

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ  
ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ**

υπό

**ΜΙΧΑΗΛ ΛΑΖΑΡΙΔΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΖΗΛΙΑΣΚΟΠΟΥΛΟΣ  
ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των  
απαιτήσεων για την απόκτηση του  
Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού Βιομηχανίας

2008



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 6722/1  
Ημερ. Εισ.: 10-11-2008  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜΒ  
2008  
ΛΑΖ

© 2008 Μιχαήλ Λαζαρίδης

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

## **Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:**

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος  
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος  
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Κοζανίδης  
Λέκτορας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

### **Ευχαριστίες**

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητή κ. Αθανάσιο Ζηλιασκόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητές κ.κ. Γεώργιο Λυμπερόπουλο και Γεώργιο Κοζανίδη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Ευχαριστώ τα μέλη του εργαστηρίου S.O.L Μαρία Γιαννακού, Αθανάσιο Λόη και Ευάγγελο Κατσαρό, για την πολύτιμη βοήθειά τους και υποδείξεις τους σε όλη την διάρκεια της εκπόνησης μελέτης μου. Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Κώστα και Ελένη Λαζαρίδου για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Αφιερώνω αυτή την εργασία στην μητέρα μου και στον πατέρα μου.

Μιχαήλ Λαζαρίδης

# **ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ**

ΜΙΧΑΗΛ ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, 2008

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος, Καθηγητής  
Βελτιστοποίησης Συστημάτων Παραγωγής και Διοίκησης

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Τα πλημμυρικά φαινόμενα είναι ο πιο συχνός τύπος φυσικών καταστροφών στην Ευρώπη και αυξάνονται ολοένα και περισσότερο με την πάροδο του χρόνου. Στην εργασία αυτή εξετάζεται η πλημμύρα της πόλης του Βόλου και της περιοχής της Αγριάς.

Αρχικά γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση της μοντέλων που χρησιμοποιούνται διεθνώς για την εκτίμηση της επικινδυνότητας των έντονων πλημμυρικών φαινομένων που έχουν επιπτώσεις στην οικονομική και κοινωνική ζωή των πληγέντων περιοχών. Γίνεται ακόμη μία παράθεση των διεθνών κριτηρίων επικινδυνότητας ώστε να αποτελέσουν μέτρο σύγκρισης της επικινδυνότητας της πλημμύρας με άλλους κινδύνους

Και εν συνεχεία επιλέγεται μία μεθοδολογία εκτίμησης επικινδυνότητας την οποία και αναλύουμε με γνώμονα τον ανθρώπινο παράγοντα και σε μικρότερο βαθμό την οικονομική δραστηριότητα τις υποδομές και το περιβάλλον.

Κατόπιν προσαρμόζουμε τα δεδομένα της πόλης του Βόλου για να εκτιμηθεί το επίπεδο επικινδυνότητας για τον ανθρώπινο παράγοντα εξαιτίας των πλημμυρών, καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά των αντιμέτρων σε κάθε περιοχή ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε μίας ώστε να καταστούν πιο ρεαλιστικά

Τέλος προχωρούμε στη εξαγωγή συμπερασμάτων βασιζόμενοι στη συνολική μελέτη εκτίμησης επικινδυνότητας επικίνδυνων πλημμυρικών φαινομένων στο νομό Μαγνησίας.

## **Πίνακας Περιεχομένων**

<b>Κεφάλαιο 1</b>	<b>Εισαγωγή.....</b>	<b>11</b>
1.1	Παρουσίαση του Προβλήματος.....	11
1.2	Κίνητρο.....	13
1.2.1	Τα Πλημμυρικά Φαινόμενα στην Ευρώπη.....	13
1.2.2	Πλημμυρικά Φαινόμενα στον Ελλαδικό Χώρο.....	16
1.2.3	Ιστορικό Πλημμύρας στη Πόλη του Βόλου.....	17
1.3	Δομή Διπλωματικής Εργασίας.....	20
<b>Κεφάλαιο 2</b>	<b>Βιβλιογραφική Ανασκόπηση Μεθοδολογίας Εκτίμησης</b>	
	<b>Επικινδυνότητας.....</b>	<b>21</b>
2.1	Εκτίμηση Επικινδυνότητας.....	21
2.2	Κριτήρια Εκτίμησης Επικινδυνότητας Ανθρώπινου Παράγοντα.....	23
2.2.1	Ατομική Επικινδυνότητα.....	23
2.2.2	Κοινωνική Επικινδυνότητα.....	24
2.2.3	Συμπεράσματα.....	28
<b>Κεφάλαιο 3</b>	<b>Προτεινόμενη Μεθοδολογία Εκτίμησης Επικινδυνότητας.....</b>	<b>29</b>
3.1	Μεθοδολογία Εκτίμησης Επικινδυνότητας.....	29
3.1.1	Μεθοδολογία Εκτίμησης Επικινδυνότητας και Ανθρώπινος Παράγοντας.....	32
3.1.2	Μεθοδολογία Εκτίμησης Επικινδυνότητας και Οικονομική Δραστηριότητα - Υποδομές.....	33
3.1.3	Μεθοδολογία Εκτίμησης Επικινδυνότητας και Περιβάλλον.....	34
3.2	Ανάλυση Κινδύνου-Τρωτότητας.....	34
3.2.1	Ανάλυση Κινδύνου.....	35
3.2.2	Ανάλυση Τρωτότητας.....	36
3.3	Αβεβαιότητα .....	42
3.4	Επιπτώσεις και Αποτελέσματα Προτύπου Εκτίμησης Επικινδυνότητας	
	Ανθρώπινων Ζωών.....	42
3.4.1	Ανάλυση Επιπτώσεων.....	42

3.4.2	Αποτελέσματα Προτύπου Εκτίμησης Επικινδυνότητας.....	44
3.5	Συμπεράσματα.....	48
<b>Κεφάλαιο 4 Εφαρμογή Μεθοδολογίας Εκτίμησης Επικινδυνότητας στη</b>		
<b>Περιοχή του Βόλου με Γνώμονα τις Επιπτώσεις στον Ανθρώπινο</b>		
<b>Παράγοντα.....</b>		
4.1	Ανάλυση Κινδύνου.....	49
4.2	Ανάλυση Τρωτότητας.....	54
4.3	Επιπτώσεις του Προτύπου Εκτίμησης Επικινδυνότητας.....	57
4.4	Εκτίμηση Επικινδυνότητας.....	62
4.5	Συμπεράσματα.....	65
<b>Κεφάλαιο 5 Αποτελέσματα Εκτίμησης Επικινδυνότητας.....</b>		<b>66</b>
5.1	Σχεδιάγραμμα και Πίνακες Επικινδυνότητας.....	66
5.2	Γενικά Χαρακτηριστικά Σχεδίου Διαχείρισης Επικινδυνότητας.....	72
5.3	Αντίμετρα .....	75
5.3.1	Γενικά .....	75
5.3.2	Βελτιωμένα Συστήματα Προειδοποίησης και Εκκένωσης	
	Πλημμύρων .....	79
5.3.3	Μηχανικές Εργασίες Μείωσης Επικινδυνότητας.....	80
5.3.4	Εργασίες Απορροής και Συγκέντρωσης Υδάτων.....	81
5.3.5	Αναλογία Κόστους Οφέλους.....	81
5.4	Συμπεράσματα.....	81
<b>Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα και Συστάσεις.....</b>		<b>82</b>
6.1	Συμπεράσματα.....;	82
6.2	Συστάσεις .....	83
6.2.1	Συστάσεις Μείωσης Επικινδυνότητας στη Περίπτωση Βόλου.....	83
6.2.2	Γενικές Συστάσεις.....	91



<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>92</b>
<b>Κατάλογος Αρκτικόλεξων και Λεξιλόγιο Όρων .....</b>	<b>96</b>
<b>Παράρτημα .....</b>	<b>100</b>
<b>Κατάλογος Πινάκων</b>	
<b>Πίνακας 3.1:</b> Οικονομικά στοιχεία σε κίνδυνο.....	47
<b>Πίνακας 4.1:</b> Υγρομετρικός πίνακας για τον Βόλο (Εθνική Μετεωρολογική υπηρεσία).....	51
<b>Πίνακας 4.2:</b> Πίνακας Μέσης Υγρασίας (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία).....	53
<b>Πίνακας 4.3:</b> Ένταση-Διεύθυνση Ανέμων (Εθνική Μετεωρολογική υπηρεσία).....	54
<b>Πίνακας 4.4:</b> Κατανομή Χρήσεων Γης ανά Περιοχή.....	55
<b>Πίνακας 4.5:</b> Πιθανότητες του διαθέσιμου επιπέδου προειδοποίησης πλημμύρων..	56
<b>Πίνακας 4.6:</b> Υπολογισμός PAR.....	60
<b>Πίνακας 4.7:</b> Τιμές PAR για κάθε κοινότητα.....	60
<b>Πίνακας 4.8:</b> Υπολογισμός PAR με αντίμετρα.....	61
<b>Πίνακας 4.9:</b> Τιμές PAR για κάθε κοινότητα με αντίμετρα.....	61
<b>Πίνακας 4.10:</b> Ποσοστά θνησιμότητας.....	62
<b>Πίνακας 4.11α:</b> Αριθμός περιουσιακών στοιχείων που υπέστησαν ζημιές (Νομαρχία Θεσσαλίας 2006).....	63
<b>Πίνακας 4.11β:</b> Αποζημιώσεις σε Ευρώ (Νομαρχία Θεσσαλίας 2006).....	64
<b>Πίνακας 5.1:</b> Επιπτώσεις και αποτελέσματα εκτιμήσεις επικινδυνότητας.....	70
<b>Πίνακας 5.2:</b> Εκτιμήσεις επικινδυνότητας για το Βόλο.....	70
<b>Πίνακας 5.3:</b> Επιπτώσεις και εκτιμήσεις επικινδυνότητας για Βόλο με χρήση αντιμέτρων.....	72
<b>Πίνακας 5.4:</b> Εκτιμήσεις επικινδυνότητας για το Βόλο με χρήση αντιμέτρων.....	72
<b>Πίνακας 5.5:</b> Επιπτώσεις και εκτιμήσεις επικινδυνότητας για το Βόλο με χρήση αντιμέτρων.....	73
<b>Πίνακας 5.6:</b> Πιθανότητες Του Διαθέσιμου Επιπέδου Προειδοποίησης Με Τα Αναβαθμισμένα Συστήματα Προειδοποίησης Και Εκκένωσης (οι αρχικοί αριθμοί παρουσιάζονται εντός παρενθέσεως) .....	81
<b>Πίνακας 9.1:</b> Στοιχεία από υποβολή ερωτήσεων στη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, τη Νομαρχία Αττικής αλλά και το γραφείο Πολιτικής Προστασίας του Βόλου που αποτελούν βασικές υποθέσεις για το πρότυπο μας.....	100

<b>Πίνακας 9.2:</b> Διεύθυνσης ανέμου στο Βόλο.....	105
<b>Πίνακας 9.3:</b> Υγρασία στο Βόλο.....	105
<b>Πίνακας 9.4:</b> Εκατοστά νερού στο Βόλο.....	106
<b>Πίνακας 9.5:</b> Μετεωρολογικός σταθμός Βόλου 1958-1983.....	107
<b>Πίνακας 9.6:</b> Συνοπτικός πίνακας καταγραφής όλων των φυσικών καταστροφών στην Ελλάδα από το 1928 μέχρι το 2006.....	111

### **Κατάλογος Γραφημάτων**

<b>Γράφημα 1.1:</b> Συνολικός αριθμός καταστροφών από πλημμύρα καταγεγραμμένων από την UN Macro-Region 1973-2002.....	14
<b>Γράφημα 1.2:</b> Απεικόνιση των θανάτων από πλημμυρικά φαινόμενα στον Ελλαδικό χώρο 1887-1994.....	17
<b>Γράφημα 3.1:</b> Παρουσιάζει τα βήματα στην εκτίμηση της επικινδυνότητας και την ολοκληρωμένη διαδικασία διαχείρισής της δίνοντας έμφαση στην επαναληπτική του φύση.....	34
<b>Γράφημα 4.1:</b> Υδρομετρικό διάγραμμα Βόλου (Εθνική Μετεωρολογική υπηρεσία).....	52
<b>Γραφήματα 4.2-4.3:</b> Μέσης Υγρασίας – Έντασης Ανέμων(Εθνική Μετεωρολογική υπηρεσία).....	54
<b>Γράφημα 4.4α</b> Αριθμού περιουσιακών στοιχείων που υπέστησαν ζημιές (Νομαρχία Θεσσαλίας 2006).....	63
<b>Γράφημα 4.4β</b> Αποζημιώσεις σε Ευρώ (Νομαρχία Θεσσαλίας 2006).....	64
<b>Γράφημα 4.5:</b> Δεντρικό Διάγραμμα εκτίμησης της επικινδυνότητας.....	66
<b>Γράφημα 5.1 :</b> Σενάριο Βόλου για τη Μέση Ζώνη σε Σαββατοκύριακο-Αργία.....	69
<b>Γράφημα 5.2:</b> Σενάριο Βόλου για τη Μέση Ζώνη και Σαββατοκύριακο-Αργία με χρήση αντιμέτρων.....	71
<b>Γράφημα 5.3:</b> Σενάριο Αγριάς για την Υψηλή Ζώνη σε Σαββατοκύριακο-Αργία...73	
<b>Γραφήματα 9.1-9.2:</b> Κατανομή ύψους βροχοπτώσεων και μέσης θερμοκρασίας (για τη περιοχή του Βόλου) για προσδιορισμό των εποχιακών εναλλαγών και κατεπέκταση της διανομής και του αριθμού των ανθρώπων (πηγή:Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία).....	104
<b>Γράφημα 9.3:</b> Κατανομή Θερμοκρασίας στη πόλη του Βόλου.....	104
<b>Γραφήματα 9.4-9.5:</b> Κατανομή έντασης ανέμων και υγρασίας αντίστοιχα για την πόλη του Βόλου.....	106

<b>Γράφημα 9.6:</b> Κατανομή βροχόπτωσης στην πόλη του Βόλου.....	106
<b>Γράφημα 9.7:</b> Ομβροθερμικό διάγραμμα Βόλου BAGNOULS-GAUSSEN.....	108

### **Κατάλογος Εικόνων**

<b>Εικόνα 1.1:</b> Δήμος Βόλου (πηγή : Google Earth).....	12
<b>Εικόνα 1.2:</b> Δήμος Αγριάς (πηγή : Google Earth).....	13
<b>Εικόνα 2.1:</b> Αξιολόγηση ατομικής επικινδυνότητας για διάφορες δραστηριότητες (πηγή: URS 2003.....	26
<b>Εικόνα 2-2:</b> Παραδείγματα ατομικών επικινδυνοτήτων αναφορικά με τον ανθρώπινο παράγοντα.....	27
<b>Εικόνα 2-3 :</b> Παραδείγματα ατομικών επικινδυνοτήτων αναφορικά με τον ανθρώπινο παράγοντα.....	29
<b>Εικόνα 3.1:</b> Απεικόνιση του μεγέθους της πλημμυρισμένης περιοχής και του ύψους των αποζημιώσεων (σε χιλιάδες ευρώ) που δόθηκαν σε αυτή. Κάθε κελί αντιστοιχεί σε έκταση 100m χ 100m αριστερή εικόνα για ύψος νερού 0.65m, δεξιά εικόνα με αντίμετρα και ύψος νερού 0.35m.....	41
<b>Εικόνα 3.2:</b> Παράδειγμα δεντρικού διαγράμματος απεικόνισης των παραμέτρων κινδύνου και τρωτότητας.....	42
<b>Εικόνα 3.3:</b> Παράδειγμα δεντρικού διαγράμματος απεικόνισης των παραμέτρων κινδύνου και τρωτότητας όπως το επιλέξαμε για την ποσοτικοποίηση της επικινδυνότητας στο τελικό μοντέλο μας.....	43
<b>Εικόνα 4.1:</b> Ζώνες κινδύνου περιοχής Βόλου χωρίς αντίμετρα (δεξιά) και με αντίμετρα (αριστερά).....	58
<b>Εικόνα 4.2:</b> Γραφική αναπαράσταση των ζωνών κινδύνου για την περιοχή της Αγριάς.....	59
<b>Εικόνα 5.1:</b> Τάφος ως αντίμετρο.....	78
<b>Εικόνα 5.2:</b> Υπερυψωμένο σπίτι.....	78
<b>Εικόνα 5.3:</b> Προτάσεις αντιμέτρων.....	79
<b>Εικόνα 5.4:</b> Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης.....	79
<b>Εικόνα 9.1:</b> Γενικευμένες ζώνες χρήσεων γης στη Μαγνησία Πηγή: ΧΣΘ.....	112
<b>Εικόνες9.2-9.3:</b> Εικόνες από επιτόπια έρευνα στις 9 Οκτωβρίου 2006 από οδό Ερμού.....	113
<b>Εικόνα 9.4:</b> Εικόνα από πρόσφατη πλημμύρα 31-8-2008 στο Βόλο.....	113

# Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

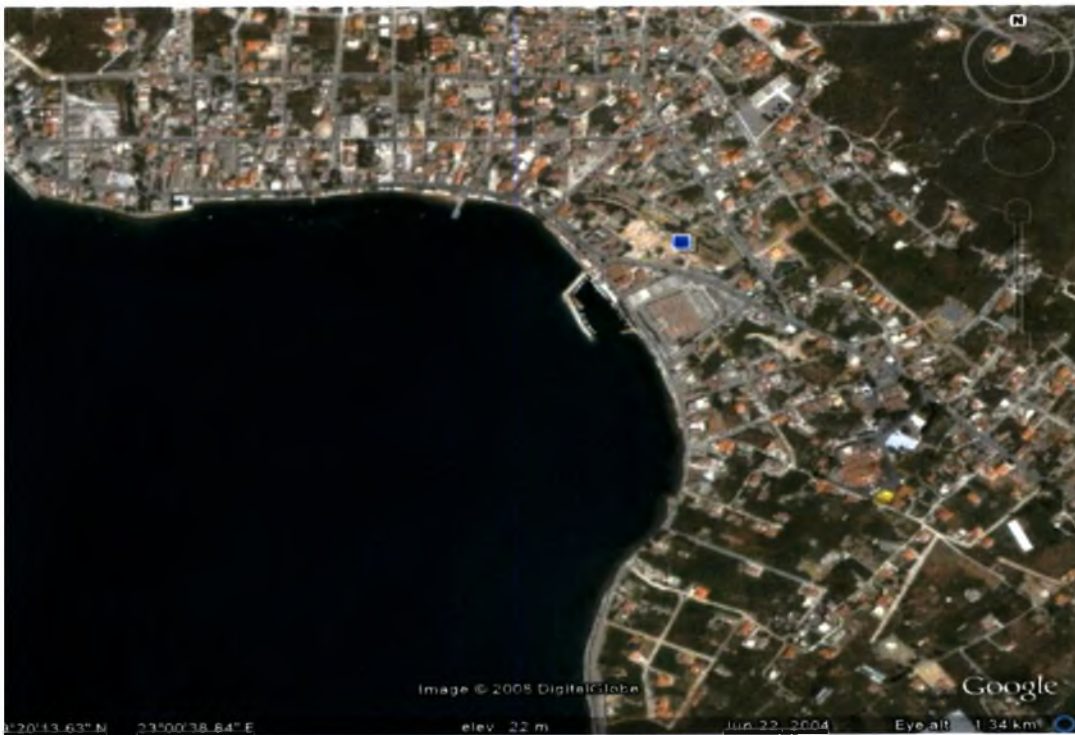
## 1.1 Παρουσίαση του Προβλήματος

Το πεδίο της παρούσας εργασίας στοχεύει στην ποσοτική εκτίμηση της επικινδυνότητας που έχει σαν σκοπό να αξιολογήσει τις παραμέτρους του κινδύνου και της τρωτότητας από πλημμύρα σε συγκεκριμένες κοινότητες στο νομό Μαγνησίας και ειδικότερα σε αυτή του Βόλου και της Αγριάς. Σε αυτήν την αξιολόγηση εξετάζεται η πλημμύρα ως το αποτέλεσμα βροχοπτώσεων που αντιστοιχούν σε μια ετήσια πιθανότητα υπερχείλισης τουλάχιστον 1% (δηλαδή ένα 1 γεγονός στα 100 έτη). Ο δήμος του Βόλου και της Αγριάς που έχουν περιληφθεί στη μελέτη μας παρουσιάζονται στις εικόνες 1.1-1.2. Το πεδίο της εργασίας για αυτήν την μελέτη περιλαμβάνει το εξής σχέδιο:

- Την αναθεώρηση και επεξεργασία των βασικών πληροφοριών
- Τον προσδιορισμό και την ποσοτικοποίηση του κινδύνου πλημμύρας δηλαδή της πιθανότητας να συμβεί και των παραμέτρων της τρωτότητας από την άποψη του ανθρώπινου παράγοντα, της οικονομικής δραστηριότητας του περιβάλλοντος και των υποδομών.
- Την εκτίμηση της επικινδυνότητας δηλαδή του συνδυασμού του κινδύνου και της τρωτότητας
- Λήψη αντιμέτρων για μείωσης της εκτίμησης επικινδυνότητας σε πιο ανεκτά επίπεδα.



**Εικόνα 1.1:** Δήμος Βόλου (πηγή : Google Earth)



**Εικόνα 1.2:** Δήμος Αγριάς (πηγή : Google Earth)

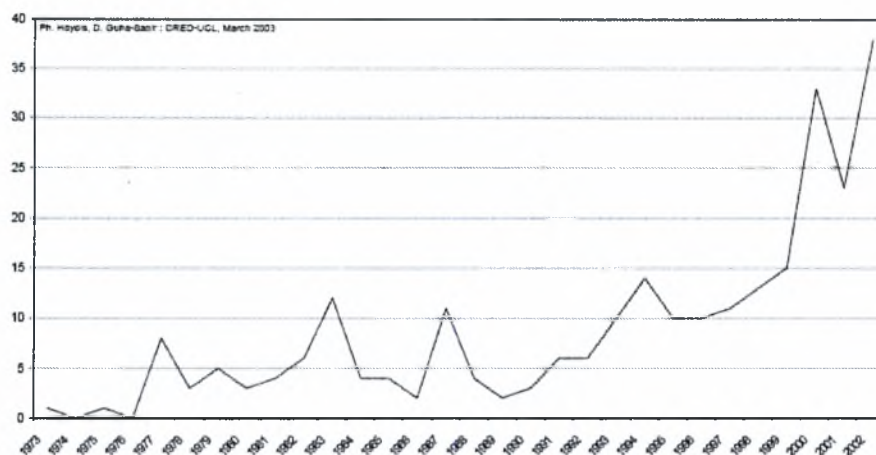
## 1.2 Κίνητρο

### 1.2.1 Τα Πλημμυρικά Φαινόμενα στην Ευρώπη

Τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα αποτελούν τον συνηθέστερο τύπο φυσικών καταστροφών στην Ευρώπη. Η μεταβολή του κλίματος, που περιλαμβάνει την αυξανόμενη ένταση των βαρέων βροχοπτώσεων, αναμένεται να αυξήσει τη συχνότητα των ακραίων πλημμυρικών φαινομένων σε ποτάμια σε ορισμένες περιοχές, ειδικότερα στην Κεντρική, τη Βόρεια και τη Βορειοανατολική Ευρώπη. Συγκεκριμένα, αναμένεται να αυξηθεί ο αριθμός των αιφνιδίων, τοπικών αλλά ισχυρών πλημμυρών (στιγμιαίες πλημμύρες), γεγονός που ενδέχεται επίσης να μεγεθύνει τις επιπτώσεις τους. Η πρόληψη των πλημμυρών και η μείωση των επιπτώσεών τους απαιτούν δράσεις. Ορισμένες χώρες αναλαμβάνουν ήδη πρωτοβουλίες. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε πρόσφατα μια συντονισμένη δράση για τη διαχείριση του κινδύνου πλημμυρών, αναγνωρίζοντας το διασυνοριακό χαρακτήρα τόσο των πλημμυρών όσο και της πρόληψής τους.

Μεταξύ 1998 και 2004 σημειώθηκαν στην Ευρώπη 100 μεγάλης έντασης πλημμυρικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανόμενων των καταστροφικών πλημμυρών που σημειώθηκαν στο Δούναβη και τον Έλβα το 2002. Οι πλημμύρες αυτές προκάλεσαν 700 θανάτους, την εκκένωση περίπου μισού εκατομμυρίου ανθρώπων και οικονομικές ζημιές που συνολικά ανήλθαν σε τουλάχιστον 25 δισεκατομμύρια €. Οι πλημμύρες κατά το θέρος του 2005 στην Αυστρία, την Βουλγαρία, τη Γαλλία, τη Γερμανία και τη Ρουμανία καθώς και αλλού, είχαν ως αποτέλεσμα να αυξηθούν περαιτέρω οι θλιβερές στατιστικές των απωλειών.

Το μέγεθος των υποδομών που κινδυνεύουν από τις πλημμύρες μπορεί να είναι τεράστιο και περιλαμβάνει ιδιωτικά σπίτια, υποδομές για τις μεταφορές και την παροχή δημόσιων υπηρεσιών, εμπορικές και βιομηχανικές επιχειρήσεις καθώς και γεωργικές εκτάσεις.



**Γράφημα 1.1:** Συνολικός αριθμός καταστροφών από πλημμύρα καταγεγραμμένων από την UN Macro-Region 1973-2002

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ότι περισσότεροι από 10 εκατομμύρια άνθρωποι διαβιούν σε περιοχές που αντιμετωπίζουν σοβαρότατους κινδύνους από πλημμυρικά φαινόμενα κατά μήκος του Ρήνου με πιθανές ζημίες από αυτά 165 δισεκατομμυρίων ευρώ. Η συνολική αξία των οικονομικών περιουσιακών στοιχείων που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από 500 μέτρα από τις ευρωπαϊκές ακτές συμπεριλαμβανόμενων των ακτών, των γεωργικών γαιών και των βιομηχανικών εγκαταστάσεων υπολογίζεται σε 500 με 1000 δισεκατομμύρια €. Επιπλέον των οικονομικών και κοινωνικών ζημιών, οι πλημμύρες μπορεί να έχουν σοβαρότατες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, π.χ όταν πλήττουν εγκαταστάσεις ή εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων στα οποία περιέχονται μεγάλες ποσότητες τοξικών χημικών ουσιών. Οι πλημμύρες μπορούν επίσης να καταστρέψουν τους υδροβιότοπους και να μειώσουν τη βιοποικιλότητα.

Από δύο ακόλουθες τάσεις διαφαίνεται ότι στην Ευρώπη αυξάνεται ο κίνδυνος για πλημμύρες και για μεγαλύτερες οικονομικές ζημίες εξαιτίας τους. Κατά πρώτον η κλίμακα και η συχνότητα των πλημμυρικών φαινομένων ενδέχεται να αυξηθεί μελλοντικά λόγω της αλλαγής του κλίματος, της ακατάλληλης διαχείρισης των ποταμών και των κατασκευών σε περιοχές που κινδυνεύουν από πλημμύρες. Κατά δεύτερον έχει σημειωθεί σημαντική αύξηση της ευπάθειας λόγω του αριθμού των ανθρώπων και των περιουσιακών στοιχείων που εντοπίζονται σε ζώνες υψηλού κινδύνου ως προς τις πλημμύρες.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να εκτιμηθεί το επίπεδο της επικινδυνότητας και να αποτελέσουν αντικείμενο ορθής διαχείρισης οι επιπτώσεις που οφείλονται σε πλημμυρικά φαινόμενα και απειλούν την υγεία του ανθρώπου, το περιβάλλον, τις υποδομές και την ιδιοκτησία. Σε μικροσκοπικό επίπεδο είναι αναγκαίο να διεκπεραιωθούν μελέτες που θα αντιμετωπίζουν το πρόβλημα των πλημμύρων τοπικά για κάθε κοινότητα και προστατευτικά για τον ανθρώπινο παράγοντα, το περιβάλλον, τις υποδομές και τις οικονομικές δραστηριότητες. Στο πλαίσιο αυτό συντάχθηκε και η παρούσα εργασία η οποία επικεντρώνεται στον ανθρώπινο παράγοντα και εστιάζεται στο νομό Μαγνησίας και πιο συγκεκριμένα στο δήμο του Βόλου και την Αγριά.

### **Ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο**

Οι πλημμύρες είναι φυσικά φαινόμενα που είναι δύσκολο να προβλεφθούν. Επιπλέον οι ανθρώπινες δραστηριότητες συμβάλλουν στην αύξηση της πιθανότητας πλημμυρικών φαινομένων και την επιδείνωση των συνεπειών τους. Αν λάβουμε υπόψη ότι τα περισσότερα ποτάμια και λίμνες στην Ευρώπη μοιράζονται μεταξύ των επιμέρους κρατών, η ανάληψη συντονισμένης δράσης σε κοινοτικό επίπεδο θα μπορούσε να προσφέρει αξιοσημείωτη προστιθέμενη αξία και να συμβάλει στην ανύψωση του συνολικού επιπέδου της αντιπλημμυρικής προστασίας. Δεδομένων των πιθανών επιπτώσεων για τη ζωή του ανθρώπου, το περιβάλλον, τις υποδομές και την οικονομική δραστηριότητα η δέσμευση της Ευρώπης υπέρ της αειφόρου ανάπτυξης θα μπορούσε να υποθηκευτεί πολύ άσχημα αν δεν αναληφθούν τα ενδεδειγμένα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης.

Η Κοινότητα διαθέτει τα δικές της οδηγίες όσον αφορά την περιβαλλοντική νομοθεσία για την ποιότητα του νερού. Ωστόσο δεν έχει ακόμη αντιμετωπιστεί το θέμα των πλημμυρών και οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος όσον αφορά τους κινδύνους πλημμύρας. Με την οδηγία πλαίσιο για το νερό (WFD, 2000) καθιερώθηκε η αρχή του διασυνοριακού συντονισμού σε επίπεδο ποταμίων λεκανών με στόχο να επιτευχθεί η καλή ποιότητα όλων των υδάτων δίχως εντούτοις να θεσπίζονται στόχοι για τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας.



## 1.2.2 Πλημμυρικά Φαινόμενα στον Ελλαδικό Χώρο

Οι πλημμύρες αποτελούν τη δεύτερη πιο συχνή φυσική καταστροφή, μετά τις δασικές πυρκαγιές. Πλημμύρα συμβαίνει λόγω ραγδαίων βροχοπτώσεων και ισχυρών καταιγίδων, από το ανέβασμα της στάθμης των ποταμών ή από το λιώσιμο χιονιού. Συμβαίνει επίσης από υποχώρηση φραγμάτων και στην περίπτωση αυτή οι συνέπειες είναι πολύ μεγάλες. Η πλημμύρα από φυσικά αίτια είτε παρουσιάζει βραδεία εξέλιξη είτε ανήκει στην κατηγορία της ξαφνικής πλημμύρας, που είναι και το πιο συνηθισμένο φαινόμενο στην Ελλάδα. Στον Ελληνικό χώρο οι πλημμύρες οφείλονται σε καταρρακτώδεις βροχές, που συνοδεύουν τη διέλευση υφέσεων.

Η ξαφνική πλημμύρα είναι το αποτέλεσμα ατμοσφαιρικών διαταραχών, που συνοδεύονται από ραγδαίες βροχοπτώσεις, με μεγάλα ποσά βροχής σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι ξαφνικές πλημμύρες προκαλούνται από καταιγίδες που κινούνται αργά ή κινούνται πάνω από την ίδια περιοχή. Πολλοί παράγοντες συνηγορούν σε μία ξαφνική πλημμύρα, όπως: η ένταση της βροχής και η διάρκεια της, η τοπογραφία, οι συνθήκες του εδάφους, η φυτοκάλυψη, η καταστροφή των δασών καθώς και η αστικοποίηση. Οι ξαφνικές πλημμύρες εμφανίζονται σε μικρό χρονικό διάστημα λίγων ωρών ή λιγότερο και έχουν σαν αποτέλεσμα ταχεία άνοδο της στάθμης του νερού, το οποίο στο πέρασμα του μπορεί να προκαλέσει μεγάλες καταστροφές σε κατασκευές, όπως κτίρια, γέφυρες και λοιπά, να παρασύρει αυτοκίνητα, να ξεριζώσει δέντρα και άλλα. Οι πλημμύρες, που έχουν σαν αίτιο τις βροχοπτώσεις, μπορεί να προκαλέσουν καταστροφικές κατολισθήσεις εδαφών (λασποροές-mud slides). Τα περισσότερα θύματα εξαιτίας πλημμυρών προέρχονται από τις ξαφνικές πλημμύρες.

Ένα ποιο σπάνιο φαινόμενο στην Ελλάδα είναι η παράκτια πλημμύρα, η οποία εμφανίζεται στις παράκτιες περιοχές λόγω του κυματισμού της θάλασσας ή μιας μεγάλης λίμνης. Ο κυματισμός προκαλείται συνήθως από τους ισχυρούς ανέμους που πνέουν στην περιοχή, ενώ σπάνια μπορεί να εμφανιστούν και θαλάσσια κύματα βαρύτητας (Tsunami). Τα κύματα αυτά διαδίδονται στην επιφάνεια της θάλασσας με ταχύτητα η οποία εξαρτάται από το βάθος του πυθμένα της θάλασσας και είναι της τάξης των 200m/sec. Κατά την διάδοσή τους μεταφέρουν σημαντικές ποσότητες νερού από τον χώρο γένεσής τους σε άλλους χώρους. Τα μεγαλύτερα θαλάσσια κύματα βαρύτητας προκαλούν σημαντικές καταστροφές και γίνονται αισθητά σε πολύ μεγάλες αποστάσεις.



**Γράφημα 1.2:** Απεικόνιση των θανάτων από πλημμυρικά φαινόμενα στον Ελλαδικό χώρο 1887-1994

### 1.2.3 Ιστορικό πλημμύρας στη Πόλη του Βόλου

Στις 9 Οκτωβρίου 2006 η πόλη του Βόλου πλημμύρισε από μία φθινοπωρινή καταγίδα μεγάλης έντασης και διάρκειας. Η πλημμύρα του Βόλου προκλήθηκε από ένα πολύ έντονο καιρικό φαινόμενο που δεν συμβαίνει συχνά το οποίο αποκαλείται και μετεωρολογική βόμβα. Πιο συγκεκριμένα το 'σπάσιμο' του ποταμού Ξηριά σε μήκος 500 μέτρων εκατέρωθεν από το αμαξοστάσιο του Δήμου Βόλου και βόρεια με το σπάσιμο του Κραυσίδωνα στη χαμηλή γέφυρα του ΟΣΕ (Παπαδιαμάντη - Ζάχου) ήταν τα σημαντικότερα γεγονότα που επιδείνωσαν τα πλημμυρικά φαινόμενα στο Βόλο. Με την υπερχειλίση του ποταμού Ξηριά, ο οποίος πενταπλασίασε την επιφάνειά του από το σημείο της Λαχαναγοράς μέχρι την Αθηνών, τα ορμητικά νερά βρήκαν διέξοδο κυρίως ανατολικά προς Νεαπόλεως και Σκουφά, ενώ λίγο αργότερα στη Λαρίσης συναντήθηκαν με νερά του Κραυσίδωνα με τραγικά αποτελέσματα. Η κατάσταση θα χειροτέρευε αν η υπερχειλίση του Κραυσίδωνα, δεν εκτονωνόταν κυρίως στην οδό Παπαδιαμάντη όπου το ύψος του νερού που κατηφόριζε προς τη οδό Λαμπράκη έφτανε τα 50 εκατοστά.

Ο δήμος Αγ. Αναργύρων κινδύνευσε, καθώς η στάθμη του Κραυσίδωνα απείχε μόλις 10 εκατοστά από τους παρόχθιους δρόμους, ενώ και στο τμήμα του Κραυσίδωνα από Παπαδιαμάντη προς Αγία Παρασκευή η στάθμη έφτασε σε διαφορά ενός μέτρου από τις οδούς Καραμπατζάκη και Ζάχου. Προβλήματα επίσης

προκλήθηκαν στον Περιφερειακό στο ύψος του Σαρακηνού όπου εκτονώθηκαν μεγάλες ποσότητες νερού ανησυχώντας τους κατοίκους της περιοχής που είχε ήδη επιβαρυνθεί από τα νερά που έτρεχαν από το λόφο. Στην περιοχή του Αγίου Γερασίμου, κοντά στη γέφυρα Μπέλεν, υποχώρησε μέρος της δυτικής κοίτης παρασύροντας και στύλους της ΔΕΗ. Καλύτερη ήταν η συμπεριφορά του Αναύρου, ο οποίος άντεξε τα μεγάλα φορτία, όχι όμως και της τάφρου η οποία έσπασε κοντά στην Αγ. Αικατερίνη με συνέπεια τα νερά να βρίσκουν διέξοδο στην οδό Κύπρου και σε άλλες κάθετες οδούς. Όμως και στα όρια της Νομού Δημητριάδας με τη Γορίτσα παρουσιάστηκαν προβλήματα καθώς από το λόφο τα νερά έτρεχαν σαν καταρράκτες, ενώ από τα έργα του περιφερειακού στη συμβολή με την Απόλλωνος, παρασύρθηκαν από τα νερά χώματα και φερτές ύλες μέχρι τη Σταδίου.

Έντονα ήταν τα πλημμυρικά φαινόμενα και στην περιοχή Παλαιού Λιμεναρχείου όπου κινητοποιήθηκαν αντλιοφόρα οχήματα και εκσκαπτικά μηχανήματα για να δημιουργήσουν διεξόδους του νερού προς τη θάλασσα. Το δίκτυο ομβρίων στον κεντρικό τομέα της πόλης έφτασε στα όριά του και στα χαμηλά υψομετρικά σημεία, από Ερμού έως Αργοναυτών, γινόταν εκτόνωση του νερού από τα μεταλλικά καπάκια των αγωγών. Για την απορρόφηση των τεραστίων ποσοτήτων νερού, χρησιμοποιήθηκε και το δίκτυο ακαθάρτων και είναι χαρακτηριστικό ότι ενώ ο Βιολογικός Καθαρισμός δέχεται περίπου 1.200 τόνους λυμάτων ανά ώρα, τη στιγμή εκείνη ξεπέρασε τις 5.000 κυβικά ανά ώρα. Οι αγωγοί ομβρίων και οι σχάρες υδροσυλλογής έφραζαν εύκολα από φερτές ύλες, σκουπίδια και έντυπο προεκλογικό υλικό, αποφράζονταν κατά διαστήματα και πάλι έφραζαν με αποτέλεσμα να προκαλούνται σοβαρά προβλήματα στη μετακίνηση πεζών, ακόμη και για διάσχιση της Δημητριάδος.

Έντονα ήταν τα πλημμυρικά φαινόμενα και στις Αλυκές με την παραλιακή οδό να καλύπτεται για μεγάλο διάστημα από νερά τα οποία ενώνονταν σε πολλά σημεία με εκείνα της θάλασσας. Η ΔΕΥΑΜΒ, εκτός από τα συνεργεία αντιμετώπισης των πλημμυρικών φαινομένων, συγκρότησε και Επιτροπή για την καταγραφή ζημιών, ενώ στο Δήμο του Βόλου λειτούργησε σχέδιο μεταφοράς πλημμυροπαθών σε ξενοδοχεία της πόλης παρέχοντας και σίτιση.

Η κακοκαιρία επηρέασε και το Πήλιο, με τα φαινόμενα να είναι έντονα στις κεντρικές και νότιες περιοχές. Η κυκλοφορία στο εθνικό δίκτυο Βόλου-Τσαγκαράδας στο ύψος της Παιδόπολης Αγριάς διακόπηκε για αρκετές ώρες, λόγω υπερχειλίσης χειμάρρου, τέσσερα παιδιά της ΕΛΕΠΑΠ απεγκλωβίστηκαν χάρη στις προσπάθειες

αντρών της ΕΜΑΚ. Στους Δήμους Αγριάς, Αρτέμιδας, Μηλεών και Αργαλαστής πλημμύρισαν κατοικίες, καταστήματα και υπόγεια, ενώ αυτοκίνητα παρασύρθηκαν από τους χείμαρρους στη θάλασσα. Μικρότερης έντασης φαινόμενα σημειώθηκαν στην περιοχή του Ανατολικού Πηλίου. Μεγάλη είναι η καταστροφή, η οποία προκλήθηκε στην ευρύτερη περιοχή του Κεντρικού και του Νοτίου Πηλίου, από τη πρωτοφανή σε ένταση καταιγίδα.

Η κυκλοφορία των οχημάτων στο ύψος της Παιδόπολης Αγριάς διακόπηκε λόγω της υπερχειλίσης χειμάρρου. Μγάλες ποσότητες νερού και φερτές ύλες κατέκλυσαν το δρόμο, ενώ ταυτόχρονα κατολισθήσεις σημειώνονταν από το λόφο της Γορίτσας, με τα νερά να σχηματίζουν καταρράκτες. Στην Αγριά η κατάσταση ήταν εξίσου δυσάρεστη, κατοικίες, υπόγεια και καταστήματα πλημμύρισαν, ενώ στο ύψος του Δημαρχείου ένα αυτοκίνητο παρασύρθηκε από τα νερά και βρέθηκε στη θάλασσα. Το ένα τρίτο της Αγριάς πλημμύρισε και η περιοχή βρέθηκε σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης. Προβλήματα παρατηρήθηκαν στην περιοχή πίσω από το Γυμνάσιο, εξαιτίας των ποσοτήτων νερού που κατεβάζουν τα ρέματα. Στο Δήμο Αρτέμιδος ανέβηκε επικίνδυνα η στάθμη των χειμάρρων Βρύχωνα και Κουφάλας, χωρίς ωστόσο να σημειωθεί υπερχειλίση. Παράλληλα, πολλά υπόγεια σπιτιών πλημμύρισαν, ενώ πλημμυρικά φαινόμενα παρατηρήθηκαν σε Λεχώνια και Πλατανίδα. Ολοκληρωτική καταστροφή σημειώθηκε στο δίκτυο αγροτικής οδοποιίας.

Η εικόνα είναι η ίδια στον όμορο Δήμο Μηλεών, καθώς, πέρα από την ολοκληρωτική καταστροφή του αγροτικού δικτύου, πολλά σπίτια πλημμύρισαν καθώς και ελαιοπερίβολα στην περιοχή της Κάτω Γατζέας ενώ σημειώθηκαν κατολισθήσεις στο δρόμο Βυζίτσας - Πινακατών. Η περιοχή του Χόρτου υπέστη ολοκληρωτική καταστροφή, ενώ ένα ζευγάρι ηλικιωμένων βρέθηκε εγκλωβισμένο και άντρες του Πυροσβεστικού Σώματος κατέβαλαν προσπάθειες για τον απεγκλωβισμό του. Από την ορμή του νερού καταστράφηκε η ξύλινη γέφυρα του Χόρτου, ενώ αυτοκίνητα παρασύρθηκαν στη θάλασσα. Παράλληλα, ο χείμαρρος του Καλάμου ξεχείλισε παρασύροντας βάρκες, ενώ στο οδόστρωμα σημειώθηκαν καθιζήσεις. Στο Δήμο Σηπιάδος και στη Μηλίνα διακόπηκε η κυκλοφορία, καθώς ο κεντρικός δρόμος κατακλύστηκε από φερτές ύλες, τις οποίες κατέβασε από τα ορεινά χείμαρροι. Παράλληλα, τα νερά παρέσυραν στη θάλασσα αυτοκίνητο, οι επιβάτες του οποίου σώθηκαν την τελευταία στιγμή χάρη στην άμεση επέμβαση κατοίκων της περιοχής. Στο ύψος του Προμυρίου ο δρόμος κόπηκε στα δύο.

Μικρότερης έντασης φαινόμενα σημειώθηκαν στην ευρύτερη περιοχή του Ανατολικού Πηλίου με εκτεταμένες ζημιές στο δίκτυο αγροτικής οδοποιίας και περιοδικές διακοπές στην ηλεκτροδότηση. Ίδια εικόνα και στη Ζαγορά, με το πρόβλημα να εντοπίζεται στις περιοδικές διακοπές στην ηλεκτροδότηση. Στο Δήμο Πορταριάς οι δρόμοι, κεντρικοί και μη, μετατράπηκαν σε χείμαρρους, ενώ πλημμύρισαν αυλές κατοικιών και καταστημάτων. Παράλληλα, σημειώθηκαν συνεχείς κατολισθήσεις και καθιζήσεις δρόμων, ενώ καταστράφηκε ολοσχερώς το δίκτυο αγροτικής οδοποιίας, με την ίδια εικόνα να επικρατεί και στο γειτονικό Δήμο Ιωλκού.

### **1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας**

Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται μια ευρεία εισαγωγή στην διπλωματική και εξηγείται ο σκοπός του παρόντος κειμένου. Εν συνεχεία στο Κεφάλαιο 2 γίνεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται διεθνώς για την εκτίμηση επικινδυνότητας καθώς και των δημοσιευμένων κριτηρίων εκτίμησης επικινδυνότητας όσον αφορά τον ανθρώπινο παράγοντα. Στο Κεφάλαιο 3 εξετάζεται λεπτομερώς η μεθοδολογία εκτίμησης επικινδυνότητας και ανάλυσης του κινδύνου και της τρωτότητας. Επιπλέον αναλύονται οι επιπτώσεις και τα αποτελέσματα του προτύπου εκτίμησης επικινδυνότητας. Ακολούθως στο Κεφάλαιο 4 προσαρμόζονται τα δεδομένα των κοινοτήτων και τα διαθέσιμα στοιχεία πάνω στο πρότυπο εκτίμησης επικινδυνότητας ώστε να ποσοτικοποιηθούν οι παράμετροι του προτύπου. Περιγράφεται ακόμη η διαδικασία υπολογισμού εκτίμησης επικινδυνότητας η οποία παραβάλει αυτές τις παραμέτρους. Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκτίμησης επικινδυνότητας και οι επιπτώσεις της πλημμύρας στην πόλη του Βόλου και της Αγριάς. Γίνεται ακόμη μία παράθεση του συνόλου των αντιμέτρων και των αρχών που πρέπει να υιοθετεί ένα σχέδιο διαχείρισης επικινδυνότητας. Τέλος στο Κεφάλαιο 6 συνοψίζονται οι τελικές προτάσεις και οι αναγκαίες ενέργειες που πρέπει να υιοθετηθούν με βάση την παρούσα εργασία αλλά και τις υπάρχουσες συνθήκες.

## Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση Μεθοδολογίας Εκτίμησης Επικινδυνότητας

Αυτό το τμήμα παρουσιάζει τη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται από διάφορους οργανισμούς για την εκτίμηση επικινδυνότητας καθώς και τα δημοσιευμένα κριτήρια εκτίμησης επικινδυνότητας όσον αφορά τον ανθρώπινο παράγοντα.

### 2.1 Εκτίμηση Επικινδυνότητας

Ο καθορισμός της επικινδυνότητας αντικατοπτρίζεται γενικά από τη συχνότητα (ή την πιθανότητα) ενός ιδιαίτερου γεγονότος και των συνεπειών του (*HMSO, 1988*). Η εκτίμηση της επικινδυνότητας μπορεί να πραγματοποιηθεί *ποσοτικά*. Σε αυτή τη περίπτωση η πιθανότητα του γεγονότος που εμφανίζεται πολλαπλασιάζεται με την πιθανότητα των συνεπειών του. Η πιθανότητα της συνέπειας μπορεί η ίδια να είναι το προϊόν ενός γινομένου πιθανοτήτων διαφόρων παραγόντων με συνέπεια την τελική έκβαση του γεγονότος (*AGS, 2000*).

Εναλλακτικά, η επικινδυνότητα μπορεί να εκτιμηθεί *ποιοτικά* συνδυάζοντας τις πιθανότητες να συμβεί ένα γεγονός αλλά και τις συνέπειές του για να παράγουμε ένα ενδεικτικό πίνακα. Για αυτό, οι πιθανότητες και ο προκύπτων κίνδυνος καθορίζονται περιγραφικά.

Στην μελέτη μας η εκτίμηση της επικινδυνότητας γίνεται κυρίως με τον πρώτο τρόπο δηλαδή ποσοτικά. Εντούτοις, επειδή δεν λαμβάνουμε το σύνολο των παραγόντων, υπάρχει πάντα χώρος για βελτίωση. Υπάρχουν διαθέσιμες οδηγίες οι οποίες προσφέρονται για κριτική χρήση στον τομέα της εφαρμοσμένη μηχανική επικινδυνότητας (*Barneich.,1996*). Σύμφωνα με αυτά και λαμβάνοντας υπόψη τους ακόλουθους στόχους αυτής της μελέτης θα επιχειρήσουμε να αναπτύξουμε μία ποσοτική μεθοδολογία με βάση την οποία θα γίνεται :

- Εκτίμηση του κινδύνου των ζώων λόγω πλημμύρας σε κάθε μια από τις υπαγόμενες κοινότητες και τη σύγκριση του κινδύνου ζώων με τις διαθέσιμες οδηγίες ή τα κριτήρια.
- Κατάταξη των κινδύνων με βαθμό σπουδαιότητας για να διευκολυνθεί η ανάπτυξη ενός σχεδίου επέμβασης για την αποκατάσταση

- Περιγραφή των οφελών από την εφαρμογή μέτρων μετριασμού του κινδύνου (αντίμετρα) που θα έχουν ως βάση την αξιολόγηση των συγκεκριμένων κινδύνων και τους διαθέσιμους πόρους

Η εκτίμηση της επικινδυνότητας λόγω της πλημμύρας για κάθε κοινότητα γίνεται με χρήση ενός πρωτότυπου υπολογισμού με λογιστικό φύλλο που ενσωματώνει τη συχνότητα εμφάνισης μίας συγκεκριμένης πλημμύρας π.χ. 1% (1 γεγονότα στα 100 έτη) μαζί με διάφορους παράγοντες και θα απεικονίζει τις ζώνες κινδύνου αλλά και τις πιθανότητες των διαφόρων εκβάσεων.

Ο τύπος υπολογισμού του κινδύνου είναι:

$$A = X \times P \times Q \times V \times E$$

Όπου: A = Επικινδυνότητα (Risk) ή αλλιώς ο κίνδυνος πρόκλησης θανάτου ή τραυματισμού ή οικονομικής ζημίας.

X = Ο Κίνδυνος (Hazard) ή αλλιώς η ετήσια πιθανότητα να συμβεί μία συγκεκριμένη σφοδρότητας πλημμύρα. Στην παρούσα μελέτη θα είναι ίδια παντού και παίρνει τιμές AEP (Annual Exceedance Probability) από 0.01 ή 1% (1 κάθε 100 χρόνια) : έως 1 ή 100% (μία το χρόνο)

P = Ο συντελεστής του χωρικού αντίκτυπου που περιγράφει τη ζώνη κινδύνου στην οποία βρίσκεται το στοιχείο (χαμηλή, μέση, υψηλή) δεδομένου ότι έχει συμβεί ο κίνδυνος και ορίζεται παρακάτω. Η αλλιώς της πιθανότητας να βρεθούν σπίτια, επιχειρήσεις κλπ. στην πορεία του νερού της πλημμύρας.

Q = Χρονική πιθανότητα, δηλαδή η χρονική στιγμή που θα βρεθεί το στοιχείο μέσα στην περιοχή που επηρεάζεται από την πλημμύρα όταν αυτή συμβεί. Παίρνει τιμές ανάλογα με το αν εκτίθεται στο κίνδυνο.

V = Ευπάθεια του στοιχείου στον κίνδυνο. Δεν έχουν όλα τα σπίτια τον ίδιο βαθμό συμπεριφοράς ούτε και όλοι οι άνθρωποι τις ίδιες πιθανότητες επιβίωσης. Οι τιμές προκύπτουν από στατιστικά στοιχεία καταγεγραμμένων ζημιών και τραυματισμών /απωλειών.

E = Το στοιχείο που βρίσκεται σε κίνδυνο, δηλαδή ένα άτομο, μια ομάδα ή μια κοινότητα, ή ιδιοκτησία κλπ.

Αυτή η διαδικασία αξιολόγησης της επικινδυνότητας χρησιμοποιείται με παρόμοιο τρόπο στο εξωτερικό για να αξιολογήσει την επικινδυνότητα πλημμύρων ιδιαίτερα στις Κάτω Χώρες ( *Jonkman and van Gelder, 2002*) και είναι παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια από τον διεθνή οργανισμό *URS* για πολυάριθμες αξιολογήσεις ασφάλειας φραγμάτων στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία. (*Fell, R. and Hartford D, 1997*) Στο κεφάλαιο 3. περιγράφεται με λεπτομέρειες η ανάλυση του κινδύνου και της τρωτότητας και το μοντέλο εκτίμησης της επικινδυνότητας (για να αναπτυχθούν ζώνες κινδύνου αλλά και οι πιθανότητες θανάτου ή οικονομικών ζημιών, περιβαλλοντικής καταστροφής, υποδομών

## **2.2 Κριτήρια Εκτίμησης Επικινδυνότητας Ανθρώπινου Παράγοντα**

Δεν υπάρχει αυτήν την περίοδο κάποια ευρέως αποδεκτή δημοσιευμένη οδηγία σχετική με την εκτίμηση της οικονομικής επικινδυνότητας. Επομένως, η εκτίμηση της οικονομικής επικινδυνότητας πρέπει να καθοριστεί σύμφωνα με ένα οργανωτικό πλαίσιο που θα περιλαμβάνει όλες εκείνες τις εσωτερικές οικονομικές πολιτικές και διαδικασίες. Σχετικά με τους κινδύνους ζώων υπάρχουν δημοσιευμένες οδηγίες για τα κριτήρια επικινδυνότητας όσον αφορά τους μεμονωμένους κινδύνους και τους κοινωνικούς κινδύνους. Αυτοί συζητούνται στα ακόλουθα τμήματα.

Εντούτοις, πρέπει να υπογραμμιστεί ότι τα κριτήρια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ως οδηγία δεδομένου ότι μέχρι σήμερα δεν υπάρχει κάποιο κριτήριο επικινδυνότητας ζώων για φυσικούς κινδύνους όπως είναι η πλημμύρα, που να επικυρώνεται ευρέως από κάθε επίσημη αρχή.

### **2.2.1 Ατομική επικινδυνότητα**

Προτεινόμενες οδηγίες για τον ατομική επικινδυνότητα έχουν δημοσιευθεί από διάφορες οργανώσεις (AGS, 2000),(ANCOLD, 1994). Στις Κάτω Χώρες ένα όριο μεταξύ  $1 \times 10^{-3}$  και  $1 \times 10^{-6}$  έχει προταθεί από την Ολλανδική Τεχνική Συμβουλευτική Επιτροπή Προστασίας του Νερού (TAW, 1988). Η χαμηλότερη τιμή χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου τα στοιχεία που βρίσκονται σε κίνδυνο (δηλαδή οι άνθρωποι) δεν έχουν κανέναν έλεγχο όσον αφορά την έκθεσή τους σε ένα επικίνδυνο γεγονός ή τους κινδύνους που απορρέουν από αυτό. Η υψηλότερη τιμή χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου το στοιχείο που εκτίθεται στον κίνδυνο έχει τον πλήρη έλεγχο δηλ. ψυχαγωγικές δραστηριότητες όπως ελεύθερη πτώση με



αλεξίπτωτο ή ορειβασία βουνού. Για αυτήν την εκτίμηση επικινδυνότητας προτείνουμε ότι οι ακόλουθες οδηγίες πρέπει να χρησιμοποιούνται ως εξής:

- Στις ατομικές επικινδυνότητες το ακραίο όριο πρέπει να είναι

$$1 \times 10^{-4}$$

- Ο στόχος (αντικειμενικός) πρέπει να είναι  $1 \times 10^{-5}$ .

Αυτές οι τιμές είναι σύμφωνες με τα προτεινόμενα όρια που ορίζονται από τις Κάτω Χώρες για πλημμύρα (TAW, 1988) και τις οδηγίες που αναφέρονται στην εκτίμηση επικινδυνότητας ζωών λόγω ζητημάτων ασφάλειας φραγμάτων (ANCOLD, 1994).

**Εικόνα 2.1 :** Παραδείγματα ατομικών επικινδυνοτήτων αναφορικά με τον ανθρώπινο παράγοντα

	<b>Chances of fatality (per million person years)</b>	<b>Chances of fatality (per year)</b>	<b>Chance per person per year (approx.)</b>
<i>Voluntary Risks (average to those who take the risk)</i>			
Rock climbing <sup>3</sup> (UK)	8,000	$8 \times 10^{-3}$	1 in 125
Smoking <sup>1</sup> (20 cigarettes/day)			
all effects	5,000	$5 \times 10^{-3}$	1 in 200
all cancers	2 000	$2 \times 10^{-3}$	1 in 500
lung cancers	1,000	$1 \times 10^{-3}$	1 in 1,000
Parachuting <sup>2</sup> (US)	1,900	$1.9 \times 10^{-3}$	1 in 530
Hang Gliding <sup>3</sup> (UK)	1,500	$1.5 \times 10^{-3}$	1 in 670
Mountaineering <sup>4</sup>	600	$6 \times 10^{-4}$	1 in 1,660
Drinking alcohol <sup>5</sup>	380	$3.8 \times 10^{-4}$	1 in 2,600
Swimming <sup>1</sup>	50	$5 \times 10^{-5}$	1 in 20,000
Playing rugby football <sup>1</sup>	30	$3 \times 10^{-5}$	1 in 33,333
Owning firearms <sup>1</sup>	30	$3 \times 10^{-5}$	1 in 33,333

**Εικόνα 2.2:** Παραδείγματα ατομικών επικινδυνοτήτων αναφορικά με τον ανθρώπινο παράγοντα

	<b>Chances of fatality (per million person years)</b>	<b>Chances of fatality (per year)</b>	<b>Chance per person per year (approx.)</b>
<b>Industry Risks</b>			
Air Crew <sup>6</sup>	1,000	$1 \times 10^{-3}$	1 in 1,000
Quarry workers <sup>2</sup>	290	$2.9 \times 10^{-4}$	1 in 3,400
Coal mining <sup>2</sup> (US)	210	$2.1 \times 10^{-4}$	1 in 4,800
Coal mining <sup>3</sup> (UK)	110	$1.1 \times 10^{-4}$	1 in 9,500
Construction worker <sup>3</sup> (UK)	90	$9 \times 10^{-5}$	1 in 10,800
<b>Transportation Risks (average to travellers)</b>			
Travelling by motor vehicle <sup>1</sup> (NSW)	145	$1.45 \times 10^{-4}$	1 in 7,000
Travelling by train <sup>1</sup> (NSW)	30	$3 \times 10^{-5}$	1 in 33,333
Travelling by aeroplane <sup>1</sup> (accidents)	10	$1 \times 10^{-5}$	1 in 100,000
<b>Risks Averaged over the Whole Population</b>			
Road accidents <sup>2</sup> (US)	300	$3 \times 10^{-4}$	1 in 3,300
Road accidents <sup>5</sup> (NSW)	200	$2 \times 10^{-4}$	1 in 5,000
Road accidents <sup>7</sup> (NZ)	140	$1.4 \times 10^{-4}$	1 in 7,100
Road accidents <sup>3</sup> (UK)	100	$1 \times 10^{-4}$	1 in 10,000
Accidental falls <sup>1</sup>	60	$6 \times 10^{-5}$	1 in 17,000
Drowning <sup>2</sup> (US)	30	$3 \times 10^{-5}$	1 in 33,300
Homicide <sup>1</sup>	20	$2 \times 10^{-5}$	1 in 50,000
Electrocution (non-industrial) <sup>1</sup>	3	$3 \times 10^{-6}$	1 in 333,333
Cataclysmic storms and storm floods <sup>1</sup>	0.3	$3 \times 10^{-7}$	1 in 3,333,333
Lightning strikes <sup>1</sup>	0.1	$1 \times 10^{-7}$	1 in 10,000,000
Meteorite strikes <sup>3</sup>	0.001	$1 \times 10^{-9}$	1 in 1,000,000,000

**Sources:**

- <sup>1</sup> Higson, D.J., Risk to Individuals in NSW and Australia as a Whole. Australian Nuclear Science and Technology Organisation, July 1989.
- <sup>2</sup> Reid, S.G., Practical Procedures for Setting Standards. Lecture 8, One Day Post-graduate Course on Engineering Risk Assessment, University of Sydney, 8<sup>th</sup> March 1991.
- <sup>3</sup> Health and Safety Executive (HSE), Risk Criteria for Land Use Planning in the Vicinity of Major Industrial Hazards. London, Her Majesty's Stationary Office, 1989.
- <sup>4</sup> Wilson, R. and Church, E.A.C., Risk Assessment and Comparisons. An Introduction. Science, Vol 236, April 1987.
- <sup>5</sup> Department of Planning, New South Wales. Risk Criteria for Land Use Safety Planning. Hazardous Industry Planning Advisory Paper No. 4, 1992.
- <sup>6</sup> Construction Industry Research and Information Association (CIRIA). Rationalisation of Safety and Serviceability Factors in Structural Codes, Report 63, London, July 1977.
- <sup>7</sup> Land Transport Safety Authority (LTSA). Road Safety Strategy 2010. National Road Safety Committee, Wellington, New Zealand, October 2000.

## 2.2.2 Κοινωνική επικινδυνότητα

### Ετήσιος κίνδυνος ζώων ALR

Υπάρχουν περιορισμένες περιπτώσεις όπου τα κριτήρια έχουν δημοσιευθεί για ALR (Ετήσιος κίνδυνος ζώων). Το USBR προτείνει ένα όριο **0,01** απωλειών το χρόνο για το ALR (USBR, 1997). Αυτή η οδηγία χρησιμοποιείται στη βιομηχανία φραγμάτων όπου η πλημμύρα αποτελεί ένα σημαντικό κίνδυνο στο θέμα της ασφάλειας των φραγμάτων. Ένας σημαντικός ιδιοκτήτης φραγμάτων στη Βρετανική Κολούμπια (BC Hydro) αναφέρεται ότι εφαρμόζει όριο **0,001** για ALR (Jonkman και Van Gelder, 2002).

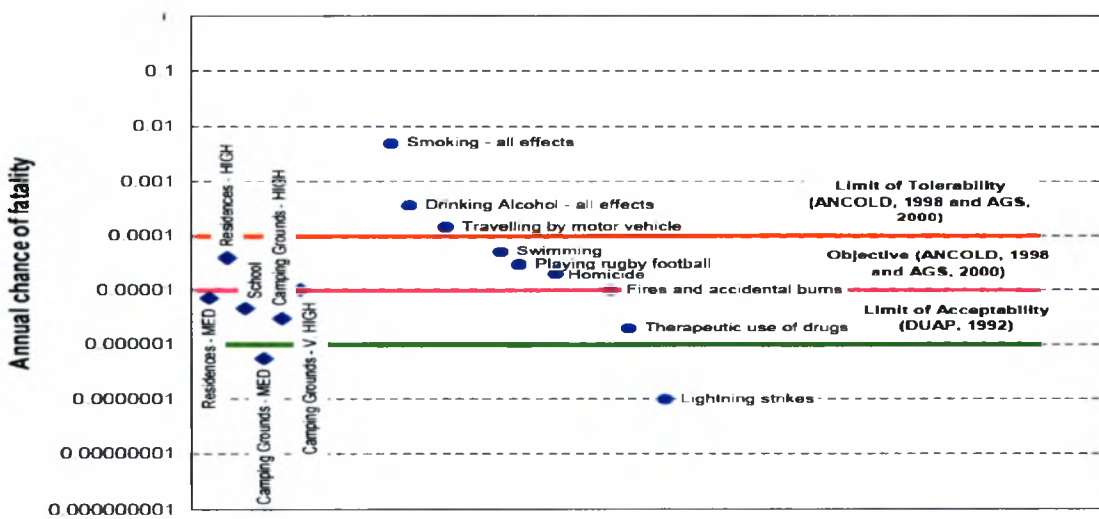
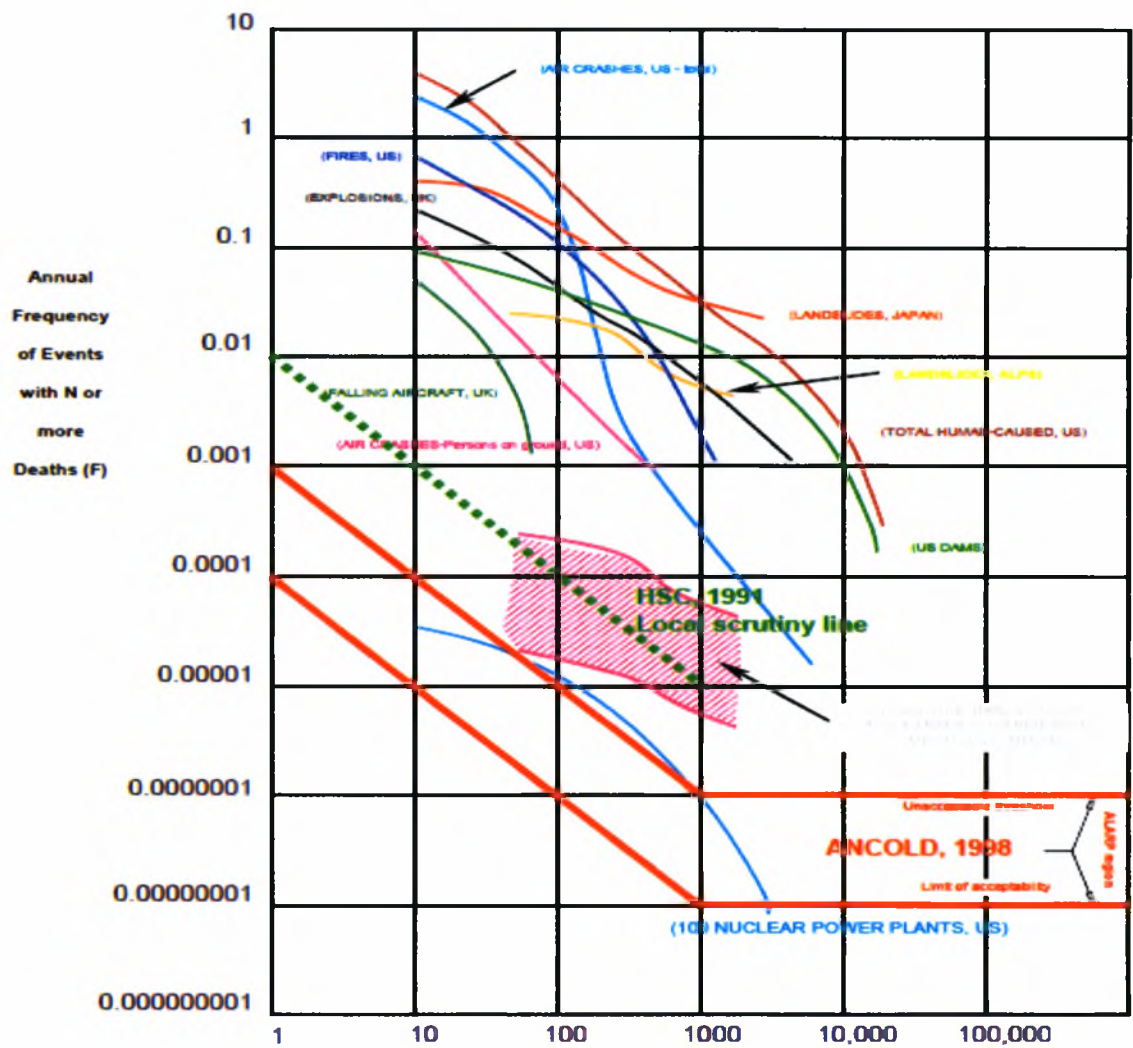
### F-N κριτήρια

Τα πιο πρόσφατα δημοσιευμένα κοινωνικά κριτήρια επικινδυνότητας (ANCOLD 1994 και 1998) παρουσιάζονται σε ένα F-N διάγραμμα (Morgan, 1992), στο οποίο σχεδιάζεται η συχνότητα F του N ή περισσότερων μοιραίων περιστατικών έναντι του αριθμού των μοιραίων περιστατικών (N). Στο διάγραμμα F-N ορίζεται ένα ανώτατο όριο πάνω από το οποίο το επίπεδο της ετήσιας επικινδυνότητας θεωρείται σε γενικές γραμμές απαράδεκτο από την κοινωνία και θα πρέπει να τεθούν μέτρα σε ισχύ για να μειωθεί η επικινδυνότητα. Ένα χαμηλότερο κατώτατο όριο ορίζεται επίσης, κάτω από το οποίο η επικινδυνότητα θεωρείται σε γενικές γραμμές από την κοινωνία ως αποδεκτή.

Η ενδιάμεση ζώνη, επονομαζόμενη "ALARP" (**A**s **L**ow **A**s **R**easonably **P**racticable), αντιπροσωπεύει το επίπεδο επικινδυνότητας στο οποίο η επικινδυνότητα θα πρέπει να μειωθεί όπου τα αντίμετρα είναι διαθέσιμα, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τους λειτουργικούς όσο και τους οικονομικούς περιορισμούς. Αυτήν την περίοδο το κατώτερο όριο είναι υπό αναθεώρηση από το ANCOLD και προτείνεται η αφαίρεση της "αποδεκτής" ζώνης και η αναφορά όλης της περιοχής κάτω από το όριο που ορίζεται ως κοινωνικά απαράδεκτο ως ALARP (ANCOLD, 2001).

Στη Βρετανία έχουν επίσης δημοσιευθεί κάποιες οδηγίες από το 1991 σχετικές με την κοινωνική επικινδυνότητα όπως αυτή περιγράφεται από τα F-N σχεδιαγράμματα (HSE, 1991). Οι οδηγίες αυτές είναι ελαφρώς υψηλότερες από τα κριτήρια ANCOLD και αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια μιας μελέτης για τη μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων στη Βρετανία.

**Εικόνα 2.1:** Παρουσιάζει ένα πλήθος επικινδυνοτήτων μέσα από ένα F-N διάγραμμα που συγκεντρώθηκαν από πηγές της Αγγλίας και της Αμερικής (πηγή: URS 2003)



Εικόνα 2.3: Αξιολόγηση ατομικής επικινδυνότητας για διάφορες δραστηριότητες (πηγή: URS 2003)

### 2.3.3 Συμπεράσματα

Υπάρχουν λίγοι οργανισμοί που έχουν δημοσιεύσει οδηγίες επάνω στους κοινωνικούς κινδύνους. Εξαιτίας της δυσκολίας του καθορισμού και της ερμηνείας των κριτηρίων τους αποφεύγουν την παροχή ποσοτικών οδηγιών. Στην Αυστραλία ένας οργανισμός (ANCOLD) έχει δημοσιεύσει προτεινόμενα κριτήρια επικινδυνότητας για κοινωνικούς κινδύνους στη βιομηχανία των φραγμάτων σε μορφή F-N καμπυλών (εικόνα 2-1). Οι καμπύλες F-N παρέχουν μία συνοπτική περιγραφή των ποσοτικοποιημένων επικινδυνοτήτων πάνω στον άνθρωπο συνδυασμένων από Αμερική και Αγγλία. Η σύγκριση των προτεινόμενων κοινωνικών κριτηρίων επικινδυνότητας ζώων με άλλους κινδύνους που υφίσταται η κοινωνία δείχνει ότι το προτεινόμενο ανώτατο όριο που χαρακτηρίζεται ως κοινωνικά απαράδεκτο είναι χαμηλότερο από πολλούς κοινωνικούς κινδύνους που αναφέρονται για την Αμερική και τη Βρετανία (Ashby, 2002). Αυτό ήταν αναμενόμενο δεδομένου ότι γενικά οι άνθρωποι αναμένεται να εκτεθούν σε σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα επικινδυνότητας όταν ο κίνδυνος υποβάλλεται σε αυτούς παθητικά παρά όταν επιλέγουν να εκτελέσουν κάποια δραστηριότητα που τους εκθέτει σε μια επικίνδυνη κατάσταση. Το μη αποδεκτό όριο υποστηρίζεται από διεθνώς αναγνωρισμένους ειδικούς στον τομέα της μηχανικής εδάφους και γεωτεχνικής μηχανικής (Hoek, 2000). Οι AGS (2000) και Riddolls and Crocott (1999) παρέχουν περαιτέρω παραδείγματα κριτηρίων επικινδυνότητας στο πεδίο της γεωτεχνικής μηχανικής. Τέλος οι HSE (1992) και ΗΚΓΡΔ (1994) πραγματεύονται τα κριτήρια επικινδυνότητας σε σχέση με εγκατάσταση επικίνδυνων βιομηχανιών.

## **Κεφάλαιο 3. Προτεινόμενη Μεθοδολογία Εκτίμησης Επικινδυνότητας**

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται λεπτομερώς η μεθοδολογία εκτίμησης επικινδυνότητας και ανάλυσης του κινδύνου και της τρωτότητας. Επιπλέον αναλύονται οι επιπτώσεις και τα αποτελέσματα του προτύπου εκτίμησης επικινδυνότητας.

### **3.1 Μεθοδολογία Εκτίμησης Επικινδυνότητας**

Προκειμένου να εξετάσουμε την επίδραση που θα έχει μία πλημμύρα τόσο στους ανθρώπους όσο και στις περιουσίες τους θα πρέπει να αναπτύξουμε ένα αλγόριθμο που να παίρνει ως βάση την χειρότερη πλημμύρα των τελευταίων ετών (που να έχει πολύ μικρή πιθανότητα εμφάνισης, π.χ. κάθε 100 χρόνια) και θα αναλύει τις επιπτώσεις που απορρέουν από αυτή. Επιπλέον θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας όλες τις παραμέτρους που πιθανόν να συμβάλουν στην μεγέθυνση αυτών των επιπτώσεων έτσι ώστε να καταλήξουμε στην ποσοτικοποίηση του αλγορίθμου.

Η συνολική μεθοδολογία εκτίμησης επικινδυνότητας πλημμύρων, η οποία είναι σύμφωνη με τα ευρωπαϊκά πρότυπα (SEC, 2006) για την διαχείριση πλημμυρικών φαινομένων και με ότι αποτελεί σήμερα για τις βιομηχανίες πρότυπο αναφορικά με την αξιολόγηση επικινδυνότητων που έχουν να κάνουν με φυσικές καταστροφές όπως καθιζήσεις εδάφους (AGS, 2000) περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

1. Καθορισμό του προβλήματος και διατύπωση των όρων του (πλαίσιο).
2. Η ανάλυση του κινδύνου (hazard).

Ο κίνδυνος πλημμύρων προκύπτει από αλληλεπιδράσεις βιοφυσικών παραγόντων (φυσική γεωγραφία και περιβάλλον) όπως η τοπογραφία και ο καιρός και βέβαια το βιοτικό περιβάλλον (φυτοκάλυψη, ανθρωπογενείς δραστηριότητες κλπ). Σύμφωνα λοιπόν με την πιθανότητα εμφάνισης πλημμυρικού φαινομένου που διατρέχουν οι γεωγραφικές περιοχές θα μπορούσαν να καταταχθούν στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

- α) πλημμύρες χαμηλής πιθανότητας ή σενάρια ακραίων φαινομένων
- β) πλημμύρες μέσης πιθανότητας (με πιθανή περίοδο επαναφοράς  $\geq$  100 χρόνια)

γ) πλημμύρες υψηλής πιθανότητας, ανάλογα με την περίπτωση

Παράμετροι κινδύνου περιλαμβάνουν:

- Προσδιορισμό των παραμέτρων και χαρακτηρισμό της φύσης και της γεωμετρίας του κινδύνου.
- Μηχανική της ροής πλημμυρών από την άποψη του βάθους ύδατος, της ταχύτητας και της δυνατότητας να προκληθεί ζημιά.
- Εκτίμηση της έκτασης της πλημμύρας.
- Εκτίμηση της καταστροφικότητας της πλημμύρας με βάση το ιστορικό των αποζημιώσεων σε σπίτια και επιχειρήσεις αλλά και των τραυματισμών /απωλειών που έχουν συμβεί τα τελευταία χρόνια
- Εκτίμηση της πιθανότητας ( ή της συχνότητας) της πλημμύρας.

### 3. Ανάλυση της τρωτότητας (vulnerability)

Η τρωτότητα (vulnerability) μπορεί να καθοριστεί ποικιλοτρόπως και σε πολλαπλά πλαίσια. Εντούτοις, αφορά πρώτιστα το βαθμό στον οποίο ο πληθυσμός, το περιβάλλον, οι υποδομές και οι οικονομικές δραστηριότητες είναι ευαίσθητες και ευπαθείς σε επιπτώσεις από ένα φυσικό καταστροφικό γεγονός. Ως εκ τούτου, η τρωτότητα σε ένα πλημμυρικό γεγονός αναφέρεται στις ανθρωπογενείς υποδομές σε συνδυασμό με την πιθανότητα εμφάνισής του και μπορεί να οδηγήσει, μέσω του προληπτικού σχεδιασμού (contingency planning), σε στρατηγικές αντιμετώπισης. Η Διαχείριση των Πλημμυρών και γενικότερα, η ανάγκη για ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων πρέπει να αντιμετωπίσουν τις συνεχείς αλλαγές στις αξίες και στο μετασχηματισμό των κοινωνικών δομών, καθώς επίσης και στις περιβαλλοντικές και εξωγενείς αλλαγές (όπως είναι οι κλιματικές ανωμαλίες και η αυξανόμενη αλληλεξαρτήσις). Τέτοιες θεμελιώδεις αλλαγές έχουν δημιουργήσει συνθήκες παγκοσμιοποίησης, υψηλής πολυπλοκότητας και συνθετότητας, αυξημένης αναταραχής, τρωτότητας και αβεβαιότητας.

Οι παράμετροι της τρωτότητας περιλαμβάνουν:

- Οικισμούς και κατοικίες
- Επιχειρήσεις και βιοτεχνίες
- Ενεργειακές υποδομές
- Τουριστικές περιοχές
- Οδικό δίκτυο και υποδομές μεταφορών (σιδηροδρομικό δίκτυο, γέφυρες, τούνελ και άλλα)

- Υποδομή υδατικών πόρων (φράγματα, κύριοι αγωγοί μεταφοράς και διανομής, αντιπλημμυρικά έργα, κλπ)
- Αρχαιολογικές θέσεις και τόποι ιστορικής και πολιτιστικής κληρονομιάς
- Πανίδα και Χλωρίδα

#### 4. Υπολογισμός Επικινδυνότητας και Ανάλυση των επιπτώσεων

Ο υπολογισμός της γίνεται με το πολλαπλασιασμό της πιθανότητας κινδύνου πλημμύρας (hazard) επί τη πιθανότητα τρωτότητας (vulnerability).

Και η ανάλυση των επιπτώσεων περιλαμβάνει:

- Εκτίμηση του πιθανού αριθμού των ανθρώπων στους οποίους θα έχει αντίκτυπο η πλημμύρα.
- Αξιολόγηση της πιθανής ζημιάς υποδομών λόγω της πλημμύρας.
- Αξιολόγηση διαφορετικών πλημμυρικών επιδράσεων στις οικονομικές δραστηριότητες όπως οι δαπάνες στις επιχειρήσεις.
- Αποτίμηση της περιβαλλοντικής ζημιάς

#### 5. Εκτίμηση Επικινδυνότητας

Η επικινδυνότητα (risk) προκύπτει από την αλληλεπίδραση μεταξύ του κινδύνου ενός φυσικού παράγοντα και της τρωτότητας μίας κοινότητας. Αυτή η προσέγγιση θεμελιώνει μια σημαντική σχέση μεταξύ φυσικού περιβάλλοντος και ανθρωπογενών συστημάτων, και προσφέρει μια ολιστική αντίληψη στην εκτίμηση της επικινδυνότητας. Η ολιστική εκτίμηση του κινδύνου και της τρωτότητας μπορεί να συνθέσει ποσοτικούς δείκτες της συμπεριφοράς και των αποτελεσμάτων των πλημμυρών χρησιμοποιώντας χωρικά επίπεδα πληροφοριών σχετικά με την τοπογραφία, την γεωλογία, την εδαφολογία, τη μετεωρολογία, τη βλάστηση, τα κοινωνικά, και τα οικονομικά στοιχεία, που εάν συσχετισθούν μπορούν να δημιουργήσουν γεωγραφικούς δείκτες απόδοσης του κινδύνου Πλημμυρών (UNESCO, 2004)

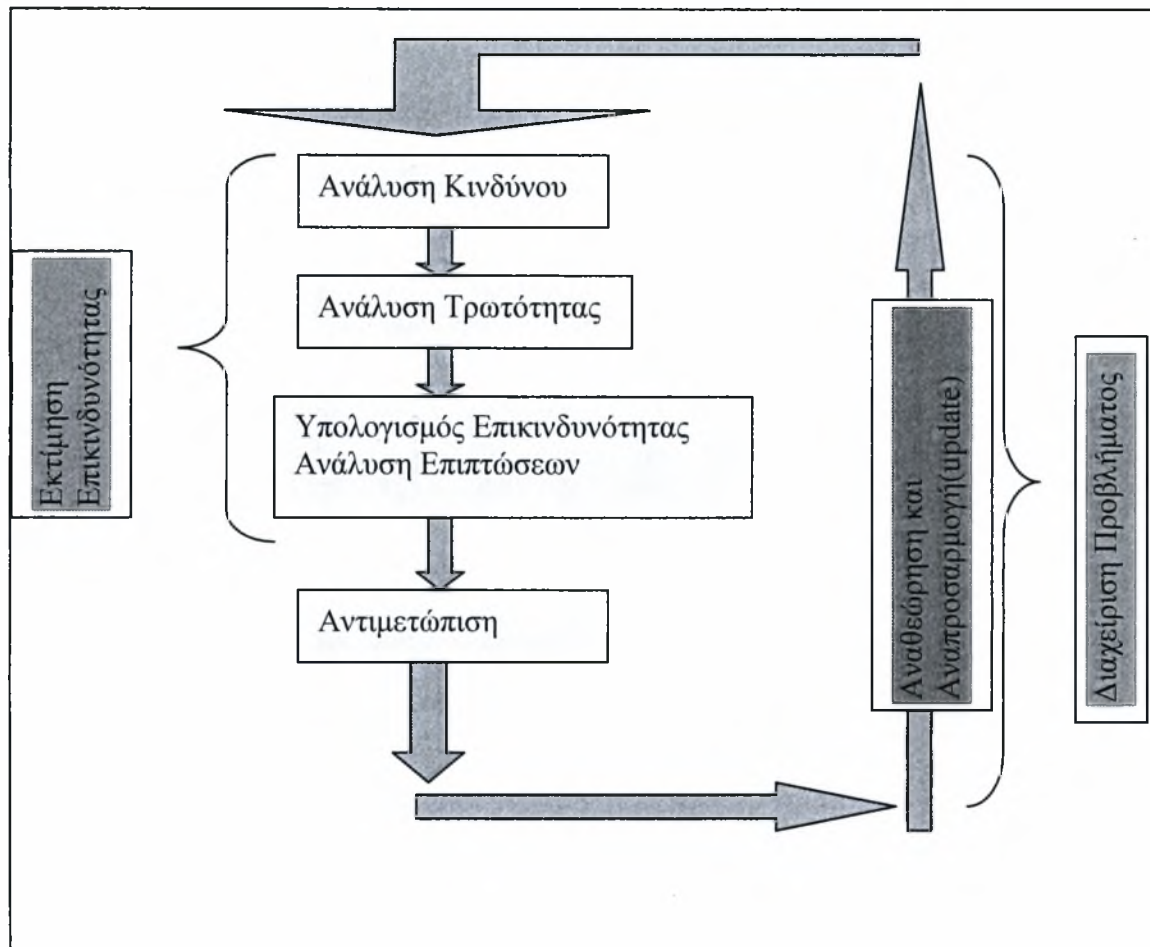
Η Εκτίμηση Επικινδυνότητας ενσωματώνει:

- Ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων
- Αξιολόγησή τους με βάση τις διαθέσιμες οδηγίες.
- Έρευνα για τις επιλογές αντιμετώπισης.
- Αξιολόγηση των δαπανών και των κερδών των επιλογών συγκεκριμένων αντιμετώπισης.



## 6. Αντιμετώπιση επικινδυνότητας

Μέσω της ανάπτυξης ενός διοικητικού σχεδίου διαχείρισης που θα περιλαμβάνει ενσωματώσεις, αναφορές και αναθεωρήσεις.



**Γράφημα 3.1:** Παρουσιάζει τα βήματα στην εκτίμηση της επικινδυνότητας και την ολοκληρωμένη διαδικασία διαχείρισής της δίνοντας έμφαση στην επαναληπτική του φύση

### 3.1.1 Μεθοδολογία Εκτίμησης Επικινδυνότητας και ανθρώπινος παράγοντας

Ο αλγόριθμος που έχουμε αναπτύξει για να γίνει η εκτίμηση στο ποσοτικό πρότυπο επικινδυνότητας ανθρώπινου παράγοντα μπορεί να αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας έναν υπολογισμό με λογιστικό φύλλο (spreadsheet) Excel. Η διαδικασία υπολογισμού είναι τυποποιημένη για όλες τις κοινότητες για να

εξασφαλισθεί όσο το δυνατόν περισσότερο ότι μια συνεπής μεθοδολογία θα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της επικινδυνότητας σε κάθε τοποθεσία, για να διατηρηθεί ο αριθμός των μεταβλητών σε εύχρηστο επίπεδο και για να γίνει ολόκληρη η διαδικασία όσο το δυνατόν διαφανέστερη.

Το πρότυπο υπολογισμών με λογιστικό φύλλο (spreadsheet) είναι βασισμένο στην ανάλυση γεγονότων με δενδρικό διάγραμμα το οποίο είναι ένα ευρέως αναγνωρισμένο εργαλείο στην λογική και συστηματική αναπαράσταση των πιθανών διαδρομών που χαρτογραφούν τα διάφορα γεγονότα και οι συνέπειές τους. Κάθε κλαδικός κόμβος στο δενδρικό διάγραμμα γεγονότων αντιπροσωπεύει ένα βασικό σημείο απόφασης (ή τον κόμβο) που έχει προσδιοριστεί, ξετυλίγοντας το πρόβλημα που μελετάται σε μια σειρά διαδοχικών βημάτων. Κάθε σημείο απόφασης μπορεί να έχει τις εναλλακτικές εκβάσεις του. Μια πιθανότητα ορίζεται στη συνέχεια σε κάθε εναλλακτική λύση και στις περισσότερες καταστάσεις οι πιθανότητες για τους κλάδους σε κάθε κόμβο θα έχουν άθροισμα 1,0.

Η χρήση των δενδρικών διαγραμμάτων γεγονότων απλοποιεί το πρόβλημα σε εύχρηστα βήματα και βοηθάει στο να διευκρινίσουμε τον υπολογισμό της επικινδυνότητας. Κάθε κλάδος του δενδρικού διαγράμματος γεγονότος αναφέρεται σε μας ως "σενάριο". Εν συνεχεία η πιθανότητα του κάθε σεναρίου αφού υπολογιστεί πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό των πιθανών απωλειών ή αντίστοιχα των οικονομικών ζημιών για να μας δώσει τελικώς την επικινδυνότητα.

### **3.1.2 Μεθοδολογία Εκτίμησης Επικινδυνότητας και Οικονομική Δραστηριότητα-Υποδομές**

Το πρότυπο επικινδυνότητας υποδομών και οικονομικής δραστηριότητας είναι το ίδιο με αυτό του ανθρώπινου παράγοντα με τη διαφορά ότι αφού υπολογίζουμε τις πιθανότητες αυτές τις συμπεριλαμβάνουμε στον υπολογισμό των οικονομικών συνεπειών για κάθε στοιχείο που βρίσκεται σε κίνδυνο. Πιθανολογικοί υπολογισμοί μπορούν να εκτελεστούν ως μέρος της ανάλυσης με χρήση λογισμικού προσομοίωσης το οποίο δειγματίζει όλες τις μεταβλητές της κατανομής, ένα μεγάλο αριθμό πολλαπλασιασμών που χρησιμοποιούν τη στρατηγική δειγματοληψίας Monte Carlo. Ο αριθμός των δειγμάτων καθορίζεται από το χρήστη.

Κατά τον υπολογισμό της επικινδυνότητας οικονομικής δραστηριότητας και υποδομών υποθέτουμε ότι δεν υπάρχει κανένα ανώτερο όριο κόστους στις κατανομές

επικινδυνότητας και ότι για κάθε κατανομή δαπανών οι υψηλότερες δαπάνες έχουν ταυτοχρόνως τις χαμηλότερες πιθανότητες να συμβούν. Όταν λαμβάνουμε αποφάσεις που βασίζονται στην εκτίμηση επικινδυνότητας, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι οι παράμετροι κατανομής που επιλέγονται στην ανάλυση αποτελούν πράγματι απλές εκτιμήσεις, και ότι στην πραγματικότητα υπάρχει κάποια πιθανότητα ότι οι αριθμοί που υπολογίστηκαν από το πρότυπο επικινδυνότητας να υπερβάλουν.

### **3.1.3 Μεθοδολογία Εκτίμησης Επικινδυνότητας και Περιβάλλον**

Σχετικά με το περιβάλλον το πρότυπο θα υπολογίζει τις πιθανότητες εμφάνισης πλημμύρας και εν συνεχεία θα υπολογίζει τις επιπτώσεις στο περιβάλλον σχετικά με μόλυνση του εδάφους, μόλυνση των υδάτων και τη καταστροφή των δασικών εκτάσεων ώστε να εκτιμηθεί η υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

## **3.2 Ανάλυση Κινδύνου - Τρωτότητας**

Η φάση ανάπτυξης του δενδρικού διαγράμματος είναι η φάση στην οποία αναλύουμε τον κίνδυνο και τη τρωτότητα κατά την εκτίμηση επικινδυνότητας των πλημμύρων. Το δενδρικό διάγραμμα που έχουμε αναπτύξει για να ξετυλίξουμε αυτήν την κατάσταση σε μια σειρά μικρών βημάτων που να μπορούν να είναι λογικά στο να εξεταστούν παρουσιάζεται στο *εικόνα 3.2* και ενσωματώνει τα ακόλουθα σημεία (κόμβοι):

1. Ποια είναι η πιθανότητα να συμβεί μία βροχόπτωση προσδιορισμένης δριμύτητας (ΑΕΡ) ; Θα οδηγήσει αυτή σε πλημμύρα συγκεκριμένης κλίμακας;
2. Υπάρχουν οποιαδήποτε αντίμετρα σε ισχύ;
3. Σε ποιο βαθμό θα μειώσουν τις πλημμυρικές επιδράσεις; Είναι οι υποτιθέμενες περιοχές κατακλυσμού κατάλληλες;
4. Κατά τη διάρκεια ποιάς εποχής του έτους η πλημμύρα θα εμφανιστεί (δεδομένου ότι αυτό έχει επιπτώσεις στους πιθανούς αριθμούς των ανθρώπων σε κίνδυνο, εφαρμόζεται κυρίως για κατασκηνωτές και ξενοδοχεία τα οποία έχουν εποχικές κλιμακώσεις για αυτό και δεν το λαμβάνουμε υπόψη).
5. Τι ώρα της ημέρας θα εμφανιστεί η πλημμύρα μέρα ή νύχτα (που θα επηρεάσει τον πιθανό αριθμό ανθρώπων σε κίνδυνο, θα καθορίσει το πόση προειδοποίηση θα λαμβάνουν και τις πιθανότητές τους να ξεφύγουν από το νερό της πλημμύρας αλλά

και να σώσουν τις περιουσίες τους); Ο παράγοντας αυτός επηρεάζει και το βαθμό προειδοποίησης που περιγράφεται παρακάτω.

6. Υπάρχει κάποια προειδοποίηση διαθέσιμη (που να έχει άμεση επίπτωση στις πιθανότητες των ανθρώπων να δραπετεύσουν από τα νερά της πλημμύρας και ως εκ τούτου της πιθανότητας μοιραίων περιστατικών λόγω της πλημμύρας ή να επέμβουν προκειμένου να μετριάσουν τις οικονομικές ζημιές);

7. Σε ποια ζώνη κινδύνου εντοπίζεται το στοιχείο που ενδέχεται να κινδυνεύσει;

### **3.2.1 Ανάλυση Κινδύνου**

#### **Πιθανότητα βροχόπτωσης συγκεκριμένης δριμύτητας**

Για αυτήν την εκτίμηση επικινδυνότητας το επικίνδυνο γεγονός λαμβάνεται ως η χειρότερη περίπτωση πλημμύρας σε μία περίοδο 100 ετών (μια συχνότητα 0,01 ή 1% ετησίως). Αυτή η συχνότητα έχει χρησιμοποιηθεί για όλες τις κοινότητες που εξετάζονται.

Αυτό το γεγονός της εκατονταετίας θα επιλεγθεί σε αυτήν την εκτίμηση επικινδυνότητας δεδομένου ότι πρόσφατα συνέβη μία πολύ έντονη πλημμύρα και υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για την έκταση και τις συνέπειες της (9 Οκτωβρίου 2006). Ωστόσο για να περιγράψουμε πώς μπορεί να αναλυθεί παραπέρα ο κίνδυνος αναφέρουμε απλώς δύο παράγοντες που σχετίζονται με αυτόν για πληροφοριακούς λόγους χωρίς να τους έχουμε συνυπολογίσει στον υπολογισμό της επικινδυνότητας.

#### **Εποχιακός παράγοντας**

Η εποχιακή εναλλαγή κατά τη διάρκεια του έτους, μπορεί να ληφθεί υπόψη για τον προσδιορισμό του κινδύνου στις ζώνες πλημμύρων (Morgan, G.C. 1992). Ειδικότερα έχουμε προσδιορίσει αυτόν τον παράγοντα με βάση το υδρομετρικό διάγραμμα του Βόλου αν και δεν τον έχουμε συμπεριλάβει στο πρότυπο εκτίμησης επικινδυνότητας.

#### **Πιθανότητα του γεγονότος πλημμύρας**

Δεν ισχύει πάντα η περίπτωση ότι ένα γεγονός βροχόπτωσης με ένα ορισμένο ΑΕΡ παράγει μια πλημμύρα με το ίδιο ΑΕΡ.

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τις συνθήκες των πλημμυρών περιλαμβάνουν:

- Τοπογραφία.
- Μέγεθος και χαρακτηριστικά συλλογής (δηλ. εδαφολογική κάλυψη, χρήση εδάφους κλπ...Πίνακας 4.4).

- Όροι υγρασίας εδάφους πριν από ένα γεγονός (δηλ. προηγούμενες βροχοπτώσεις).
- Ένταση και διάρκεια των βροχοπτώσεων (*Γραφήματα 4.1-4.2-4.3*)

### 3.2.2 Ανάλυση τρωτότητας

#### Αντίμετρα

Κατά δημιουργία του δεντρικού διαγράμματος έχουμε λάβει υπόψη μας τη συμβολή στη μείωση του βαθμού πλημμύρας που μπορεί να έχουν τα φυσικά και τεχνητά μέτρα ελέγχου (αντίμετρα) πλημμυρών. Αρχικά έχουμε υποθέσει ότι καμία εργασία δεν είναι σε ισχύ δηλ. οι κατ' εκτίμηση περιοχές κατακλυσμού απεικονίζουν τις πιθανές επιδράσεις της πλημμύρας με το συγκεκριμένο ΑΕΡ % . Ακόμη έχουμε υποθέσει ότι όλα τα κανάλια των ρευμάτων είναι καθαρά χωρίς καθόλου συσσωρευμένα συντρίμια και επομένως έχουν σαφές σχήμα και πλήρη φυσική ικανότητα (ροής). Στην πραγματικότητα, σημαντικές ποσότητες συντριμμίων (μπαζών) μεταφέρονται μέσα στο κανάλι κατά τα μεγάλα γεγονότα ροής, κάτι το οποίο παίζει ρόλο στις διαδικασίες αποκατάστασης μετά το τέλος του γεγονότος.

Διάφοροι παράγοντες μπορούν να εισαχθούν στο πρότυπο σε αυτό το σημείο προκειμένου να επαχθεί ο γενικός συντελεστής των αντιμέτρων για τον έλεγχο των πλημμυρών. Τα αντίμετρα έχουν ως στόχο να μειώσουν τις δυνατές περιοχές κατακλυσμού λόγω πλημμύρας και το βάθος/ ταχύτητα του νερού της πλημμύρας. Παραδείγματος χάριν, οι τράπεζες συλλογής μπορούν να μειώσουν τη συχνότητα ή και τη δριμύτητα των πλημμυρών. Η δεντροφύτευση είναι ένα ακόμη φυσικό μέτρο μείωσης της ταχύτητας και της σφοδρότητας του νερού της πλημμύρας. Κάποιες επιχωματώσεις ή εκτροπές θα ήταν με τη σειρά τους ένα πολύ καλό τεχνητό μέτρο. Περαιτέρω ανάλυση σχετικά με τις εργασίες μετριασμού γίνεται παρακάτω στο επόμενο κεφάλαιο.

Ο βαθμός στο οποίο τα αντίμετρα αυτά μειώνουν τις επιδράσεις των πλημμυρών υπολογίζεται με βάση την υποκειμενική κρίση που λαμβάνει υπόψη τα όποια κριτήρια του σχεδίου για τις εργασίες π.χ. την αυξημένη ικανότητα ροής ρευμάτων, τις μειωμένες ροές πλημμυρών κ.λ.π. Τα αντίμετρα των πλημμυρών μπορούν να είναι σχετικά με συγκεκριμένα σενάρια και όχι με το σύνολο των περιοχών συλλογής ή τις περιοχές που μπορεί να βρίσκονται σε κίνδυνο. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα οφέλη

των αντιμέτρων αποτυπώνονται στο πρότυπο επικινδυνότητας ανάλογα με την περίπτωση, και όχι με τη ρύθμιση αυτού του γενικού παράγοντα.

### **Τύπος ημέρας**

Κατά την ανάλυση της τρωτότητας, εξετάζεται εάν ο κίνδυνος πλημμύρων εμφανίζεται σε:

- Ένα Σαββατοκύριακο ή μια επίσημη αργία.
- Μια κανονική ημέρα εργασίας και σχολείων

Αυτό έχει άμεση επίπτωση στον αριθμό και τη θέση των ανθρώπων που ενδέχεται να βρίσκονται σε κίνδυνο.

### **Χρόνος της ημέρας**

Ο χρόνος της ημέρας υπολογίζει εάν οι πλημμύρες συμβούν στο φως της ημέρας ή στο σκοτάδι, πράγμα το οποίο με τη σειρά του έχει επιπτώσεις στη πιθανότητα έγκαιρων προειδοποιήσεων για πλημμύρα και μέχρι ενός ορισμένου βαθμού στην αποδοτικότητα οποιασδήποτε ενέργειας εκκένωσης.

### **Μηχανισμός έγκαιρης προειδοποίησης**

Κατά τον καθορισμό του βαθμού προειδοποίησης που μπορεί να είναι διαθέσιμη στον πληθυσμό που βρίσκεται σε κίνδυνο και ως εκ τούτου η πιθανότητα εκκένωσης από τις περιοχές που εκτίθενται στην πλημμύρα, πιστεύουμε ότι οι ακόλουθοι παράγοντες πρέπει να εξετάζονται:

- *Δυνατότητα να ανιχνευθεί ή να προβλεφθεί η αρχή των συνθηκών που οδηγούν σε πλημμύρα:*
  - Μπορούν να προβλεφθούν οι βαριές βροχοπτώσεις;
  - Υπάρχουν μετρητές βροχής και πίεσης εγκατεστημένοι;
  - Είναι αυτοί ένας αποτελεσματικός δείκτης πρόβλεψης πιθανών πλημμύρων
  - Είναι δυνατόν τα δεδομένα τους να τηλεμετριούνται και να ειδοποιούν δηλ. πόσο προσιτές είναι οι πληροφορίες τους;
  - Μέγεθος και χαρακτηριστικά συλλογής - πόσο γρήγορα οι βαριές βροχοπτώσεις οδηγούν σε συνθήκες πλημμύρων;
- *Η δυνατότητα των αρχών να λαβαίνουν μέτρα προειδοποίησης για τους ανθρώπους:*
  - Υπάρχει ένα καθιερωμένο δίκτυο Πολιτικής Προστασίας στην κοινότητα και οι άνθρωποι εκπαιδεύονται αρκετά καλά;

- Υπάρχει ένα καθιερωμένο σχέδιο που να βρίσκεται σε εγρήγορση με διάφορα επίπεδα προειδοποίησης και ενέργειες αντιμετώπισης;
- Είναι οι επικοινωνίες αξιόπιστες σε δυσμενή καιρό;
- Πόσο εύκολο είναι να επικοινωνήσει με τους ανθρώπους στις θέσεις κινδύνου (τηλεφωνικά, στο δρόμο κλπ...);
- Υπάρχουν επαρκείς πόροι για να καλύψουν την περιοχή και να δοθούν στον καθένα στο διαθέσιμο χρόνο;
  - *Η δυνατότητα εκκένωσης προς μία ασφαλή τοποθεσία στον κατάλληλο χρόνο:*
- Πόσο μακριά πρέπει να μετακινηθούν οι άνθρωποι που βρίσκονται σε κίνδυνο για να φτάσουν σε μια ασφαλή θέση;
- Υπάρχουν φυσικά εμπόδια που πρέπει να συνεκτιμηθούν π.χ. απότομες κλίσεις, ή διαδρομές διαφυγών που πιθανών να αποκλειστούν;
- Έχουν καθιερωθεί σχέδια εκκένωσης και ασφαλείς τοποθεσίες για τους ιδιοκτήτες και τις εγκαταστάσεις όπως οι εκτάσεις των στρατοπέδων;
- Έχουν γίνει ασκήσεις με τα σενάρια αυτών των σχεδίων;
- Σε ποιο επίπεδο συνειδητοποίησης και προετοιμασίας βρίσκεται η κοινότητα σε σχέση με τον κίνδυνο πλημμύρας;

### **Ζώνες κινδύνου**

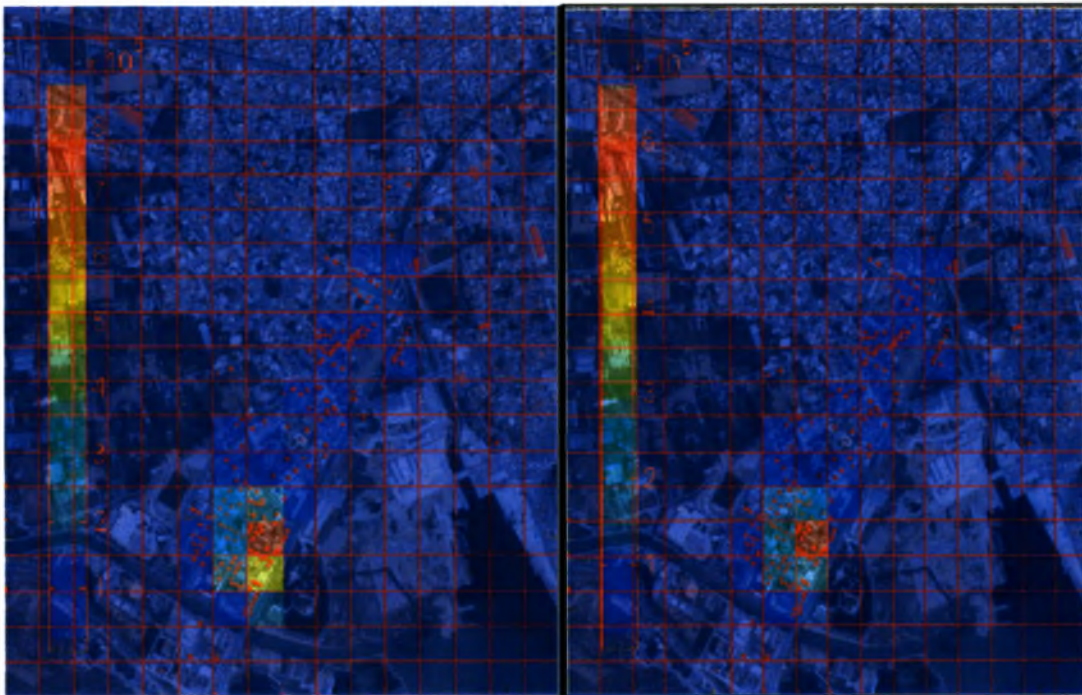
Το Αμερικανικό Υπουργείο Εσωτερικών και Αποκατάστασης USBR μας δίνει στοιχεία για την κατηγοριοποίηση και την περιγραφή των Ζωνών κινδύνου όπως αυτές πρέπει να αναπτυχθούν για το περιβάλλον του δήμου Βόλου και Αγριάς στο νομό Μαγνησίας και για τις υπαγόμενες κοινότητες. Αυτές οι ζώνες κινδύνου θα καθορίζουν τις ροές πλημμυρών για AEP 1% (ετήσια πιθανότητα υπέρβασης ή υπερχειλίσης εν προκειμένω) και θα αναπτυχθούν χρησιμοποιώντας ένα υπολογιστικό μοντέλο βασισμένο στη διαμόρφωση των αντίστοιχων περιοχών συλλογής ρευμάτων, ερευνημένους υψομετρικούς χάρτες των επιρρεπών περιοχών σε πλημμύρες, επίγεια δεδομένα βασισμένα στις παρατηρήσεις των μετεωρολογικών τομέων όπως η 'καιρική βόμβα' 9 Οκτωβρίου του 2006 (που είχε ως αποτέλεσμα ευρείας έκτασης καταστροφές από πλημμύρες σε όλη την περιφέρεια του νομού Μαγνησίας) και άλλα ανέκδοτα στοιχεία.

Αυτοί οι χάρτες θα περιλαμβάνουν τις γραμμές κινδύνου που σκιαγραφούν τις ζώνες κινδύνου του περιβάλλοντος, περιγράφοντας τον:

- Υψηλό κίνδυνο (κόκκινη γραμμή) - που χαρακτηρίζεται από τα πολύ έντονα υδρολογικά χαρακτηριστικά.
- Μέσο κίνδυνο (πορτοκαλί γραμμή) – που χαρακτηρίζεται από σημαντικά υδρολογικά χαρακτηριστικά.
- Χαμηλό κίνδυνο (κίτρινη γραμμή) - που συγκεντρώνει μόνο τις περιοχές που συνδέονται με τη πλημμύρα.

Από άλλες μελέτες που έχουν γίνει για την πόλη του Βόλου έχουν προκύψει οι ζώνες οικονομικού κινδύνου με βάση των μέγεθος των αποζημιώσεων που εδόθησαν από τη Νομαρχία και καλύπτουν ζημίες από το καταστροφικό γεγονός πλημμύρας που συνέβη τον Οκτώβριο του 2006 (Εργαστήριο βελτιστοποίησης συστημάτων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας 2007) . Κάνοντας την απλή παραδοχή ότι όπου οι ζημίες ήταν μεγάλες έχουμε και υψηλή πιθανότητα πλήγματος (υψηλός κίνδυνος) και άρα η περιοχή αυτή περιγράφεται από την υψηλή ζώνη κινδύνου και αντίστοιχα όπου οι ζημίες ήταν μικρές έχουμε μικρή πιθανότητα πλήγματος και άρα η χαμηλή ζώνη κινδύνου είναι αυτή που περικλείει την περιοχή μπορούμε να απεικονίσουμε ένα χάρτη ζωνών κινδύνου.

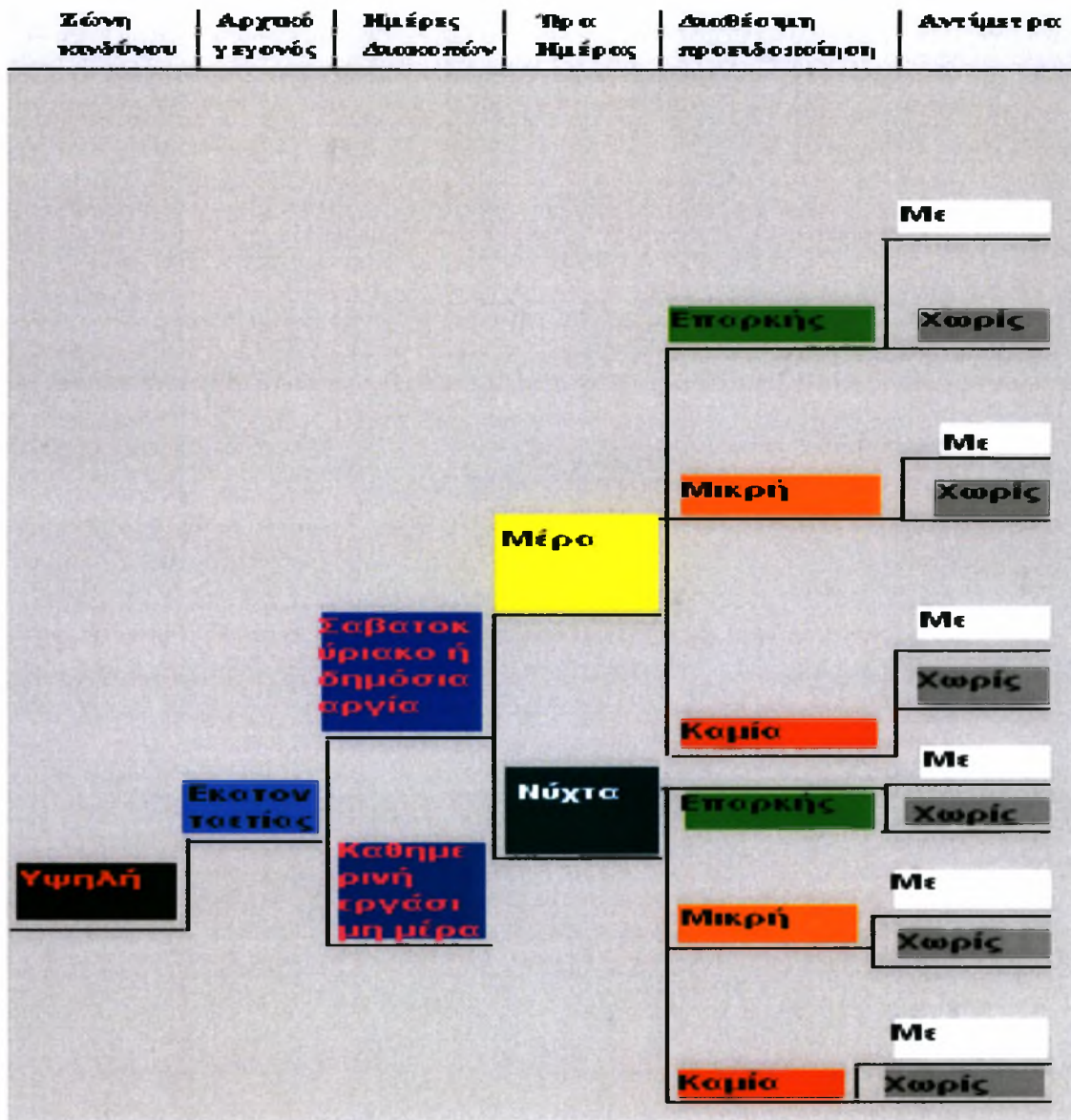
**Εικόνα 3.1:** Απεικόνιση του μεγέθους της πλημμυρισμένης περιοχής και του ύψους των αποζημιώσεων (σε χιλιάδες ευρώ) που δόθηκαν σε αυτή. Κάθε κελί αντιστοιχεί σε έκταση 100m x 100m αριστερή εικόνα για ύψος νερού 0.65m, δεξιά εικόνα με αντίμετρα και ύψος νερού 0.35m.







**Εικόνα 3.3:** Παράδειγμα δεντρικού διαγράμματος απεικόνισης των παραμέτρων κινδύνου και τρωτότητας όπως το επιλέξαμε για την ποσοτικοποίηση της επικινδυνότητας στο τελικό μοντέλο μας.



### 3.3 Αβεβαιότητα

Η εκτίμηση επικινδυνότητας δεν είναι μια ακριβής επιστήμη. Συχνά δεν υπάρχει κανένα στοιχείο ασφάλειας και αν υπάρχει δεν είναι επαρκές προκειμένου να εκτελέσουμε στατιστικά έγκυρες υποθέσεις όσον αφορά τη συχνότητα των διάφορων παραμέτρων που εισάγουμε στο πρότυπο για να υπολογίσουμε την επικινδυνότητα.

Ακόμα και όταν γίνεται προσπάθεια να εκτιμήσουμε τις συνέπειες των γεγονότων υπεισέρχεται και πάλι ο παράγοντας της αβεβαιότητας.

Επομένως, τα στοιχεία μας αναπτύσσονται μέσω της εμπειρικής ανάλυσης και της συνεργατικής προσπάθειας έμπειρων επαγγελματιών οι οποίοι είναι οι αρμόδιοι να κάνουν τέτοιες αξιολογήσεις. *Αυτό που παρέχεται εδώ είναι ένα δομημένο πλαίσιο για τη λήψη υποκειμενικών κρίσεων το οποίο θα βοηθήσει στην αξιολόγηση των διάφορων παραμέτρων (inputs).*

Οι αβεβαιότητες που συνδέονται με αυτόν τον τύπο αξιολόγησης μπορούν να περιγραφούν σε τρεις ευρείες κατηγορίες:

- αβεβαιότητα που συνδέεται με την πιθανότητα έκβασης του περιστατικού.
- αβεβαιότητα που συνδέεται με την πρόβλεψη του μεγέθους των συνεπειών εάν συμβεί ένα λάθος.
- αβεβαιότητα που συνδέεται με τους ακριβείς υπολογισμούς των δαπανών για τις συνέπειες.

### 3.4 Επιπτώσεις και αποτελέσματα προτύπου εκτίμησης επικινδυνότητας.

Αυτό το τμήμα παρέχει μια συνοπτική εξήγηση για το πώς οι κίνδυνοι ανθρώπινων ζωών παρουσιάζονται κατά την εκτίμηση της επικινδυνότητας (HMSO,1988). Μας δίνει ακόμη κάποια στοιχεία που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη ενός προτύπου επικινδυνότητας οικονομικής δραστηριότητας και υποδομών.

#### 3.4.1 Ανάλυση Επιπτώσεων

Για τον υπολογισμό του προτύπου της επικινδυνότητας των ανθρώπινων ζωών τα στοιχεία που βρίσκονται κίνδυνο είναι οι άνθρωποι, ως εκ τούτου οι συνέπειες ενός περιστατικού πλημμύρας εκφράζονται από τον αριθμό των μοιραίων περιστατικών. Ο αριθμός των μοιραίων περιστατικών υπολογίζεται με βάση έναν γενικό πληθυσμό που τελεί σε κίνδυνο (PAR, people at risk), και αναλύεται σε διαφορετικές

συνιστώσες για τα διαφορετικά σενάρια σύμφωνα με τις ποικίλες δραστηριότητες ή τις χρήσεις εδάφους, για τον υπολογισμό των ανθρώπινων απωλειών (LOL, loss of life).

### **Πληθυσμός σε κίνδυνο (PAR- people at risk)**

PAR είναι ο αριθμός των ανθρώπων που ενδεχομένως εκτίθενται στον κίνδυνο πλημμύρων σε κάθε τοποθεσία και για κάθε δραστηριότητα. Αυτοί οι αριθμοί μπορούν να αναπτυχθούν από τα στοιχεία που παρέχονται από τη Στατιστική Υπηρεσία, την Πολεοδομία αλλά και το γραφείο Πολιτικής Προστασίας του εκάστοτε δήμου. Τέτοιο υλικό μπορεί να αντληθεί από το επίστρωμα των περιοχών κατακλυσμού, των κτηματολογικών χαρτών και των αεροφωτογραφιών. Για να καθορίσουμε τον PAR μπορούμε να ορίσουμε τις ακόλουθες δραστηριότητες ή χρήσεις εδάφους.

- Ιδιωτικές κατοικίες.
- Σχολεία.
- Απομονωμένα χωριά.
- Χώροι κατασκήνωσης.
- Ξενοδοχεία και μοτέλ.
- Επιχειρήσεις.
- Περιοχές με περιβαλλοντική αξία

Κάθε κοινότητα πρέπει να έχει μία βάση PAR (αριθμός ανθρώπων σε κίνδυνο) που να παρέχει τους μέγιστους αριθμούς ανθρώπων που βρίσκονται ενδεχομένως μέσα σε κάθε ζώνη κινδύνου πλημμύρας για κάθε δραστηριότητα. Έπειτα η βάση PAR τροποποιείται έτσι ώστε να απεικονίζει την ημέρα και την ώρα της ημέρας. Παραδείγματος χάριν, δεν θα υπάρξει κανένα παιδί παρόν στα σχολεία τα βράδια ή κατά τη διάρκεια των διακοπών. Ομοίως, οι αριθμοί των ανθρώπων που βρίσκονται στο σπίτι (στα ιδιωτικά σπίτια) θα είναι γενικά μέγιστοι τη νύχτα σε αντίθεση με τη διάρκεια της ημέρας οπού οι άνθρωποι θα είναι έξω ή εκεί γύρω.

### **Απώλεια ζωής (LOL - loss of life)**

Από τον PAR υπολογίζεται το LOL (αριθμός θανάτων/τραυματισμών) με βάση τους δείκτες θνησιμότητας/τραυματισμών της κάθε περιοχής. Ο δείκτης θνησιμότητας ορίζεται ως το μέρος του PAR που πιθανόν να σκοτωθεί ως αποτέλεσμα του κινδύνου πλημμύρων. Τα ποσοστά θνησιμότητας εξαρτώνται από τη δριμύτητα της πλημμύρας, τον διαθέσιμος χρόνο προειδοποίησης και το επίπεδο κατανόησης από τα

άτομα που τελούν σε κίνδυνο ότι πρέπει να αντιμετωπίσουν με σεβασμό τις προειδοποιήσεις για πλημμύρες. Οι δείκτες θνησιμότητας (μοιραίου περιστατικού) προέρχονται συνήθως από μια στατιστική ανάλυση.

Στη μελέτη μας οι δείκτες θνησιμότητας προέκυψαν από το Αμερικανικό υπουργείο εσωτερικών και αποκατάστασης USBR με βάσει τις πλημμύρες που συνέβησαν στην Αμερική λόγω κατεστραμμένων φραγμάτων και έντονων καταιγίδων τα τελευταία 50 χρόνια. Η μελέτη του Αμερικανικού Υπουργείου USBR όρισε για τις διάφορες πλημμύρες τρία επίπεδα δριμύτητας βασισμένα στην καταστρεπτική φύση των γεγονότων. Η υψηλότερη εκτίμηση δριμύτητας πλημμύρων ήταν για τις πλημμύρες που προκάλεσαν ευρύτερη ζημία από την έκπλυση των περιοχών που υπέστησαν πλημμύρα αφήνοντας αυτές απογυμνωμένες. Μια μέση εκτίμηση δριμύτητας πλημμύρων θα αντιπροσώπευε την κατάσταση όπου τα σπίτια θα υπόκεινται σε ουσιαστική καταστροφή αλλά θα παρέμεναν συντρίμια και δέντρα από τα οποία θα μπορούσαν να προσκολληθούν οι επιζώντες. Μια χαμηλή εκτίμηση δριμύτητας θα

αντιπροσωπεύει τις καταστάσεις όπου το νερό της πλημμύρας αν και πέρασε μέσα μια περιοχή δεν επηρέασε ωστόσο τη σταθερότητα των σπιτιών.

#### **Στοιχεία σε κίνδυνο**

Αντίστοιχα για τον υπολογισμό ενός προτύπου επικινδυνότητας υποδομών και οικονομικής δραστηριότητας τα οικονομικά στοιχεία που υπόκεινται σε κίνδυνο λόγω πλημμύρας παρατίθενται στον πίνακα 3.1.

**Πίνακας 3.1: Οικονομικά στοιχεία σε κίνδυνο**

<b>Δραστηριότητα ή περιουσιακό στοιχείο</b>	<b>Οικονομικά στοιχεία σε κίνδυνο</b>
Κατοικίες	Άμεση ζημιά σε κτίρια και των περιεχομένων του εσωτερικού τους συμπεριλαμβανομένων των επισκευών και των δαπανών αντικατάστασης και καθαρισμού
Σχολεία	
Απομακρυσμένα Χωριά	
Περιοχές Κατασκηνώσεων	Άμεση ζημιά σε συγκεκριμένα κτήρια και του περιεχομένου του εσωτερικού τους για τροχόσπιτα, μονάδες και περιοχές αντίσκηνων.  Απώλεια επιχειρηματικών δαπανών
Ξενοδοχεία και Μοτέλ	Άμεση ζημιά σε συγκεκριμένες μονάδες  Απώλεια επιχειρηματικών δαπανών
Εμπορικές Επιχειρήσεις	Άμεση ζημιά σε Εμπορικές επιχειρήσεις και

	<p>καταστήματα στις εγκαταστάσεις και το περιεχόμενό τους συμπεριλαμβανομένου των εξόδων επισκευής /αντικατάστασης και γενικών δαπανών καθαρισμού.</p> <p>Απώλεια επιχειρησιακών δαπανών</p>
<p>Νομαρχία και Δημοτικές υπηρεσίες ανταπόκρισης (Γραφεία πολιτικής προστασίας, ΕΜΑΚ, ΔΕΥΑΜΒ και λοιποί εμπλεκόμενοι φορείς) Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας</p>	<p>Τοπικές άμεσες δαπάνες διαχείρισης πλημμυρικής έκτακτης ανάγκης συμπεριλαμβανομένου του προσωπικού, του εξοπλισμού (μηχανήματα) και των εξωτερικών πόρων.</p> <p>Συντήρηση του ποταμού/ της διαδρομής του νερού (καθάρισμα από μάζα σκουπίδια).</p> <p>Επισκευή της ζημίας διάβρωσης.</p> <p>Δαπάνες συστημάτων παροχής νερού για τη ζημιά και την επισκευή των υποδομών τους συμπεριλαμβανομένων των δαπανών που συνδέονται με τις προσωρινές εγκαταστάσεις.</p> <p>Δαπάνες συστημάτων αποβλήτων και λυμάτων για τη ζημιά και την επισκευή των υποδομών τους συμπεριλαμβανομένων των δαπανών που συνδέονται με τις προσωρινές εγκαταστάσεις.</p> <p>Δαπάνες τοπικών δρόμων και γεφυριών που καλύπτουν την άμεση ζημιά και την επισκευή των υποδομών τους συμπεριλαμβανομένων των δαπανών που συνδέονται με τις προσωρινές εγκαταστάσεις.</p>
<p>Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας και Νομαρχία</p>	<p>Περιφερειακές άμεσες δαπάνες διαχείρισης πλημμυρικής έκτακτης ανάγκης συμπεριλαμβανομένου του προσωπικού μηχανήματα, εξωτερικοί πόροι κ.λπ.</p> <p>Συντήρηση του Πάγιου κεφαλαίου διαχείρισης πλημμύρων</p>
<p>Εθνικές Οδοί</p>	<p>Δαπάνες Εθνικών οδών και γέφυρες κρατικών εθνικών οδών που καλύπτουν τις άμεσες ζημίες και την επισκευή των υποδομών τους συμπεριλαμβανομένων των δαπανών που συνδέονται με τις προσωρινές εγκαταστάσεις</p>

### **3.4.2 Αποτελέσματα προτύπου Εκτίμησης Επικινδυνότητας**

#### **Ατομική Επικινδυνότητα**

Η Ατομική Επικινδυνότητα (ΑΕ) ορίζεται συνήθως ως η ετήσια πιθανότητα για ένα συγκεκριμένο άτομο, ή μία συγκεκριμένη ομάδα ατόμων, να σκοτωθεί λόγω συγκεκριμένων κινδύνων. Η ΑΕ υπολογίζεται από το άθροισμα των αριθμών συχνότητας ( $f$ ) των σεναρίων που καλύπτουν το χρόνο που το άτομο εκτίθεται στην πιθανή πλημμύρα κατά τη διάρκεια του έτους. Για έναν μόνιμο κάτοικο αυτό μπορεί να είναι 70% με 80% του συνολικού του χρόνου .

#### **Κοινωνική Επικινδυνότητα**

Η κοινωνική επικινδυνότητα ορίζεται ως η σχέση μεταξύ της συχνότητας και του αριθμού ανθρώπων που υφίστανται ένα συγκεκριμένο επίπεδο ζημιάς, για ένα δεδομένο πληθυσμό, από την πραγματοποίηση συγκεκριμένων κινδύνων. Συγκριτικά, η ατομική επικινδυνότητα δίνει την πιθανότητα ενός μοιραίου περιστατικού σε μια ορισμένη θέση λόγω ενός συγκεκριμένου σεναρίου έκθεσης ενός ατόμου. Η κοινωνική επικινδυνότητα δίνει την επικινδυνότητα για τον πληθυσμό μέσα σε μια ολόκληρη περιοχή οπουδήποτε και αν βρίσκονται οι άνθρωποι καλύπτοντας όλα τα πιθανά σενάρια έκθεσης μέσα στην περιοχή όπου μπορεί να εμφανιστεί ζημιά.

Η κοινωνική επικινδυνότητα υπολογίζεται με τους ακόλουθους δύο τρόπους:

1. *Ετήσιος κίνδυνος ζωών (ALR).*
2. *Συσσωρευτική συχνότητα (F) του N ή περισσότερων θανάτων, που σχεδιάζεται συνήθως σε ένα F-N διάγραμμα.*

Το ALR είναι ένα είδος κοινωνικής επικινδυνότητας με το σκεπτικό ότι η επικινδυνότητα απεικονίζεται ως η πιθανότητα ενός μοιραίου περιστατικού με βάση το συνολικό αριθμό ανθρώπων που θεωρείται ότι βρίσκονται σε κίνδυνο. Σε μερικές περιπτώσεις επίσης αυτό αναφέρεται ως Αναμενόμενη Αξία (EV) ή Πιθανή Απώλεια Ζωής (PLL). Αυτό είναι κάτι διαφορετικό από την ατομική επικινδυνότητα όπου η επικινδυνότητα υπολογίζεται ρητώς για ένα συγκεκριμένο άτομο ή μια ομάδα ατόμων. Το ALR είναι πιθανόν το δυσκολότερο μέτρο επικινδυνότητας στο να καθοριστεί, επειδή μπορεί να υπολογιστεί με πολλούς τρόπους που μπορούν να δώσουν μια αξιοσημείωτη διαφοροποίηση επιπέδων επικινδυνότητας για μία δεδομένη τοποθεσία . Υπάρχουν περιορισμένες περιπτώσεις όπου οι οδηγίες για τα όρια του ALR είναι διαθέσιμες, λόγω κυρίως της σχετικά μεγάλης δυνατότητας να λαμβάνουμε ποικίλα αποτελέσματα ανάλογα με το πώς η επικινδυνότητα

υπολογίζεται. Ο ALR είναι επίσης χρήσιμος στη σύγκριση των επιπέδων επικινδυνότητας στις διάφορες κοινότητες και αυτό βοηθάει στο να δοθεί προτεραιότητα στην εφαρμογή αντιμέτρων.

Οι συνεισφορές στο ALR από τις διάφορες δραστηριότητες εντός μιας κοινότητας μπορούν να παρουσιαστούν και να χρησιμοποιηθούν για να φανεί εάν μια ή μερικές δραστηριότητες κυριαρχούν στο επίπεδο επικινδυνότητας και ως εκ τούτου να στοχεύσουμε σε συγκεκριμένα αντίμετρα.

Η κοινωνική επικινδυνότητα παρουσιάζεται επίσης σε ένα διάγραμμα όπου σχεδιάζεται η συχνότητα (F, ή πιθανότητα) του N ή περισσότερων θανάτων που εμφανίζονται ετησίως έναντι του αριθμού των θανάτων (N), και αναφέρεται ως F-N διάγραμμα. Μια F-N καμπύλη μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως εικονογράφηση του επαυξητικού κινδύνου θανάτου. Χαρακτηριστικά, τα F-N διαγράμματα χρησιμοποιούνται για να καταδείξουν τις επικινδυνότητες εκεί όπου υπάρχουν ενδεχομένως μεγάλοι αριθμοί μοιραίων περιστατικών. Υπάρχουν διαθέσιμες οδηγίες σχετικά με την κοινωνική επικινδυνότητα που απεικονίζουν την αποστροφή της κοινωνίας στις καταστροφές που περιλαμβάνουν πολλαπλά μοιραία περιστατικά δεδομένου ότι όσο μεγαλύτερη είναι η αναμενόμενη απώλεια ζωής τόσο χαμηλότερη θα είναι η πιθανότητα ανοχής στο περιστατικό (Morgan, 1992)

### **Οικονομική επικινδυνότητα**

Τα αποτελέσματα ενός προτύπου εκτίμησης επικινδυνότητας υποδομών και οικονομικής δραστηριότητας περιλαμβάνουν τις οικονομικές τιμές έκθεσης και τα οικονομικά πηλίκα επικινδυνότητας. Οι τιμές έκθεσης είναι οι οικονομικές συνέπειες ενός γεγονότος πλημμύρας δεδομένου ότι το γεγονός συμβαίνει. Οι τιμές έκθεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έλεγχος στις τιμές εισαγωγής που χρησιμοποιούνται για τις οικονομικές συνέπειες δηλ. τις δαπάνες από ζημιές, και μπορούν να απαριθμηθούν για κάθε ένα από τα οικονομικά στοιχεία που κινδυνεύουν. Οι τιμές έκθεσης εκφράζονται σε πραγματικά Ευρώ.

Το οικονομικό πρότυπο κινδύνου παρέχει επίσης τα οικονομικά πηλίκα επικινδυνότητας. Τα οικονομικά πηλίκα επικινδυνότητας δεν είναι σε πραγματικά Ευρώ αλλά αντιπροσωπεύουν τις οικονομικές συνέπειες πολλαπλασιασμένες με την πιθανότητα του γεγονότος. Τα οικονομικά πηλίκα επικινδυνότητας μπορεί να είναι δεδομένα εξόδου, για οποιαδήποτε βασική οργανωτική μονάδα πρόβλεψης (forecast cell), ταξινομημένα σε πίνακα κόστους στα επιλεγμένα επίπεδα εμπιστοσύνης ή ως κατανομή πιθανότητας. Τα στοιχεία που είναι ταξινομημένα σε πίνακες εξάγονται



επιλεκτικά για την παραγωγή σχεδιαγραμμάτων επικινδυνότητας που παρουσιάζουν τα οικονομικά πηλικά επικινδυνότητας για το γεγονός κινδύνου στα επιλεγμένα επίπεδα εμπιστοσύνης. Το οικονομικό πηλίκο επικινδυνότητας (που είναι ο αντίστοιχος οικονομικός όρος ισοδύναμος του ALR) μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό της ωφέλιμης αναλογίας δαπανών για τις διάφορες εργασίες μετριασμού (αντίμετρα). Σε αυτήν την περίπτωση ο 50ός εκατοστιαίος όρος των πηλίκων επικινδυνότητας, χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ωφέλιμων αναλογιών δαπανών. Γενικά η ωφέλιμη αναλογία δαπανών υπολογίζεται για κάθε αξιολογημένη επιλογή με την αφαίρεση του πηλίκου επικινδυνότητας μετά τον μετριασμό από το τρέχον πηλίκο επικινδυνότητας (που είναι το "ωφέλιμο") και διαιρώντας με το κύριο κόστος των εργασιών.

### **3.5 Συμπεράσματα**

Η μεθοδολογία εκτίμηση επικινδυνότητας απαρτίζεται από έξι 6 απλά βήματα τα οποία περιγράφονται αναλυτικά καθώς επίσης περιγράφεται η διαδικασία εκτίμησης επικινδυνότητας αναφορικά με τον ανθρώπινο παράγοντα, την οικονομική δραστηριότητα, το περιβάλλον και τις υποδομές. Όσον αφορά τον κίνδυνο μπορούν να ληφθούν υπόψη οι εξής παράγοντες Πιθανότητα βροχόπτωσης συγκεκριμένης δριμύτητας, Εποχιακός παράγοντας και η Πιθανότητα του γεγονότος πλημμύρας. Σχετικά με την τρωτότητα έχουν ληφθεί υπόψη οι εξής παράγοντες Αντίμετρα, Τύπος ημέρας, Χρόνος της ημέρας, Μηχανισμός έγκαιρης προειδοποίησης και Ζώνες κινδύνου. Ακολουθούν οι επιπτώσεις που περιγράφονται από τον PAR και το LOL καθώς επίσης και τα αποτελέσματα του προτύπου Ατομική Επικινδυνότητα, Κοινωνική Επικινδυνότητα και F-N καμπύλες.

## Κεφάλαιο 4. Εφαρμογή Μεθοδολογίας εκτίμησης επικινδυνότητας στη περιοχή του Βόλου με γνώμονα τις επιπτώσεις στον ανθρώπινο παράγοντα

Σε αυτό το τμήμα προσαρμόζονται τα δεδομένα των κοινοτήτων και τα διαθέσιμα στοιχεία πάνω στο πρότυπο εκτίμησης επικινδυνότητας ώστε να ποσοτικοποιηθούν οι παράμετροι του προτύπου. Περιγράφεται ακόμη η διαδικασία εκτίμησης επικινδυνότητας η οποία παραβάει αυτές τις παραμέτρους

### 4.1 Ανάλυση κινδύνου

#### Εποχιακός παράγοντας

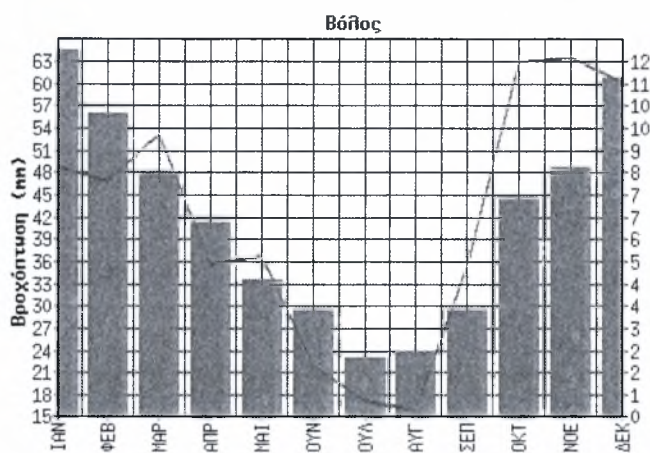
Τρεις εποχές έχουν καθοριστεί με βάση το υδρομετρικό διάγραμμα:

- Υψηλή εποχή που καλύπτει την περίοδο από τη 1η Δεκεμβρίου μέχρι τις 31 Ιανουαρίου (62 ημέρες). Κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης περιόδου η μέση μηνιαία βροχόπτωση υπολογίζεται σε 54.75 χιλιοστά με συνολικό μηνιαίο αριθμό ημερών βροχής 11.85. Παίρνει τιμή 0.17 ( =62/365 ημέρες έτους). Άρα  $54,75/0,17=322$
- Μέση εποχή που καλύπτει την περίοδο από τη 1η Φεβρουαρίου μέχρι τις 31 Μαΐου και την 1η Οκτωβρίου μέχρι τις 30 Νοεμβρίου (182 ημέρες). Κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης περιόδου η μέση μηνιαία βροχόπτωση υπολογίζεται σε 49.91 χιλιοστά με συνολικό μηνιαίο αριθμό ημερών βροχής 7.51. Παίρνει τιμή 0.50 Άρα  $49.91/0.5=100$
- Χαμηλή εποχή που καλύπτει την περίοδο από τη 1η Ιουνίου μέχρι τη 30 Σεπτεμβρίου (122 ημέρες). Κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης περιόδου η μέση βροχόπτωση υπολογίζεται σε 22.75 χιλιοστά με συνολικό μηνιαίο αριθμό ημερών βροχής 2.85. Παίρνει τιμή 0.33 Άρα  $22,75/0,33=69$

Αυτές οι ημερομηνίες είναι βασισμένες στο ημερολογιακό έτος 2007 και τα νούμερα βασίζονται σε υποκειμενικές εκτιμήσεις με βάση επίσημους πίνακες της μετεωρολογικής υπηρεσίας. Ωστόσο για λόγους απλοποίησης δεν έχουμε συμπεριλάβει τον εποχιακό παράγοντα στο πρότυπο εκτίμησης της επικινδυνότητας.

**Πίνακας 4.1:** Υγρομετρικός πίνακας για τον Βόλο(Εθνική Μετεωρολογική υπηρεσία)

<b>1<sup>ο</sup> Εξάμηνο</b>	<b>ΙΑΝ</b>	<b>ΦΕΒ</b>	<b>ΜΑΡ</b>	<b>ΑΠΡ</b>	<b>ΜΑΙ</b>	<b>ΙΟΥΝ</b>
<b>Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση</b>	49.0	46.9	53.3	35.8	36.8	22.1
<b>Συνολικές Μέρες Βροχής</b>	12.3	10.2	8.1	6.5	4.6	3.6
<b>2<sup>ο</sup> Εξάμηνο</b>	<b>ΙΟΥΛ</b>	<b>ΑΥΓ</b>	<b>ΣΕΠ</b>	<b>ΟΚΤ</b>	<b>ΝΟΕ</b>	<b>ΔΕΚ</b>
<b>Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση</b>	17.4	15.9	35.6	63.1	63.6	60.5
<b>Συνολικές Μέρες Βροχής</b>	2.0	2.2	3.6	7.3	8.4	11.4



**Γράφημα 4.1:** Υγρομετρικό διάγραμμα Βόλου (Εθνική Μετεωρολογική υπηρεσία)

### Πιθανότητα του γεγονότος πλημμύρας

Οι λεκάνες απορροής είναι σχετικά παρόμοιες για όλους δήμους που εξετάζουμε. Οι θύελλες μπορεί να ποικίλουν από περιοχή σε περιοχή αλλά τα γενικά χαρακτηριστικά τους είναι παρόμοια. Όλες οι λεκάνες απορροής περιγράφονται από τοπογραφικά δεδομένα. Περισσότερα στοιχεία σχετικά με τα υδρομετρικά χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης της ροής των καναλιών και των ποσοτήτων απορροής από αυτά είναι αντικείμενο που προϋποθέτει και τη συμβολή περαιτέρω έρευνας από πιο εξειδικευμένο προσωπικό. Οι χρήσεις εδάφους είναι γενικά

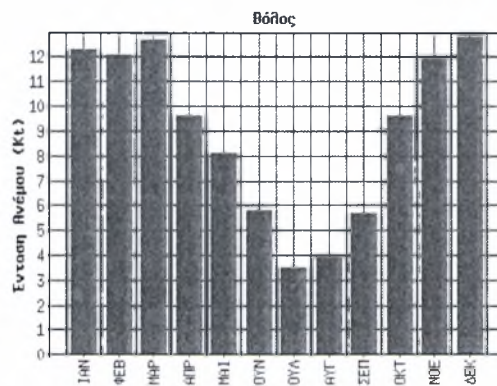
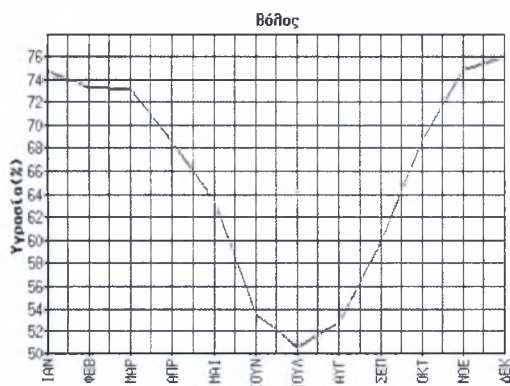
παρόμοιες στην περιοχή συλλογής με σχετικά μικρής κλίσης εκτάσεις εδάφους οικιστικής κυρίως χρήσης και τις περιοχές πλημμυρών να καταλαμβάνονται από κατοικίες, ελαφρού τύπου βιομηχανικές περιοχές και εμπορικές/ τουριστικές επιχειρήσεις . Ο χρόνος της συγκέντρωσης για όλες τις περιοχές συλλογής είναι σχετικά μικρός (δηλ. της τάξης των 45 με 90 λεπτά).Επομένως, σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει μια υψηλή πιθανότητα ότι το ΑΕΡ για τις βροχοπτώσεις και την πλημμύρα να συσχετίζεται αρκετά

**Πίνακας 4.2:** Πίνακας Μέσης Υγρασίας (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

<b>1<sup>ο</sup> Εξάμηνο</b>	<b>ΙΑΝ</b>	<b>ΦΕΒ</b>	<b>ΜΑΡ</b>	<b>ΑΠΡ</b>	<b>ΜΑΙ</b>	<b>ΙΟΥΝ</b>
<b>Μέση Μηνιαία Υγρασία</b>	74.8	73.3	73.2	68.7	63.5	53.7
<b>2<sup>ο</sup> Εξάμηνο</b>	<b>ΙΟΥΛ</b>	<b>ΑΥΓ</b>	<b>ΣΕΠ</b>	<b>ΟΚΤ</b>	<b>ΝΟΕ</b>	<b>ΔΕΚ</b>
<b>Μέση Μηνιαία Υγρασία</b>	50.7	52.8	60.0	68.8	74.9	76.0

**Πίνακας 4.3:** Ένταση-Διεύθυνση Ανέμων (Εθνική Μετεωρολογική υπηρεσία)

1 <sup>ο</sup> Εξάμηνο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	ΒΔ	Δ	Α	Α	Α	Α
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων	12.3	12.1	12.7	9.6	8.1	5.8
2 <sup>ο</sup> Εξάμηνο	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	Α	Α	Α	Α	Δ	ΒΔ
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων	3.5	3.9	5.7	9.6	11.9	12.8



**Γραφήματα 4.2-4.3:** Μέσης Υγρασίας – Έντασης Ανέμων(Εθνική Μετεωρολογική υπηρεσία)

**Πίνακας 4.4:** Κατανομή Χρήσεων Γης ανά Περιοχή

Κατανομή Χρήσεων Γης ανά Περιοχή	Συνολική έκταση	Υψομετρικές ζώνες			Καλλιεργούμενη έκταση		Κτηνο τροφική γη	Δασο κάλυψη ΕΣΥΕ	Οικιστική χρήση (σχέδια πόλης και οικισμοί)	Λοιπή πολεο μημέν περιοχ
		Πεδινές	Ημιορεινές	Ορεινές	Σύνολο	Αρδευ όμενη γη				
	τ. χιλ.	% σε συν. έκταση	% σε συν. έκταση	% σε συν. έκταση	% σε συν. έκταση	% σε συν. έκταση	% σε συν. έκταση	% σε συν. έκταση	% σε συν. έκτασ	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11
ΕΛΛΑΔΑ	131957,4	28,7	29	42,3	29,9		39,6	22,3		
ΣΣΑΛΙΑ	14036,8	37	17,4	45,6	35,9	25,6	37,4	19,5	3,6	2,6
ΟΜΟΣ	2636,3	30,1	25,2	44,7	34,1	18,4	41,5	19,2	3,1	2,9
ΓΝΗΣΙΑΣ										
Βόλου	26,6	100	0	0	29	1,4	34,6	1,1	56,5	97,6
	63,3	34,9	65,1	0	21,5	0	64,6	0	8,2	22,2
Αγριάς	25,2	13,9	0	86,1	37,6	4,2	27		0	17,4

## **4.2 Ανάλυση τρωτότητας**

### **Τύπος ημέρας**

Η πιθανότητα κάθε μίας περίπτωσης εξαρτάται από τον εποχιακό παράγοντα όπως περιγράφεται παραπάνω, και καθορίζεται από το ημερολόγιο του 2007. Παραδείγματος χάριν υπάρχουν 62 ημέρες στην υψηλή εποχή, εκ των οποίων οι 23 είναι Σαββατοκύριακα και επίσημες αργίες (άρα η περίπτωση Σαββατοκύριακο – Αργία θα παίρνει τιμή 37.09 για τη συγκεκριμένη εποχή). Για τη χαμηλή εποχή, υπάρχουν 122 ημέρες στο σύνολο των οποίων 37 είναι Σαββατοκύριακα και επίσημες αργίες και άρα υπολογίζουμε την τιμή 30.33 για την περίπτωση Σαββατοκύριακο – Αργία). Παρόμοια για τη μέση εποχή είναι 182 μέρες και 58 Σαββατοκύριακα και αργίες άρα έχουμε 31.87. Στο μοντέλο μας κάνουμε την παραδοχή ότι βρισκόμαστε στη χαμηλή εποχή αν και θα μπορούσαμε να λάβουμε υπόψη το συνολικό αριθμό Σαββατοκύριακων –Αργιών του έτους χωρίς να προχωρήσουμε σε εποχιακό διαχωρισμό. Τότε θα έπαιρνε την τιμή 32,2 για Σαββ.-Αργία και 67.8 για καθημερινή εργάσιμη-σχολική μέρα.

### **Χρόνος ημέρας**

Η πιθανότητα να είναι ημέρα ή νύχτα ποικίλλει αναλόγως με την εποχή, έτσι υπάρχουν περισσότερες ώρες φωτός της ημέρας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού σε αντίθεση με το χειμώνα. Στη παρούσα μελέτη δεν προχωρούμε σε διαφοροποίηση με βάση την εποχή αλλά λαμβάνεται ως δεδομένο ότι η μέρα έχει ίση διάρκεια με τη νύχτα και επομένως είναι πιθανολογικά ισόβαθμα δηλαδή 50% για τη μέρα και 50% για τη νύχτα.

### **Μηχανισμός έγκαιρης προειδοποίησης**

Λαμβάνοντας υπόψη τις πληροφορίες που έχουμε αντλήσει από το ερωτηματολόγιό μας (*Πίνακας 9.1 Παραρτήματος*) υπολογίζουμε τις ακόλουθες υποκειμενικές πιθανότητες Πίνακας 3.5 , κατόπιν διαβουλεύσεων με τη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας και το γραφείο Πολιτικής Προστασίας της Νομαρχία αλλά και του δήμου Βόλου.

**Πίνακας 4.5:** Πιθανότητες του διαθέσιμου επιπέδου προειδοποίησης πλημμύρων

<b>Επίπεδο προειδοποίησης</b>	<b>Μέρα</b>	<b>Νύχτα</b>
<i>Επαρκής προειδοποίηση</i>	0.5	0.4
<i>Λίγη προειδοποίηση</i>	0.4	0.4
<i>Καμία προειδοποίηση</i>	0.1	0.2

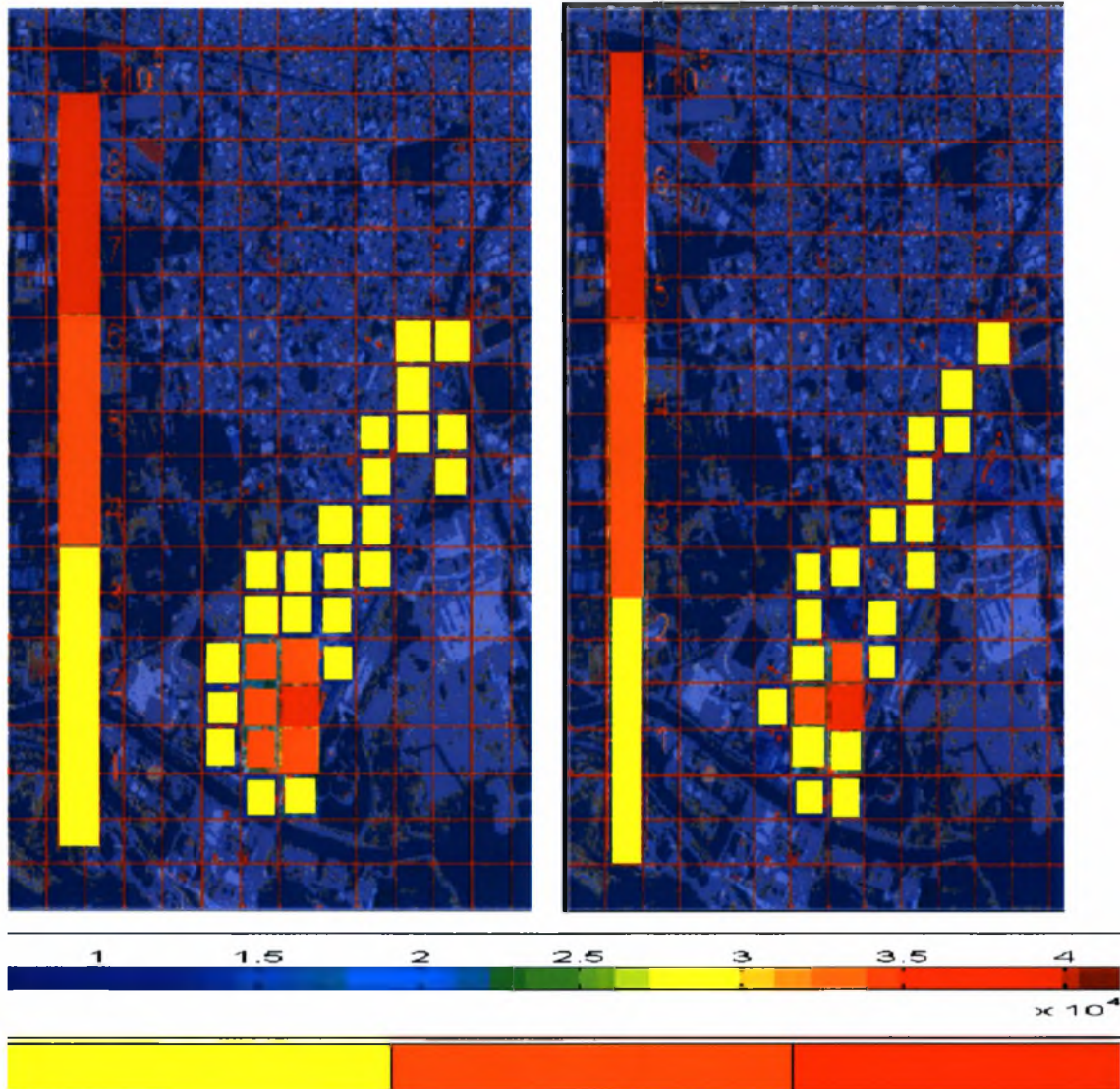
Παραδείγματος χάριν, αυτό σημαίνει ότι σε περίπτωση πλημμύρας κατά τη διάρκεια του φωτός της ημέρας, δεν θα υπάρξει καμία προειδοποίηση στο 10% των περιπτώσεων. Αυτό με τη σειρά του θα επηρεάσει τον ρυθμό απωλειών ή τραυματισμών δίνοντας για το δείκτη θανάτων (Fatality rate) το μέγιστο ποσοστό ανθρώπινων μοιραίων περιστατικών (καμία προειδοποίηση) για τους ανθρώπους που βρίσκονται σε κίνδυνο. Αντίστοιχα για τις οικονομικές ζημιές θα δίνει το μέγιστο δείκτη οικονομικών απωλειών

#### **Ζώνες κινδύνου**

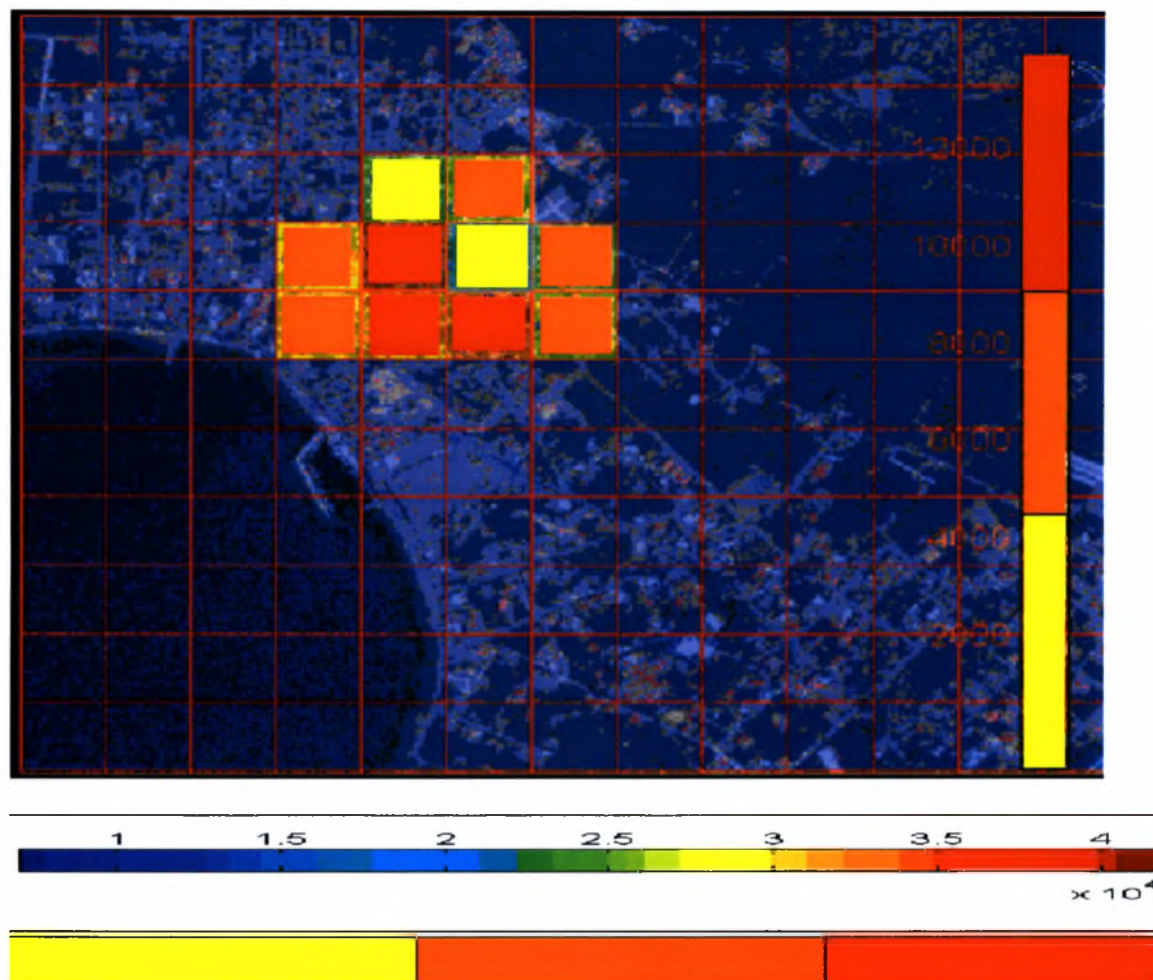
Μελετώντας την αρχική εικόνα μπορούμε να αντιπροσωπεύσουμε τα τετράγωνα που αντιστοιχούν στις διάφορες χρωματικές αποχρώσεις και αντιπροσωπεύουν το ύψος των αποζημιώσεων που δόθηκαν σε Ευρώ σε τρεις βασικούς συνδυασμούς χρωμάτων (κίτρινο, πορτοκαλί, κόκκινο) οι οποίοι θα απεικονίζουν την Ζώνη Κινδύνου και περιγράφονται από τα υδρολογικά στοιχεία χαρακτηριστικά της κάθε ζώνης.



**Εικόνα 4.1:** Ζώνες κινδύνου περιοχής Βόλου χωρίς αντίμετρα (δεξιά) και με αντίμετρα (αριστερά).



**Εικόνα 4.2:** Γραφική αναπαράσταση των ζωνών κινδύνου για την περιοχή της Αγριάς



### 4.3 Επιπτώσεις του Προτύπου Εκτίμησης Επικινδυνότητας

#### Πληθυσμός σε κίνδυνο (PAR- people at risk)

Στο παρόν μοντέλο ο υπολογισμός του PAR γίνεται με τη χρήση του γενικού τύπου  $PAR = E \times \Pi$  και τη βοήθεια των χαρτών 3.3, 3.5 (κάθε κελί στο χάρτη ζωνών κινδύνου έχει διάσταση 100m x100m) που απεικονίζουν τις ζώνες κινδύνου για πλημμύρα. Αυτό γίνεται για λόγους απλοποίησης του μοντέλου και ουσιαστικά δεν προχωρούμε σε διαφοροποίηση του αριθμού PAR σύμφωνα με τα παραπάνω αλλά τον λαμβάνουμε ως ανεξάρτητο παράγοντα (δεν επηρεάζεται δηλαδή από μέρα, εποχή, δραστηριότητες κλπ. ). Εν συνεχεία για την πόλη του Βόλου

εξάγεται ο αριθμός PAR με βάση το χάρτη 3.3 και στην περίπτωση που έχουν χρησιμοποιηθεί αντίμετρα.

Όπου  $E$  = έκταση περιοχής σε οικοδομικά τετράγωνα ή τετραγωνικά χιλιόμετρα για μία συγκεκριμένη ζώνη κινδύνου.

$\Pi$  = πληθυσμιακή πυκνότητα για την εκάστοτε περιοχή (άνθρωποι ανά οικοδομικό τετράγωνο ή ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο)

**Πίνακας 4.6: Υπολογισμός PAR**

Περιοχή	Συνολική Έκταση (σε τετ.χιλ.)	Έκταση Σε υψηλή ζώνη κινδύνου	Έκταση Σε μέση ζώνη κινδύνου	Έκταση Σε χαμηλή ζώνη κινδύνου	Πλθ. Πυκνότητας Κάτοικοι ανά τετ.χιλ.	Πληθυσμός
Δ.Βόλου	26,6	0,1	0,5	2,3	3.100	82.439
Δ.Αγριάς	25,2	0.3	0.5	0.2	208	5.229

**Πίνακας 4.7: Τιμές PAR για κάθε κοινότητα**

Περιοχή	PAR Σε υψηλή ζώνη κινδύνου	PAR Σε μέση ζώνη κινδύνου	PAR Σε χαμηλή ζώνη κινδύνου
Δ.Βόλου (με το δήμο Νεαπολέως)	310	1.550	7.130
Δ.Αγριάς	63	104	42

**Πίνακας 4.8:** Υπολογισμός PAR με αντίμετρα

<i>Περιοχή</i>	<i>Συνολική Έκταση (σε τετ.χιλ.)</i>	<i>Έκταση Σε υψηλή ζώνη κινδύνου</i>	<i>Έκταση Σε μέση ζώνη κινδύνου</i>	<i>Έκταση Σε χαμηλή ζώνη κινδύνου</i>	<i>Πλοθ. Ποικνόντ. Κάτοικοι ανά τετ.χιλ.</i>	<i>Πληθυσμός</i>
<i>Δ.Βόλου</i>	<b>32</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>1,9</b>	<b>3.100</b>	<b>82.439</b>

**Πίνακας 4.9:** Τιμές PAR για κάθε κοινότητα με αντίμετρα

<i>Περιοχή</i>	<i>PAR Σε χαμηλή ζώνη κινδύνου</i>	<i>PAR Σε μέση ζώνη κινδύνου</i>	<i>PAR Σε χαμηλή ζώνη κινδύνου</i>
<i>Δ.Βόλου (με το δήμο Νεαπολέως)</i>	<b>310</b>	<b>620</b>	<b>5.890</b>

#### **Απώλεια ζωής (LOL - loss of life)**

Γενικά, εμείς υιοθετούμε το χαμηλότερο όριο της γκάμας των ποσοστών θνησιμότητας που προτείνονται από το USBR και το προσαρμόζουμε στις παρούσες συνθήκες. Η επιλογή αυτή γίνεται διότι τα νούμερα που δίνει το USBR για μεγαλύτερα όρια αντανακλούν τα χαρακτηριστικά υψηλών καταστρεπτικών δυνάμεων που προκαλούνται από τις πλημμύρες λόγω σπασιμάτων φραγμάτων, και έχουν γενικά τις σφοδρότερες συνέπειες και τον ελάχιστο βαθμό προειδοποίησης. Εκτός και αν υποθέσουμε ότι σε αυτή τη φάση οι πιθανότητες είναι οι ίδιες για όλες τις τοποθεσίες και όλες τις δραστηριότητες.

**Πίνακας 4.10: Ποσοστά θνησιμότητας**

Ζώνες κινδύνου πλημμύρων	Ποσοστά θνησιμότητας		
	Χαμηλές (κίτρινο)	Μέσες (πορτοκαλί)	Υψηλές (κόκκινο)
Επαρκής προειδοποίηση	0	0	0
Μικρή προειδοποίηση	0.002	0.01	0.015
Καμία προειδοποίηση	0.005	0.03	0.15

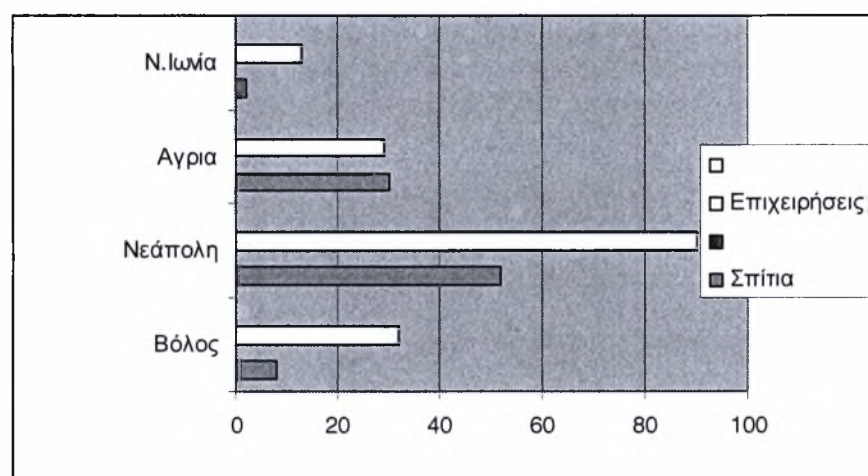
Κατά τον υπολογισμό του **LOL** έχουμε εισαγάγει το δείκτη LOL έναν παράγοντα ευπάθειας στον αλγόριθμο εκτός από το ποσοστό θνησιμότητας για να απεικονίσουμε την "ευαισθησία" του εκτεθειμένου πληθυσμού. Έτσι ενώ τα σχήματα απεικονίζουν τα μέσα ιστορικά ποσοστά θνησιμότητας πάνω στον γενικό πληθυσμό, αναμένουμε ότι σε μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης, τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι θα είναι λιγότερο ικανοί να ανταποκριθούν ή να προστατευθούν. Έτσι έχουμε εφαρμόσει έναν παράγοντα 1.2 για το σχολείο και έναν παράγοντα 1,5 για τα απομακρυσμένα χωριά στους παράγοντες ποσοστού θνησιμότητας ώστε να απεικονίσουμε αυτές τις ευαισθησίες. Για τον υπόλοιπο πληθυσμό ισχύει η τιμή 1.

#### **Οικονομικοί πίνακες**

Οι παρακάτω πίνακες παραθέτουν τα στοιχεία από τις αποζημιώσεις που εδόθησαν από τη Νομαρχία Θεσσαλίας λόγω του γεγονότος πλημμύρας του Οκτώβρη 2006. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση των τιμών έκθεσης και των οικονομικών πηλίκων επικινδυνότητας για την εκτίμηση επικινδυνότητας οικονομικής δραστηριότητας και υποδομών. Στο παρόν κείμενο δεν προχωρούμε σε τέτοιες εκτιμήσεις διότι εστιάζουμε στον ανθρώπινο παράγοντα.

**Πίνακας 4.11α** Αριθμός περιουσιακών στοιχείων που υπέστησαν ζημιές (Νομαρχία Θεσσαλίας 2006)

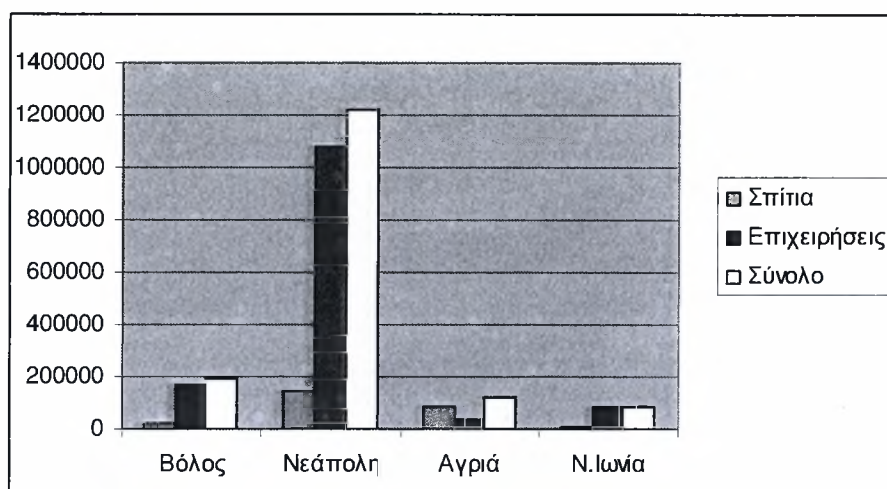
	Σπίτια	Επιχειρήσεις
Βόλος	8	32
Νεάπολη	52	90
Αγρια	30	29
Ν.Ιωνία	2	13



**Γράφημα 4.4α** Αριθμού περιουσιακών στοιχείων που υπέστησαν ζημιές (Νομαρχία Θεσσαλίας 2006)

**Πίνακας 4.11β** Αποζημιώσεις σε Ευρώ (Νομαρχία Θεσσαλίας 2006)

	Σπίτια	Επιχειρήσεις	Σύνολο
Βόλος	18700	172178	190878
Νεάπολη	140370	1079950	1220320
Αγριά	86070	37047	123117
Ν.Ιωνία	5340	82200	87540



**Γράφημα 4.4β** Αποζημιώσεις σε Ευρώ (Νομαρχία Θεσσαλίας 2006)

#### 4.4 Εκτίμηση Επικινδυνότητας

Για κάθε τοποθεσία, το πρότυπο υπολογίζει τη συχνότητα εμφάνισης ( $f$ ) των 54 σεναρίων που αναπαριστούν χωριστούς συνδυασμούς ημέρας, ώρας της ημέρας και επιπέδου προειδοποίησης. Ο αριθμός μοιραίων περιστατικών υπολογίζεται με βάση τον αριθμό PAR που ισχύει σε κάθε περιοχή που βρίσκεται σε κίνδυνο πλημμύρας και ανάλογα για τη κάθε δραστηριότητα, έπειτα αθροίζεται για να δώσει το συνολικό αριθμό αναμενόμενων μοιραίων περιστατικών για εκείνο το σενάριο ( $V$ ). Αυτός ο υπολογισμός συνοψίζεται κατωτέρω:

ΚΙΝΔΥΝΟΣ	{Ετήσια πιθανότητα της πλημμύρας 100 ετών: 0,01				
ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ	<table> <tr> <td rowspan="4" style="font-size: 4em; vertical-align: middle;">}</td> <td>Πιθανότητα ότι θα είναι ένα Σαββατοκύριακο ή μια επίσημη αργία στην υψηλή εποχή: 0,37</td> </tr> <tr> <td>Πιθανότητα ότι θα είναι μέρα στην υψηλή εποχή: 0,50</td> </tr> <tr> <td>Πιθανότητα ότι δεν θα υπάρξει καμία προειδοποίηση δεδομένου ότι είναι μέρα: 0,1</td> </tr> </table>	}	Πιθανότητα ότι θα είναι ένα Σαββατοκύριακο ή μια επίσημη αργία στην υψηλή εποχή: 0,37	Πιθανότητα ότι θα είναι μέρα στην υψηλή εποχή: 0,50	Πιθανότητα ότι δεν θα υπάρξει καμία προειδοποίηση δεδομένου ότι είναι μέρα: 0,1
}	Πιθανότητα ότι θα είναι ένα Σαββατοκύριακο ή μια επίσημη αργία στην υψηλή εποχή: 0,37				
	Πιθανότητα ότι θα είναι μέρα στην υψηλή εποχή: 0,50				
	Πιθανότητα ότι δεν θα υπάρξει καμία προειδοποίηση δεδομένου ότι είναι μέρα: 0,1				

Συνολική ετήσια πιθανότητα αυτού του σεναρίου  $F$

$$(F): \text{Κίνδυνος} \times \text{Τρωτότητα} : 0,01 \times 0,37 \times 0,50 \times 0,1 = 1,85 \times 10^{-4}$$

Έστω τώρα ότι η βάση των αριθμών PAR στην *υψηλή* ζώνη κινδύνου για τις ιδιωτικές κατοικίες σε μία θέση X είναι 60 σπία (σε αυτήν την περίπτωση η μόνη δραστηριότητα που έχουν οι άνθρωποι που απειλούνται είναι μέσα στις κατοικίες). Επειδή είναι ένα Σαββατοκύριακο ή μια επίσημη αργία και κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο αριθμός των ανθρώπων που πραγματικά κινδυνεύουν θα είναι χαμηλότερος (90% αυτού). Το ποσοστό μοιραίων περιστατικών για *την υψηλή* ζώνη κινδύνου, λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν δίνεται καμία προειδοποίηση είναι 0,03.

Το LOL για αυτό το γεγονός εν συνεχεία είναι  $0,03 \times 0,9 \times 60 = 1.6$  (V) . Εάν οι άνθρωποι που απειλούνταν εκτελούσαν άλλες δραστηριότητες όπως "σχολεία" ή "επιχειρήσεις" τότε για αυτό το σενάριο το V θα ήταν το άθροισμα των τιμών LOL για όλες τις δραστηριότητες για κάθε ιδιαίτερο σενάριο.

Τελικώς η επικινδυνότητα ανθρώπινων ζώων λόγω αυτού του σεναρίου είναι  $F \times V = 1.85 \times 10^{-4} \times 1.6 = 2.96 \times 10^{-4}$  μοιραία περιστατικά (θάνατοι) ετησίως. Αυτό μπορεί επίσης να εκφραστεί ως 0.0296 μοιραία περιστατικά ανά 100 έτη ή μια πιθανότητα 2.96% ενός μοιραίου περιστατικού να εμφανιστεί σύμφωνα με αυτό το σενάριο δεδομένης μίας πλημμύρας με AEP 1%.

Στη παρούσα εκτίμηση επικινδυνότητας μελετάμε συγκεκριμένα σενάρια έκθεσης στον κίνδυνο πλημμύρας αναφορικά με τον ανθρώπινο παράγοντα τα οποία είναι:

1. Ένας κάτοικος του Βόλου θα περνάει όλη τη διάρκεια της ημέρας μέσα στο σπίτι του που τοποθετείται στα όρια μίας περιοχής μέσου κινδύνου και σε ένα Σαββατοκύριακο- Αργία.
2. Ένας κάτοικος του Βόλου θα περνάει όλη τη διάρκεια της ημέρας μέσα στο σπίτι του που τοποθετείται στα όρια μίας περιοχής μέσου κινδύνου και σε ένα Σαββατοκύριακο- Αργία.
3. Ένας κάτοικος της Αγριάς θα περνάει τη όλη διάρκειας της ημέρας μέσα στο σπίτι του που τοποθετείται στα όρια μίας περιοχής μέσου κινδύνου και σε ένα Σαββατοκύριακο- Αργία.

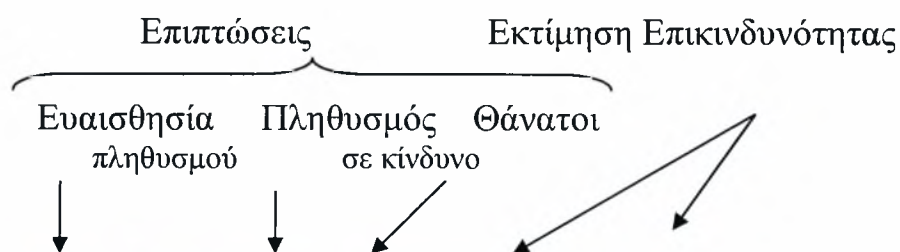
Υπάρχουν και άλλα άτομα ή ομάδες ατόμων που μπορούν να προσδιοριστούν, εντούτοις οι ανωτέρω περιπτώσεις παρέχουν μια ένδειξη της πιθανής σειράς των εκτιμήσεων επικινδυνότητας για αυτήν την μελέτη.

Το Δεντρικό διάγραμμα εδώ είναι ένα **παράδειγμα** και συμβολίζει τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζουμε τα διάφορα στατιστικά στοιχεία.





**Πίνακας 4.12:** Παράδειγμα υπολογισμού της Ατομικής επικινδυνότητας στη περιοχή του Βόλου



Δείκτης LOL	Ποσοστό Θανάτων	Ο ΓΑΡ Της ζώνης	Αριθμός Θανάτων	LOL	LOL %
1	0	930	0	0	0
1	0,015	930	13,95	$85 \times 10^{-4}$	1,85%
1	0,15	930	139,5	$212 \times 10^{-4}$	2,12%
1	0	930	0	0	0
1	0,015	930	13,95	$187,65 \times 10^{-4}$	1,88%
1	0,15	930	139,5	$485 \times 10^{-4}$	1,84%

#### 4.5 Συμπεράσματα

Έχουμε προσαρμόσει τα δεδομένα των κοινοτήτων και τα διαθέσιμα στοιχεία πάνω στο πρότυπο εκτίμησης επικινδυνότητας ώστε να ποσοτικοποιηθούν οι παράμετροι του προτύπου. Απεικονίζονται ακόμη τα δεδομένα μας σε πίνακες αλλά και δεντρικά διαγράμματα ώστε να απεικονιστεί τελικώς η εκτίμηση της επικινδυνότητας.

## **Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα εκτίμηση επικινδυνότητας**

Σε αυτό το τμήμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκτίμησης επικινδυνότητας και οι επιπτώσεις της πλημμύρας στην πόλη του Βόλου και της Αγριάς. Γίνεται ακόμη μία παράθεση του συνόλου των αντιμέτρων και των αρχών που πρέπει να υιοθετεί ένα σχέδιο διαχείρισης επικινδυνότητας.

### **5.1 Σχεδιάγραμμα και Πίνακες Επικινδυνότητας**

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης κινδύνου και τρωτότητας στον ανθρώπινο παράγοντα απεικονίζονται υπό μορφή δεντρικού διαγράμματος που μας βοηθάει στο να διευκρινίσουμε τον υπολογισμό της επικινδυνότητας. Κάθε κλάδος του δεντρικού διαγράμματος αποτελεί ένα σενάριο και η πιθανότητα του κάθε σεναρίου υπολογίζεται και έπειτα πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό των πιθανών απωλειών (ή αντίστοιχα των οικονομικών ζημιών) για να μας δώσει τελικά την εκτίμηση επικινδυνότητας ανθρώπινου παράγοντα. Περιγράφοντας το δεντρικό διάγραμμα του *Γραφήματος 5.1* βλέπουμε την απεικόνιση της ζώνης κινδύνου (μέση ζώνη εν προκειμένω), τύπου ημέρας (Σαββατοκύριακο-Αργία), ώρα ημέρας, διαθέσιμη προειδοποίησης και άλλων αντιμέτρων που αποτελούν παραμέτρους της τρωτότητας. Βλέπουμε ακόμη το αρχικό γεγονός (1% ΑΕΡ πλημμύρα της εκατονταετίας) το οποίο αποτελεί παράγοντα κινδύνου και εν συνεχεία βλέπουμε το αποτέλεσμα LOL του πολλαπλασιασμού της επικινδυνότητας (κίνδυνος επί τρωτότητα) με τις πιθανές επιπτώσεις της πλημμύρας.

Ζώνη πυλόνιου	Αρχικό γινόμενο	Ημέρες Διακοπών	Τη α Ημέρας	Διαθέσιμη προϊόδοποίηση	Άλλο Αντίμετρο	LOL
					Με	
				Επορκής	Χωρίς	
				0.5 $7.6 \times 10^{-4}$	1	0
					Με	
				Μικρή	Χωρίς	
			Μέρο	0.4 $6.1 \times 10^{-4}$	1	$94.55 \times 10^{-4}$
		Σαββατοκ ύριακο ή δημόσια αργία	0.5 $15.2 \times 10^{-4}$		Με	
				Κομιο	1	$70.68 \times 10^{-4}$
				0.3033 $30.33 \times 10^{-4}$	Με	
	Εκατον ταστίος		Νύχτα	0.1 $1.52 \times 10^{-4}$	Με	
				Επορκής	Χωρίς	
				0.4 $13.92 \times 10^{-4}$	1	0
ΜΕΣΗ ΖΩΝΗ	0.01	Καθημε ρινή εργάσι μη μέρα	0.5 $34.8 \times 10^{-4}$		Με	
				Μικρή	Χωρίς	
				0.4 $13.92 \times 10^{-4}$	1	$215.8 \times 10^{-4}$
					Με	
				Κομιο	Χωρίς	
				0.2 $6.96 \times 10^{-4}$	1	$323.6 \times 10^{-4}$

Γράφημα 5.1 : Σενάριο Βόλου για τη Μέση Ζώνη σε Σαββατοκόριακο-Αργία

Οι επιπτώσεις έχουν προκύψει από τον πολλαπλασιασμό της ευαισθησίας του ανθρώπου που εξετάζεται ( εν προκειμένω 1 για ενήλικα) του δείκτη θνησιμότητας και του πληθυσμού της συγκεκριμένης ζώνης κινδύνου (μέση ζώνη). Αποτέλεσμα του γινομένου της επικινδυνότητας με τις επιπτώσεις όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι το LOL (αριθμός θανάτων/τραυματισμών) της περιοχής του Βόλου το οποίο αποτελεί μία εκτίμηση επικινδυνότητας. Τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων επικινδυνότητας απεικονίζονται σε ένα πίνακα ποιο λεπτομερώς με διαφορετικές μορφές.

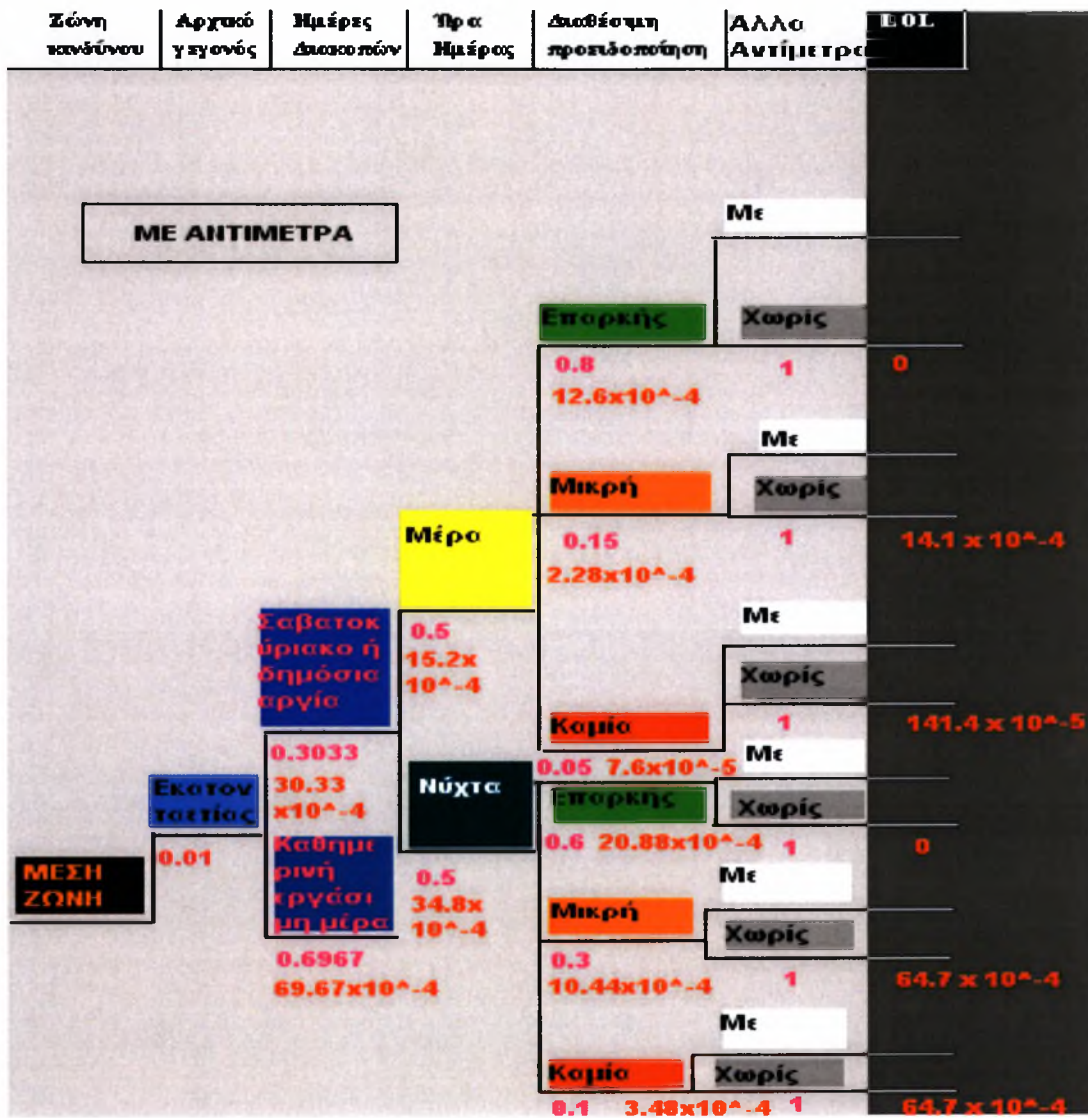
**Πίνακας 5.1:** Επιπτώσεις και αποτελέσματα εκτιμήσεις επικινδυνότητας.

Δείκτης LOL	Ποσοτό θανάτων	Ο ΡΑΡ Της ζώνης	Αριθμός θανάτων	LOL
1	0	1550	0	0
1	0.01	1550	15.5	$94.55 \times 10^{-4}$
1	0.03	1550	46.5	$70.68 \times 10^{-4}$
1	0	1550	0	0
1	0.01	1550	15.5	$215.8 \times 10^{-4}$
1	0.03	1550	46.5	$323.6 \times 10^{-4}$

**Πίνακας 5.2:** Εκτιμήσεις επικινδυνότητας για το Βόλο

Επικινδυνότητα	$94,55 \times 10^{-4}$	$70,68 \times 10^{-4}$	$215,8 \times 10^{-4}$	$323,6 \times 10^{-4}$
Περιστατικά ανά εκατό χρόνια	0,9455	0,7068	2,158	3,236
Πιθανότητα ενός μοιραίου περιστατικού για αυτό το σενάριο και ΑΕΡ1%	94,55%	70,68%	215,8%	323,6%

Στο Γράφημα 5.2 έχουμε ενσωματώσει τη χρήση αντιμέτρων η οποία αντανακλάται στο διαφορετικό επίπεδο προειδοποίησης (αυξήθηκε η διαθέσιμη προειδοποίηση) και στο πληθυσμό της συγκεκριμένης ζώνης κινδύνου (μειώθηκε ο πληθυσμός της μέσης ζώνης κινδύνου). Αποτέλεσμα αυτών είναι η μείωση της εκτίμησης επικινδυνότητας



Γράφημα 5.2 : Σενάριο Βόλου για τη Μέση Ζώνη και Σαββατοκύριακο-Αργία με χρήση αντιμέτρων.

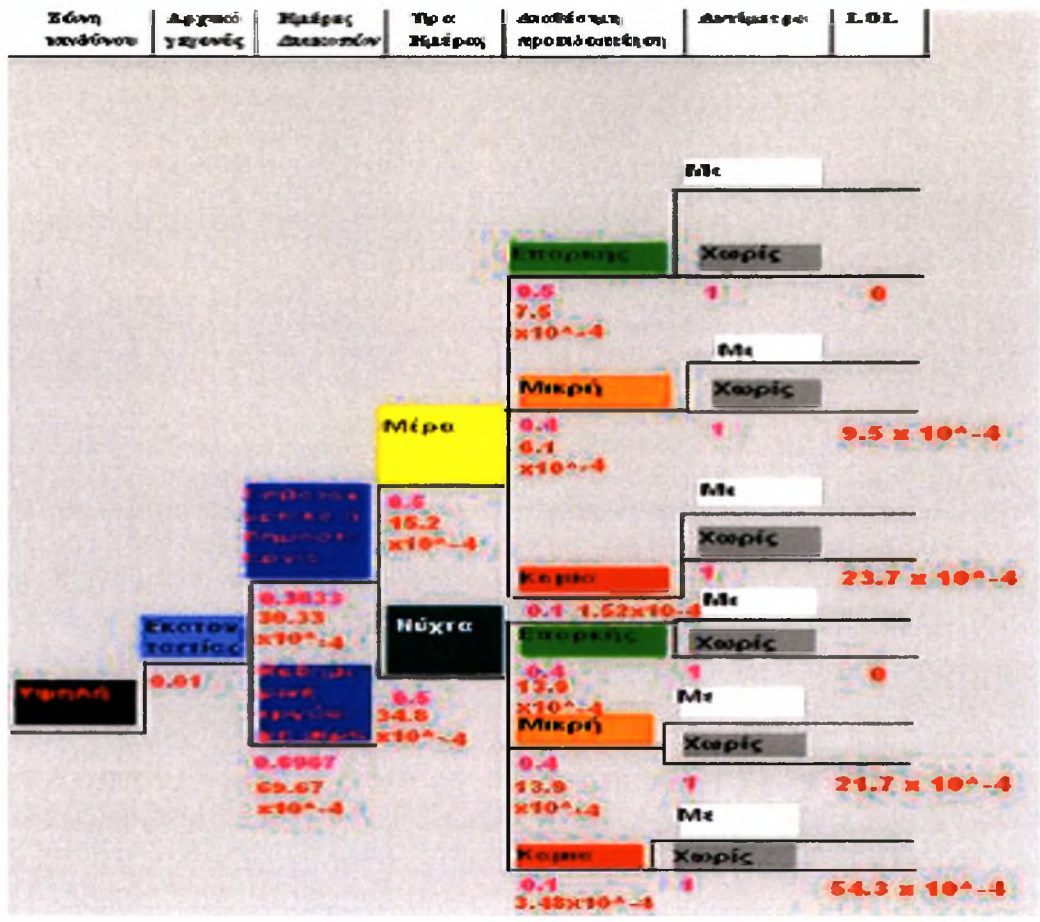
**Πίνακας 5.3:** Επιπτώσεις και εκτιμήσεις επικινδυνότητας για Βόλο με χρήση αντιμέτρων.

Δείκτης LOL	Ποσοστό Θανάτων	Ο FAR Της ζώνης	Αριθμός Θανάτων
1	0	620	0
1	0.01	620	6.2
1	0.03	620	18.6
1	0	620	0
1	0.01	620	6.2
1	0.03	620	18.6

**Πίνακας 5.4:** Εκτιμήσεις επικινδυνότητας για το Βόλο με χρήση αντιμέτρων

Επικινδυνότητα	$14,1 \times 10^{-4}$	$141,4 \times 10^{-4}$	$64,7 \times 10^{-4}$
Περιστατικά ανά εκατό χρόνια	0,141	1,414	0,647
Πιθανότητα ενός μοιραίου περιστατικού για αυτό το σενάριο	14,1%	141,4%	64,7%

και ΑΕΡΙ%			
-----------	--	--	--



Γράφημα 5.3: Σενάριο Αγριάς για την Υψηλή Ζώνη σε Σαββατοκύριακο-Αγρία

Πίνακας 5.5: Επιπτώσεις και εκτιμήσεις επικινδυνότητας για το Βόλο με χρήση αντιμέτρων.



Δείκτης LOL	Ποσοστό θανάτων	Θ. ΣΑΒ της ζώνης	Αριθμός θανάτων	LOL	LOL %
1.5	0	100	0	0	0%
1.5	0.015	100	1.50	$9.5 \times 10^{-4}$	0.00%
1.0	0.10	100	10.0	$23.7 \times 10^{-4}$	0.23%
0.5	0	100	0	0	0%
1.5	0.015	100	1.50	$21.7 \times 10^{-4}$	0.22%
1.5	0.15	100	15.0	$54.3 \times 10^{-4}$	0.54%

## 5.2 Γενικά Χαρακτηριστικά Σχεδίου Διαχείρισης Επικινδυνότητας

Δεν είναι δυνατό αλλά ούτε και πρακτικό να εξαλειφθεί η επικινδυνότητα εξολοκλήρου. Η εύρωστη μεθοδολογία διαχείρισης της επικινδυνότητας πρέπει να το αναγνωρίζει αυτό και να έχει ως στόχο το προσδιορισμό εκείνων των επικινδυνοτήτων που μπορούν να μειωθούν σημαντικά και εκείνων που πρέπει να διευθετηθούν. Μια τεκμηριωμένη μεθοδολογία διαχείρισης επικινδυνότητας θα πρέπει να καθορίζει με σαφήνεια και λακωνικότητα τις πολιτικές σύμπραξης και διαχείρισης της επικινδυνότητας υποδεικνύοντας τον τρόπο με τον οποίο οι παράμετροι αυτοί θα αντιμετωπιστούν. Αυτές οι πολιτικές θα πρέπει να θέτουν τα επίπεδα της αποδεκτής και μη αποδεκτής επικινδυνότητας που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κριτήρια μέτρησης των προσδιορισμένων επικινδυνοτήτων. Αυτή η μεθοδολογία πρέπει να θέτει το πλαίσιο για ένα διοικητικό σχέδιο επικινδυνότητας που θα αναλαμβάνει τις συγκεκριμένες εκείνες δραστηριότητες που απαιτούνται για να επιτευχθούν οι στόχοι του σχεδίου.

Επομένως, η πραγματική διαχείριση επικινδυνότητας απαιτεί τον προσδιορισμό και τον καθορισμό προτεραιοτήτων των τοποθεσιών και κατ'επέκταση των αντιμετρώπων αντιμετώπισης επικινδυνότητας σύμφωνα με όλη τη λίστα των επικινδυνοτήτων. Αυτές οι αποφάσεις καθορισμού των προτεραιοτήτων πρέπει να είναι διαφανής και υπερασπίσιμες και όπου είναι δυνατόν σύμφωνες με δημοσιευμένες οδηγίες ή κριτήρια. Ο προσδιορισμός των επικινδυνοτήτων

πλημμύρας για κάθε κοινότητα είναι ένα δεδομένο εισαγωγής (input) στη διαδικασία ανάπτυξης μίας μεθοδολογίας για την αποτελεσματική διαχείριση των επικινδυνότητων. Είναι πιθανό να υπάρξουν πολλοί άλλοι παράγοντες που θα διαμορφώσουν τη γενική στρατηγική, συμπεριλαμβανομένων των συνεργατικών, πολιτικών και λειτουργικών πτυχών που είναι πέρα από το πεδίο αυτής της (ποσοτικής) αξιολόγησης για πλημμύρα. Εντούτοις, η μελέτη μας παρέχει μερικά πολύτιμα εργαλεία που βοηθούν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Διάφορα κριτήρια για την αξιολόγηση των επικινδυνότητων έχουν παρουσιαστεί παραπάνω. Αυτά τα κριτήρια πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν θέτουμε στόχους μείωσης επικινδυνότητας (όριο ανεκτικότητας), και τα οποία αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο μίας περιεκτικής μεθοδολογίας επικινδυνότητας. Σύγχρονες τάσεις στην ανάπτυξη των κριτηρίων επικινδυνότητας για τις επικίνδυνες βιομηχανίες και τα φράγματα απέχουν από το να καθορίσουν συγκεκριμένα και σταθερά όρια αποδοχής της επικινδυνότητας για πλημμύρες. Άντ' αυτού, οι οργανισμοί υιοθετούν ένα επίπεδο επικινδυνότητας πάνω από το οποίο αυτή θεωρείται απαράδεκτη (μη υποφερτό όριο) και κάτω από αυτό το επίπεδο η απόφαση σχετικά με το εάν η επικινδυνότητα είναι ή όχι ανεκτή λαμβάνεται βασιζόμενη στην αρχή ALARP. Το αρκτικόλεξο ALARP (As Low As Reasonably Practicable ) επεξηγείτε ως **τόσο χαμηλό όσο και λογικά εφαρμόσιμο**. Στην ουσία αυτό σημαίνει ότι τα αντίμετρα πρέπει να εφαρμοστούν έως ότου καμία περαιτέρω μείωση επικινδυνότητας να μην είναι δυνατή χωρίς να γίνει σημαντική επένδυση κεφαλαίου ή άλλες δαπάνες πόρων που θα ήταν χονδροειδώς δυσανάλογες σε σύγκριση με το ποσό μείωσης επικινδυνότητας που θα πραγματοποιείτο.

Η εφαρμογή της αρχής ALARP υπονοεί ότι η μείωση επικινδυνότητας σε μια τρέχουσα διαδικασία πρέπει να αναθεωρείται συχνά και να εξετάζεται σύμφωνα με άλλα επιχειρησιακά και λειτουργικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στη διαχείριση του πάγιου κοινοτικού κεφαλαίου (κτίρια, υπηρεσίες και δομές). Ακόμη αυτό γενικά σημαίνει ότι δεν θα πρέπει να υπάρχει ένα άκαμπτο και ακαριαίο επίπεδο επικινδυνότητας που θα θεωρείται ως αποδεκτό. Θα βρίσκεται στην ευθύνη του εκάστοτε οργανισμού ο οποίος θα εξασφαλίζει ότι προσδιορίζονται και αξιολογούνται οι επικινδυνότητες συστηματικά και με τρόπο τεκμηριωμένο, διαφανή και που να επικοινωνεί εναργώς με τη βάση των αποφάσεων σχετικά με τα διοικητικά αντίμετρα που εφαρμόζονται. Αυτό επιτρέπει επίσης μια ιδιαίτερη ευελιξία σχετικά με τον τρόπο που μια οργάνωση αναλαμβάνει τη διαχείριση της επικινδυνότητας.

Εκτός από τους συγκεκριμένους στόχους μείωσης επικινδυνότητας άλλες εκτιμήσεις που θα επηρεάσουν το πεδίο ενός διοικητικού σχεδίου επικινδυνότητας περιλαμβάνουν:

- Το διαθέσιμο ποσό χρηματοδότησης για τις εργασίες.
- Η έκταση της περιβαλλοντικής διαταραχής που προκλήθηκε από τις εργασίες (πρωτίστως η έκταση εδάφους στην οποία έχουν αντίκτυπο οι εργασίες)
- Οι πιθανές επιδράσεις στο περιβάλλον λόγω των αναμενόμενων δραστηριοτήτων κατασκευής.
- Η προσδοκώμενη πολυπλοκότητα και ο χρόνος που απαιτούνται από την περιβαλλοντική διαδικασία εγκρίσεων.
- Η πραγματική επιθυμία να εφαρμοστούν τα αντίμετρα σε όσο το δυνατόν περισσότερους τόπους ώστε να επιτευχθεί αύξηση του ποσοστού μείωσης της επικινδυνότητας σε όλες τις περιοχές, παρά να μειωθεί η επικινδυνότητα κατά μεγαλύτερα ποσοστά επί μόνο ενός μικρού αριθμού τόπων κινδύνου.
- Επίτευξη μιας ισορροπίας μεταξύ των συμβατικών εργασιών για τη μείωση της συχνότητας περιστατικού ή την πιθανότητα μιας δυσμενούς συνέπειας και άλλων μέτρων μη μηχανολογικού τύπου. Τέτοια μέτρα περιλαμβάνουν τα σχέδια δράσης έκτακτης ανάγκης, το προγραμματισμό πιθανότητας, τεκμηριωμένα διοικητικά σχέδια κινδύνου, ασφάλιση για τη μεταφορά του κινδύνου σε άλλα συμβαλλόμενα μέρη (ασφαλιστικά συμβόλαια), διαχείριση φήμης και στρατηγικές δημόσιων σχέσεων, έλεγχοι και επιθεωρήσεις.

Ανάλογα με τους τελικούς στόχους της μεθοδολογίας διαχείρισης επικινδυνότητας θα υφίστανται διάφορες μέθοδοι αντιμετώπισης επικινδυνότητας και θα περιλαμβάνουν:

1. Εναλλακτικές μεθόδους για την αποτροπή ή μείωση των πιθανών επιπτώσεων που θα περιλαμβάνουν την εφαρμογή συστημάτων ανίχνευσης ή ενδεχομένως ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης (EWS - Emergency Warning System). Ένα EWS μπορεί να αυξήσει τη δυνατότητα των ανθρώπων να αποφεύγουν τις πιθανές εκβάσεις ενός επικίνδυνου γεγονότος.
2. Οι διαβουλεύσεις με εκείνα τα συμβαλλόμενα μέρη που ενδεχομένως επηρεάζονται από τους προσδιορισμένους κινδύνους θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη σχετικά με την εκτίμηση του επιπέδου επικινδυνότητας που οι άνθρωποι αυτοί είναι πρόθυμοι να ανεχτούν. Αυτό θα συντελούσε στη

καθιέρωση στόχων μείωσης των επιπέδων επικινδυνότητας και αποτελεί κοινή πρακτική στη διαχείριση επικινδυνότητας.

3. Η αποδοχή ορισμένων επικινδυνοτήτων μπορεί να είναι κατάλληλη για μερικές περιοχές, κυρίως εάν το επίπεδο επικινδυνότητας έχει αξιολογηθεί ως ανεκτό ή αποδεκτό στην οργάνωση.
4. Η μεταβίβαση της επικινδυνότητας αποτελεί κοινό σημείο των διοικητικών στρατηγικών επικινδυνότητας, κατά την εξέταση των στοιχείων ενεργητικού. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την αποδοχή της παρουσίας των επικινδυνοτήτων αλλά και την ύπαρξη ασφάλειας (ασφαλιστικά συμβόλαια ) που θα καλύπτει τις πιθανές εκβάσεις ενός γεγονός εάν αυτό τελικά συμβεί.
5. Η εξασφάλιση ενός αποτελεσματικού διοικητικού σχεδίου διαχείρισης στοιχείων ενεργητικού για τις κύριες εργασίες αποτελεί ένα μέσο τεκμηρίωσης ή 'ντοκουμενταρισμού' των διαδικασιών και των μεθόδων για τη διατήρηση των στοιχείων ενεργητικού της κοινότητας. Αυτό θα πρέπει να βοηθήσει επίσης στο να εξασφαλισθεί ότι οι εργασίες που εκτελούνται αποδίδουν σύμφωνα με την προοριζόμενη λειτουργία του σχεδίου για τη ζωή.

## **5.3 Αντίμετρα**

### **5.3.1 Γενικά**

Υπάρχει μια σειρά διαθέσιμων επιλογών για να εξετάσει κανείς τις προσδιορισμένες επικινδυνότητες. Σε γενικές γραμμές αυτές μπορούν να ομαδοποιηθούν στις ακόλουθες ενέργειες:

*Αποφύγετε* - π.χ. οδηγίες χρήσης εδάφους για να αποθαρρύνετε την ανάπτυξη μέσα στις επιρρεπείς περιοχές πλημμυρών.

*Μειώστε* - π.χ. εφαρμόστε τα κατάλληλα πρότυπα οικοδόμησης για να μειώσετε την πιθανότητα πρόκλησης σημαντικής ζημίας από τα ύδατα των πλημμυρών όπως ανύψωση των επιπέδων πατωμάτων στα σπίτια, κατασκευή συλλεκτών κράτησης νερού, εγκατάσταση δομών περιορισμού των πλημμύρων, εγκατάσταση αντλιών ύδατος για απαλλαγή των νερών των πλημμύρων, αύξηση της ικανότητας ροής (χωρητικότητας) των καναλιών, μείωση των εμποδίων ροής μέσα στα κανάλια όπως και συναφών κατασκευών τις γέφυρες και τους οχετούς.

*Καταφύγετε* – εγκαθιστώντας συστήματα προειδοποίησης για πλημμύρες μπορούμε να αυξήσουμε την πιθανότητα οι άνθρωποι που βρίσκονται μέσα στις επιρρεπείς

περιοχές για πλημμύρα να ενημερωθούν για τον κίνδυνο και να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα για εκκένωση ή ειδάλλως να προστατευτούν οι ίδιοι.

*Μεταφορά* – η επικινδυνότητα μπορεί να μεταφερθεί μέσω της ασφάλειας (για τα πάγια στοιχεία σε κίνδυνο) και επίσης από τις διαβουλεύσεις με τα επηρεαζόμενα συμβαλλόμενα μέρη έτσι ώστε να ασκήσουν μεγαλύτερο έλεγχο πάνω στην έκθεσή τους στην επικινδυνότητα και ίσως έτσι να εφαρμοστούν λιγότερο αυστηρά κριτήρια επικινδυνότητας.

*Αποδοχή* - οι πιθανές συνέπειες λόγω της πλημμύρας είναι αποδεκτές σε εκείνους που ενδέχεται να υποστούν ζημιά (είτε στους εαυτούς τους είτε στα περιουσιακά τους στοιχεία), αυτό απαιτεί συνήθως την εκπαίδευση και τη νοθεσία πάνω στο κίνδυνο.

*Συγκεκριμένα αντίμετρα αντιμετώπισης της επικινδυνότητας περιλαμβάνουν:*

- Να χτιστούν λεκάνες απορροής και κατακράτησης π.χ. τάφροι, αγωγοί (τα οποία είτε θα είναι προσχεδιασμένα για αυτό το σκοπό είτε ενσωματωμένα στους δρόμους π.χ. φράγματα θορύβου και άλλα παρόμοια).

**Εικόνα 5.1:** Τάφος ως αντίμετρο



- Σχέδια Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών
- Διαχείριση Συναλλαγών
- Να αυξηθεί το επίπεδο στα πατώματα των κατοικήσιμων κτηρίων κάνοντας χρήση ξύλινων υποστυλωμάτων ή υπερυψωμένων κολόνων.

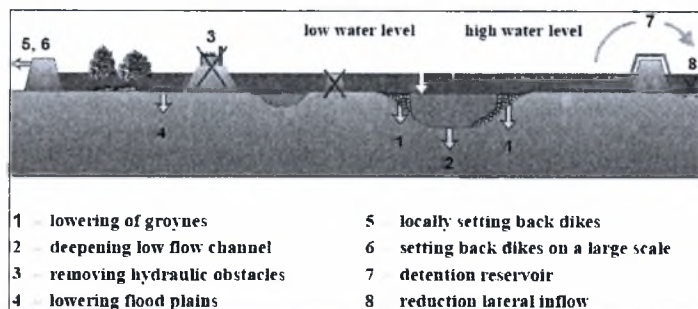
**Εικόνα 5.2:** Υπερυψωμένο σπίτι



- Σχεδιασμός απροόπτων, σχέδιο αποκατάστασης και επιχειρηματικά σχέδια συνέχισης λειτουργίας.

- Παροχή δημόσιων πληροφοριών όπως είναι η ενημέρωση για προειδοποιητικές ενδείξεις και πληροφορίες, έκδοση ενημερωτικών φυλλαδίων, τεύχη κλπ....
- Απομάκρυνση ή μετεγκατάσταση πάγιων στοιχείων (κινητή και ακίνητη περιουσία) από την πορεία των πλημμύρων.

**Εικόνα 5.3:** Προτάσεις αντιμετρών



- Εκτίμηση επικινδυνότητας
- Διαχείριση φήμης
- Περαιτέρω έρευνες για καλύτερη ποσοτικοποίηση των επικινδυνοτήτων ή/ και των συνεπειών τους
- Σχεδιασμό συντήρησης των πάγιων στοιχείων
- Ασφάλιση για ενδεχόμενες οικονομικές απώλειες
- Συστήματα ελέγχου και ανίχνευσης συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης

**Εικόνα 5.4:** Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης



- Αποδοχή της επικινδυνότητας (να μην εκτελεστεί καμία πράξη)
- Αναθεώρηση εκτίμησης της επικινδυνότητας

Από τα παραπάνω αντίμετρα κάποια θα μπορούσαν να μειώσουν την επικινδυνότητα, όπως η εφαρμογή επιδιορθωτικών έργων η οποία θα ελάττωνε τις ακόλουθες συνέπειες από ένα γεγονός, και η μείωση επικινδυνότητας θα μπορούσε

να ποσοτικοποιηθεί. Τέτοια αντίμετρα συχνά αναφέρονται ως *απτά* (χειροπιαστά) αντίμετρα αντιμετώπισης επικινδυνότητας.

Σε μερικές περιπτώσεις η επίδραση ορισμένων αντιμέτρων μπορεί να μην είναι εύκολο να προσδιορισθεί ποσοτικά. Παραδείγματα τέτοιων περιλαμβάνουν την αναθεώρηση και την αναπροσαρμογή του σχεδιαγράμματος επικινδυνότητας ή της εφαρμογής διοικητικού σχεδίου στοιχείων ενεργητικού. Αυτά τα αντίμετρα παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την διαχείριση της επικινδυνότητας αλλά το αποτέλεσμα τους δεν είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθεί άμεσα. Αυτά τα αντίμετρα αναφέρονται συχνά ως *μη-απτά* αντίμετρα αντιμετώπισης επικινδυνότητας ή απλά ως διοικητικά αντίμετρα κινδύνου).

Σε αυτήν την μελέτη έχουμε θεωρήσει δύο ευρείες περιπτώσεις ώστε να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση του βαθμού οφέλους που θα μπορούσαμε να αποκομίσουμε από τα αντίμετρα. Στη πρώτη περίπτωση περιλαμβάνεται η *αναβάθμιση των διαδικασιών προειδοποίησης και εκκένωσης πλημμύρων*. Αυτό περιλαμβάνει την εγκατάσταση μετρητών βροχοπτώσεων σε συλλέκτες νερού που δεν επιβλέπονται και τη παρακολούθηση της ροής των ρευμάτων για κάθε μια από τις κοινότητες. Αυτό θα μπορούσε να εκτελεστεί εξαιρετικά μέσω της συστηματικής ανάπτυξης και τεκμηρίωσης των στοιχείων που συλλέγονται, τη μεταφορά, την αξιολόγηση και την υποβολή εκθέσεων των συστημάτων εκείνων που θα παρέχουν αποτελεσματικές προειδοποιήσεις για πλημμύρα και θα οδηγήσουν στη μετακίνηση του πληθυσμού που θα κινδυνέψει. Σχέδια εκκένωσης για τις διάφορες δραστηριότητες εντός κάθε κοινότητας θα πρέπει επίσης να τυποποιηθούν, να τεκμηριωθούν και να εφαρμοστούν. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του URS για τα κάμπινγκ όπου σε πρότασή του συστήνεται για τους κατασκηνωτές των κάμπινγκ :

- Η εφαρμογή εύρωστων σχεδίων προειδοποίησης και εκκένωσης για να μειωθούν οι πιθανές συνέπειες ενός γεγονότος πλημμύρας.
- Αποθάρρυνση και απαγόρευση των ανθρώπων, οικονομικών στοιχείων στις ζώνες υψηλού κινδύνου των κάμπινγκ, με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η επικινδυνότητα ή και αποφεύγεται.
- Παροχή στους πιθανούς επισκέπτες πληροφοριών για να αυξηθεί η συνείδησή τους στον κίνδυνο (και ακόμη την πιθανή κατανόηση των συστημάτων προειδοποίησης και εκκένωσης).

Η δεύτερη ευρεία περίπτωση περιλαμβάνει την εφαρμογή συγκεκριμένων αντιμετρώων για να μειωθούν οι δυνατές επιδράσεις της πλημμύρας σε κάθε κοινότητα με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε μίας. Αυτό έγινε εφικτό κυρίως χάρη στην εμπειρία και τις γνώσεις του τμηματάρχη του γραφείου πολιτικής προστασίας στο Βόλο ο οποίος και συνέδραμε στο να παρουσιαστούν για πρώτη φορά συγκεκριμένα αντίμετρα τα οποία θα ανταποκρίνονται στις τωρινές ανάγκες. Γενικά αυτές περιλαμβάνουν τις μηχανικές εργασίες που σαν στόχο έχουν να ανακουφίσουν από τις πλημμύρες που οφείλονται σε γεγονότα που κυμαίνονται μεταξύ 5% ΑΕΡ (γεγονός 20 ετών) και 1% ΑΕΡ (γεγονός 100 ετών).

### 5.3.2 Βελτιωμένα Συστήματα Προειδοποίησης Και Εκκένωσης Πλημμύρων

Η αποτελεσματικότητα των βελτιωμένων συστημάτων προειδοποίησης και εκκένωσης πλημμύρων είναι δύσκολο να αξιολογηθεί αντικειμενικά. Εντούτοις, χρησιμοποιώντας τις τιμές που δίνονται στην παράγραφο 3.1.3 ως αφετηρία, οι αναθεωρημένες πιθανότητες προσδιορίζονται, όπως συνοψίζεται κατωτέρω, λαμβάνοντας υπόψη συγκεκριμένες πληροφορίες (ερωτηματολόγιο Παραρτήματος) και σε συνεργασία με τα κατάλληλα άτομα που έχουν την εμπειρία και τη γνώση να λαβαίνουν ορθές κρίσεις.

**Πίνακας 5.6:** Πιθανότητες Του Διαθέσιμου Επιπέδου Προειδοποίησης Με Τα Αναβαθμισμένα Συστήματα Προειδοποίησης Και Εκκένωσης (οι αρχικοί αριθμοί παρουσιάζονται εντός παρενθέσεως)

Επίπεδο προειδοποίησης	Μέρα	Νύχτα
Επαρκής προειδοποίηση	0,8 (0,5)	0,6 (0,4)
Μικρή προειδοποίηση	0,15 (0,4)	0,3 (0,4)
Καμία προειδοποίηση	0,05 (0,1)	0,1 (0,2)

Τα βελτιωμένα συστήματα έχουν σαν αποτέλεσμα μία μείωση περίπου 40% με 50% του ALR (κοινωνικού κινδύνου) για κάθε κοινότητα (Γραφείο Πολιτικής Προστασίας), η οποία πραγματοποιείται με σχετικά μέτριο κόστος. Αυτό μπορεί να απεικονιστεί και με τη χάραξη F-N καμπυλών, οι οποίες θα κινούνται πιο κοντά προς



το ANCOLD (Australian National Committee on Large Dams) όριο ανοχής, αλλά όχι κάτω από αυτό το επίπεδο οδηγίας. Αν και αυτές οι πιθανότητες είναι βασισμένες σε κρίσεις και δεν μπορούν απαραίτητα να επιβεβαιωθούν αναλυτικά, τέτοιες ενέργειες μπορεί να είναι σχετικά εύκολο να εφαρμοστούν με μέτριο κόστος και πρέπει να θεωρηθούν ως πρώτης προτεραιότητας μέτρα χειρισμού της επικινδυνότητας.

### 5.3.3 Μηχανικές Εργασίες Μείωσης Της Επικινδυνότητας

Οι προτεινόμενες μηχανικές εργασίες σχεδιάζονται έτσι ώστε να ανακουφίζουν από τα αποτελέσματα ενός γεγονότος συχνότητας 100 ετών. Αυτές αναφέρονται παρακάτω στο κεφάλαιο 6.2 Συστάσεις και έχουν επιλεγεί ξεχωριστά για κάθε κοινότητα με βάση υποκειμενικές κρίσεις και ιστορικά γεγονότα.

Τα εκτιμώμενα οφέλη της μείωσης της επικινδυνότητας ζωνών από την εφαρμογή των μηχανικών εργασιών έχουν ποσοτικοποιηθεί μέσω της ρύθμισης των κατάλληλων παραμέτρων εισαγωγής (inputs) για την εκτίμηση επικινδυνότητας ώστε να απεικονίσουμε τις πιθανές επιδράσεις των εργασιών. Σε μερικές περιπτώσεις αυτό περιλαμβάνει τη μείωση του PAR (πληθυσμός σε κίνδυνο) μέσα σε μια ζώνη κινδύνου πλημμύρας ή/ και τον υποβιβασμό από αυτή τη ζώνη και κατεπέκταση των πιθανών ποσοστών θανάσιμων περιστατικών σε μερικές περιοχές. Γενικά οι *επιδράσεις των μηχανικών εργασιών* συντελούν :

- Οι κατοικίες στις πιθανές μέσες ζώνες κινδύνου πλημμύρων να προστατεύονται από την πλήρη δύναμη των νερών της πλημμύρας καθώς επίσης το βάθος και η ταχύτητα των νερών της πλημμύρας έξω από το κανάλι του ποταμού να είναι σημαντικά μειωμένα, έτσι ώστε να υποβιβάσουμε τη ζώνη κινδύνου πλημμύρας σε άλλη χαμηλότερη.
- Οι κατοικίες στις πιθανές χαμηλές ζώνες κινδύνου πλημμύρων επίσης να μειώσουν τον χαρακτηρισμό τους σε πολύ χαμηλές.
- Για τις περιοχές κάμπινγκ τα προτεινόμενα μέτρα μείωσης να μειώνουν το βαθμό εκτίμησης των ζωνών κινδύνου πλημμύρων στην αμέσως επόμενη χαμηλότερη εκτίμηση.
- Σε μερικές περιπτώσεις οι προτεινόμενες εργασίες μείωσης επικινδυνότητας είναι επίσης πιθανό να ενισχύσουν την προειδοποίηση πλημμύρων και να δώσουν τη δυνατότητα στους ανθρώπους που κινδυνεύουν να δραπετεύσουν από τα νερά της πλημμύρας. Παραδείγματος χάριν, κατασκευάζοντας μία

τάφρο κατακράτησης νερού περιμετρικά της περιοχής του Βόλου αναμένεται εκτός από την ελάφρυνση του συνολικού αποχετευτικού συστήματος να μας παρέχεται και ο πρόσθετος χρόνος για την ανίχνευση της αύξησης των επιπέδων του ποταμού Κραυσίδα, και να εκδοθούν προειδοποιήσεις που θα ενημερώνουν τους κατοίκους που βρίσκονται στις υψηλές περιοχές κινδύνου για τον κίνδυνο πλημμύρας.

### **5.3.4 Εργασίες Απορροής και Συγκέντρωσης Υδάτων**

Πρόσθετα μέτρα προτείνονται επίσης για κάθε λεκάνη απορροής ώστε να ελεγχθεί η διάβρωση, να μειωθούν τα φορτία ιζημάτων και να σταθεροποιηθούν οι πλαγιές. Αυτές οι εργασίες περιλαμβάνουν την παρόχθια περίφραξη, τη φύτευση και τον έλεγχο των επιφανειών. Ο αντίκτυπος αυτών των μέτρων θα πάρει αρκετά χρόνια για να κατανοηθεί πλήρως και για αυτό τα οφέλη αυτά αλλά και τα αντίστοιχα κόστη εργασιών δεν συνυπολογίζονται στην αξιολόγηση της επικινδυνότητας στη παρούσα φάση

### **5.3.5 Ανάλυση Κόστους Οφέλους**

Σχετικά με την ανάλυση κόστους οφέλους λαμβάνουμε υπόψη μόνο τα άμεσα οφέλη (όπως η μείωση των δαπανών από τις ζημίες των πλημμύρων, το καθαρισμό και την επισκευή, την απώλεια επιχείρησης και δαπανών που αναλαμβάνονται από τις τοπικές και περιφερειακές υπηρεσίες όταν καλούνται να αντιμετωπίσουν μια έκτακτη ανάγκη). Άλλα, έμμεσα και ίσως λιγότερο απτά οφέλη, όπως οι βελτιωμένες τιμές ιδιοκτησίας, γαλήνη και ηρεμία για τους κατοίκους αλλά και μειωμένη διάσπαση αυτής κατά τη διάρκεια ενός περιστατικού πλημμύρας, δεν έχουν ποσοτικοποιηθεί στη παρούσα φάση, αλλά θα μπορούσαν να εξεταστούν στο μέλλον.

## **5.4 Συμπεράσματα**

Διακρίνουμε τα δεντρικά διαγράμματα εκτίμησης επικινδυνότητας και τους πίνακες με τις σχετικές επικινδυνότητες. Γίνεται μία εκτενής αναφορά στο σύνολο των διαθέσιμων αντιμέτρων και στα χαρακτηριστικά ενός σχεδίου διαχείρισης πλημμύρας.

## Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα και Συστάσεις

Συνοψίζονται οι τελικές προτάσεις και οι αναγκαίες ενέργειες που πρέπει να υιοθετηθούν με βάση την παρούσα εργασία αλλά και τις υπάρχουσες συνθήκες.

### 6.1 Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα αυτής της εκτίμησης επικινδυνότητας τα συμπεραίνουμε ότι οι υπολογισμένες επικινδυνότητες για τις διάφορες περιπτώσεις που εξετάζονται είναι υψηλότερες από το μη-υποφερτό όριο  $1 \times 10^{-4}$  (ισοδύναμο με 100 ανά εκατομμύριο έτη, ANCOLD). Ωστόσο εν συγκρίσει με άλλους κινδύνους θανατηφόρων περιστατικών όπως το κάπνισμα και το ταξίδι με το αυτοκίνητο όπου η επικινδυνότητα είναι 5000 ανά εκατομμύριο έτη και 145 ανά εκατομμύριο έτη αντίστοιχα δεν θεωρούνται ακραίες.

Αν και οι υπολογισμένες επικινδυνότητες είναι κοντά στο μη-υποφερτό όριο  $1 \times 10^{-4}$  (ισοδύναμο με 100 ανά εκατομμύριο έτη, ANCOLD) το επίπεδο της επικινδυνότητας στις υψηλές ζώνες κινδύνου πλημμύρων απέχει αρκετά από τα επιθυμητά επίπεδα. Τα αντίμετρα πρέπει να στοχεύουν στη μείωση της επικινδυνότητας με προτεραιότητα τα άτομα σε αυτές τις κατηγορίες.

Αν και οι υπολογισμένες επικινδυνότητες ζώων είναι σε πολλές περιπτώσεις χαμηλότερες συγκριτικά με τα επίπεδα κινδύνου σε άλλες μελέτες πλημμύρων στο εξωτερικό, καθώς επίσης και άλλους κινδύνους οι οποίοι συνήθως αντιμετωπίζονται πιο ενεργά από την κοινωνία, φαίνεται ότι το επίπεδο επικινδυνότητας στις υπαγόμενες κοινότητες δεν είναι ανεπαίσθητο και τα οποιαδήποτε αντίμετρα πρέπει να αναπτυχθούν κατά τρόπο προσεκτικό, συστηματικό και διαφανή.

Λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες διοικητικές πρακτικές διαχείρισης επικινδυνότητας οι προσδιορισμένη επικινδυνότητα πρέπει να μειωθεί έως ότου να γίνει καταδεικτέο ότι το υπόλοιπο επίπεδο επικινδυνότητας είναι τόσο χαμηλό όσο αυτό είναι εφικτό, λαμβάνοντας υπόψη και το επίπεδο των διαθέσιμων πόρων εντός των τοπικών κοινοτήτων που προορίζονται για την ανακούφιση από τις πλημμύρες.

Σημαντική μείωση επικινδυνότητας μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή διαφόρων μηχανικών και μη μηχανικών αντιμέτρων και στις περισσότερες περιπτώσεις ο κίνδυνος ζώων μπορεί να μειωθεί κάτω από τα μη-υποφερτά επίπεδα.

Η ενίσχυση των συστημάτων προειδοποίησης και εκκένωσης για πλημμύρες παρέχει μια σημαντική μείωση στο επίπεδο επικινδυνότητας ζών με σχετικά ταπεινή επένδυση, η οποία αντανακλάται στις αναλογίες οφέλους των δαπανών. Εντούτοις, αυτό δεν επηρεάζει τον κίνδυνο που διατρέχουν η οικονομική δραστηριότητα, το περιβάλλον και οι υποδομές.

Δεδομένου ότι το γενικό επίπεδο περί ζημίας οικονομικής δραστηριότητας λόγω της ενδεχόμενης πλημμύρας είναι αρκετά μεγάλο και τα μηχανικά αντίμετρα απαιτούν μία όχι και τόσο μεγάλη επένδυση, τα ποσοστά οφέλους των δαπανών που θα προκύψουν για τις ποικίλες επιλογές μετριασμού είναι αρκετά μεγάλα και κρίνεται σκόπιμο να υλοποιηθούν άμεσα.

## **6.2 Συστάσεις**

### **6.2.1 Συστάσεις Μείωσης Επικινδυνότητας στην Περίπτωση Βόλου**

Ως αποτέλεσμα αυτής της εκτίμηση επικινδυνότητας πλημμύρας και μετά από συνεντεύξεις με το Γραφείο Πολιτικής Προστασίας του Δήμου Βόλου αλλά και τη Νομαρχία Θεσσαλίας καταλήξαμε σε κάποιες συγκεκριμένες προτάσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την ανάπτυξη ενός σχεδίου διαχείρισης επικινδυνότητας που θα αφορά τις υπαγόμενες κοινότητες και το οποίο θα ενσωματώνει εργαλεία καθορισμού των προτεραιοτήτων και εκτίμησης της επικινδυνότητας όπως παρουσιάζεται στην μελέτη, σε συνεννόηση με τους συμμετόχους. Συγκεκριμένες συστάσεις περιλαμβάνουν:

#### **A. ΠΟΤΑΜΟΣ ΞΗΡΙΑΣ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΝΕΑΠΟΛΗ**

Όπως σε σχεδόν όλα τα ελληνικά ποτάμια έτσι και ο Ξηριάς τα παλαιότερα χρόνια δεν ακολουθούσε κάποια συγκεκριμένη πορεία και δεν περιοριζόταν από κανενός είδους κατασκευή για αυτό και η πορεία του μπορούσε κάθε χρόνο να διαμορφώνεται ανάλογα με τις εκάστοτε εδαφομορφολογικές και υδροροϊκές συνθήκες (χειμάρρος που μετακινείται) . Αποτέλεσμα αυτού ήταν άλλες φορές να περνάει κάτω από τη συνοικία της Νεάπολης, άλλες από πάνω και άλλες από μέσα. Προκειμένου να οικοπεδοποιηθούν αυτές οι εκτάσεις πάρθηκε η απόφαση να αποκτήσει συγκεκριμένη μορφή και τοποθεσία. Ωστόσο κατά την κατασκευή αυτής της τεχνητής οδού απορροής τα αναχώματα που βρίσκονται παραπλεύρως του ποταμού δεν έχουν το κατάλληλο ύψος και πλάτος για αυτό και στο γεγονός πλημμύρας του 2006 αν και

δεν έσπασαν, δεν μπόρεσαν να συγκρατήσουν την αυξημένη ροή και σε συνδυασμό με την αποφρακτική ικανότητα του πλήθους των φερτών υλικών υπερχείλισαν.

Συγκεκριμένα στο ύψος της τσιμεντένιας γέφυρας ανάμεσα στην ξύλινη και αυτήν στο διμήνι κάποια φερτά υλικά που είχαν την προέλευση τους από αρκετά ψηλά (περιοχή πεταλούδα) αλλά και ίσως το πρόχειρο συνοικισμό των αθίγγανων έφραξαν τα τρία ανοίγματα που είχε η γέφυρα με αποτέλεσμα μία μειωμένη ικανότητα απορροής της τάξης 0% για το πρώτο 5% για το δεύτερο και 20% για το τρίτο. Το ύψος αυτής της γέφυρας είναι μικρό με αποτέλεσμα να κατακρατώνται νερά τα οποία δημιουργούν ένα κύμα από το οποίο υπερπηδούν νερά εκτός του ποταμού.

Αποτέλεσμα αυτής της υπερχείλισης ήταν να πλημμυρίσει όλη η περιοχή της Νεάπολης αλλά και οι βασικές της οδοί. Για να καθορίσουμε αυτή τη περιοχή βλέπουμε ότι περιμετρικά έκλεισε όλη η εθνική οδός Αθηνών από το ύψος του Ξηριά και μετά, η Λαρίσης πλημμύρισε μέχρι το ύψος της RENAULT και η κάθετος αυτής Καψάλη (τέμνει την οδό φιλικής εταιρίας κάπου στη μέση) μέχρι το Ξηριά περικλείει την έκταση της Νεάπολης που υπέστη πλημμύρα (κόκκινη ζώνη)\*.

## **ΣΥΣΤΑΣΗ**

Θα πρέπει αφού προηγηθεί μία υδραυλική μελέτη από καταρτισμένο προσωπικό που να έχει εμπειρία σε παρόμοιου είδους μελέτες προκειμένου να αποκτηθεί μία εικόνα της ροϊκής κατάστασης του νερού, να αυξηθεί το ύψος και το πλάτος του αναχώματος και κατεπέκταση να δοθεί η δυνατότητα αυτό να μπορεί να επισκευάζεται όταν παραστεί ανάγκη δηλ. σε ακραίες καταστάσεις. Θα πρέπει δηλαδή να υπάρξουν κάποια σημεία πάνω στο ανυψωμένο ανάχωμα τα οποία να προορίζονται για επισκευή και συντήρηση του αναχώματος όταν αυτό απαιτείται. Τα μέτρα αυτά πιθανόν να απαιτήσουν να γίνουν κάποιες απαλλοτριώσεις.

Επιπλέον ένα πρόσθετο μέτρο θα μπορούσε να είναι η κατασκευή μίας τάφρου παραπλεύρως των αναχωμάτων που να δέχεται τυχόν νερά που οφείλονται σε υπερχείλιση αυτών.

Πιο επείγον μέτρο για τον ποταμό Ξηριά αποτελεί η κατεδάφιση της τσιμεντένιας γέφυρας που βρίσκεται ανάμεσα στις δύο άλλες γέφυρες αυτή του διμηνίου και την ξύλινη που προηγείται και να χτιστεί μία υψηλότερη. Εναλλακτικά να γίνει ανύψωσή της υπάρχουσας για να μην εμποδίζονται τα νερά.

\*Μερικές βασικές οδοί που βρήκαν διέξοδο τα νερά είναι η Νεαπόλεος, η Σκουφά, η Τοπάζι, η Αθηνών, η Λαρίσης μέχρι το ύψος της RENAULT, όλες οι κάθετες του ποταμού Ξηριά από την τσιμεντένια γέφυρα και κάτω και κυρίως οι νότιες οδοί.

## **Β. ΠΟΤΑΜΟΣ ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ**

Δίπλα στον ποταμό Κραυσίδαωνα υπήρχε ένας παλαιούς κατασκευής αγωγός όμβριων υδάτων στον οποίο γινόταν η απορροή των βρόχινων νερών. Μετά από δημοτικές οικιστικές παρεμβάσεις οι οποίες έγιναν χωρίς κάποια μελέτη και πιθανόν με γνώμονα το τοπικό συμφέρον αυτός ο αγωγός καταστράφηκε και αντί να αντικατασταθεί από άλλον/ους αγωγούς που θα δέχονταν τα νερά των παρακείμενων περιοχών υιοθετήθηκε η εξής λύση. Τοποθετήθηκαν μεγάλοι αγωγοί (έως και 1,5 μέτρα διάμετρο) για να συλλέγουν τα νερά των περιοχών με σημείο απορροής πολύ χαμηλά στον πυθμένα του ποταμού Κραυσίδαωνα. Αυτό έχει σαν συνέπεια όταν έρχεται ορμητικά η πλεονάζουσα ποσότητα νερού να συμβαίνει το φαινόμενο της αναστροφής των νερών – από το πυθμένα προς τις περιοχές. Αυτό οφείλεται και στο ότι η περιοχή των Αγίων Αναργύρων έχει πολύ μικρό υψόμετρο σχεδόν στο επίπεδο της θάλασσας ενώ η κατασκευή του ποταμού λόγω αναχωμάτων ξεπερνάει αυτό το ύψος, αλλιώς θα λέγαμε ότι το ποτάμι και η περιοχή λειτούργησαν σαν συγκοινωνούντα δοχεία.

Αποτέλεσμα ήταν να βγουν τα νερά από τους υπονόμους και να πλημμυρίσει η περιοχή των Αγίων Αναργύρων. Περιοχή που περικλείουμε σαν κόκκινη ζώνη αποτελείται από την έκταση που περικλείει η οδός Νικηταρά και Κολοκοτρώνη.

## **ΣΥΣΤΑΣΗ**

Να κατεδαφιστεί η υπάρχουσα κατασκευή όμβριων υδάτων και να κατασκευαστούν δύο αγωγοί παραπλεύρως του ποταμού οι οποίοι θα εξυπηρετούν τις παρακείμενες περιοχές παραπλεύρως του ποταμού και θα συλλέγουν τα νερά της βροχής τα οποία και θα οδηγούν στη θάλασσα.

## **Γ. ΠΟΤΑΜΟΣ ΚΡΑΥΣΙΔΩΝΑΣ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΣΑΛΑΠΑΤΑ – ΠΑΛΑΙΑ**

Στο ύψος της περιοχής Τσαλαπάτα υπάρχει μία στένωση του πλάτους και της ικανότητας απορροής του ποταμού Κραυσίδαωνα. Επιπροσθέτως στο ύψος των γραμμών του τρένου υπάρχει μία γέφυρα η οποία έχει πολύ χαμηλό ύψος και σε συνδυασμό με τα φερτά υλικά που κατεβαίνουν ακόμη και από το Πήλιο δημιουργείται συμφόρηση και αυξημένο επίπεδο στάθμης. Λόγο του πολύ έντονου καιρικού φαινομένου που είχαμε το 2006 η αυξημένη ποσότητα ύδατος εξάντλησε την ικανότητα απορροής του ποταμού (το ύψος των νερών απείχε 1 ένα μέτρο από το

επίπεδο των δρόμων) κατά μήκος των οδών Ζάχου και Καραμπατζάκη με αποτέλεσμα να κινδυνεύουν οι παρακείμενες περιοχές. Στην πορεία του ποταμού και στο ύψος του ΟΣΕ λόγω της στένωσης που παρατηρείται στο πλάτος του ποταμού και μίας χαμηλής γέφυρας η οποία εμπόδιζε την ομαλή ροή είχαμε μία αύξηση του επιπέδου του ποταμού σε αυτές τις ακραίες συνθήκες και εν τέλει την υπερχειλίση του καθώς αυτός δεν είχε την απαιτούμενη ικανότητα απορροής.

Συνεπώς τα νερά βρήκαν διέξοδο στους δρόμους με αποτέλεσμα να πλημμυρίσουν οι περιοχές Τσαλαπάτα και Παλαιών μέχρι και το Παλαιό Λιμεναρχείο. Κύριες οδοί που πλημμύρισαν είναι η οδός Αλαμάνας, Παπαδιαμάντη και η λεωφόρος Λαμπράκη (χαρακτηριστικά το νερό που έτρεχε σε αυτή έφτανε τα 50cm εκατοστά). Η έκταση που περικλείουμε ως κόκκινη ζώνη αποτελείται από ολόκληρη τη περιοχή των Παλαιών. Αιτία ωστόσο της πλημμύρας σε αυτές τις περιοχές (Παλαιό Λιμεναρχείο κυρίως) ήταν και τα νερά που έφτασαν από τη Νεάπολη (Ξηριάς) και τα οποία συναντήθηκαν με αυτά του Κρασιδώνα στη λεωφόρο Λαμπράκη.

#### **ΣΥΣΤΑΣΗ**

Να γίνουν εργασίες διαπλάτυνσης και αύξησης της ικανότητας απορροής του ποταμού Κρασιδώνα εκεί όπου απαιτείται και σαν βασικό σημείο το οποίο και υπήρξε η αιτία υπερχειλίσης την γέφυρα στο ύψος των γραμμών του τρένου. Επιπλέον πρέπει να γίνει ανύψωση των αναχωμάτων προκειμένου αυτά να αντέξουν τα αυξημένα φορτία και ροές. Πιο επείγον μέτρο είναι και αυτό της ανύψωσης της χαμηλής γέφυρας του στο ύψος του ΟΣΕ η οποία και ήταν η πρώτη βασική αιτία της πλημμύρας.

#### **Δ. ΠΟΤΑΜΟΣ ΑΝΑΥΡΟΣ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΓΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

Το έτος 1955 έγιναν κάποιοι σεισμοί στο Βόλο οι οποίοι ήταν καταστροφικοί για την ευρύτερη περιοχή και μάλιστα υπήρξε και ένας νεκρός. Μετά από περίπου ένα χρόνο έγιναν κάποιες πλημμύρες οι οποίες λόγω του ποταμού Άναυρου στοίχισαν τη ζωή σε 27 ανθρώπους. Πιο συγκεκριμένα ο ποταμός Άναυρος στο σημείο που σχηματίζει στροφή 90 μοιρών και αυτό λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης, δεν άντεξε την πίεση των ορμητικών νερών και με αποτέλεσμα να σπάσουν τα αναχώματα στο σημείο αυτό ενώ τα νερά συνέχισαν ανεμπόδιστα την πορεία τους.

Συνέπεια αυτών ήταν όλη η περιοχή του Αγίου Κωνσταντίνου να επιχωματωθεί και να ανυψωθεί και σε αυτό λειτούργησαν τόσο ο σεισμός με το πλήθος των μπαζών από τα κατεστραμμένα κτίρια όσο και η διασπορά αυτών αλλά και εναπόθεση νέων από τα φερτά υλικά της πλημμύρας. Λόγο των εκτενούς έκτασης επεμβάσεων του

ανθρώπου που παρατηρούνται πλέον, τσιμεντοστρώσεις, οικοπεδοποιήσεις, αποψίλωση των εκτάσεων, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να υπάρξει επανάληψη των καταστροφικών συνεπειών της πλημμύρας του 1957. Όλοι αυτοί οι παράγοντες μεταβάλλουν τόσο την ποσότητα όσο και την ταχύτητα των νερών.

### **ΣΥΣΤΑΣΗ**

Στο συγκεκριμένο σημείο του ποταμού και επειδή υπάρχει καταγεγραμμένο περιστατικό πλημμύρας με πολύ υψηλό βαθμό επικινδυνότητας θα πρέπει να γίνει μία εκτενής μελέτη και υδραυλική και κατασκευαστική προκειμένου να ελεγχθεί το κατά πόσο μπορεί το ποτάμι να αντέξει σε αυξημένα φορτία, και να παρθούν μέτρα αν αυτό κριθεί αναγκαίο.

Αν και εφαρμόζονται εργασίες καθαρισμού και ελέγχου θα πρέπει για προληπτικούς λόγους να προβούμε σε σύσταση μίας συνολική μελέτης που θα καλύπτει πλήθος παραγόντων και σεναρίων για την εξασφάλιση της ασφαλούς ροής των νερών στα καθορισμένα πλαίσια.

### **Ε. ΠΑΡΑΛΙΑΚΟ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ (ΘΑΙΚΕΣ ΟΔΟΙ: ΙΑΣΟΝΟΣ, ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΟΣ, ΑΡΓΟΝΑΥΤΩΝ)**

Λόγω της αυξημένης ποσότητας των υδάτων αλλά και των τεχνικών ελλείψεων σε έργα αποχέτευσης και απορροής υπάρχει πρόβλημα πλημμύρισης της εμπορικής και τουριστικής αυτής περιοχής. Πιο συγκεκριμένα κατά την δημιουργία αποχετευτικών αγωγών στη οδό Δημητριάδος οι οποίοι θα περνούσαν μέσω της οδού Ιάσονος για να καταλήξουν στη θάλασσα και λόγω της πολύ μικρής κλίσης του εδάφους που παρατηρείται εκεί, δεν επιτεύχθηκε η πρόβλεψη δομή που θα επέτρεπε την ανεμπόδιστη ροή των υδάτων. Σε συνδυασμό με τις φθορές και την ελλιπή συντήρηση των φρεατίων και αγωγών είχαμε άσχημη εικόνα που παρουσιάστηκε στο τελευταίο γεγονός πλημμύρας κατά την οποία πλήθος επιχειρήσεων υπέστησαν ζημιές. Η ζώνη που θα περικλείαμε ως κόκκινη αποτελείται κυρίως από τις δύο κεντρικούς οδούς της Δημητριάδος και της Ιάσονος αλλά και όλο το παραλιακό τμήμα που ορίζουν αυτές.

### **ΣΥΣΤΑΣΗ**

Αν και η κατασκευή εξαρχής ενός αποτελεσματικού αποχετευτικού συστήματος είναι η πιο σωστή κρίνεται ωστόσο αρκετά ακριβή αλλά και δύσκολη όχι μόνο για τεχνικούς λόγους αλλά και για συμφεροντολογικούς καθότι η περιοχή είναι άκρως εμπορική και τουριστική και γιαυτό τέτοια μέτρα προσκρούουν ίσως στα τοπικά συμφέροντα.



Μία άλλη εναλλακτική αν όχι πρόσθετη λύση θα ήταν η κατασκευή μίας περιμετρικής τάφου κυρίως κατά μήκος του ποταμού Κραυσίδα να η οποία να δέχεται τα βρόχινα νερά που κατεβαίνουν από τα βόρεια ώστε να μην επιβαρύνεται το αποχετευτικό σύστημα του Βόλου.

## **Z. ΡΕΜΑ ΚΑΡΟΥΤΑ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΓΡΙΑ**

Στην περιοχή της Αγριάς παρατηρείται το εξής φαινόμενο το οποίο είναι αρκετά συνηθισμένο σε επαρχιακές πόλεις. Η κατασκευή των δρόμων έχει γίνει επάνω ακριβώς από τους χείμαρρους. Έτσι η μορφή των δρόμων που υπάρχουν και που οδηγούν προς το βουνό ακολουθούν την εξής δομή : Αστικός δρόμος (ασφάλτινος)→Αγροτικός (χωματόδρομος) δρόμος→Χείμαρρος.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι παραλιακά έχει δημιουργηθεί χωρίς προηγούμενη μελέτη μία εμπορική τουριστική ζώνη η οποία λειτουργεί σαν φράγμα στα νερά που κατεβαίνουν από το βουνό ακόμα και από τους δρόμους χείμαρρους. Έτσι υπάρχει εκτός από τον οικονομικό κίνδυνος λόγω της μη κατάλληλης διαμόρφωσης και της ευπάθειας σε πλημμύρα και ο ανθρώπινος κίνδυνος καθώς η περιοχή χαρακτηρίζεται από πολύ έντονα υδροροϊκά χαρακτηριστικά και είναι εντελώς ανοχύρωτη.

Μία εκτίμηση για την περιοχή που θα περικλείαμε ως κόκκινη είναι το παραλιακό κυρίως τμήμα της Αγριάς και από το ρέμα του Καρούτα όπως ερχόμαστε από Βόλο μέχρι και το τελευταίο οικοδομικό τετράγωνο του δήμου στο ύψος των εγκαταστάσεων του ΟΣΕ. Δηλαδή με μία εξαίρεση τα ορεινά τμήματα και κάποια άλλα αριστερά του ρέματος τα οποία δεν κινδυνεύουν λόγω του υψόμετρου, η συνολική περιοχή της Αγριάς.

## **ΣΥΣΤΑΣΗ**

Να απομακρυνθούν όλες οι κατασκευές στην παραλία που πιθανόν να αποτελούν φράγμα για να κατερχόμενα νερά και να δημιουργηθούν αντιπλημμυρικά έργα όπως μία πιθανή περιμετρική τάφος, ενίσχυση των αναχωμάτων του ρέματος καρούτα και δημιουργία πολεοδομικής και υδραυλικής μελέτης που θα καθορίζει ποιες περιοχές δύναται να χτιστούν η να οικοπεδοποιηθούν.

### **6.2.2 Γενικές συστάσεις**

Μερικές από τις γενικές προτεινόμενες συστάσεις αναφορικά με την πόλη του Βόλου είναι η αύξηση των κονδυλίων και η σωστότερη διαχείριση τους για τη δημιουργία αντιπλημμυρικών υποδομών και υποστήριξη των υπαρχόντων (λήψη αντιμέτρων). Δημιουργία χωροταξικών και υδραυλικών μελετών. Επίσημα και τεκμηριωμένα σχέδια προειδοποίησης και εκκένωσης λόγω πλημμύρων συμπεριλαμβανομένων των διαδρομών για την ασφαλή πρόσβαση και έξοδο, σημεία συγκέντρωσης και λοιπά. Αυτά πρέπει να περιλαμβάνουν επιστημονικά πρωτόκολλα παρακολούθησης πλημμύρων, επίπεδα αντίδρασης και σχετικές ενέργειες ανταπόκρισης. Εξασφάλιση της κατάλληλης επικοινωνίας μεταξύ των περιφερειακών και τοπικών αρχών έκτακτης ανάγκης και συντονισμό μεταξύ αυτών για τη διεξαγωγή των διοικητικών δραστηριοτήτων αντιμετώπισης των κινδύνων πλημμύρας.

## Βιβλιογραφία

---

- [1] Ashby, G.L. *Development of a Risk Management Strategy for Part of State Highway 73 in the South Island of New Zealand*. New Zealand Society for Risk Management Conference, Wellington. 2002.
- [2] Australian Geomechanics Society (AGS) Sub-committee on Landslide Risk Assessment. *Landslide Risk Management Concepts and Guidelines*. Journal and News of the AGS, Volume 35, No. 1. March. 2000.
- [3] Australian National Committee on Large Dams (ANCOLD) Working Group on Risk Assessment. *ANCOLD Guidelines on Risk Assessment Position Paper on Revised Criteria for Acceptable Risk to Life*. ANCOLD. August. 1998.
- [4] ANCOLD. *Guidelines on Risk Assessment*. Australian National Committee on Large Dams Inc. Sydney, 116p. 1994.
- [5] ANCOLD. *Guidelines on Risk Assessment*. Draft report issued by the Australian National Committee On Large Dams Inc., Sydney. July. 2001.
- [6] Barneich, J, Majors, D, Moriwaki, Y, Kulkarni, R and Davidson, R. *The Reliability Analysis of a Major Dam Project. Uncertainty in the Geologic Environment*, Proceedings of Uncertainty'96 pp1367-1382. 1996.
- [7] Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen. Some considerations of an acceptable level of risk in the Netherlands. 1988.
- [8] Fell, R. and Hartford, D. "*Landslide Risk Management*". Landslide Risk Assessment (eds Cruden, D. and Fell, R.), Balkema pp51-109. 1997.

- [9] Finlay, P.J. and Fell, R.. *Landslides: Risk perception and acceptance*. Canadian Geotechnical Journal. 1997
- [10] Health and Safety Executive. *The tolerability of risk from nuclear power stations*. HMSO, London, UK. 1988.
- [11] Health and Safety Executive. a. Risk criteria for land-use planning in the vicinity of major industrial hazards. HMSO, London, UK. 1989
- [12] Health and Safety Executive. b. Quantified risk assessment: Its input to decision making. HMSO, London, UK. 1989
- [13] Health and Safety Executive. *The tolerability of risk from nuclear power stations (revised)*. HMSO, London, UK. 1992.
- [14] Hong Kong Government Planning Department (HKGPD). Chapter 11: *Potentially hazardous installations*. In Hong Kong Planning Standards and Guidelines. Hong Kong Government, Hong Kong, pp12-19. 1994.
- [15] IUGS Working Group on Landslides, Committee on Risk Assessment. *Quantitative risk assessment for slopes and landslides - the State of the Art*. February. 1997.
- [16] Jonkman, B., and van Gelder, P. H. J. 2002. *An overview of quantitative risk measures and their application for calculation of flood risk*. European Safety and Reliability International Conference, Lyon, France, March 2002.
- [17] Land Transport Safety Authority (LTSA). 2000. Road Safety Strategy 2010. National Road Safety Committee, Wellington, New Zealand. October 2000. ,
- [18] Moon, A.T., Olds, R.J., Wilson, R.A. and Burman B.C. Debris flow zoning at Montrose, Victoria. In *Landslides, Proc. Sixth Int. Symp. on*

- Landslides, February (Ed. D.H. Bell), Christchurch, New Zealand. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, Vol 2, pp1015-1022. 1992.
- [19] Morgan, G.C. Quantification of risks from slope hazards. Open File Report No. 1992-15, Geological Survey of Canada. 1992.
- [20] New South Wales Department of Urban Affairs and Planning (DUAP). Risk criteria for land use safety planning 1992.
- [21] New South Wales Department of Urban Affairs and Planning (DUAP). Risk Assessment. 1994.
- [22] Optimx Limited. 2002. Waiho River Flooding Risk Assessment. Report 80295/2 prepared for the Ministry of Civil Defence and Emergency Management, Wellington, New Zealand, August 2002.
- [23] Standards Australia and Standards New Zealand AS/NZS 4360 Risk Management. 1999.
- [24] TTAC Limited. 2002. Ruapehu Lahar Residual Risk Assessment. Report prepared for the Ministry of Civil Defence and Emergency Management, Wellington, New Zealand, October 2002.
- [25] US Department of the Interior Bureau of Reclamation (USBR). 1999. A Procedure for Estimating Loss of Life Caused by Dam Failure. Dam Safety Office, Colorado, September 1999.
- [26] US Department of the Interior Bureau of Reclamation (USBR). Guidelines for achieving public protection in dam safety decision making. Dam Safety Office, Colorado. 1997.
- [27] Whitman, R.V. Organising and evaluating uncertainty in geotechnical engineering. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, pp 583-593. 2000.

- [28] Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας (δ/νση σχεδιασμού & αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών τμήμα σχεδιασμού, πρόληψης κι αντιμετώπισης φυσικών καταστροφών).
- [29] Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
- [30] Στατιστική Υπηρεσία Βόλου
- [31] Δημοτικό Γραφείο Πολιτικής Προστασίας
- [32] Νομαρχιακό Γραφείο Πολιτικής Προστασίας
- [33] Τμήμα Τεχνικών Έργων Νομαρχίας
- [34] Εφημερίδα Θεσσαλία
- [35] Επιτόπια επισκόπηση περιοχών με ιδιόκτητο μέσο και άντληση πληροφοριών από αυτόχθονες πολίτες.

## Κατάλογος Αρκτικόλεξων και Λεξιλόγιο όρων

AEP	Annual Exceedance Probability (Ετήσια Πιθανότητα Υπερχείλισης)
AFR	Annualised Financial Risk (Ετήσια Οικονομική Έπικινδυνότητα)
ALARP	As Low As Reasonably Practicable (Τόσο Χαμηλό όσο και Λογικά Εφαρμόσιμο)
ALR	Annualised Lives Risk (Ετήσιος Επικινδυνότητα Ζωών)
ANCOLD	Australian National Committee on Large Dams (Αυστραλιανή εθνική επιτροπή των φραγμάτων)
BCR	Benefit Cost Ratio (Ποσοστό Οφέλους των Δαπανών)
EWS	Early Warning System (Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης)
GIS	Geographical Information System (Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών)
AE	Ατομική Επικινδυνότητα
LOL	Loss of Life (Απώλεια/ες ζωής)
PAR	People at Risk (Πληθυσμός σε κίνδυνο)
USBR	United States Bureau of Reclamation (Υπουργείο Εσωτερικών και Αποκατάστασης των Η.Π.Α)

*Acceptable Risk* Η επικινδυνότητα η οποία, σύμφωνα με τους σκοπούς της ζωής ή της εργασίας του, κάποιος είναι έτοιμος να την αποδεχτεί όπως ακριβώς εμφανίζεται χωρίς καμία προσπάθεια διαχείρισης του. Η

κοινωνία δεν εξετάζει γενικά δαπάνες για περαιτέρω μείωση τέτοιων δικαιολογήσιμων κινδύνων.

*Annual Exceedance Probability* Η πιθανότητα ενός προσδιορισμένου γεγονότος (όπως είναι οι πλημμύρες ορισμένου μεγέθους, ή και μεγαλύτερες έκτασης) να εμφανιστεί σε οποιοδήποτε έτος. Σε αναλογία με την περίοδο επιστροφής.

*Confidence Level* Η πιθανότητα ότι η αναφερόμενη αξία δεν θα ξεπεραστεί, εκφρασμένη σαν ποσοστό, π.χ. το επίπεδο εμπιστοσύνης της 95<sup>ης</sup> εκατοστιαίας τιμής δεν θα ξεπεραστεί για το 95% των περιπτώσεων.

*Elements at Risk (E)* Εννοώντας τον πληθυσμό, το περιβάλλον τις οικονομικές δραστηριότητες, δημόσιες υπηρεσίες παροχής και υποδομών στην περιοχή που επηρεάζεται ενδεχομένως από καθιζήσεις εδάφους.

*Event* Ένα συγκεκριμένο περιστατικό το οποίο έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει ανεπιθύμητες συνέπειες ή αποτελέσματα. Παρόμοια με τον κίνδυνο με την διαφορά ότι ο όρος Event δεν ενσωματώνει απαραίτητα κάποια συχνότητα ή πιθανότητα της πτυχής του περιστατικού.

*Hazard* Μία κατάσταση με την δυνατότητα πρόκλησης ανεπιθύμητων συνεπειών.

*Ατομική επικινδυνότητα* Ο κίνδυνος απώλειας και/ή τραυματισμού οποιουδήποτε καταχωρημένου (ονοματεπώνυμο) ατόμου που ζει μέσα στη ζώνη κινδύνου, ή που ακολουθεί ένα ιδιαίτερο τρόπο ζωής ο οποίος τον/την υποβάλλει στις συνέπειες του κινδύνου.



<i>Probability (P)</i>	Η πιθανότητα μίας συγκεκριμένης έκβασης, που μετριέται με την αναλογία των συγκεκριμένων εκβάσεων στον συνολικό αριθμό πιθανών εκβάσεων. Η πιθανότητα εκφράζεται ως ένας αριθμός μεταξύ του 0 και του 1, με το μηδέν να δείχνει μία αδύνατη έκβαση και το 1 μία σίγουρη έκβαση. Παραδείγματος χάριν μία πιθανότητα περιστατικού 1 στα 100 έτη είναι ίση με 0.01 το χρόνο
<i>Risk (R)</i>	Το μέτρο της πιθανότητας και της δριμύτητας μίας δυσμενούς συνέπειας στην υγεία, την περιουσία ή το περιβάλλον.
<i>Risk Analysis</i>	Η χρήση των διαθέσιμων πληροφοριών για να γίνει εκτίμηση της επικινδυνότητας για τα άτομα τους πληθυσμούς, την οικονομική δραστηριότητα το περιβάλλον και τις υποδομές.
<i>Risk Assessment</i>	Η διαδικασία εκτίμησης της επικινδυνότητας
<i>Risk Cost</i>	Το κόστος των επιπτώσεων για εκείνες τις επικινδυνότητες που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της πλημμύρας. Συνήθως εκφρασμένες ως διανομή ή εύρος του κόστους παρά ως ένας ενιαίος προϋπολογισμός τοπικών δαπανών.
<i>Risk Estimation</i>	Η διαδικασία που χρησιμοποιείται για να υπολογίσει την έκθεση της υγείας ή της οικονομικής δραστηριότητας των υποδομών και του περιβάλλοντος στους περιβαλλοντικούς κινδύνους που αναλύονται. Η εκτίμηση επικινδυνότητας περιέχει τα ακόλουθα βήματα: ανάλυση κινδύνου, ανάλυση τρωτότητας και κατόπιν την συσχέτιση τους.

Vulnerability (V). Τρωτότητα (V) ο βαθμός απώλειας ενός δεδομένου στοιχείου ή ενός συνόλου στοιχείων μέσα στην περιοχή η οποία επηρεάζεται από την πλημμύρα. Εκφράζεται σε μια κλίμακα από 0 (καμία απώλεια) έως 1 (ολοκληρωτική απώλεια).

## Παράρτημα

**Πίνακας 9.1:** Στοιχεία από υποβολή ερωτήσεων στη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, τη Νομαρχία Αττικής αλλά και το γραφείο Πολιτικής Προστασίας του Βόλου που αποτελούν βασικές υποθέσεις για το πρότυπο μας.

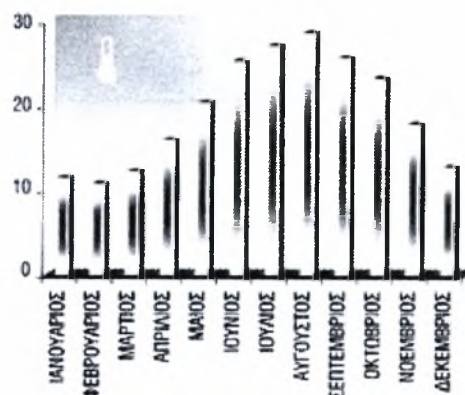
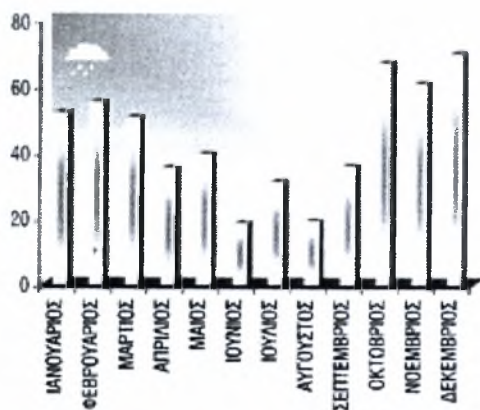
Δυνατότητα να ανιχνευθεί ή να προβλεφθεί η αρχή των συνθηκών που οδηγούν σε πλημμύρα:

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2007	ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ
Υπάρχει ένα καθιερωμένο δίκτυο Πολιτικής Προστασίας στην κοινότητα και οι άνθρωποι εκπαιδεύονται αρκετά καλά;	Νομοθετικά προβλέπεται σε κάθε Νομαρχία και σε κάθε Ο.Τ.Α η λειτουργία αυτοτελούς γραφείου το οποίο θα στελεχώνεται από έμπειρο επιστημονικό προσωπικό. Υπάρχει ανεπάρκεια ωστόσο σε προσωπικό (δήμος Βόλου) και έλλειψη εκπαιδευτικών υποδομών (πρόβλημα διαδοχής)	Βελτίωση χρόνο με το χρόνο και κάτω από την πίεση των γεγονότων και σαφής προοπτικές πληρότητας.
Υπάρχει ένα καθιερωμένο σχέδιο που να βρίσκεται σε εγρήγορση με διάφορα επίπεδα προειδοποίησης και ενέργειες αντιμετώπισης;	Ναι. Στέλνεται πρόγνωση καιρού από Γ.Γ.Π.Π. (μέσω Ε.Μ.Υ.) καθημερινά αλλά και έκτακτα ανάλογα με τον βαθμό επικινδυνότητας και από εκεί σε όλους τους Ο.Τ.Α., την αστυνομία, την πυροσβεστική, την ΔΕΥΑΜΒ και όλους τους εμπλεκόμενους φορείς για ενημέρωση και λήψη μέτρων. Εμπειρική κυρίως η	Εκπονούνται συνεχώς βελτιώσεις και προσθέσεις στα ήδη υπάρχοντα σχέδια.

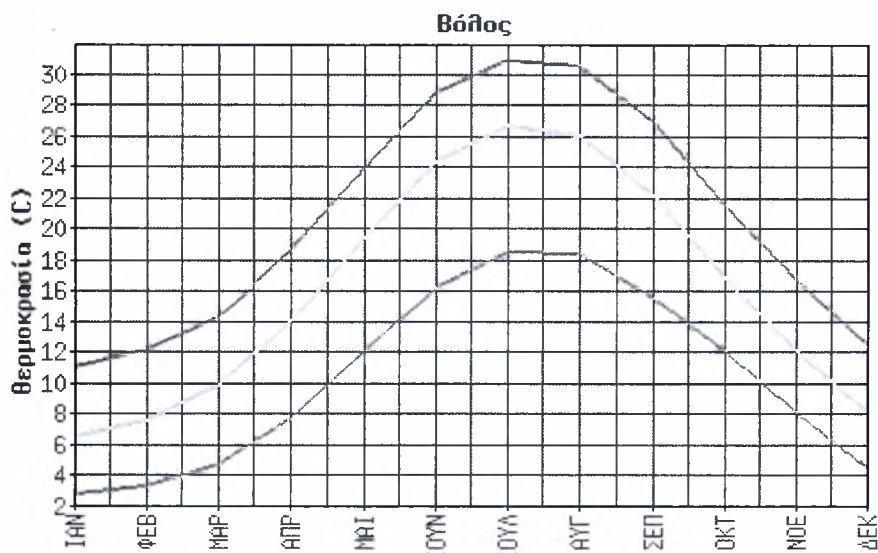
	<p>αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών από τον/τους εκάστοτε υπεύθυνους, οι οποίοι καθοδηγούνται από το γραφείο Π.Π. μέσω σχεδίων αλλά και κυρίως της προσωπικής κρίσης του προϊσταμένου της.</p>	
<p>Είναι οι επικοινωνίες αξιόπιστες σε δυσμενή καιρό;</p>	<p>Υπάρχει ασύρματη επικοινωνία του γραφείου Π.Π. με την Νομαρχία, ώστε όλος ο τεχνικός και μη εξοπλισμός της δεύτερης (οχήματα, μετρητές, προσωπικό και υλικά) να αξιοποιείται από τη Π.Π. Επιπλέον υπάρχει ασύρματη επικοινωνία της Π.Π. με όλους τους φορείς</p>	<p>Προβλέπεται η εφαρμογή ασύρματου δικτύου επικοινωνίας τεχνολογίας TETRA (με στοιχεία GPS) παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιεί η αστυνομία για τη διασύνδεση όλων των κατά τόπους γραφείων Π.Π. με τις Εν δυνάμει Νομαρχίες και την Γ.Γ.Π.Π. του Υπουργείου Εσωτερικών</p>
<p>Πόσο εύκολο είναι να επικοινωνήσει με τους ανθρώπους στις θέσεις κινδύνου (τηλεφωνικά, στο δρόμο κλπ.);</p>	<p>Το γραφείο Π.Π. έχει σύστημα επικοινωνίας με όλους του φορείς που εμπλέκονται (λιμενικό, πυροσβεστική, Ο.Τ.Α. και άλλα) για την αντιμετώπιση εκτάκτων γεγονότων προκειμένου να υπάρξει συντονισμός των ενεργειών αλλά και ενημέρωση της κατάστασης. Τα κινητά παίζουν επίσης βασικό ρόλο.</p>	<p>Χώρος για βελτίωση αλλά αποδοχή του κινδύνου από τα άτομα που βρίσκονται στις ζώνες υψηλού κινδύνου αποτελεί στοιχείο κλειδί</p>
<p>Υπάρχουν επαρκείς πόροι για να καλύψουν την</p>	<p>Η Νομαρχία διαθέτει τα μηχανήματα (μπουλντόζες, εκχιονιστικά κλπ.), η Πρόνοια</p>	<p>Γίνονται αντικαταστάσεις παλαιού υλικού με πιο σύγχρονο αλλά και αγορές</p>

<p>περιοχή και να δοθούν στον καθένα στο διαθέσιμο χρόνο;</p>	<p>υλικό εκτάκτων αναγκών (σκηνές, κουβέρτες κλπ.), η διεύθυνση εμπορίου με την Πρόνοια έχει την ευθύνη για τα τρόφιμα. Όλες οι υπηρεσίες αυτές μαζί με άλλες (βλέπε παραπάνω) συντονίζονται από την Γ.Γ.Π.Π. ή το αντίστοιχο γραφείο Π.Π. το οποίο ακολουθεί το γενικό σχέδιο αντιμετώπισης εκτάκτων γεγονότων Ξενοκράτης.</p> <p>Αν και οι πόροι είναι επαρκείς στο βαθμό που το γεγονός έχει ΑΕΡ% (ετήσια πιθανότητα υπέρβασης) σχετικά μεγάλο. Υπάρχουν ορισμένες φορές καθυστερήσεις αλλά και λάθος νοοτροπία στην εφαρμογή των παραπάνω (νοοτροπία Νεοέλληνα- ή συμφεροντολογικές αδυναμίες).</p>	<p>για να καλυφθούν νέες ανάγκες.</p>
---	---	---------------------------------------

ΠΑΡΑΙΟΥΤΕΣ	ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2007	ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ
Πόσο μακριά πρέπει να μετακινηθούν οι άνθρωποι που βρίσκονται σε κίνδυνο για να φτάσουν σε μια ασφαλή θέση;	Από το γενικό σχέδιο Ξενοκράτης προβλέπεται η μετακίνηση του πληθυσμού στα πιο ψηλά μέρη πχ. Παρυφές βουνών (Γκορίτσα, Πορταριά, Άλλη Μεριά, Μακρυνίτσα, Νέα Ιωνία κλπ.) Ο χρόνος είναι σχετικά μικρός.	Ενημέρωση για δρόμους διαφυγής και αύξηση της κοινωνικής συνείδηση
Υπάρχουν φυσικά εμπόδια που πρέπει να συνεκτιμηθούν π.χ. απότομες κλίσεις, ή διαδρομές διαφυγών που πιθανών να αποκλειστούν;	Ναι και μάλιστα είχαμε αποκλεισμό κεντρικών δρόμων από την πρόσφατη νεροποντή που έπληξε το Νομό Μαγνησίας με αποτέλεσμα να αποκοπεί η πρόσβαση από και προς το Βόλο τόσο μέσω της Εθνικής οδού όσο και σιδηροδρομικώς αλλά και να χαθεί η επικοινωνία με τις γειτονικές πόλεις.	Γίνονται βελτιώσεις και ενισχύσεις στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό.
Έχουν καθιερωθεί σχέδια εκκένωσης και ασφαλείς τοποθεσίες για τους ιδιοκτήτες και τις εγκαταστάσεις όπως οι εκτάσεις των στρατοπέδων;	Το γενικό σχέδιο Ξενοκράτης που αφορά όλες τις έκτακτες ανάγκες περιέχει επιμέρους εξειδικευμένα σχέδια αντιμετώπισης των πλημμυρών, των σεισμών και άλλων. Προβλέπονται στρατόπεδα, προαύλια εκκλησιών, σχολεία και άλλα ως μέρη ασφαλούς εγκατάστασης.	Εκπονούνται μελέτες για βελτίωση του υπάρχοντος σχεδίου
Έχουν γίνει ασκήσεις με τα σενάρια αυτών των σχεδίων;	Ναι περιορισμένης έκτασης	Δεν συντρέχουν άμεσοι λόγοι.
Σε ποιο επίπεδο συνειδητοποίησης και προετοιμασίας βρίσκεται η κοινότητα σε σχέση με τον κίνδυνο πλημμύρας;	Υπάρχει έντυπη ενημέρωση με έκδοση φυλλαδίων, αφισών και σχεδίων που παρέχουν γενικές οδηγίες για την αντιμετώπιση των καταστροφών και την σωστή συμπεριφορά αλλά και οπτικοακουστικό υλικό	Η δημόσια ενημέρωση και προετοιμασία αποτελεί μία συνεχή διαδικασία για κάθε οργανισμό πολιτικής προστασίας.



**Γραφήματα 9.1-9.2** Κατανομή ύψους βροχοπτώσεων και μέσης θερμοκρασίας (για τη περιοχή του Βόλου) για προσδιορισμό των εποχιακών εναλλαγών και κατεπέκταση της διανομής και του αριθμού των ανθρώπων (πηγή:Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)



**Γράφημα 9.3 :** Κατανομή Θερμοκρασίας στη πόλη του Βόλου

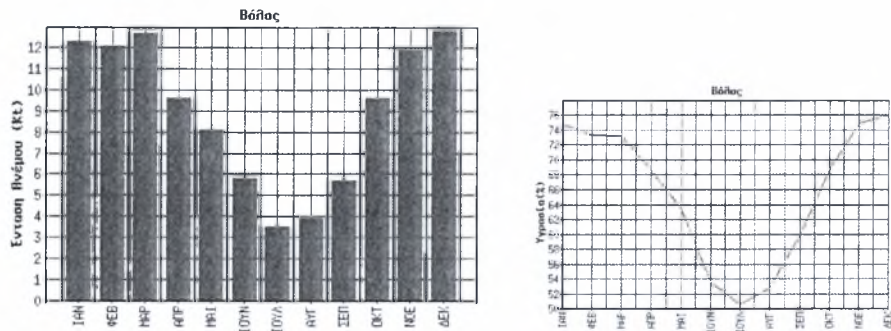
**Πίνακας 9.2:** Διεύθυνσης ανέμου στο Βόλο

<b>1<sup>ο</sup> Εξάμηνο</b>	<b>ΙΑΝ</b>	<b>ΦΕΒ</b>	<b>ΜΑΡ</b>	<b>ΑΠΡ</b>	<b>ΜΑΙ</b>	<b>ΙΟΥΝ</b>
<b>Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων</b>	ΒΔ	Δ	Α	Α	Α	Α
<b>Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων</b>	12.3	12.1	12.7	9.6	8.1	5.8
<b>2<sup>ο</sup> Εξάμηνο</b>	<b>ΙΟΥΛ</b>	<b>ΑΥΓ</b>	<b>ΣΕΠ</b>	<b>ΟΚΤ</b>	<b>ΝΟΕ</b>	<b>ΔΕΚ</b>
<b>Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων</b>	Α	Α	Α	Α	Δ	ΒΔ
<b>Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων</b>	3.5	3.9	5.7	9.6	11.9	12.8

**Πίνακας 9.3:** Υγρασία στο Βόλο

<b>1<sup>ο</sup> Εξάμηνο</b>	<b>ΙΑΝ</b>	<b>ΦΕΒ</b>	<b>ΜΑΡ</b>	<b>ΑΠΡ</b>	<b>ΜΑΙ</b>	<b>ΙΟΥΝ</b>
<b>Μέση Μηνιαία Υγρασία</b>	74.8	73.3	73.2	68.7	63.5	53.7
<b>2<sup>ο</sup> Εξάμηνο</b>	<b>ΙΟΥΛ</b>	<b>ΑΥΓ</b>	<b>ΣΕΠ</b>	<b>ΟΚΤ</b>	<b>ΝΟΕ</b>	<b>ΔΕΚ</b>
<b>Μέση Μηνιαία Υγρασία</b>	50.7	52.8	60.0	68.8	74.9	76.0

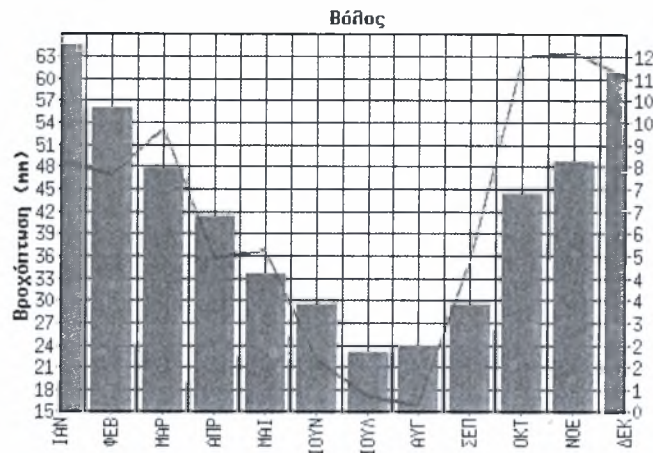




**Γραφήματα 9.4-9.5:** Κατανομή έντασης ανέμων και υγρασίας αντίστοιχα για την πόλη του Βόλου

**Πίνακας 9.4:** Εκατοστά νερού στο Βόλο

<b>1<sup>ο</sup> Εξάμηνο</b>	<b>ΙΑΝ</b>	<b>ΦΕΒ</b>	<b>ΜΑΡ</b>	<b>ΑΠΡ</b>	<b>ΜΑΙ</b>	<b>ΙΟΥΝ</b>
<b>Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση</b>	49.0	46.9	53.3	35.8	36.8	22.1
<b>Συνολικές Μέρες Βροχής</b>	12.3	10.2	8.1	6.5	4.6	3.6
<b>2<sup>ο</sup> Εξάμηνο</b>	<b>ΙΟΥΛ</b>	<b>ΑΥΓ</b>	<b>ΣΕΠ</b>	<b>ΟΚΤ</b>	<b>ΝΟΕ</b>	<b>ΔΕΚ</b>
<b>Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση</b>	17.4	15.9	35.6	63.1	63.6	60.5
<b>Συνολικές Μέρες Βροχής</b>	2.0	2.2	3.6	7.3	8.4	11.4



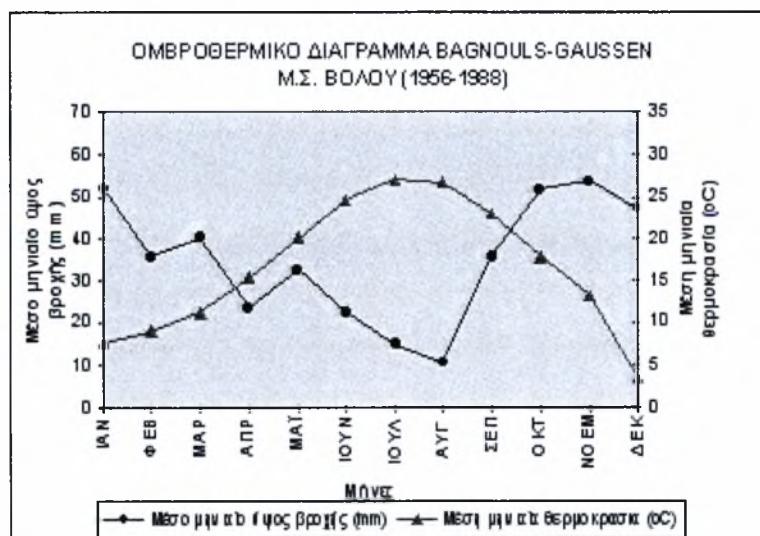
Γράφημα 9.6: Κατανομή βροχόπτωσης στην πόλη του Βόλου

Πίνακας 9.5: Μετεωρολογικός σταθμός Βόλου 1958-1983

ΜΗΝΑΣ	Μέση Ατμ. Πίεση (mbs) στην επιφάνεια της θάλασσας	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΟΣ (°C)					Μέση σχετική Υγρασία %	Μέση νέφωση σε όγδοα	Μέσος αριθμός ημερών βροχής	Μέσος αριθμός ημερών καταιγίδας	Μέσος αριθμός ομίχλης	ΥΕΤΟΣ	
		Μέση	Μέση		Ακρότατη							Μέγιστο ύψος υετού στο 24ωρο σε mm	Μέσο ύψος υετού στο 24ωρο σε mm
			Μηνιαία μέγιστη	Μηνιαία ελαχίστη	Μεγιστή	Ελαχίστη							
Ιανουάριος	1,016.9	7.8	11.3	4.5	23.0	-8.2	72.7	4.8	10.5	0.2	0.0	173.5	58.4
Φεβρουάριος	1,015.4	9.0	12.9	5.4	24.7	-7.8	70.0	4.7	9.7	0.4	0.0	61.5	35.4
Μάρτιος	1,015.1	11.3	15.0	7.3	26.0	-3.2	69.5	4.5	9.9	0.5	0.1	70.4	40.5
Απρίλιος	1,013.0	15.4	19.4	10.5	34.0	1.8	65.7	3.7	8.2	0.7	0.1	121.0	27.3
Μάιος	1,013.4	20.1	24.0	14.9	35.2	6.2	65.0	3.1	6.6	1.7	0.1	70.0	32.5

Ιούνιος	1,013.0	24.6	28.5	19.0	37.8	11.6	61.2	2.2	5.2	1.9	0.0	60.3	22.5
Ιούλιος	1,013.0	27.0	31.0	21.3	44.2	14.0	58.1	1.3	2.8	1.9	0.0	52.2	15.1
Αύγουστος	1,012.0	26.6	30.6	21.2	39.6	14.8	60.1	1.3	2.7	1.2	0.1	40.5	10.9
Σεπτέμβριος	1,012.2	22.9	27.0	17.9	36.8	9.2	65.5	2.1	5.3	1.5	0.0	135.0	35.0
Οκτώβριος	1,016.0	17.7	21.7	13.6	30.4	1.4	70.4	3.5	8.1	1.3	0.0	107.5	51.8
Νοέμβριος	1,018.4	13.3	17.3	9.8	27.2	0.6	74.0	4.2	10.1	0.8	0.0	190.0	52.2
Δεκέμβριος	1,017.7	13.2	13.2	6.3	24.4	-6.0	73.7	4.5	10.1	0.3	0.1	43.5	47.2
Έτους Μέση	1,014.7	17.4	21.0	12.6			67.2	3.3					
Ολική									89.2	12.4	0.5		
Ανώτατες Τιμές					44.2	-8.2							

Γράφημα 9.7: Ομβροθερμικό διάγραμμα Βόλου BAGNOULS-GAUSSEN



## Το κλίμα της Ελλάδος

Το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικά μεσογειακό: ήπιοι και υγροί χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περιόδους ηλιοφάνειας κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους.

Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ των παραλλήλων 340 και 420 του Βορείου ημισφαιρίου και βρέχεται από την Ανατολική Μεσόγειο. Το κλίμα της έχει σε γενικές γραμμές τα χαρακτηριστικά του Μεσογειακού κλίματος, δηλαδή ήπιους και βροχερούς χειμώνες, σχετικώς θερμά και ξηρά καλοκαίρια και μεγάλη ηλιοφάνεια όλο σχεδόν το χρόνο.

Λεπτομερέστερα στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας παρουσιάζεται μια μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, πάντα βέβαια μέσα στα πλαίσια του Μεσογειακού κλίματος. Αυτό οφείλεται στην τοπογραφική διαμόρφωση της χώρας που έχει μεγάλες διαφορές υψομέτρου ( υπάρχουν μεγάλες οροσειρές κατά μήκος της κεντρικής χώρας και άλλοι ορεινοί όγκοι) και εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Έτσι από το ξηρό κλίμα της Αττικής και γενικά της Ανατολικής Ελλάδας μεταπίπτουμε στο υγρό της Βόρειας και Δυτικής Ελλάδας. Τέτοιες κλιματικές διαφορές συναντώνται ακόμη και σε τόπους που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, πράγμα που παρουσιάζεται σε λίγες μόνο χώρες σε όλο τον κόσμο.

Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές: Την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου και μέχρι το τέλος Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο.

Κατά την πρώτη περίοδο οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, όπου κατά μέσον όρο η μέση ελάχιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 5-10 0 C στις παραθαλάσσιες περιοχές, από 0 - 5 0 C στις ηπειρωτικές περιοχές και με χαμηλότερες τιμές κάτω από το μηδέν στις βόρειες περιοχές.

Οι βροχές στη χώρα μας ακόμη και τη χειμερινή περίοδο δεν διαρκούν για πολλές ημέρες και ο ουρανός της Ελλάδας δεν μένει συνεφιασμένος για αρκετές συνεχόμενες ημέρες, όπως συμβαίνει σε άλλες περιοχές της γης. Οι χειμερινές

κακοκαιρίες διακόπτονται συχνά κατά τον Ιανουάριο και το πρώτο δεκαπενθήμερο του Φεβρουαρίου από ηλιόλουστες ημέρες, τις γνωστές από την αρχαιότητα “ Αλκυονίδες ημέρες”.

Η χειμερινή εποχή είναι γλυκύτερη στα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου από ότι στη Βόρεια και Ανατολική Ελλάδα.

Κατά τη θερμή και άνομβρη εποχή ο καιρός είναι σταθερός , ο ουρανός σχεδόν αίθριος, ο ήλιος λαμπερός και δεν βρέχει εκτός από σπάνια διαλείμματα με ραγδαίες βροχές ή καταιγίδες μικρής όμως διάρκειας.

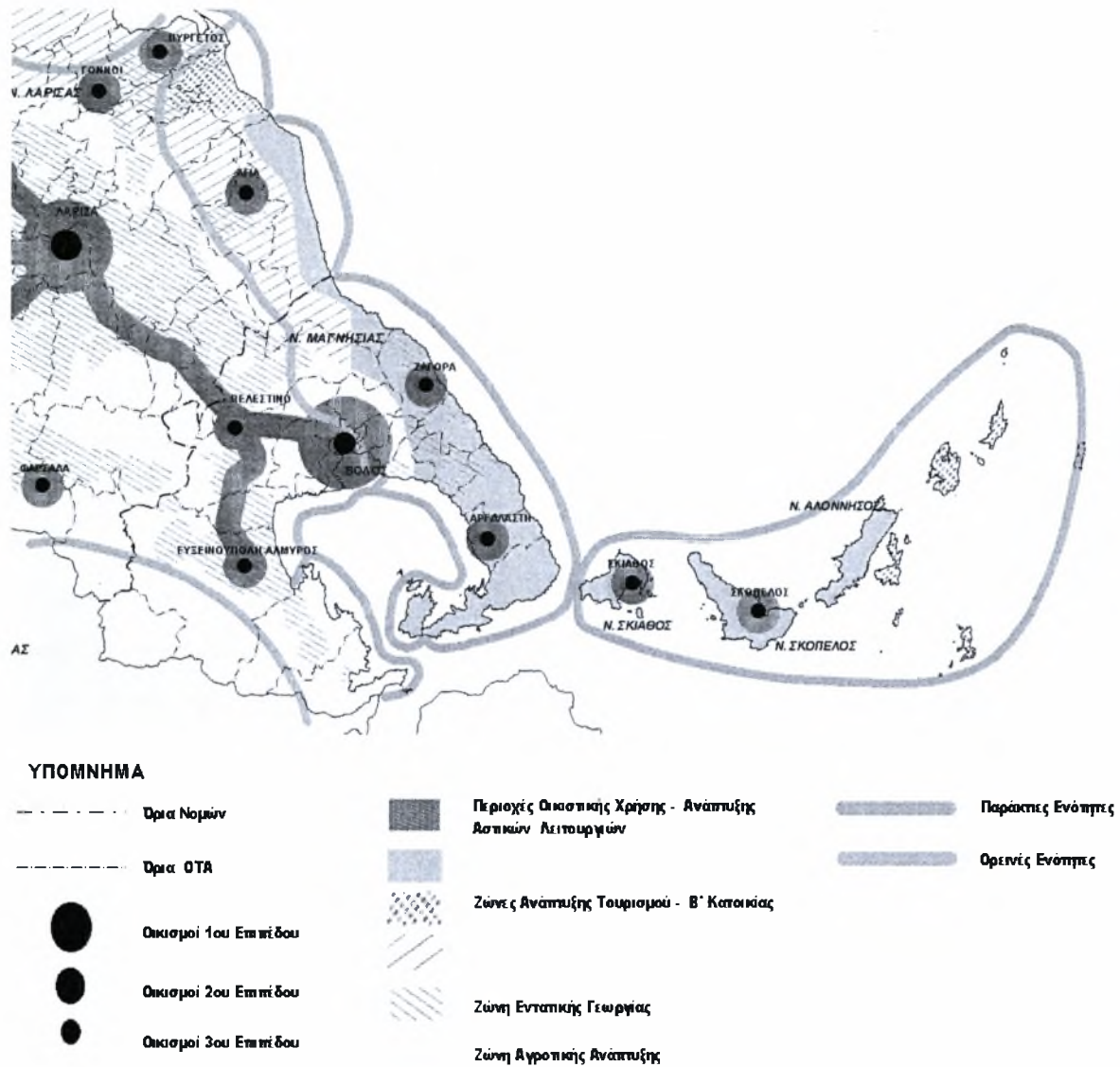
Η θερμότερη περίοδος είναι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου οπότε η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 29 C μέχρι 35 C. Κατά τη θερμή εποχή οι υψηλές θερμοκρασίες μετριάζονται από τη δροσερή θαλάσσια αύρα στις παράκτιες περιοχές της χώρας και από τους βόρειους ανέμους ( ετήσιες ) που φυσούν κυρίως στο Αιγαίο.

Η Άνοιξη έχει μικρή διάρκεια , διότι ο μεν Χειμώνας είναι όψιμος, το δε καλοκαίρι αρχίζει πρώιμα. Το Φθινόπωρο είναι μακρύ και θερμό και πολλές φορές παρατείνεται στη Νότια Ελλάδα και μέχρι τα μισά του Δεκεμβρίου.

**Πίνακας 9.6:** Συνοπτικός πίνακας καταγραφής όλων των φυσικών καταστροφών στην Ελλάδα από το 1928 μέχρι το 2006

	<b># of Events</b>	<b>Killed</b>	<b>Injured</b>	<b>Homeless</b>	<b>Affected</b>	<b>Total Affected</b>	<b>Damage US\$ (000's)</b>
<b>Drought</b>	1	0	0	0	0	0	1,000,000
avg per event		0	0	0	0	0	1,000,000
<b>Earthquake</b>	29	997	3,818	10,008	942,824	956,650	7,336,600
avg per event		34	132	345	32,511	32,988	252,986
<b>Extreme Temperature</b>	5	1,084	176	0	0	176	0
avg per event		217	35	0	0	35	0
<b>Flood</b>	18	88	0	0	14,080	14,080	885,177
avg per event		5	0	0	782	782	49,177
<b>Volcano</b>	1	48	0	0	0	0	0
avg per event		48	0	0	0	0	0
<b>Wild Fires</b>	9	38	33	390	2,200	2,623	675,000
avg per event		4	4	43	244	291	75,000
<b>Wind Storm</b>	7	118	12	0	600	612	690,000
avg per event		17	2	0	86	87	98,571

**Εικόνα 9.1:** Γενικευμένες ζώνες χρήσεων γης - Ειδικές κατηγορίες χώρου στη Μαγνησία Πηγή: ΧΣΘ



**Εικόνες 9.2-9.3:** Εικόνες από επιτόπια έρευνα στις 9 Οκτωβρίου 2006 από οδό Ερμού



**Εικόνα 9.4:** Εικόνα από πρόσφατη πλημμύρα 31-8-2008 στο Βόλο







ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000091857