αυτό σημαίνει ότι το μέσο ετήσιο ύψος οικονομικών ζημιών από πλημμύρες εκτιμώνται στα 1,6 Μ€.

7.7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Εκτός του υπολογισμού των ζημιών από τις πλημμύρες και της ετησιοποιημένης διακινδύνευσης η μεθοδολογία αναφέρεται και στα έργα διευθέτησης του ρέματος ή του ποταμού ώστε να μειωθούν οι ζημιές. Είναι προφανές ότι για να αποδειχθεί η σκοπιμότητα κατασκευής έργων αντιπλημμυρικής προστασίας θα πρέπει η μείωση των ζημιών (σε ετήσια βάση) που θα προέλθει από τα έργα να είναι μεγαλύτερη από το κόστος κατασκευής και τη συντήρηση των έργων (σε ετήσια βάση).

Συνεπώς αρχικά γίνεται ο σχεδιασμός των έργων που αντιστοιχούν σε εξασφάλιση αντίστοιχης περιόδου επαναφοράς. Κατόπιν γίνεται αναλυτική προμέτρηση υλικών και τέλος υπολογίζεται το κόστος της κάθε κατασκευής. Για τον υπολογισμό του κόστους δεν χρησιμοποιούνται οι τιμές της αγοράς όπως έχει ήδη αναφερθεί αλλά οι συμβατικές τιμές που προκύπτουν από τις σκιώδεις τιμές που δίνουν τα υπουργεία για τα αντίστοιχα έργα.

Τέλος η αρχική δαπάνη (P) μετατρέπεται σε ετήσια (A) με βάση ένα επιτόκιο προεξόφλησης (i) και για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια ζωής (n έτη) του έργου. Ο συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου (capital recovery factor) που χρησιμοποιείται για αυτή τη μετατροπή είναι:

$$\frac{A}{P} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Στην ετήσια δαπάνη που προκύπτει προστίθεται επίσης και το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

7.8. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΖΗΜΙΩΝ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΡΓΩΝ

Η σύγκριση μεταξύ ζημιών και κόστους κατασκευής έργων προστασίας από τις πλημμύρες μπορεί να γίνει με βάση τις ετήσιες τιμές που έχουν προκύψει. Αν τα έργα που απαιτούνται στοιχίζουν λιγότερο από το ύψος των ζημιών που αποφεύγονται με την κατασκευή των έργων, τα έργα προκρίνονται για κατασκευή. Σε αντίθετη περίπτωση δεν κατασκευάζονται τα έργα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ (ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ)

8.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε ένα πρόβλημα του πραγματικού χώρου. Πρόκειται για το κεντρικό τμήμα του ρέματος Ραφήνας που έχει τη μεγαλύτερη λεκάνη απορροής από όλα τα ρέματα της Ανατολικής Αττικής. Η συνολική λεκάνη της Ραφήνας είναι 138 km^2 ενώ οι παροχές σχεδιασμού στην έξοδο σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες μελέτες διευθέτησης υπερβαίνουν τα $900 \text{ m}^3/\text{s}$ (για περίοδο επαναφοράς $T = 50$ έτη). Η σημασία του ρέματος Ραφήνας είναι προφανής αφού αποτελεί ένα από τα λίγα ρέματα της Αττικής που παραμένουν ανοικτά (δηλ. δεν έχουν μετατραπεί σε κλειστούς αγωγούς) και στην περιοχή παρουσιάζεται ραγδαία αλλαγή στις χρήσεις γης. Αξίζει να σημειωθεί ότι παλαιότερες μελέτες (δεκαετία 1980) έδιναν μέγιστες παροχές στην έξοδο του ρέματος στη Ραφήνα λίγο πάνω από το μισό των σημερινών

εκτιμήσεων. Οι κύριοι λόγοι για αυτή την δραματική αύξηση της παροχής του ρέματος είναι τέσσερις (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008 / Καρύμπαλης κ.α. 2007) :

- η μεγάλη ανοικοδόμηση στην περιοχή λόγω και του αεροδρομίου των Σπάτων με αποτέλεσμα μεγάλες γεωργικές εκτάσεις να γίνονται αδιαπέρατες στο νερό της βροχής (στέγες, δρόμοι, parking κλπ.)
- η εκτροπή της άνω λεκάνης του ρ. Ποδονίφτη προς το ρ. Ραφήνας μέσω σήραγγας. Η εκτροπή αυτή μπορεί να επιβαρύνει τη λεκάνη του ρ. Ραφήνας με μια επιπλέον παροχή 143 m³/s.
- Οι πυρκαγιές στην Πεντέλη που κατέστρεψαν σημαντικές εκτάσεις δάσους
- Η επιβάρυνση από την Αττική Οδό που εκτιμάται περίπου σε 40 m³/s

Τα βασικά ρέματα που συμβάλλουν στο ρ. Ραφήνας και οι αντίστοιχες λεκάνες απορροής που εμφανίζονται στο Σχ. 8.1 είναι:

Πιν. 8.1 : Τα συμβάλλοντα ρέματα στο ρ. Ραφήνας

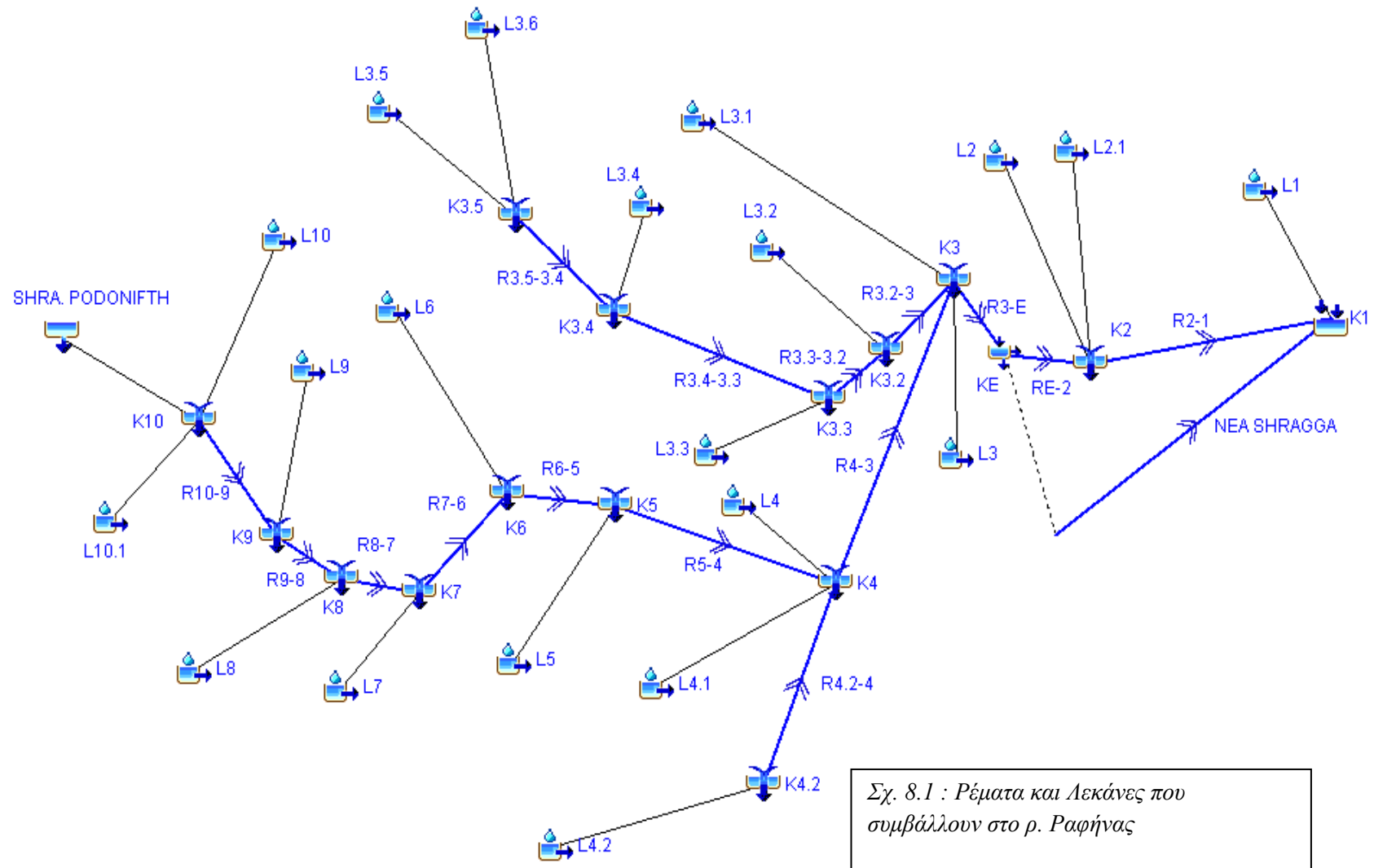
Ρ. Παναγίτσας	32,7 km ²	Ανάκτη του Κ7
Ρ. Παλλήνης	12,6 km ²	Λεκάνη Λ6
Ρ. Σπάτων	23,3 km ²	Ανάκτη του Κ4
Ρ. Βαλανάρη	27,9 km ²	Ανάκτη του Κ3
Ρ. Αγ. Παρασκευής	5,1 km ²	Λεκάνη Λ3.1

Πολλά άλλα ρέματα με μικρότερες λεκάνες απορροής συμβάλλουν στο ρ. Ραφήνας όπως ρ. Γέρακα, ρ. Λεονταρίου, ρ. Αργιθέας, ρ. Βακαλόπουλου, ρ. Σαμπάνη, Λυκόρεμα, ρ. Παλιού Μύλου, ρ. Νταού Πεντέλης, ρ. Καλλιτεχνούπουλης, ρ. Αγ. Βαρβάρας κ.α.

Το κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζει σήμερα το ρ. Ραφήνας είναι ότι το μεγαλύτερο μέρος του δεν διαθέτει διαμορφωμένη διατομή, ενώ στην έξοδο (δηλαδή στη Ραφήνα) η διευθετημένη με σκυρόδεμα διατομή δεν είναι επαρκής (Ναλμπάντης και Λαζαρίδης, 2004 / ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008).

Σημειώνεται ότι για το μεγαλύτερο τμήμα του το ρ. Ραφήνας δεν διαθέτει καν διατομή όπως φαίνεται στις φωτογραφίες που παρουσιάζονται σ' αυτό το κεφάλαιο και στο Παράρτημα αυτής της εργασίας. Το τμήμα που παρουσιάζει μεγαλύτερο πρόβλημα είναι από το Κ7 (Χ.Θ. 14+822) μέχρι το Κ3 (Χ.Θ.3+958) δηλαδή συνολικού μήκους 10.864m (Σχ. 8.2).

Στο σχηματικό διάγραμμα του ρ. Ραφήνας, όπως χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση του με το πακέτο λογισμικού HEC-HMS, παρουσιάζονται όλοι οι κόμβοι, τα τμήματα του ρέματος καθώς και τα συμβάλλοντα ρέματα (Σχ. 8.2) (US Army Corps of Engineers, 2000).

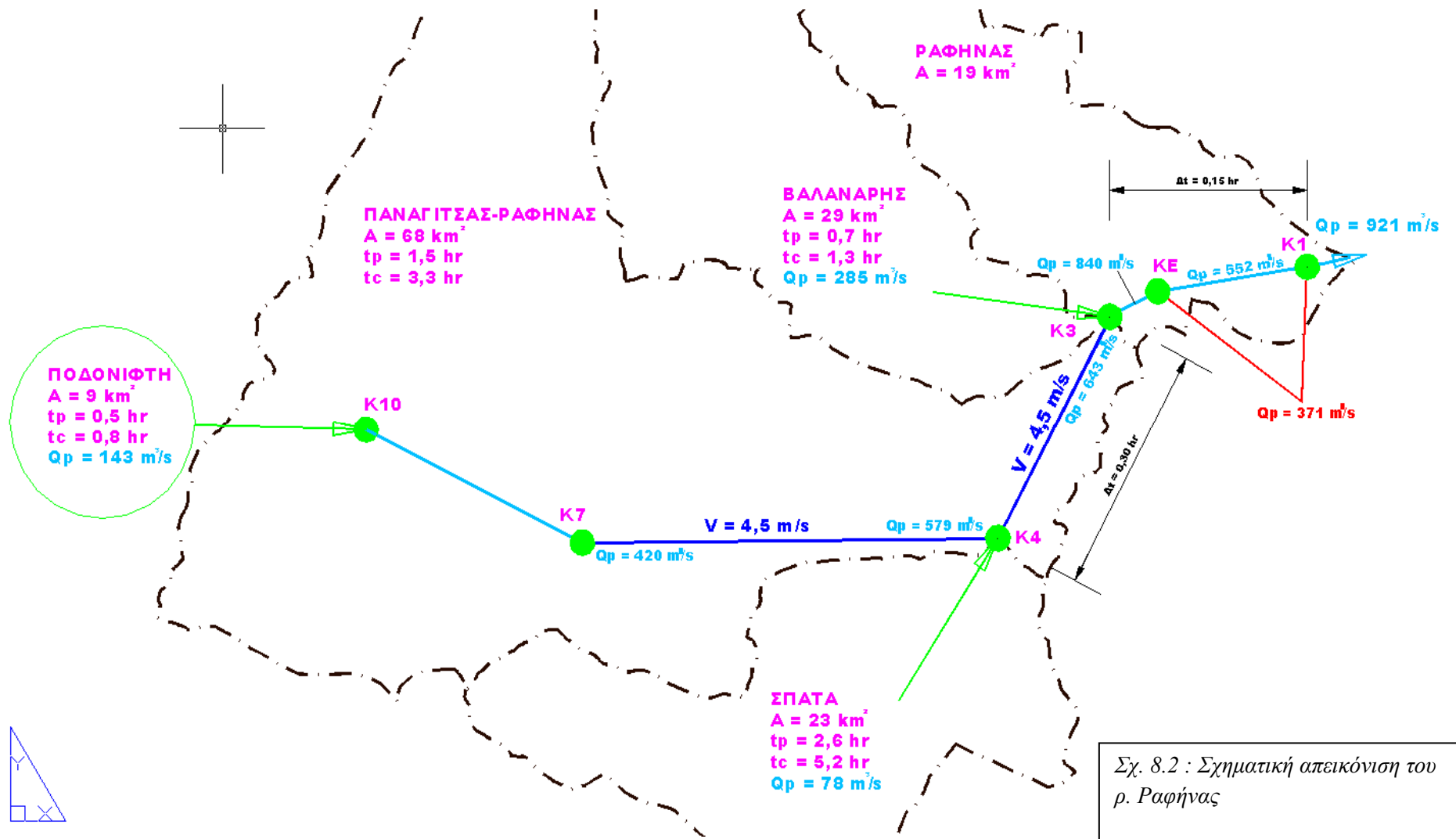


Σχ. 8.1 : Ρέματα και Λεκάνες που συμβάλλουν στο ρ. Ραφήνας

8.2 ΜΕΓΕΘΗ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΚΥΒΕΥΜΑΤΟΣ

Με βάση μια προκαταρκτική έρευνα στην περιοχή διαπιστώθηκε ότι λόγω της δόμησης στην έξοδο του ρέματος στη Ραφήνα δεν είναι εφικτό να εξασφαλιστούν διατομές που να δημιουργούν διοχετευτικότητα μεγαλύτερη από $550 \text{ m}^3/\text{s}$. Επομένως η διευθέτηση του ρέματος κοντά στην έξοδο περιορίζεται από αυτή τη μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή. Με το δεδομένο ότι η παροχή στην έξοδο σύμφωνα με το επικρατέστερο σενάριο είναι $920 \text{ m}^3/\text{s}$ για περίοδο επαναφοράς $T=50$ έτη (με την οποία σχεδιάζονται τα αντιπλημμυρικά έργα) πρέπει να υπάρξει άλλος τρόπος παροχέτευσης των πλημμυρικών νερών στον κόλπο της Ραφήνας.

Η τελική λύση που φαίνεται να προκρίνεται από το ΥΠΕΧΩΔΕ που έχει την ευθύνη μελέτης και κατασκευής του έργου είναι η μερική εκτροπή του ρέματος πριν την Ραφήνα μέσω σήραγγας εσωτερικής διαμέτρου 8-8,5 m. Η σήραγγα ουσιαστικά μπορεί να αναλάβει περί τα $310\text{-}370 \text{ m}^3/\text{s}$ ως μέγιστη παροχή. Η σήραγγα μερικής εκτροπής παρουσιάζεται και στο σχηματικό διάγραμμα του Σχ. 8.2 και ενώνει το ΚΕ με το Κ1 (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008).



Συνεπώς για τη διευθέτηση του ρέματος έχουν καθόλο το μήκος του υιοθετηθεί τραπεζοειδείς διατομές από συρματοκιβώτια με μόνη εξαίρεση την σήραγγα που αποτελείται από κλειστό αγωγό πεταλοειδούς διατομής.

Την παρούσα κατάσταση του ρέματος αλλά και των παραρεμάτων περιοχών παρουσιάζουν οι αεροφωτογραφίες που έχουν ληφθεί από ελικόπτερο για όλο το κυρίως τμήμα του ρέματος Ραφήνας.



Φωτ. 8.1



Φωτ. 8.2



Φωτ. 8.3



Φωτ. 8.4

Στις φωτογραφίες διακρίνονται και οι χρήσεις γης που αν και κατά τα σχέδια του Οργανισμού της Αθήνας θεωρούνται γεωργικές γαίες, εντούτοις τα κτήρια που φαίνονται κοντά στο ρέμα δείχνουν εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα ή και κτήρια μόνιμης ή παραθεριστικής κατοικίας.

Από τις φωτογραφίες αλλά και από επιτόπου επισκέψεις προκύπτει ότι η αξία γης είναι πολύ μεγάλη και το διακύβευμα (αξία που κινδυνεύει από τις πλημμύρες) επίσης πολύ μεγάλο. Σύμφωνα με τους μεσίτες της περιοχής η αγοραία τιμή ενός στρέμματος παραρεμάτιας έκτασης ξεπερνά με τα σημερινά δεδομένα τις 100.000 ευρώ. Προφανώς μέσα στους οικισμούς (π.χ. Ραφήνα) η αξία πολλαπλασιάζεται και φτάνει μέχρι και 600.000 ευρώ ανά στρέμμα.

Δίνοντας προτεραιότητα στο κυρίως τμήμα του ρέματος από το Κ7 μέχρι το Κ3 δηλαδή τμήμα μήκους περί τα 11 km από τις αεροφωτογραφίες αλλά και από συμπληρωματικά πρόσφατα στοιχεία προέκυψε ότι οι παραρεμάτιες ζώνες που κινδυνεύουν από πλημμύρα βρίσκονται σε ζώνη από 300-500 m εκατέρωθεν του ρέματος και αποτελούνται από γεωργικές γαίες κατά 84%, 10% είναι δομημένες και 6% αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (κυρίως δρόμους). Η αδρομερής αυτή εκτίμηση έγινε δειγματοληπτικά και προέκυψε ως μέσος όρος τριών χαρακτηριστικών τμημάτων του κύριου ρέματος και για ορίζοντα τα επόμενα 10 έτη.

Για το τμήμα αυτό των 11 km η έκταση που πραγματικά κινδυνεύει από ενδεχόμενη πλημμύρα όπως έδειξαν οι υπολογισμοί για πλημμύρες διαφόρων περιόδων επαναφοράς είναι περί τα 600 m εγκάρσια στο ρέμα (δηλαδή 300 m εκατέρωθεν του ρέματος).

8.3 ΜΕΣΟ ΔΙΑΚΥΒΕΥΜΑ

Για τον υπολογισμό του μέσου διακυβεύματος στην περίπτωση της παραρεμάτιας περιοχής του ρ. Ραφήνας γίνονται οι ακόλουθες εκτιμήσεις με δεδομένη την κατανομή των χρήσεων γης (εκτίμηση για την επόμενη δεκαετία) σε αστικά και βιομηχανικά ακίνητα 10%, σε γεωργικές εκτάσεις 84% και σε κοινόχρηστους χώρους (π.χ. δρόμους) 6% στην ζώνη των 6600 στρεμμάτων (600 m πλάτος επί 11000 m μήκος) που μελετήθηκε.

Με την υπόθεση ότι τα αστικά ακίνητα και τα βιομηχανικά ακίνητα είναι περίπου ίσα γίνονται οι υπολογισμοί:

- Αστικά και βιομηχανικά $10\% \times \frac{1}{2} (1600000 + 2400000) \times 50\% = 100000 \text{ €/στρ.}$
(με την υπόθεση μέγιστης ζημιάς στο 50% της αξίας), (για 10% ζημιάς επί της αξίας, το μέγεθος αυτό ως κάτω όριο είναι 20000 €/στρ.)

- Γεωργικές εκτάσεις $84\% \times 350 \text{ €/στρ.} = 294 \text{ €/στρ.}$ (μπορεί να διπλασιασθεί για τις εγκαταστάσεις $\rightarrow 600 \text{ €/στρ.}$)
- Κοινόχρηστοι χώροι: $6\% \times 1000 \text{ €/στρ.} = 60 \text{ €/στρ.}$
- Κινητές αξίες: $\frac{1500000}{6600} = 227 \text{ €/στρ.}$ (με την προϋπόθεσης έγκαιρης απομάκρυνσης το κόστος αυτό θα μπορούσε να μηδενισθεί)

Επομένως το μέσο διακύβευμα ανά στρέμμα για τη ζώνη των 6600 στρεμμάτων είναι:

- Μέγιστο: $100000 + 600 + 60 + 227 = 100887 \text{ €/στρ.}$
- Ελάχιστο: $20000 + 294 + 60 + 0 = 20354 \text{ €/στρ.}$

Το εύρος τιμών διακυβέυματος που χρησιμοποιείται περαιτέρω (και για λόγους ανάλυσης ευαισθησίας) με βάση αυτά τα μεγέθη είναι από 10000 μέχρι 100000 €/στρέμμα. Το μεγάλο αυτό εύρος είναι απαραίτητο γιατί όπως φάνηκε και στους υπολογισμούς υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα στον προσδιορισμό του. Σημειώνεται ότι βασικοί υπολογισμοί έγιναν για μέσο διακύβευμα $D=20000 \text{ €/στρέμμα}$.

8.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Σύμφωνα με την όμβρια καμπύλη της περιοχής και την προσομοίωση της απορροής στο αντιπροσωπευτικό κεντρικό τμήμα του K7-K3 προέκυψαν οι παροχές αιχμής στο τμήμα αυτό για διάφορες περιόδους επαναφοράς. Η υδρολογική προσομοίωση του ρέματος Ραφήνας αποτελεί εργασία που ξεφεύγει από τους στόχους της παρούσας εργασίας. Η προσομοίωση έγινε με τη χρησιμοποίηση των εξής στοιχείων:

- 12ωρη βροχή σχεδιασμού
- συμμετρικό συνθετικό υετόγραμμα (δηλαδή η κατανομή της βροχής στο χρόνο) με αιχμή στο 50% του χρόνου
- χρήση του αδιάστατου μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS
- καμία μείωση του ύψους της σημειακής βροχής για την εκτίμηση της επιφανειακής βροχής στη λεκάνη

Για την προσομοίωση χρησιμοποιήθηκε το πακέτο λογισμικού HEC-HMS (US Army Corps of Engineers, 2000 / Βασιλείου, 2008). Τα αποτελέσματα για το τμήμα που θεωρήθηκε αντιπροσωπευτικό των 11 km (περίπου στους μεσαίους κόμβους του τμήματος) είναι:

Πιν. 8.2 : Πλημμυρικές παροχές ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς για το τμήμα που εξετάζεται

Περίοδος Επαναφοράς T (τα έτη)	Παροχή Αιχμής Q _{max} (m ³ /s)
2	194
5	295
10	373
25	467
50	542
100	614
1000	876

Με βάση τα χαρακτηριστικά του ρέματος στο χαρακτηριστικό τμήμα προκύπτει μέση κατά μήκος κλίση του ρέματος 0,8% ενώ η μέση εγκάρσια κλίση μπορεί να ληφθεί 1,5% - 2,5% . Ως βάση των αρχικών υπολογισμών λαμβάνεται εγκάρσια κλίση 2%. Από το ανάγλυφο του εδάφους εκατέρωθεν του ρέματος εκτιμάται ο συντελεστής τραχύτητας Manning $n=0,05$, ενώ περί διαμορφωμένης διατομής με συρματοκιβώτια ο συντελεστής είναι $n=0,035$.

Οι τιμές των παραμέτρων που εκτιμήθηκαν παραπάνω αποτελούν τις τιμές με βάση τις οποίες γίνονται οι υπολογισμοί του βασικού σεναρίου. Πέρα όμως από τους υπολογισμούς του βασικού σεναρίου εξετάζονται και πολλά άλλα σενάρια με τιμές των παραπάνω παραμέτρων πάνω και κάτω από τις τιμές βάσης στο πλαίσιο της ανάλυσης ευαισθησίας.

Όπως προκύπτει με την εφαρμογή του υπολογιστικού πακέτου HEC-RAS για μόνιμη ομοιόμορφη ροή για κάθε διατομή η περιοχή που κατακλύζεται εξαρτάται άμεσα από το σενάριο πλημμύρας που ελέγχεται δηλ. το σενάριο στο οποίο με βάση την αντίστοιχη περίοδο επαναφοράς προκύπτει η παροχή αιχμής (Q_{max}) (US Army Corps of Engineers, 1998).

Επειδή στην ουσία δεν υπάρχει διαμορφωμένη διατομή του υδατορεύματος στο τμήμα που εξετάζεται, η διατομή του εδάφους σε κάθε θέση είναι τριγωνική με κλίσεις εγκάρσια στο ρέμα περί το 2% όπως έχει εκτιμηθεί. Οι στάθμες και οι εκτάσεις που κατακλύζονται για κάθε Q_{max} (σενάριο πλημμύρας) φαίνονται στο Σχ. 8.4 και στον πίνακα που ακολουθεί. Στον πίνακα αυτό φαίνονται επίσης το πλάτος της κατακλυζόμενης έκτασης, το μέγιστο και το μέσο βάθος κατάκλυσης. Η κατακλυζόμενη έκταση υπολογίζεται για όλο το μήκος των 11.000 m του ρέματος που εξετάζεται.

Πιν. 8.3 : Κατακλυζόμενη έκταση και μέσο βάθος κατάκλυσης

Περίοδος Επαναφοράς T (έτη)	Πλάτος Κατακλυζόμενης Έκτασης Π (m)	Κατακλυζόμενη Έκταση A (m ²)	Μέγιστο Βάθος h _{max} (m)	Μέσο βάθος h _{mean} (m)
2	159	1.747.000	1,59	0,795
5	186	2.046.000	1,86	0,93

10	203	2.233.000	2,03	1,015
25	221	2.431.000	2,21	1,105
50	233	2.563.000	2,34	1,170
100	245	2.695.000	2,45	1,225
1000	280	3.080.000	2,80	1,40

Το μέσο βάθος λόγω της απλοποιημένης τριγωνικής διατομής υπολογίζεται ως το μισό του μέγιστου βάθους που συμβαίνει στη θέση του ρέματος. Είναι προφανές ότι μέσο βάθος κατάκλυσης περί το 1 m (δηλαδή μέγιστο 2 m) θα προξενεί τις μέγιστες δυνατές καταστροφές. Απλοποιητικά μπορούμε να δεχθούμε ότι οι ζημιές σ' αυτή την περίπτωση είναι οι δυνητικά μέγιστες ζημιές που αντιστοιχούν στο συνολικό διακύβευμα. Με άλλα λόγια αν σε κάποιο σενάριο πλημμύρας το μέσο βάθος κατάκλυσης στην περιοχή είναι μεγαλύτερο ή ίσο με 1 m τότε μπορούμε να δεχθούμε ότι καταστρέφεται το συνολικό διακύβευμα.

8.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΖΗΜΙΩΝ ΑΠΟ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

Για κάθε περίοδο επαναφοράς δημιουργείται ένα σενάριο κινδύνου που στην απλούστερη περίπτωση αντιπροσωπεύεται με την παροχή αιχμής. Στην περίπτωση του κεντρικού ρέματος Ραφήνας που εξετάζεται τα σενάρια που ελέγχονται έχουν προκύψει από την ανάλυση συχνότητας των βροχών της περιοχής και την αντίστοιχη προσομοίωση απορροής (διαδικασία μετατροπής της βροχής σε απορροή). Οι υπολογισμένες παροχές αιχμής για τις επιλεγμένες περιόδους επαναφοράς παρουσιάστηκαν στον πίνακα 8.2 δημιουργώντας επτά εναλλακτικά σενάρια που πρέπει να ελεγχθούν. Τα σενάρια αυτά πλημμυρών δοκιμάζονται πρώτα για την υπάρχουσα κατάσταση ώστε να εκτιμηθεί η περιοχή που κατακλύζεται από κάθε

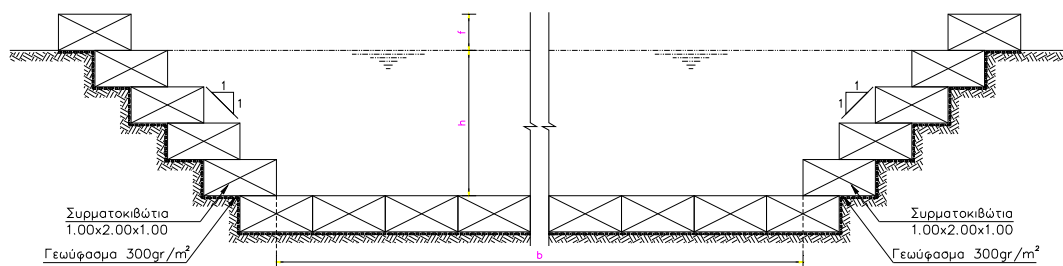
σενάριο και επίσης να εκτιμηθεί το ύψος των οικονομικών ζημιών που προκύπτει από κάθε σενάριο για την υφιστάμενη κατάσταση όπως ειπώθηκε.

Η εκτίμηση της ζώνης που κατακλύζεται υπολογίζεται με βάση την υδραυλική επίλυση για κάθε τύπου διατομή που επιλέγεται για τον σχεδιασμό με συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς και όχι μόνο για την παρούσα κατάσταση που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

Συνεπώς για την εκτίμηση της κατακλυζόμενης έκτασης ακόμα και από διευθετημένη διατομή ακολουθείται η ίδια διαδικασία υπολογισμών. Η μόνη διαφορά είναι ότι στις περιπτώσεις διευθέτησης δεχόμαστε ότι η παροχή σχεδιασμού (που μπορεί δηλαδή να μεταφέρεται με ασφάλεια από το ρέμα με τα νέα χαρακτηριστικά του) είναι αυτή που αντιστοιχεί σε κάθε συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς χωρίς αυτή η παροχή να κατακλύζει επιπλέον επιφάνεια.

Δηλαδή διαμορφώνουμε διατομές με συρματοκιβώτια (αφού υπάρξει η αναγκαία εκσκαφή) όπως στο Σχ. 8.5. Στο σχήμα αυτό διακρίνονται το πλάτος του πυθμένα b , το βάθος του νερού h και το περιθώριο ασφαλείας f . Τα συρματοκιβώτια είναι διαστάσεων $2 \times 1 \times 1$ m και τοποθετούνται ώστε να σχηματίζουν κλίσεις πρανών 1:1. Λεπτομέρειες στην τοποθέτηση των συρματοκιβωτίων φαίνονται στο Σχ. 8.5.

Για κάθε περίοδο επαναφοράς σχεδιάζεται μία επαρκής διατομή όπως αυτή του Σχ. 8.5. Στην περίπτωση του τμήματός που εξετάζεται υπολογίσθηκαν οι διατομές που παρουσιάζονται στον πίνακα 8.4 που ακολουθεί.



ΚΛΙΜΑΚΑ 1:10

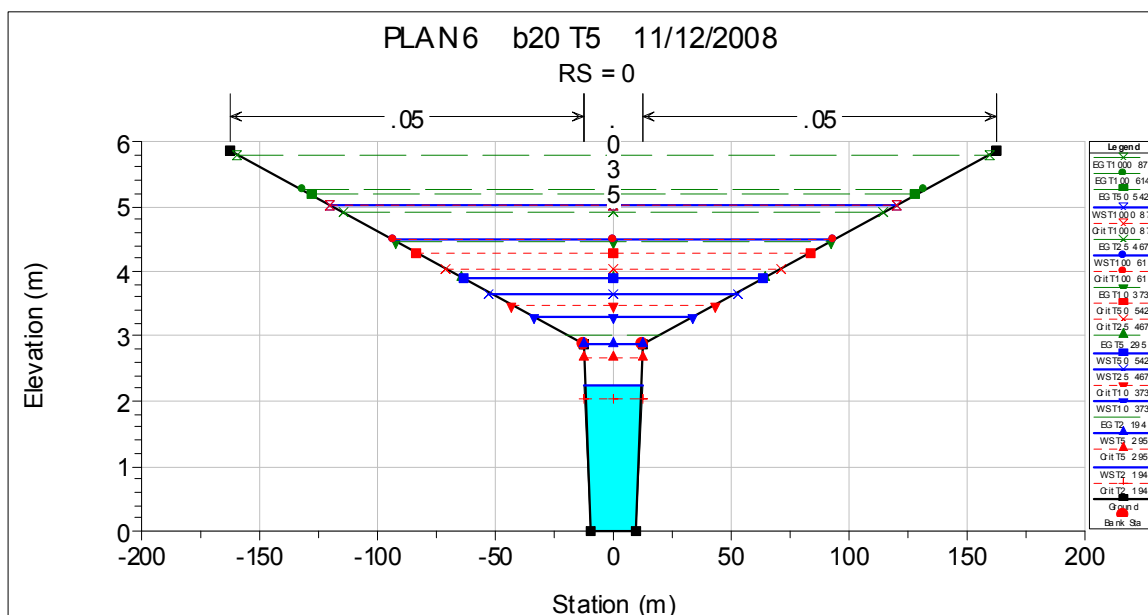
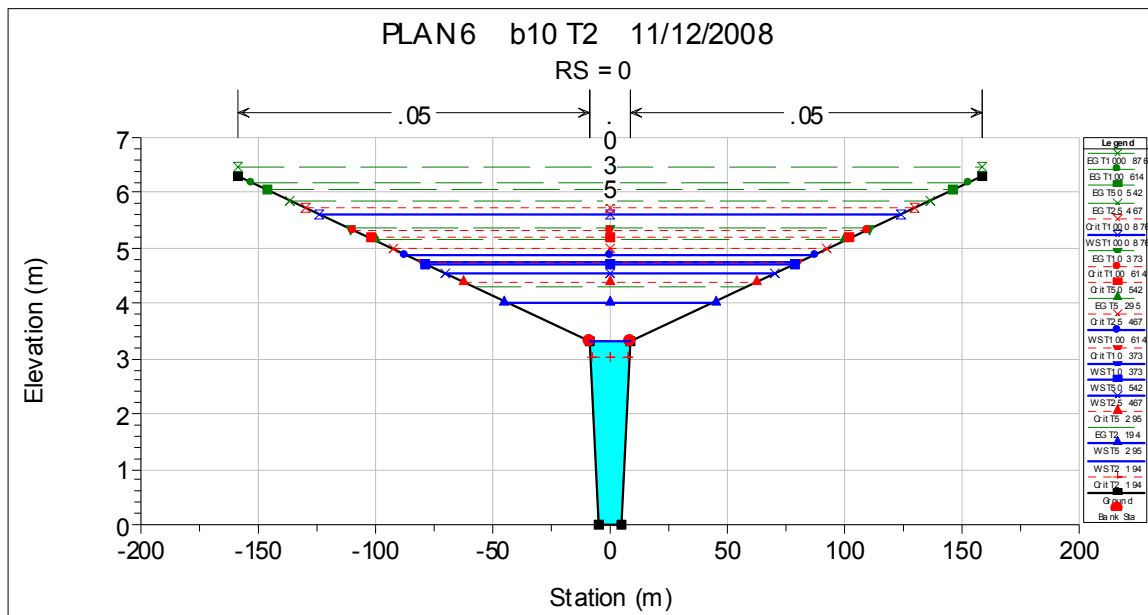
Σχ. 8.4 : Διατομή ρέματος διαμορφωμένη με συρματοκιβώτια

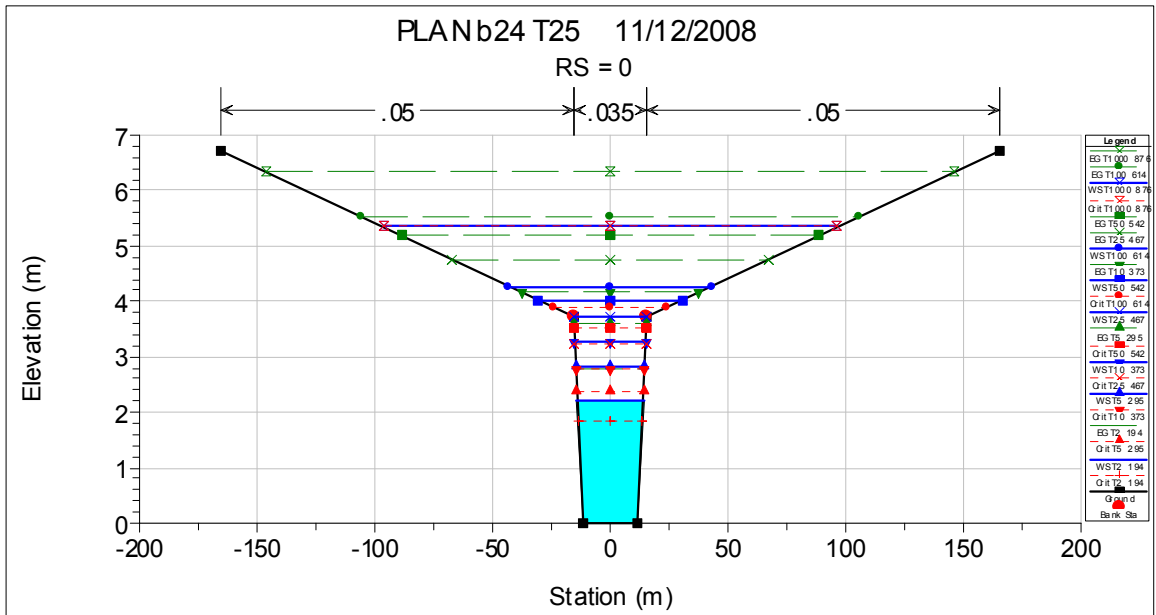
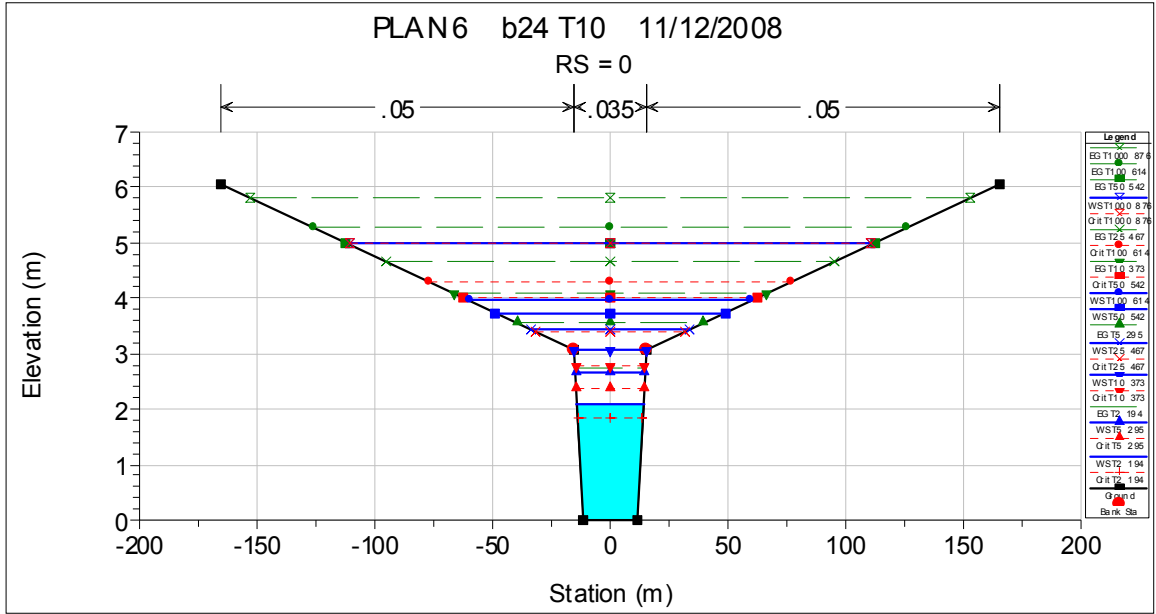
Πιν. 8.4 : Σχεδιασμός διατομής για κάθε περίοδο επαναφοράς

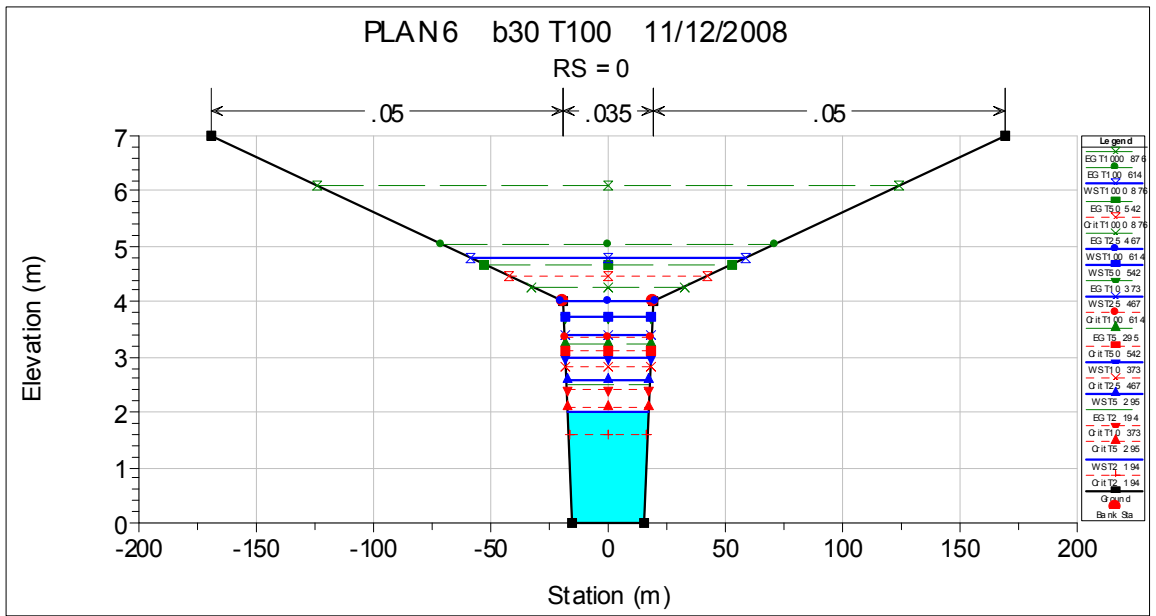
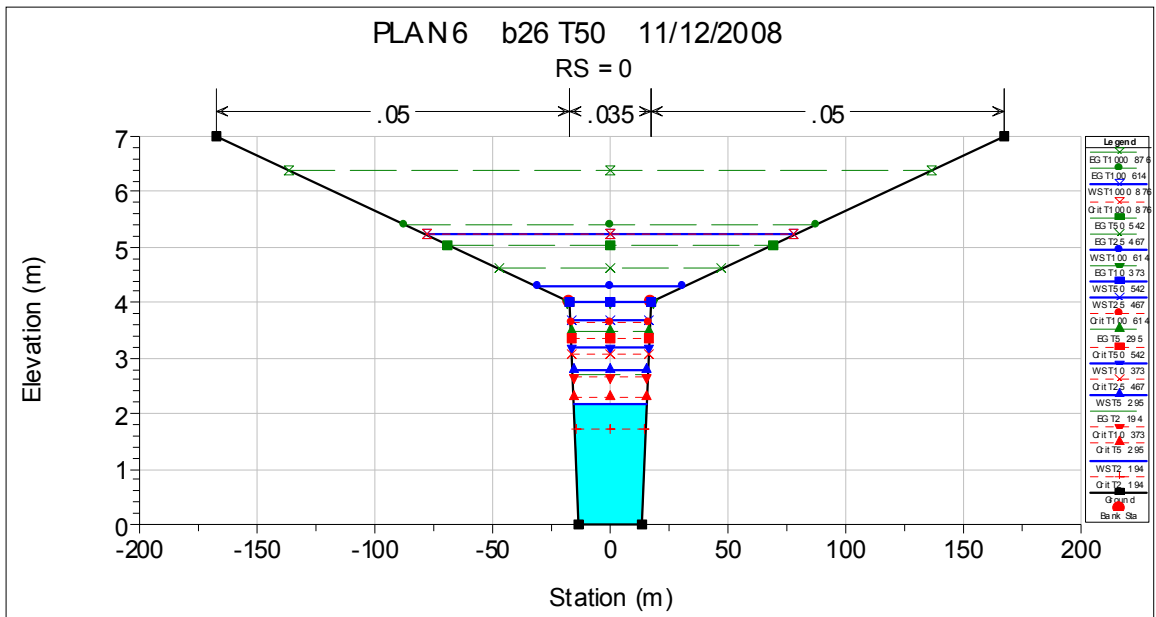
Περίοδος Επαναφοράς T (έτη)	Πλάτος Πυθμένα b (m)	Βάθος νερού h (m)
2	10	3,3
5	20	2,9
10	24	3,1
25	24	3,7
50	30	4,0
100	30	4,0
1000	40	4,3

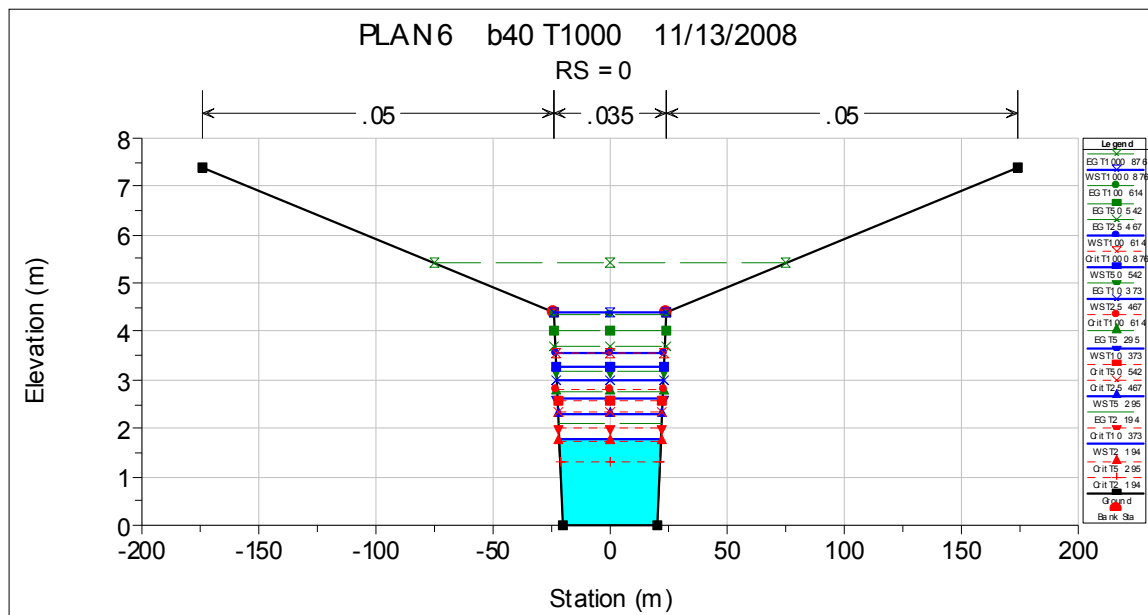
Τώρα για κάθε επιλεγμένη διατομή μπορούν να ελεγχθούν πάλι όλα τα 7 σενάρια με περιόδους επαναφοράς T=2,5,10,25,50,100,1000 έτη. Είναι προφανές ότι για μια διατομή που σχεδιάστηκε με συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς η παραρρεμάτια έκταση θα πλημμυρίζει μόνο για παροχές πλημμύρας πάνω από την παροχή της

περιόδου επαναφοράς που χρησιμοποιήθηκε στο σχεδιασμό. Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι στάθμες και εκτάσεις κατάκλυσης για όλα τα σενάρια πλημμύρας με περιόδους επαναφοράς $T= 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000$ έτη για όλες τις εναλλακτικές διευθετημένες διατομές, αντίστοιχα.









Σχ. 8.5 : Βάθη και εκτάσεις κατάκλυσης για όλα τα σενάρια που ελέγχονται και διευθετημένες διατομές για $T=2,5,10,25,50,100,1000$, αντίστοιχα.

Στους πίνακες που ακολουθούν (Πίνακες 8.5-8.11) παρουσιάζονται το πλάτος της κατακλυζόμενης έκτασης (W) και το μέσο βάθος ροής (h_{mean}). Στους ίδιους πίνακες παρουσιάζονται και οι οικονομικές ζημιές όπως εξηγείται στη συνέχεια.

Στους πίνακες 8.5-8.11 υπολογίζεται η κατακλυζόμενη έκταση A ($=W*L$ όπου $L=11000$ m), και με βάση το διακύβευμα που στο βασικό σενάριο θεωρείται $D=10000$ €/στρ., γίνεται η εκτίμηση των οικονομικών ζημιών. Γίνεται η παραδοχή ότι για μέσο βάθος μεταξύ 0 και 1 m οι οικονομικές ζημιές ανέρχονται αναλογικά από 0 μέχρι 100% του διακυβέυματος. Αν το μέσο βάθος είναι μεγαλύτερο του 1 m τότε οι οικονομικές ζημιές είναι ίσες με το διακύβευμα.

Έτσι για συγκεκριμένη διατομή για κάθε σενάριο πλημμύρας προκύπτει ένα ύψος οικονομικών ζημιών. Για κάθε κλάση που αντιστοιχεί σε πιθανότητα ίση με τη διαφορά των πιθανοτήτων υπέρβασης του σεναρίου του κάτω και άνω ορίου της κλάσης μπορεί να πολλαπλασιασθεί με τη μέση οικονομική ζημιά (μέσος όρος οικονομικών ζημιών) άνω και κάτω ορίου της αντίστοιχης κλάσης. Οι συνολικές

οικονομικές ζημιές ανηγμένες ανά έτος προκύπτουν με την άθροιση των γινομένων πιθανότητας της κάθε κλάσης επί το μέσο μέγεθος οικονομικών ζημιών της κλάσης.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται αναλυτικά οι υπολογισμοί της ετησιοποιημένης διακινδύνευσης που προέρχεται από τις πλημμύρες για κάθε διατομή σχεδιασμού καθώς και για την υφιστάμενη κατάσταση. Οι υπολογισμοί που ακολουθούν για διακύβευμα $D=20000$ €/στρέμμα.

Πιν. 8.5 : Υφιστάμενη κατάσταση χωρίς έργα διευθέτησης

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

Σχεδιασμός: 0

T	W'	dmax	W	dmean	F	z1	Z	Zmean	P	Zmean*P
2	159	1,59	159	0,795	0,795	2528	50,56			
5	186	1,86	186	0,93	0,93	3460	69,19	59,88	0,3	17,963
10	203	2,03	203	1,02	1	4121	82,42	75,81	0,1	7,581
25	221	2,21	221	1,11	1	4884	97,68	90,05	0,06	5,403
50	233	2,34	233	1,17	1	5452	109,04	103,36	0,02	2,067
100	245	2,45	245	1,23	1	6003	120,05	114,55	0,01	1,145
1000	280	2,80	280	1,40	1	7840	156,80	138,43	0,009	<u>1,246</u>

Διακύβευμα D
20000 €/στρέμμα

Μήκος ρέματος L
11000 m

Άθροισμα 35,405

T: έτη
W'= W: m
dmax, dmean: m
F: αδιάστατος 0<F<1
z1: €/m μήκους
Z: €*10^6
Zmean: €*10^6
P: αδιάστατος

Πιν. 8.6 : Διατομή σχεδιασμού για T=2 έτη

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

Σχεδιασμός: T=2έτη

T	W'	dmax	W	dmean	F	z1	Z	Zmean	P	Zmean*P
2	17	3,3	17	1,65	1	340	3,74			
5	84	4	84	2	1	1680	18,48	11,11	0,3	3,333
10	110	4,2	110	2,1	1	2200	24,20	21,34	0,1	2,134
25	136	4,5	136	2,25	1	2720	29,92	27,06	0,06	1,624
50	153	4,7	153	2,35	1	3060	33,66	31,79	0,02	0,636
100	174	4,8	174	2,4	1	3480	38,28	35,97	0,01	0,360
1000	234	5,5	234	2,75	1	4680	51,48	44,88	0,009	0,404

Διακύβευμα D
20000 €/στρέμμα

Μήκος ρέματος L
11000 m

Άθροισμα 8,490

T: έτη
W'= W: m
dmax, dmean: m
F: αδιάστατος 0≤F≤1
z1: €/m μήκους
Z: €*10^6
Zmean: €*10^6
P: αδιάστατος

Πιν. 8.7 : Διατομή σχεδιασμού για T=5 έτη

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

Σχεδιασμός: T=5έτη

T	W'	dmax	W	dmean	F	z1	Z	Zmean	P	Zmean*P
2			0	0	0	0	0,00			
5	26	2,9	26	1,45	1	520	5,72	2,86	0,3	0,858
10	65	3,3	65	1,65	1	1300	14,30	10,01	0,1	1,001
25	100	3,6	100	1,8	1	2000	22,00	18,15	0,06	1,089
50	122	3,9	122	1,95	1	2440	26,84	24,42	0,02	0,488
100	187	4,5	187	2,25	1	3740	41,14	33,99	0,01	0,340
1000	242	5,0	242	2,5	1	4840	53,24	47,19	0,009	<u>0,425</u>

Διακύβευμα D
20000 €/στρέμμα

Μήκος ρέματος L
11000 m

Άθροισμα 4,201

T: έτη
W'= W: m
dmax, dmean: m
F: αδιάστατος 0<F<1
z1: €/m μήκους
Z: €*10^6
Zmean: €*10^6
P: αδιάστατος

Πιν. 8.8 : Διατομή σχεδισμού για T=10 έτη

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

Σχεδιασμός: T=10έτη

T	W'	dmax	W	dmean	F	z1	Z	Zmean	P	Zmean*P
2			0	0	0					
5			0	0	0	0	0.00	0.00	0.3	0.000
10	30	3.1	30	1.55	1	600	6.60	3.30	0.1	0.330
25	68	3.4	68	1.7	1	1360	14.96	10.78	0.06	0.647
50	97	3.7	97	1.85	1	1940	21.34	18.15	0.02	0.363
100	120	4.0	120	2	1	2400	26.40	23.87	0.01	0.239
1000	215	4.9	215	2.45	1	4300	47.30	36.85	0.009	<u>0.332</u>

Διακύβευμα D
20000 €/στρέμμα

Μήκος ρέματος L
11000 m

Άθροισμα 1.910

T: έτη
W'= W: m
dmax, dmean: m
F: αδιάστατος 0<F<1
z1: €/m μήκους
Z: €*10^6
Zmean: €*10^6
P: αδιάστατος

Πιν. 8.9 : Διατομή σχεδιασμού για $T = 25$ έτη

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

Σχεδιασμός: $T=25$ έτη

T	W'	dmax	W	dmean	F	z1	Z	Zmean	P	Zmean*P
2			0	0	0					
5			0	0	0	0	0,00	0,00	0,3	0,000
10			0	0	0	0	0,00	0,00	0,1	0,000
25	32	3,7	32	1,85	1	640	7,04	3,52	0,06	0,211
50	61	4	61	2	1	1220	13,42	10,23	0,02	0,205
100	86	4,3	86	2,15	1	1720	18,92	16,17	0,01	0,162
1000	175	5,2	175	2,6	1	3500	38,50	28,71	0,009	<u>0,258</u>

Διακύβευμα D
20000 €/στρέμμα

Μήκος ρέματος L
11000 m

Άθροισμα 0,836

T: έτη
 W'= W: m
 dmax, dmean: m
 F: αδιάστατος $0 < F < 1$
 z1: €/m μήκους
 Z: €*10⁶
 Zmean: €*10⁶
 P: αδιάστατος

Πιν. 8.10 : Διατομή σχεδιασμού για T=50 έτη

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

Σχεδιασμός: T=50έτη

T	W'	dmax	W	dmean	F	z1	Z	Zmean	P	Zmean*P
2			0	0	0					
5			0	0	0	0	0.00	0.00	0.3	0.000
10			0	0	0	0	0.00	0.00	0.1	0.000
25			0	0	0	0	0.00	0.00	0.06	0.000
50	35	4.0	35	2	1	700	7.70	3.85	0.02	0.077
100	62	4.3	62	2.15	1	1240	13.64	10.67	0.01	0.107
1000	157	5.2	157	2.6	1	3140	34.54	24.09	0.009	<u>0.217</u>

Διακύβευμα D
20000 €/στρέμμα

Μήκος ρέματος L
11000 m

Άθροισμα 0.401

T: έτη
W'= W: m
dmax, dmean: m
F: αδιάστατος 0<F<1
z1: €/m μήκους
Z: €*10^6
Zmean: €*10^6
P: αδιάστατος

Πιν. 8.11 : Διατομή σχεδιασμού για T=100 έτη

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

Σχεδιασμός: T=100έτη

T	W'	dmax	W	dmean	F	z1	Z	Zmean	P	Zmean*P
2			0	0	0					
5			0	0	0	0	0.00	0.00	0.3	0.000
10			0	0	0	0	0.00	0.00	0.1	0.000
25			0	0	0	0	0.00	0.00	0.06	0.000
50			0	0	0	0	0.00	0.00	0.02	0.000
100	40	4.0	40	2	1	800	8.80	4.40	0.01	0.044
1000	118	4.8	118	2.4	1	2360	25.96	17.38	0.009	<u>0.156</u>

Διακύβευμα D
20000 €/στρέμμα

Μήκος ρέματος L
11000 m

Άθροισμα 0.200

T: έτη
W'= W: m
dmax, dmean: m
F: αδιάστατος 0<F<1
z1: €/m μήκους
Z: €*10^6
Zmean: €*10^6
P: αδιάστατος

8.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ

Με βάση τον υδραυλικό υπολογισμό για κάθε περίοδο επαναφοράς επιλέγεται η κατάλληλη διατομή και υπολογίζεται αναλυτικά το συνολικό αρχικό κόστος. Οι τιμές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του κόστους είναι οι λογιστικές (σκιώδεις) τιμές που γνωστοποιούνται στους μελετητές και όλους τους ενδιαφερόμενους για κάθε τρίμηνο του έτους.

Τα αποτελέσματα της κοστολόγησης του κάθε έργου παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα 8.12. Αναλυτικότερα στους αντίστοιχους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζεται η κοστολόγηση με ένα παράδειγμα υπολογισμού. Σημειώνεται ότι το κόστος αναφέρεται για τα 11 km μήκους του ρέματος.

Πίνακας 8.12: Κόστος κατασκευής των έργων διευθέτησης

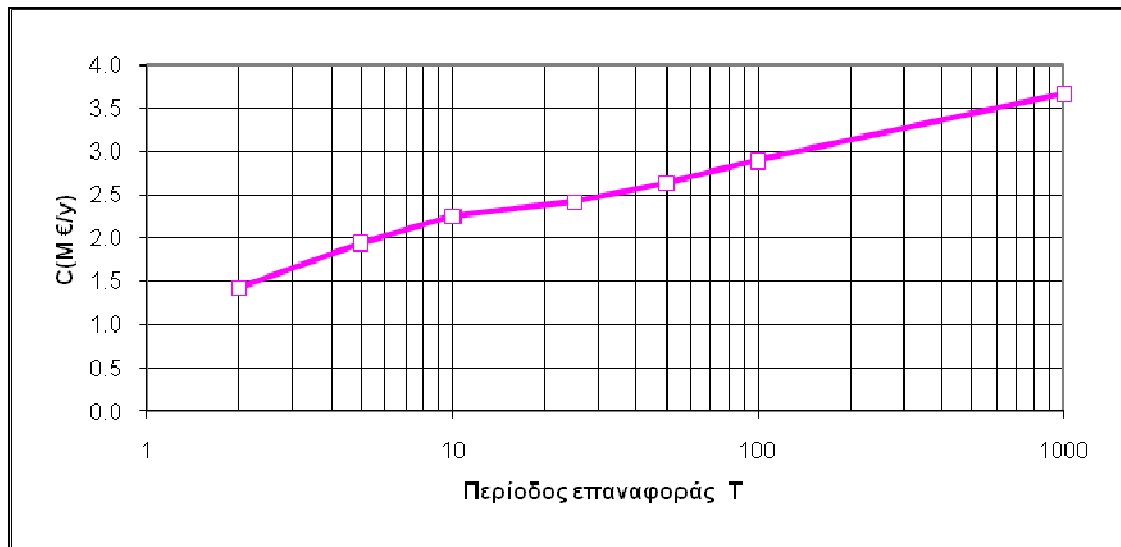
Περίοδος Επαναφοράς T (έτη)	Αρχικό Κόστος Κατασκευής Έργων (Μ€)	Ετήσιο Κόστος Κατασκευής Έργων (Μ€/y)	Ετήσιες Δαπάνες Επισκευών και Συντήρησης (Μ€/y)	Συνολικές Ετήσιες Δαπάνες (Μ€/y)
2	28,10	1,3095	0,1124	1,42
5	38,40	1,7894	0,1536	1,94
10	44,40	2,0690	0,1776	2,25
25	47,80	2,2275	0,1912	2,42
50	52,00	2,4232	0,2080	2,63
100	57,20	2,6655	0,2288	2,89
1000	72,40	3,3738	0,2896	3,66

Θεωρώντας ένα βασικό επιτόκιο προεξόφλησης 4% στον ίδιο πίνακα 8.12 παρουσιάζεται το ετήσιο κόστος ως η τιμή της τοκοχρεωλυτικής δόσης δηλαδή το ανηγμένο σε ετήσια βάση μέγεθος που αντιπροσωπεύει τη δαπάνη κατασκευής των έργων. Για τον υπολογισμό του Συντελεστή Ανάκτησης Κεφαλαίου (Capital Recovery Factor, CRF ή ΣΑΚ) (εκτός του επιτοκίου προεξόφλησης) λήφθηκε ως χρόνος ζωής του έργου το διάστημα των 50 ετών. Τόσο το επιτόκιο (i) όσο και ο χρόνος ζωής (n έτη) μπορούν να διερευνώνται παραπέρα με τη χρησιμοποίηση και άλλων τιμών στο τμήμα της ανάλυσης ευαισθησίας. Ο Συντελεστής Ανάκτησης Κεφαλαίου υπολογίζεται από τη παρακάτω σχέση:

$$CRF = \frac{A}{P} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \frac{0,04(1,04)^{50}}{(1,04)^{50} - 1} = 0,0466$$

Τα αποτελέσματα της αναγωγής από αρχικό κόστος σε ετήσιο κόστος της κατασκευής των έργων φαίνονται στον ίδιο πίνακα στην τρίτη στήλη. Τέλος για τον υπολογισμό της συνολικής ετήσιας δαπάνης πρέπει να προστεθούν και οι δαπάνες επισκευών και συντήρησης που συνήθως θεωρήθηκαν ως 0,4% της αρχικής δαπάνης. Οι δαπάνες αυτές βρίσκονται στο πίνακα 8.12 στην τέταρτη στήλη ενώ στην τελευταία στήλη βρίσκονται οι συνολικές ετήσιες δαπάνες.

Η καμπύλη των συνολικών ετήσιων δαπανών που αφορούν στην κατασκευή και συντήρηση των έργων διευθέτησης παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Η καμπύλη είναι υπολογισμένη με βάση τις παραδοχές που προηγήθηκαν.



Σχήμα 8.6: Καμπύλη συνολικών ετήσιων δαπανών κατασκευής και συντήρησης των έργων διευθέτησης

8.7 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Για τον υπολογισμό του κόστους ενός αντιπλημμυρικού έργου ακολουθείται η εξής διαδικασία:

- α) Προμέτρηση υλικών και εργασιών
- β) Ανάλυση τιμών
- γ) Προϋπολογισμός δαπανών κατασκευής των έργων

Στις ακόλουθες παραγράφους γίνεται μία σύντομη αναφορά στις διαδικασίες κοστολόγησης των έργων που απαιτούνται για την αντιπλημμυρική προστασία μιας περιοχής. Επειδή τα έργα αυτά είναι πολλών κατηγοριών στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσονται ενδεικτικά τα έργα διευθέτησης πεδινών ρεμάτων και πιο συγκεκριμένα η διευθέτηση των ρεμάτων με υλικά φιλικά στο περιβάλλον όπως είναι τα συρματοκιβώτια. Δηλαδή κιβώτια που φτιάχνονται με ανοξείδωτο σύρμα και

πληρώνονται με λίθους και με αυτά καλύπτουν τον πυθμένα και τα πρανή των ρεμάτων ώστε να προστατεύονται από τη διάβρωση.

8.7.1 Προμέτρηση υλικών και εργασιών

Η προμέτρηση υλικών και εργασιών γίνεται σε γενικό επίπεδο. Όμως τα χαρακτηριστικά των έργων που προσμετρώνται ταιριάζουν με το κεντρικό τμήμα του ρέματος Ραφήνας που αποτελεί μελέτη περίπτωσης. Στο σχήμα 8.4 παρουσιάζεται μία τυπική διατομή με συρματοκιβώτια. Η διατομή χαρακτηρίζεται από το βάθος νερού h , το πλάτος πυθμένα b και το ελεύθερο ύψος (περιθώριο) f ενώ η κλίση των πρανών είναι 1:1.

Στην ενότητα αυτή περιλαμβάνεται αρχικά η αναλυτική προμέτρηση των εργασιών και των αντίστοιχων απαιτούμενων υλικών για την κατασκευή των έργων διευθέτησης σε τμήμα του ρέματος Ραφήνας μήκους 11km. Θα εφαρμοστεί ανοικτή τραπεζοειδής διατομή πλάτους πυθμένα 26,0m και ύψους (βάθους) 4,0m επενδεδυμένη με συρματοκιβώτια (πλήρωση με θραυστό υλικό λατομικής προέλευσης) διαστάσεων 1,00mx2,00mx1,00m. Στα πρανή τα συρματοκιβώτια τοποθετούνται βαθμιδωτά έτσι ώστε να εξασφαλίζεται κλίση πρανών 1:1 (οριζ: κατακ.) ενώ εξασφαλίζεται και ελεύθερο περιθώριο 1,0m. Στη βάση έδρασης των συρματοκιβωτίων τοποθετείται γεωφάσμα προστασίας βάρους 300gr/m².

Η αναλυτική προμέτρηση γίνεται ανά μέτρο μήκους διευθέτησης του ρ. Ραφήνας. Περιλαμβάνονται οι εργασίες εκσκαφής (σε έδαφος γαιώδες ή βραχώδες) με την παραδοχή της πλευρικής απόθεσης των πλεοναζόντων προϊόντων εκσκαφής, της κατασκευής συμπακνωμένου επιχώματος με κατάλληλα προϊόντα εκσκαφής, της προμήθειας του συρματοπλέγματος των φατνών των συρματοκιβωτίων, της προμήθειας του θραυστού υλικού πλήρωσης των φατνών, της κατασκευής-τοποθέτησής τους καθώς και η προμήθεια και τοποθέτηση του γεωφάσματος προστασίας. Η αναλυτική προμέτρηση παρουσιάζεται στον πίνακα 8.13.

Εκσκαφές

Για τον υπολογισμό του όγκου των εκσκαφών γίνεται η υπόθεση ότι θα χρησιμοποιηθούν συρματοκιβώτια διαστάσεων 2x1x1 m και ότι το ελεύθερο περιθώριο (παίρνεται 1 m) δημιουργείται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Ο όγκος των εκσκαφών είναι συνεπώς:

$$V = [(b + 2) + (h + 1)](h + 1) * 1$$
$$V = (b + h + 3)(h + 1) \quad \text{σε m}^3 \text{ ανά m μήκους}$$

Επένδυση με συρματοκιβώτια

Για τον υπολογισμό του όγκου των λίθων που θα χρησιμοποιηθούν στα συρματοκιβώτια γίνεται η υπόθεση ότι αυτά είναι διαστάσεων 2x1x1 m και τοποθετούνται με τον τρόπο που παρουσιάστηκε στο σχήμα.

$$V_{\text{εκσκαφών}} = [(b + 2) + (h + 1) * 4] * 1$$

$$\text{ή } V_{\text{εκσκαφών}} = (b + 4h + 6) * 1 \quad \text{σε m}^3 \text{ ανά m μήκους}$$

Στην παραπάνω εξίσωση το ελεύθερο ύψος f έχει ληφθεί ίσο με 1 m, όσο δηλαδή και το ύψος του συρματοκιβωτίου.

Ζώνη κατάληψης

Για τη δημιουργία των διατομών που απαιτούνται γίνονται απαλλοτριώσεις των εκτάσεων που αποτελούν τη ζώνη κατάληψης. Η ζώνη κατάληψης (E) υπολογίζεται:

$$E = [(b + 2) + 2(h + 1)] * 1$$

$$\text{ή } E = (b + 2h + 4) * 1 \quad \text{σε m}^2 \text{ ανά m μήκους}$$

Στη ζώνη κατάληψης μπορούν να προστεθούν και κάποια περιθώρια εκατέρωθεν του ρέματος που όμως ποικίλουν από περίπτωση σε περίπτωση.

Κατασκευή αναβαθμών

Αν η κλίση του ρέματος είναι μεγάλη σε σχέση με τις επιτυγχανόμενες ταχύτητες τότε απαιτούνται αναβαθμοί για τη μείωση της ταχύτητας. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα για επένδυση με συρματοκιβώτια είναι περί τα 4,5 m/s. Το ύψος κάθε αναβαθμού (πτώσης) πρέπει να είναι μεταξύ 1 και 2 m. Για κάθε αναβαθμό υπολογίζεται ένα κόστος κατασκευής ανάλογα με τις διαστάσεις. Το κόστος αυτό είναι γενικά μικρό και σε προκαταρκτικό επίπεδο μπορεί να μην υπολογίζεται.

Ένα αναλυτικό παράδειγμα προμέτρησης παρουσιάζεται στον πίνακα 8.13 που ακολουθεί.

Πιν. 8.13 : Ενδεικτική Αναλυτική Προμέτρηση

ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ (ανά μ.μ.)			
1.	Εκσκαφές τάφρων ή διωρύγων σε εδάφη γαιώδη - ημιβραχώδη. Με την παράπλευρη απόθεση των προϊόντων εκσκαφών	$85\% \cdot (26,00 \cdot 5,00 + 2 \cdot 1/2 \cdot 6,00 \cdot 5,00) \cdot 1,00$	= 136 ~ 140.0 m³
2.	Εκσκαφές τάφρων ή διωρύγων σε εδάφη βραχώδη χωρίς χρήση εκρηκτικών. Με τη φόρτωση των προϊόντων επί αυτοκινήτου και τη μεταφορά στο χώρο απόθεσης ή απόρριψης σε οποιαδήποτε απόσταση.	$15\% \cdot (26,00 \cdot 5,00 + 2 \cdot 1/2 \cdot 6,00 \cdot 5,00) \cdot 1,00$	= 24 ~ 25.0 m³
3.	Κατασκευή συμπυκνωμένου επιχώματος από υλικά που έχουν προσκομισθεί επί τόπου	$2 \cdot 5 \cdot 1/2 \cdot 1,00 \cdot 1,00$	5.0 = 5.0 m³
	<u>Συρματοκιβώτια διαστάσεων 1,00*2,00*0,10</u>		
	Επιφάνεια ενός:	$2 \cdot 2,00 \cdot 1,00 + 2 \cdot 1,00 \cdot 1,00 + 2 \cdot 2,00 \cdot 1,00$	= 10.0 m ²
	Βάρος ενός:	$2,00 \text{ kg/m}^2 \cdot 10 \text{ m}^2$	= 20.0 kg.
	Πλήρωση φατνών ενός:	$2,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00$	= 2.0 m ³
	<u>Τεμάγια συρματοκιβωτίων διαστάσεων 2,00*1,00*1,00</u>		
	$14 + 2 \cdot 5$	24 =	24 τεμ.
4.	Κατασκευή φατνών συρματοκιβωτίων ή συρματοκυλίνδρων (gabions) με γαλβανισμένο συρματοπλέγμα διπλής πλέξης.	$24 \text{ τεμ} \cdot 20,00 \text{ kg/τεμ}$	= 480 = 480.0 kg
5.	Πλήρωση συρματοκιβωτίων και συρματοκυλίνδρων με θραυστό υλικό, λατομικής προέλευσης	$24 \text{ τεμ} \cdot 2,00 \text{ m}^3/\text{τεμ}$	= 48.0 = 48.0 m³
6.	Προμήθεια και τοποθέτηση γεωϋφάσματος προστασίας Για γεωϋφασμα μη υφαντό, των 300 kg/m ²	$(2 \cdot 10,00 \cdot 1,00 + 28,00) \cdot 1,00$	48.0 = 48.0 m²

Σελίδα 1

8.7.2 Προϋπολογισμός

Τέλος παρουσιάζεται ο ενδεικτικός προϋπολογισμός δημοπράτησης για τα έργα διευθέτησης τμήματος του ρέματος Ραφήνας. Οι υπολογισμοί που αφορούν στον προϋπολογισμό στηρίζονται σε τιμές που προσδιορίστηκαν με βάση τα εγκεκριμένα

ενιαία τιμολόγια εργασιών, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 3263/2004 (ΦΕΚ 179/Α΄/28.09.2004), όπως βελτιώθηκαν και ισχύουν σήμερα σύμφωνα με τον πίνακα τιμών Υδραυλικών έργων όπως προκύπτει από την αναπροσαρμογή του Αυγούστου 2007 . Στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 8.14) παρουσιάζεται ο προϋπολογισμός των προτεινόμενων έργων ανά μέτρο μήκους του ρέματος.

Πιν. 8.14 : Προϋπολογισμός Δημοπράτησης Έργων

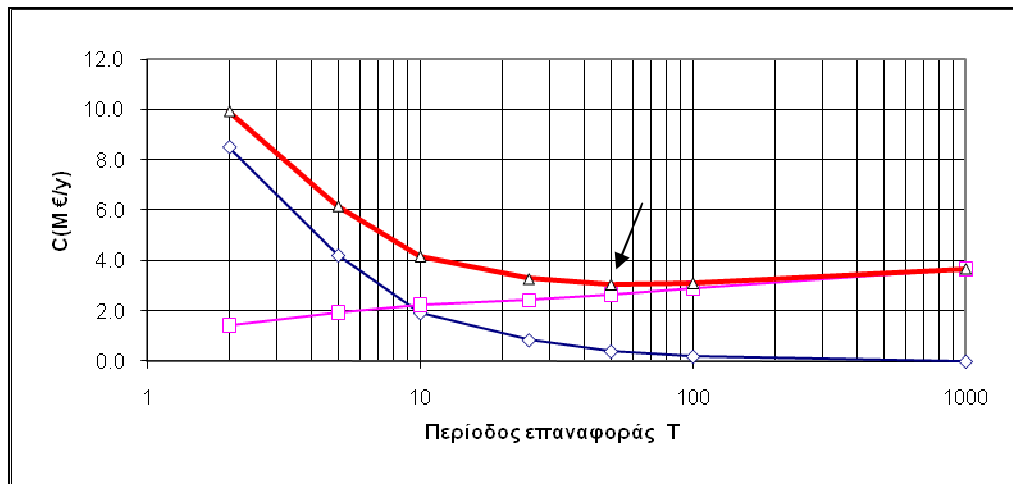
ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΗΜΟΠΡΑΤΗΣΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ (ανά μ.μ.)

A.T.	Εργασία	Άρθρο για Αναθεώρηση	Είδος Μονάδας	Τιμή Μονάδας (€)	Ποσότητα	Δαπάνη (€)
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1 - ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ						
1.03	Εκσκαφές τάφρων ή διαρύγων σε εδάφη γαιώδη - ημιβραχώδη. Με την παράπλευρη απόθεση των προϊόντων εκσκαφών	3.01.01	m ³	0.50 €	140.0	70.00 €
1.04	Εκσκαφές τάφρων ή διαρύγων σε εδάφη βραχώδη χωρίς χρήση εκρηκτικών. Με τη φόρτωση των προϊόντων επί αυτοκινήτου και τη μεταφορά στο χώρο απόθεσης ή απόρριψης σε οποιαδήποτε απόσταση.	3.03.02 (Παραγόμενο)	m ³	21.41 €	25.0	535.25 €
1.17	Κατασκευή συμπακνωμένου επιχώματος από υλικά που έχουν προσκομισθεί επί τόπου	5.01	m ³	0.55 €	5.0	2.75 €
1.24	Κατασκευή φατνών συρματοκιβωτίων ή συρματοκυλίνδρων (gabions) με γαλβανισμένο συρματοπλέγμα διπλής πλέξης	8.01.01	kg	2.10 €	480.0	1,008.00 €
1.25	Πλήρωση συρματοκιβωτίων και συρματοκυλίνδρων με θραυστό υλικό, λατομικής προέλευσης	8.02.01	m ³	16.00 €	48.0	768.00 €
Σύνολο Κατηγορίας 1:						2,384.00 €
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2 - ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ						
2.10	Προμήθεια και τοποθέτηση γεωϋφάσματος προστασίας Για γεώφασμα μη υφαντό, των 300 kg/m ²	14.05.02 (Παραγόμενο)	m ²	1.60 €	48.0	76.80 €
Σύνολο Κατηγορίας 2:						76.80 €
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ (1)+(2)						2,460.80 €
ΓΕΝΙΚΑ ΕΞΟΔΑ & ΟΦΕΛΟΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ 18% =						442.94 €
ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ: Δύο χιλιάδες εννακόσια τρία ευρώ και εβδομήντα τέσσερα λεπτά					ΔΑΠΑΝΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ =	2,903.74 €
					ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 15% =	435.56 €
ΑΘΡΟΙΣΜΑ (Σ1)=						3,339.30 €
ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ =						190.11 €
ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ =						3,529.41 €
ΠΡΟΒΛΕΨΗ για Φ.Π.Α. 19% =						670.59 €
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ =						4,200.00 €

8.8 ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ

Για το βέλτιστο σχεδιασμό των έργων διευθέτησης ελέγχονται οι παροχές σχεδιασμού περιόδου επαναφοράς 2, 5, 10, 25, 50, 100 και 1000. Για κάθε τέτοιο σενάριο υπολογίζονται οι ετήσιες δαπάνες των έργων και οι ετησιοποιημένες οικονομικές ζημιές. Ο βέλτιστος σχεδιασμός είναι εκείνος που το άθροισμα των δαπανών για τα έργα και οι οικονομικές ζημιές είναι ελάχιστο. Στο σχήμα 8.7 παρουσιάζεται η καμπύλη του αθροίσματος και προσδιορίζεται ο βέλτιστος σχεδιασμός για διακύβευμα 20000 €/στρέμμα και για επιτόκιο προεξόφλησης 4,5%. Σημειώνεται ότι για λόγους απλοποίησης δεν λαμβάνεται υπόψη το κόστος συντήρησης με την παραδοχή ότι η αύξηση του επιτοκίου από 4 σε 4,5% καλύπτει και το κόστος συντήρησης. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση ευαισθησίας σε σχέση με τον βέλτιστο οικονομικό σχεδιασμό με μεταβολή των βασικών παραμέτρων όπως είναι το διακύβευμα και το επιτόκιο δανεισμού.

		n=	50	
D		i=	4.50%	
20000		Δαπάνη	Δαπάνη	Σύνολο
T	C	Έργων	Έργων/έτος	
zero	35.41			35.41
2	8.49	28.1	1.42	9.91
5	4.20	38.4	1.94	6.14
10	1.91	44.4	2.25	4.16
25	0.84	47.8	2.42	3.26
50	0.40	52.0	2.63	3.03
100	0.20	57.2	2.89	3.09
1000	0.00	72.4	3.66	3.66



Σχ. 8.7: Προσδιορισμός βέλτιστου (οικονομικά) σχεδιασμού έργων διευθέτησης στο ρ. Ραφήνας

Στον πίνακα που συνοδεύει το διάγραμμα είναι το μέσο διακύβευμα, T η περίοδος επαναφοράς και C το ύψος των οικονομικών ζημιών.

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα του σχήματος 8.7 ο βέλτιστος οικονομικός σχεδιασμός καταλήγει σε διευθέτηση παροχής σχεδιασμού που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς 50 ετών (Ελάχιστο συνολικό κόστος 3,03 Μ€/έτος).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

9.1 ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΖΗΜΙΩΝ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΥΣ

Η μεθοδολογία που προηγήθηκε και εφαρμόστηκε σε ένα συγκεκριμένο έργο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλα έργα με όμοιες συνθήκες και προβλήματα. Προϋπόθεση για την χρησιμοποίηση της μεθοδολογίας σε άλλες περιοχές είναι να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα αυτών των περιοχών. Πιο αναλυτικά τα στοιχεία/δεδομένα που αλλάζουν με την αλλαγή της περιοχής είναι:

- α) Βροχομετρικά δεδομένα (π.χ. όμβρια καμπύλη)
- β) Χαρακτηριστικά απόκρισης της λεκάνης απορροής (π.χ. αριθμός CN της λεκάνης)
- γ) Ανάγλυφο (κατά μήκος κλίση του ρέματος και εγκάρσιες κλίσεις)
- δ) Χρήσεις γης εκατέρωθεν του ρέματος (π.χ. συντελεστής τραχύτητας Manning)
- ε) Μέσο διακύβευμα

ζ) Επιτόκιο προεξόφλησης (δανεισμού)

η) Οικονομική ζωή αντιπλημμυρικών έργων

Συνεπώς με τα δεδομένα κάθε περιοχής μπορεί να εφαρμόζεται η προτεινόμενη μεθοδολογία και να προκύπτουν ορθολογικά τα μεγέθη σχεδιασμού (π.χ. η παροχή σχεδιασμού συγκεκριμένης περιόδου επαναφοράς). Όμως και για την ίδια περιοχή όλα τα παραπάνω δεδομένα δεν είναι απολύτως προσδιορίσιμα και μοναδικά. Κρατώντας τα φυσικά χαρακτηριστικά σταθερά αυτά που αλλάζουν σημαντικά με τον χρόνο ή με διαφορετική θεώρηση είναι:

- το μέσο διακύβευμα
- το επιτόκιο προεξόφλησης

Στις επόμενες δύο παραγράφους γίνεται μία προσπάθεια ανάλυσης ευαισθησίας με την σταδιακή μεταβολή του μέσου διακυβεύματος και του επιτοκίου προεξόφλησης ώστε να φανεί κατά πόσο σταθερό είναι το αποτέλεσμα.

9.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΜΕΣΟ ΔΙΑΚΥΒΕΥΜΑ

Όπως τονίστηκε κατ' επανάληψη το διακύβευμα, που είναι το βασικό μέγεθος στον προσδιορισμό των οικονομικών ζημιών από τις πλημμύρες υπολογίζεται με βάση πολλές παραδοχές και με εκτιμήσεις της εξέλιξης της περιοχής στο μέλλον. Είναι συνεπώς ένα ιδιαίτερα αβέβαιο μέγεθος ενώ η όποια προσπάθεια εκτίμησης του για μελλοντικούς χρονικούς ορίζοντες δίνει ακόμη πιο αβέβαια αποτελέσματα.

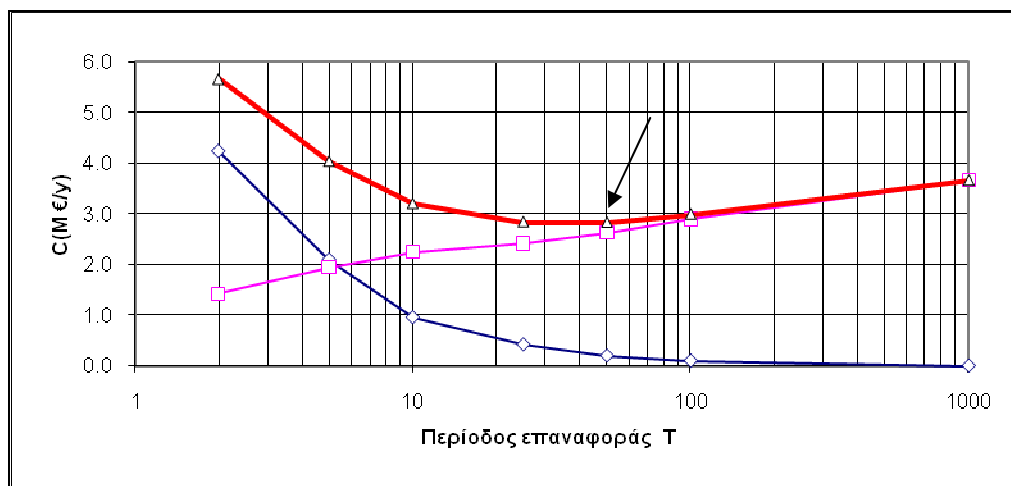
Για την περίπτωση του ρ. Ραφήνας όπως ήδη αναφέρθηκε, η εκτίμηση του μέσου διακυβεύματος μπορεί να έχει εύρος από 10000 €/στρέμμα μέχρι 100000 €/στρέμμα. Αξίζει να δούμε πως ένα τόσο μεγάλο εύρος τιμών επηρεάζει το αποτέλεσμα της ορθολογικής λύσης. Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης διατηρώντας όλα τα στοιχεία σταθερά και μεταβάλλοντας μόνο το μέσο διακύβευμα από 10000 μέχρι 100000 €/στρέμμα. Στα σχήματα αυτά

παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για $D= 10000, 20000, 30000, 50000$ και 100000 €/στρ.

D

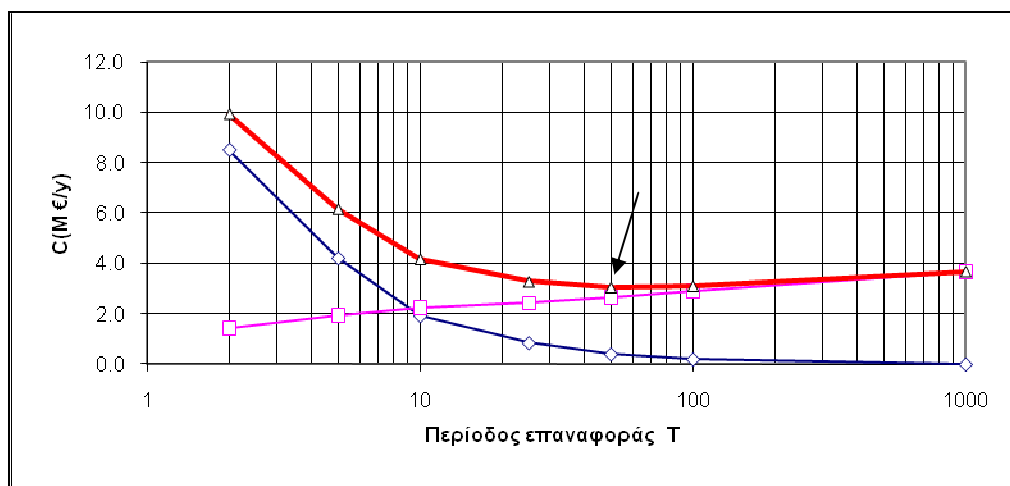
10000		Δαπάνη	Δαπάνη	Συνολο
T	C	Εργων	Εργων/ετος	
zero	17.70			17.70
		0.0506	0.0506	
2	4.25	28.1	1.42	5.67
5	2.10	38.4	1.94	4.04
10	0.96	44.4	2.25	3.20
25	0.42	47.8	2.42	2.84
50	0.20	52.0	2.63	2.83
100	0.10	57.2	2.89	2.99
1000	0.00	72.4	3.66	3.66

Μοβ γραμμή: Ετησιοποιημένο κόστος έργων
 Μπλε γραμμή: Αναμενόμενο ετήσιο ύψος ζημιών
 Κόκκινη γραμμή: Άθροισμα των παραπάνω μεγεθών



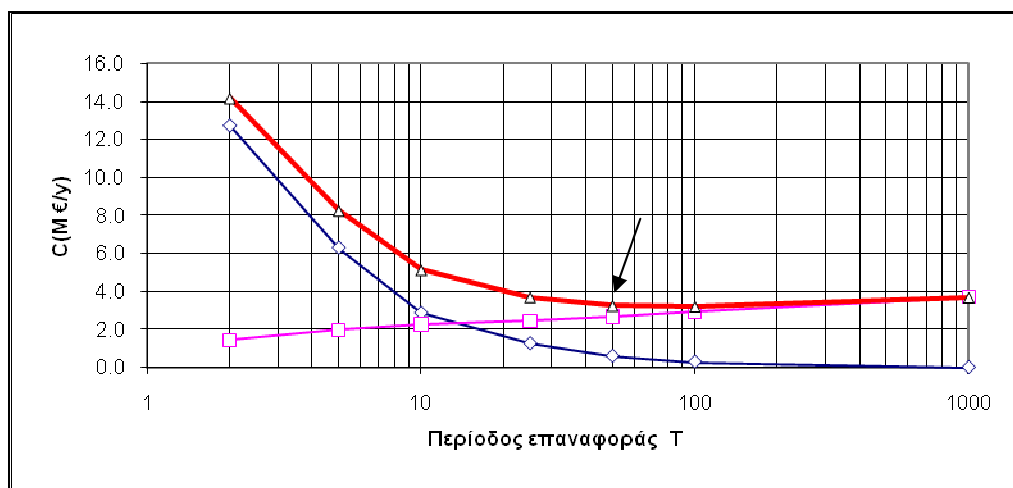
Σχ. 9.1 : Με μέσο διακύβευμα $D=10000$ €/στρ. η βέλτιστη οικονομική λύση είναι οριακά για $T=50$ έτη

		n=	50	
D		i=	4.50%	
20000		Δαπάνη	Δαπάνη	Συνολο
T	C	Εργων	Εργων/ετος	
zero	35.41			35.41
2	8.49	28.1	1.42	9.91
5	4.20	38.4	1.94	6.14
10	1.91	44.4	2.25	4.16
25	0.84	47.8	2.42	3.26
50	0.40	52.0	2.63	3.03
100	0.20	57.2	2.89	3.09
1000	0.00	72.4	3.66	3.66



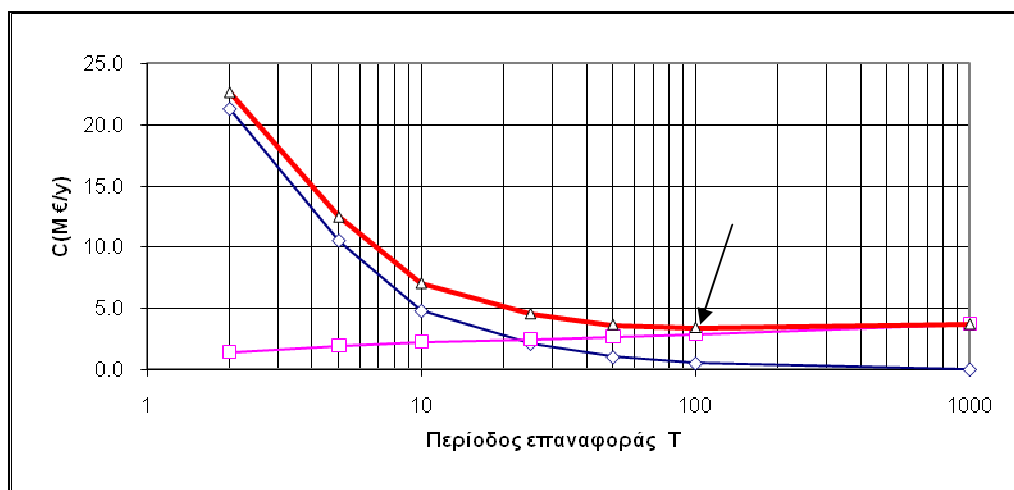
Σχ. 9.2 : Μέσο διακύβευμα $D=20000$ €/στρ. , βέλτιστή λύση $T=50$ έτη

		n=	50		
D		i=	4.50%		
30000		Δαπάνη	Δαπάνη	Συνολο	
T	C	Εργων	Εργων/ετος		
zero	53.11			53.11	
2	12.74	28.1	1.42	14.16	
5	6.30	38.4	1.94	8.24	
10	2.87	44.4	2.25	5.11	
25	1.26	47.8	2.42	3.68	
50	0.60	52.0	2.63	3.23	
100	0.29	57.2	2.89	3.19	
1000	0.00	72.4	3.66	3.66	



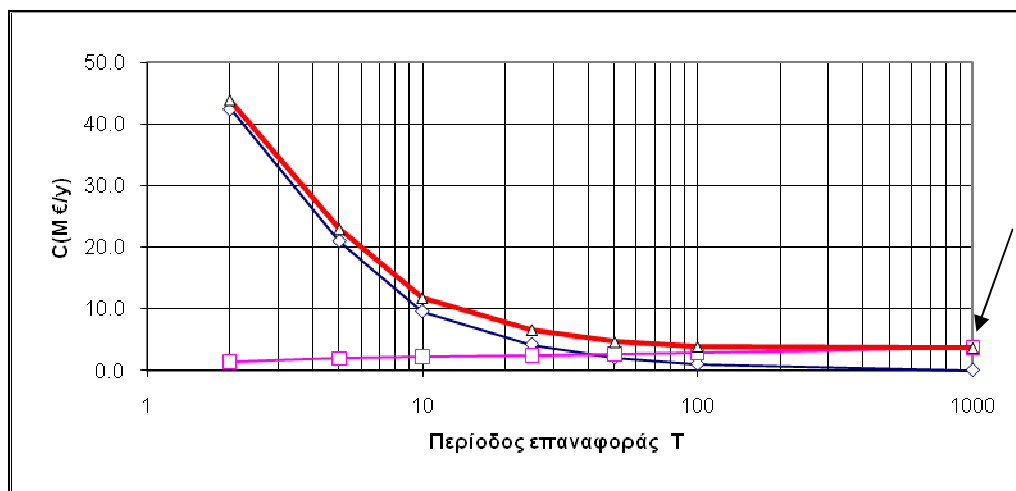
Σχ. 9.3 : Μέσο διακόβενμα $D=30000$ €/στρ. , βέλτιστή λύση $T=100$ έτη

		n=	50	
D		i=	4.50%	
50000		Δαπάνη	Δαπάνη	Συνολο
T	C	Εργων	Εργων/ετος	
zero	88.51			88.51
2	21.23	28.1	1.42	22.65
5	10.50	38.4	1.94	12.44
10	4.78	44.4	2.25	7.02
25	2.10	47.8	2.42	4.52
50	1.00	52.0	2.63	3.63
100	0.49	57.2	2.89	3.38
1000	0.00	72.4	3.66	3.66



Σχ. 9.4 : Μέσο διακόβευμα $D=50000$ €/στρ. , βέλτιστη λύση $T=100$ έτη

		n=	50	
D		i=	4.50%	
100000		Δαπάνη	Δαπάνη	Συνολο
T	C	Εργων	Εργων/ετος	
zero	177.03			177.03
2	42.45	28.1	1.42	43.87
5	21.00	38.4	1.94	22.94
10	9.55	44.4	2.25	11.80
25	4.20	47.8	2.42	6.62
50	1.99	52.0	2.63	4.62
100	0.98	57.2	2.89	3.87
1000	0.00	72.4	3.66	3.66



Σχ. 9.5 : Μέσο διακόβευμα $D=100000$ €/στρ. , βέλτιστη λύση για T μεγαλύτερο των 100 ετών

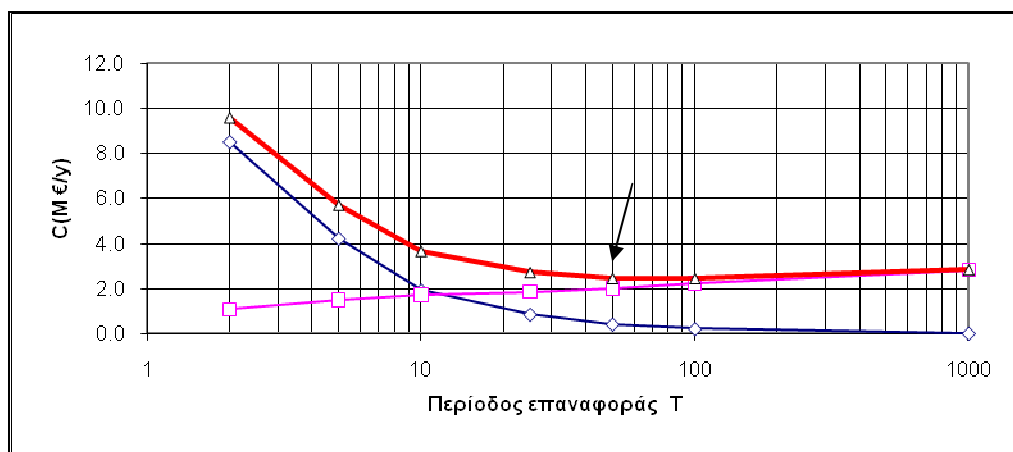
9.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ

Ένα άλλο μεταβλητό μέγεθος, αν και λιγότερο μεταβλητό από το διακύβευμα, είναι το επιτόκιο προεξόφλησης. Το επιτόκιο προεξόφλησης επηρεάζει άμεσα το κόστος των έργων και επομένως εκτιμάται ότι επηρεάζει έμμεσα το σημείο βέλτιστου οικονομικά σχεδιασμού.

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται διαδοχικά οι καμπύλες κόστους των έργων καθώς και η καμπύλη αθροίσματος οικονομικών ζημιών και κόστους των έργων για επιτόκια δανεισμού 3, 4.5 , 6 και 12%. Για απλοποίηση στο κόστος των έργων λαμβάνεται υπόψη μόνο το τοκοχρεολύσιο από την αρχική δαπάνη των έργων και όχι οι ετήσιες δαπάνες συντήρησης που είναι πρακτικά σταθερές. Το μέσο διακύβευμα διατηρείται σταθερό $D=20000$ €/στρ.

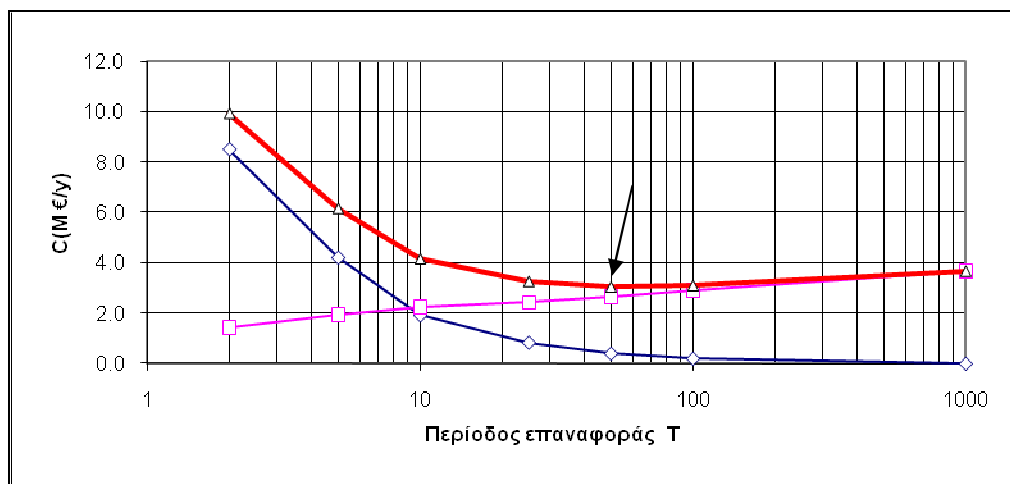
Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας ως προς το επιτόκιο, αυτό φαίνεται να μην επηρεάζει σημαντικά τη βέλτιστη λύση που για το εύρος 3-6% εξακολουθεί να είναι $T=50$ έτη. Η αναμενόμενη διαφοροποίηση της βέλτιστης λύσης προς μικρότερη περίοδο επαναφοράς ($T=25$ έτη) προκύπτει μόνο για επιτόκιο 12% (Σχ. 9.9).

		n=	50	
D		i=	3.00%	
20000		Δαπάνη	Δαπάνη	Συνολο
T	C	Εργων	Εργων/ετος	
zero	35.41		0.0389	35.41
2	8.49	28.1	1.09	9.58
5	4.20	38.4	1.49	5.69
10	1.91	44.4	1.73	3.64
25	0.84	47.8	1.86	2.69
50	0.40	52.0	2.02	2.42
100	0.20	57.2	2.22	2.42
1000	0.00	72.4	2.81	2.81



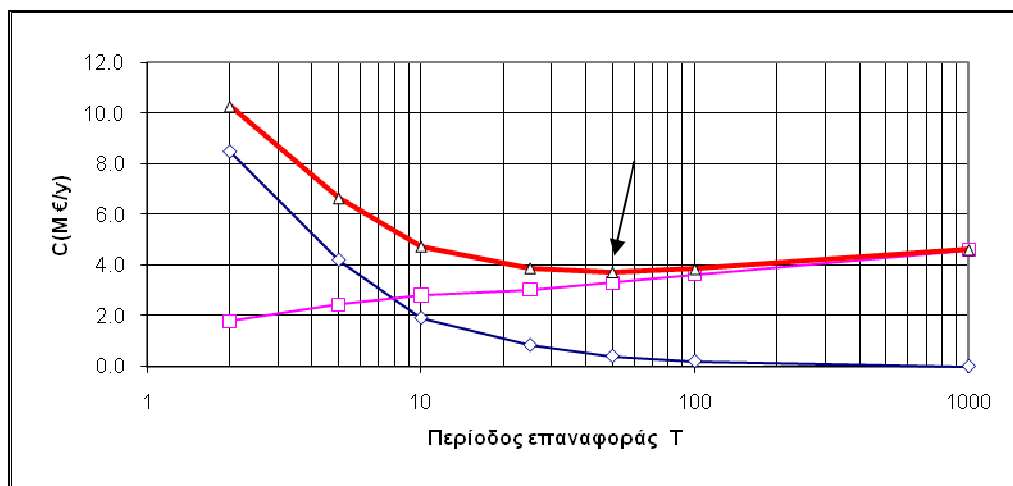
Σχ. 9.6 : Για επιτόκιο 3% η βέλτιστη λύση είναι $T=50$ έτη (μέχρι 100 έτη)

		n=	50	
D		i=	4.50%	
20000		Δαπάνη	Δαπάνη	Συνολο
T	C	Εργων	Εργων/ετος	
zero	35.41		0.0506	35.41
2	8.49	28.1	1.42	9.91
5	4.20	38.4	1.94	6.14
10	1.91	44.4	2.25	4.16
25	0.84	47.8	2.42	3.25
50	0.40	52.0	2.63	3.03
100	0.20	57.2	2.89	3.09
1000	0.00	72.4	3.66	3.66



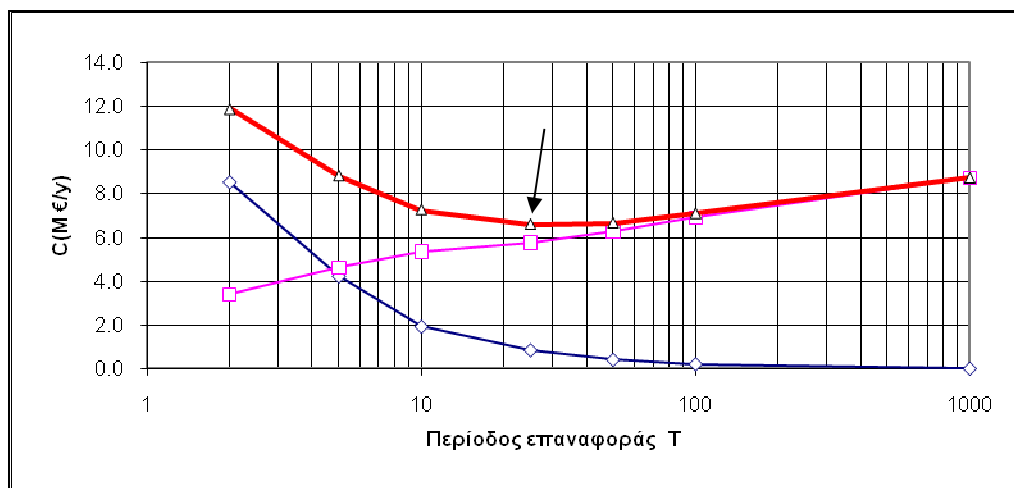
Σχ. 9.7 : Για επιτόκιο 4,5% η βέλτιστη λύση είναι $T=50$ έτη

		n=	50	
D		i=	6.00%	
20000		Δαπάνη	Δαπάνη	Συνολο
T	C	Εργων	Εργων/ετος	
zero	35.41		0.0634	35.41
2	8.49	28.1	1.78	10.27
5	4.20	38.4	2.44	6.64
10	1.91	44.4	2.82	4.73
25	0.84	47.8	3.03	3.87
50	0.40	52.0	3.30	3.70
100	0.20	57.2	3.63	3.83
1000	0.00	72.4	4.59	4.59



Σχ. 9.8 : Για επιτόκιο 6% η βέλτιστη λύση είναι $T=50$ έτη

		n=	50	
D		i=	12.00%	
20000		Δαπάνη	Δαπάνη	Συνολο
T	C	Εργων	Εργων/ετος	
zero	35.41		0.1204	35.41
2	8.49	28.1	3.38	11.87
5	4.20	38.4	4.62	8.82
10	1.91	44.4	5.35	7.26
25	0.84	47.8	5.76	6.59
50	0.40	52.0	6.26	6.66
100	0.20	57.2	6.89	7.09
1000	0.00	72.4	8.72	8.72

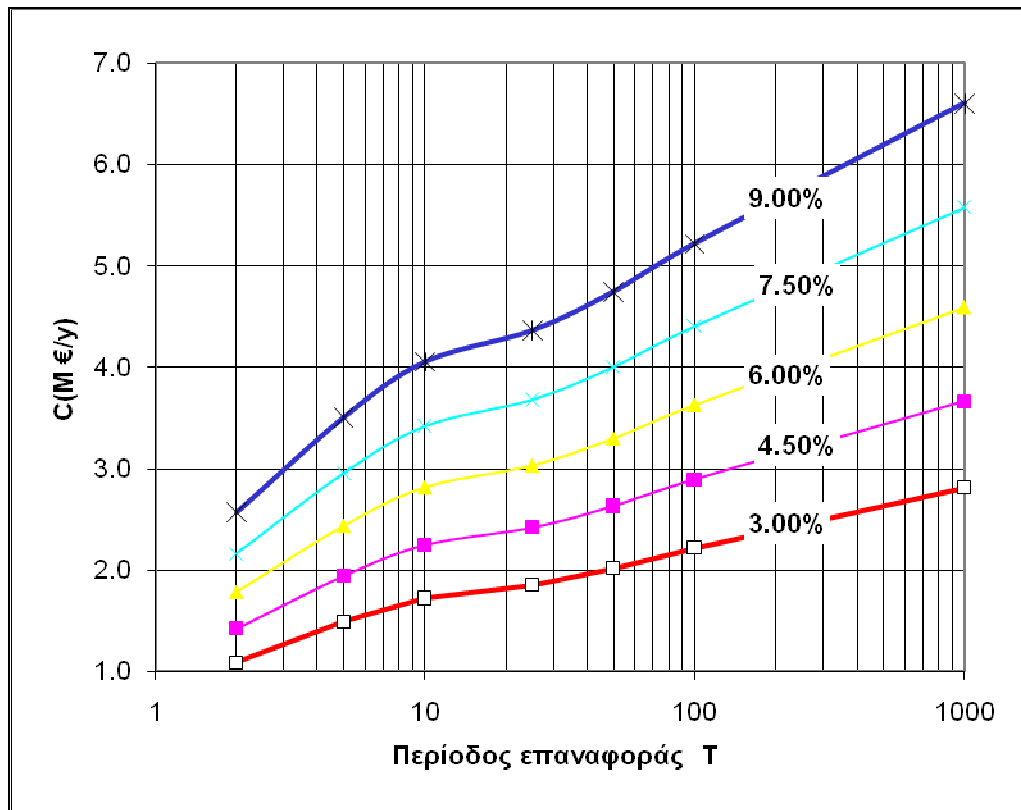


Σχ. 9.9 : Για επιτόκιο 12% η βέλτιστη λύση είναι $T=25$ έτη

9.4 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΡΓΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ

Όπως είναι φανερό στην προηγούμενη παράγραφο η μεταβολή στο επιτόκιο δανεισμού επηρεάζει τη βέλτιστη λύση λόγω της μεταβολής στο ετήσιο κόστος έργων. Η μεταβολή αυτή φαίνεται πιο καθαρά στο σχήμα 9.10 που παρουσιάζει το ετήσιο κόστος των έργων για τα επιτόκια 3, 4.5, 6, 7.5 και 9%.

	n=	50				
	i=	3.00%	4.5%	6.0%	7.5%	9.0%
D	CRF=	0.0389	0.0506	0.0634	0.0771	0.0912
20000	Δαπάνη	Δαπάνη				
T	Εργων	Εργων/ετος				
2	28.1	1.09	1.42	1.78	2.17	2.56
5	38.4	1.49	1.94	2.44	2.96	3.50
10	44.4	1.73	2.25	2.82	3.42	4.05
25	47.8	1.86	2.42	3.03	3.68	4.36
50	52.0	2.02	2.63	3.30	4.01	4.74
100	57.2	2.22	2.89	3.63	4.41	5.22
1000	72.4	2.81	3.66	4.59	5.58	6.60



Σχ. 9.10 : Η μεταβολή του ετήσιου κόστους των έργων για διάφορα επιτόκια δανεισμού (3, 4.5, 6, 7.5 και 9%)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

10.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ – ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεταπτυχιακή αυτή εργασία είχε ως στόχο τη διαμόρφωση μιας απλοποιημένης μεθοδολογίας για την εκτίμηση των οικονομικών ζημιών από τις πλημμύρες. Με δεδομένο ότι οι πλημμύρες είναι ένα ακραίο φαινόμενο που περιγράφεται από μία συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας, η εκτίμηση των οικονομικών ζημιών γίνεται ως μέσο αναμενόμενο μέγεθος ανά έτος (ετησιοποιημένο μέγεθος). Το μέγεθος αυτό αντιπροσωπεύει τη διακινδύνευση μιας περιοχής από τον κίνδυνο πλημμύρας και δείχνει το πόσο επιρρεπής στις πλημμύρες είναι αυτή η περιοχή αλλά και πόσο μεγάλο είναι το διακύβευμα που εκτίθεται σε κίνδυνο.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία στηρίζεται στην απλοποιημένη παράσταση του αναγλύφου με διατομές που χαρακτηρίζονται από σταθερές εγκάρσιες κλίσεις

εκατέρωθεν του ρέματος. Για τον υπολογισμό της έκτασης κατάκλυσης χρησιμοποιήθηκαν οι υδραυλικοί υπολογισμοί ομοιόμορφης μονοδιάστατης ροής που προέκυψαν με τη χρήση κατάλληλου υπολογιστικού λογισμικού.

Δεύτερος κύριος στόχος της εργασίας ήταν ο οικονομικά ορθολογικός σχεδιασμός αντιπλημμυρικών έργων. Για το στόχο αυτό παρουσιάστηκε η διαδικασία υπολογισμού του κόστους των έργων διευθέτησης ενός υδατορεύματος και η αναγωγή των οικονομικών μεγεθών σε ετήσια βάση. Με τον τρόπο αυτό τόσο το κόστος των έργων όσο και οι οικονομικές ζημιές εκφράστηκαν σε ομοειδή μεγέθη. Τελικά ο βέλτιστος από οικονομική άποψη σχεδιασμός προκύπτει ως ο σχεδιασμός με το ελάχιστο άθροισμα οικονομικών ζημιών και κόστους των έργων.

10.2 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η χρησιμότητα της εργασίας έγκειται στο γεγονός ότι συμβάλλει στην αδρομερή αλλά και γρήγορη εκτίμηση των οικονομικών ζημιών και της πλημμυρικής διακινδύνευσης μιας παραρεμάτιας περιοχής. Η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προκαταρκτικές προσεγγίσεις στην κατεύθυνση των εργασιών που προβλέπονται με βάση την Οδηγία 2007/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις πλημμύρες. Η εκτίμηση της διακινδύνευσης σε ετήσιες χρηματικές μονάδες, που περιλαμβάνει την στοχαστική εξέλιξη των πλημμυρών σε μία περιοχή αλλά και το διακύβευμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κύριο οικονομικό κριτήριο για την ιεραρχική κατάταξη των περιοχών που κινδυνεύουν από πλημμύρες. Με τον τρόπο αυτό η πολιτεία θα μπορεί να ιεραρχήσει τις ανάγκες της από πλευράς έργων που απαιτούνται για την προστασία από τις πλημμύρες.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία είναι επίσης χρήσιμη για τον ορθολογικό σχεδιασμό των αντιπλημμυρικών έργων αφού για κάθε σχεδιασμό μπορεί να δώσει σε ετησιοποιημένο μέγεθος τόσο το κόστος των έργων όσο και το ύψος των οικονομικών ζημιών. Συνεπώς μπορεί πάντα να βοηθά στην επιλογή της βέλτιστης

οικονομικά λύσης. Σημειώνεται ότι στην οικονομική ανάλυση χρησιμοποιούνται οι λογιστικές (σκιώδεις) τιμές και όχι οι τιμές αγοράς.

10.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Είναι προφανές ότι η προτεινόμενη μεθοδολογία προτείνεται και ισχύει για τις περισσότερες συνθήκες πλημμυρών από ρέματα και ποταμούς. Υπάρχουν όμως και περιορισμοί αλλά και θέματα που χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση. Οι βασικοί περιορισμοί και αδυναμίες εφαρμογής της μεθόδου είναι :

- 1) το ανάγλυφο είναι ιδιαίτερα ανομοιόμορφο και δεν προσεγγίζεται με απλές σταθερές κλίσεις εκατέρωθεν του ρέματος
- 2) οι συνθήκες δόμησης και χρήσεων γης είναι εντελώς διαφορετικές κατά μήκος του ρέματος ώστε να μην μπορεί να επιλεγεί ένα μικρό τμήμα που να αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό τμήμα του ρέματος
- 3) οι κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες, η δόμηση και γενικότερα οι χρήσεις γης για το μέλλον δεν μπορούν να προβλεφθούν με κάποια στοιχειώδη σιγουριά
- 4) η μακροχρόνια οικονομική ανάλυση έργων και ζημιών εμπεριέχει μεγάλη αβεβαιότητα όσον αφορά τα οικονομικά μεγέθη
- 5) η μεθοδολογία υποτιμά τις ζημιές από τις πλημμύρες αφού αρκείται στον προσδιορισμό μόνο των άμεσων οικονομικών ζημιών. Οι άλλες επιπτώσεις (μετρήσιμες ή μη) μπορεί να είναι πολύ πιο σημαντικές χωρίς όμως να λαμβάνονται υπόψη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η προτεινόμενη μεθοδολογία να τείνει να προτείνει μικρά αντιπλημμυρικά έργα δηλαδή έργα με παροχές σχεδιασμού μικρών περιόδων επαναφοράς. Στην πραγματικότητα η υποδεικνυόμενη ως βέλτιστη οικονομικά λύση να είναι μεγαλύτερη αυτής που προκύπτει από την προτεινόμενη μεθοδολογία.

10.4 ΚΥΡΙΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της εργασίας που αναφέρονται στην συγκεκριμένη περιοχή του ρέματος Ραφήνας, από τη γενίκευση που επιχειρήθηκε, αλλά και από την ανάλυση ευαισθησίας των βασικών μεγεθών προέκυψαν σημαντικά συμπεράσματα.

- 4) Για την πεδινή περιοχή του ρέματος Ραφήνας η εργασία κατέληξε ως βέλτιστο σχεδιασμό αντιπλημμυρικής προστασίας τη διευθέτηση του ρέματος με συρματοκιβώτια με παροχές σχεδιασμού (για το εκτιμώμενο διακύβευμα) που αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς 50 έτη (ή και μεγαλύτερη).
- 5) Όπως ήταν αναμενόμενο από την ανάλυση ευαισθησίας προέκυψε ότι όσο το διακύβευμα μεγαλώνει τόσο η πλημμυρική διακινδύνευση μεγαλώνει και ωθεί για αποφάσεις για αντιπλημμυρικά έργα με μεγαλύτερη περίοδο επαναφοράς (δηλ. που εξασφαλίζουν μεγαλύτερη θωράκιση μιας περιοχής από τον κίνδυνο των πλημμυρών). Για παράδειγμα αν το διακύβευμα φτάσει στα 100000 €/στρ. ο σχεδιασμός μπορεί να φτάσει σε περιόδους επαναφοράς πολύ πιο πάνω από τα 100 έτη.
- 6) Όσο το επιτόκιο προεξόφλησης (δηλ. δανεισμού) μεγαλώνει τόσο το κόστος των έργων μεγαλώνει και η μεθοδολογία που προτείνεται ωθεί προς μικρότερα έργα δηλαδή έργα με παροχή σχεδιασμού μικρότερης περιόδου επαναφοράς. Όμως η βέλτιστη λύση δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στο επιτόκιο δανεισμού.

Για ακριβέστερη προσέγγιση απαιτείται μια περισσότερο προχωρημένη μεθοδολογία που θα βελτιώσει όλες τις επιμέρους απλοποιητικές προσεγγίσεις που συνοπτικά είναι :

- Το ανάγλυφο να προσεγγισθεί με λεπτομερή ψηφιακά μοντέλα αναγλύφου.

- Οι χρήσεις γης και τα άλλα γεωγραφικά στοιχεία να παρουσιάζονται με επίπεδα πληροφοριών σε κατάλληλο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.
- Η μοντελοποίηση της ροής να προσεγγίζεται με αναλυτική χωροχρονική παρακολούθηση σε δύο διαστάσεις (πλημμύρα ως μεταβαλλόμενο ασταθές χωροχρονικό μέγεθος).
- Οι κοινωνικοοικονομικές συνθήκες και οι αλλαγές στη χρήση γης να προσεγγίζονται με ολοκληρωμένα κατά το δυνατόν χωροταξικά και κοινωνικοοικονομικά μοντέλα ώστε να περιορίζονται οι αβεβαιότητες των εμπειρικών εκτιμήσεων που χρησιμοποιεί και η προτεινόμενη μεθοδολογία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βασιλείου Μ. , 2008. Εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου στα κύρια ρέματα του δήμου Ζαχάρως. Διπλωματική Εργασία για το Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»
- Βλάχου Α. , 2001. Περιβάλλον και Φυσικοί Πόροι – Οικονομική Θεωρία και Πολιτική. Εκδόσεις Κριτική
- AFORISM, 1996. A comprehensive forecasting system for flood risk mitigation and control, University of Bologna, 568 pp, Department of Water Resources, Hydraulic and Maritime Engineering – National Technical University of Athens, Bologna, April 1996.
- CANAH (Sayias I.), 2006. SI.PRO.CI Technical Report
- CANAH (Centre for the Assessment of Natural Hazards and Proactive Planning) 2007, DISMA (Disaster Management GIS with emphasis on cultural sites) Technical Report, Project DISMA – Interreg 3c.
- Chin D. , 2006. Water Resources Engineering. 2nd Edition, Pearson/ Pentice Hall
- EU, 2007. Directive 2007/60

- FEMA- Federal Emergency Management Agency, 1993. Flood insurance study guidelines and specifications for study contractors. Report 37, Washington D.C.
- Ζεντέλης Π., 2001. Real Estate, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Καρύμπαλης Ε., Κ. Γακη-Παπαναστασίου και Χ. Μαρουκιάν, 2007. Ποιος ευθύνεται για τα πλημμυρικά επεισόδια στο νομό Αττικής η φύση ή ο άνθρωπος ; Στο « Το Αύριο εν Κινδύνω» Επιμ. Κ.Σαπουντζάκη, Εκδόσεις Gutenberg
- Λιανός Θ., Δαμιανός Δ., Μέργος Γ., Ντεμούσης Μ., Κατρανίδης Σ., 1998. Αγροτική Οικονομική – Θεωρία και Πολιτική. Εκδόσεις Μπένου
- Ναλμπάντης Ι. και Λαζαρίδης Λ. (2004), «Αντιπλημμυρική προστασία λεκάνης ρέματος Ραφήνας», Ημερίδα ΤΕΕ «Αντιπλημμυρική Προστασία Αττικής»
- Pistrika A., Tsakiris G.: 2006, Flood Risk Assessment: A Methodological Framework. Water Resources Management: New Approaches and Technologies, European Water Resources Association, Chania, Crete – Greece, 14-16 June 2007
- Σαπουντζάκη Κ. (Επιμέλεια Έκδοσης), 2007. Το αύριο εν κινδύνω, Έκδόσεις Gutenberg

- Τσακίρης Γ. (Επιμέλεια Έκδοσης), 2004. Υδραυλικά Έργα : 2 (τόμοι) Εγγειοβελτιωτικά Έργα. Εκδόσεις Συμμετρία
- Tsakiris G. , 2007. Practical Application of Risk and Hazard Concepts in Proactive Planning. European Water 19/20 : 47-56
- U.S. Army Corps of Engineers, 1998. HEC-RAS Hydraulic Reference Manual, Version 2.2, Technical Reference Manual, Hydrologic Engineering Center, Davis
- U.S. Army Corps of Engineers, 2000. Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Technical Reference Manual CPD-74B, Hydrologic Engineering Center, Davis
- ΥΠΕΧΩΔΕ 2008. Μελέτη Διευθέτησης Ρέματος Ραφήνας, Υδρολογία – Μαθηματικό Ομοίωμα για την Υδρολογική Λεκάνη της Ραφήνας
- Χαλικιάς Ι, 2003. Στατιστική- Μέθοδοι Ανάλυσης για επιχειρηματικές αποφάσεις. Εκδόσεις Rosili
- Χατζηνικολάου Δ., 2002. Στατιστική για οικονομολόγους, Έκδοση Χατζηνικολάου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ