



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»
2^η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ
ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

Μεταπτυχιακή (Διπλωματική) Εργασία

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ
ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ, ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΟΥ
«ΙΑΝΟΥ» ΣΤΗΝ Π.Ε. ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ

Στουρνάρας Σωτ. Ηλίας
Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Επιβλέπων: ομ. καθ. Αργιαλάς Δημήτριος

Μέλη Εξετ. Επιτροπής: Δημοπούλου Έφη Δ/ντρια ΔΠΜΣ
Κολοκούσης Πολυχρόνης

Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη

Αθήνα, Ιούνιος 2024



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»
2^η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ
ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

Μεταπτυχιακή (Διπλωματική) Εργασία

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ
ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ, ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΟΥ
«ΙΑΝΟΥ» ΣΤΗΝ Π.Ε. ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ

Στουρνάρας Σωτ. Ηλίας
Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Επιβλέπων: ομ. καθ. Αργιαλάς Δημήτριος

Μέλη Εξετ. Επιτροπής: Δημοπούλου Έφη Δ/ντρια ΔΠΜΣ
Κολοκούσης Πολυχρόνης

Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη

Αθήνα, Ιούνιος 2024

Εισαγωγικά

Είναι γεγονός ότι οι φυσικές καταστροφές, παρουσιάζουν ραγδαία αύξηση κατά τα τελευταία έτη, με τις επιπτώσεις τους να γίνονται ολοένα εντονότερες για πολλές πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές της υφηλίου. Πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής ηπείρου, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα μορφολογικά και βιοκλιματικά στοιχεία, τα οποία τις καθιστούν ιδιαίτερος ευάλωτες σε κινδύνους φυσικών φαινομένων, όπως είναι οι πλημμύρες. Η πρόκληση πλημμυρών, ως απόρροια σφοδρών καιρικών φαινομένων και η συχνότητα εμφάνισής τους, εντός του ελλαδικού χώρου, καθιστούν αναγκαίο τον προσδιορισμό των παραμέτρων που καθορίζουν την τρωτότητα των αστικών περιοχών έναντι των φυσικών καταστροφών, θέτοντας ως απώτερο στόχο την εξομάλυνση της λειτουργίας των μηχανισμών πρόληψης και αποτροπής πλημμυρικών φαινομένων, περιορίζοντας τις επιπτώσεις τους, αναφορικά με απώλειες ανθρώπινων ζώων και καταστροφές αστικών υποδομών.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας εντοπίζεται στη θεωρητική προσέγγιση της πλημμυρικής επικινδυνότητας και καταστροφής, καθώς επίσης και στην εξέταση της διασύνδεσης τους με το σύγχρονο αστικό – πολεοδομικό σχεδιασμό, μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης, όπως επίσης και μέσα από τη παράλληλη μελέτη της περίπτωσης των πλημμυρικών φαινομένων που προκάλεσε ο μεσογειακός κυκλώνας «Ιανός», στην περιοχή της δυτικής Θεσσαλίας, επιχειρώντας μια αποτίμηση των παραγόντων που καθιστούν ευάλωτο το συγκεκριμένο γεωγραφικό σημείο έναντι πλημμυρικών καταστροφών.

Επεξηγηματικά, στο **πρώτο κεφάλαιο** μελετάται η έννοια της καταστροφής, διακρίνονται τα είδη και τα επιμέρους στάδια των καταστροφών, εστιάζοντας στα πλημμυρικά φυσικά φαινόμενα, αποτιμώντας παράλληλα το ρόλο της κλιματικής αλλαγής και αναλύοντας τη διαχρονικότητα των πλημμυρικών καταστροφών στην Ελλάδα, με παρουσίαση αντίστοιχων στατιστικών δεδομένων.

Ακολούθως, στο **δεύτερο κεφάλαιο**, επιχειρείται ο θεωρητικός προσδιορισμός των εννοιών της τρωτότητας και της πολυπλοκότητας των αστικών συστημάτων και των μεθοδολογιών εκτίμησης τους, ενώ εξετάζονται ορισμένες βασικές πρακτικές ορθού αντιπλημμυρικού σχεδιασμού και αντιμετώπισης των αντίστοιχων φαινομένων.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** της εργασίας μελετάται η περίπτωση του κυκλώνα «Ιανού» και οι επιπτώσεις του στην ευρύτερη περιοχή της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται η γεωμορφολογία και τα υδρολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, όπως επίσης και η αστική διάρθρωση της και τα χαρακτηριστικά των κρίσιμων υποδομών της, ενώ με την παρουσίαση γεωγραφικών πληροφοριών και αναλύσεων, αποτιμώνται οι επιπτώσεις του φαινομένου στην περιοχή μελέτης, σε μια παράλληλη προσπάθεια αποτύπωσης των αιτιών που καθόρισαν το μέγεθος της καταστροφής.

Κλείνοντας, στο **τέταρτο κεφάλαιο** εξάγονται ορισμένα σημαντικά συμπεράσματα σχετικά με τη συμβολή και τις προοπτικές του ορθού αστικού σχεδιασμού και της διασύνδεσης του με την πλημμυρική τρωτότητα των αστικών συστημάτων, ενώ ακολούθως αποτυπώνονται ορισμένες προτεινόμενες παρεμβατικές προσεγγίσεις για την περιοχή της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας, προκειμένου να αποτραπούν ανάλογα φαινόμενα στο προσεχές μέλλον.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, ομότιμο καθηγητή κ. Αργιαλά, για την προσέγγισή του και την στήριξή του σε όλη την διάρκεια της εργασίας μου. Πρωτίστως όμως, θέλω να τον ευχαριστήσω για τις υπέροχες αναμνήσεις των προπτυχιακών μου χρόνων, όπου είχε κερδίσει με την καλοσύνη του και την θετική του ενέργεια όλους του συναδέλφους φοιτητές. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Πολ Κολοκούση γιατί συνεχίζει να είναι σημείο αναφοράς για το εργαστήριο, την σχολή και το ΜΕΚΔΕ. Επίσης την καθ. κ. Δημοπούλου, Διευθύντρια του Δ.Π.Μ.Σ. Η νοσταλγία και το όραμα του καθ. Ρόκου να γίνουν κινητήρια δύναμη, για τις διεκδικήσεις του σήμερα και του αύριο, στο ΜΕΚΔΕ και συνολικά στο δημόσιο πανεπιστήμιο.

Τέλος, οι σημαντικότερες ευχαριστίες ανήκουν στην οικογένεια μου, που με στήριξε σε όλη αυτήν την προσπάθεια.

Στην Χρυσούλα, στον Σωτήρη και την Δάφνη...

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	3
Κεφάλαιο 1^ο: Γενική θεώρηση των φυσικών καταστροφών	5
1.1 Εννοιολογική απόδοση του όρου της «καταστροφής»	5
1.2. Τα είδη των καταστροφών	7
1.2.1 Ανθρωπογενείς και φυσικές καταστροφές	7
1.2.2 Διαστάσεις και στάδια των καταστροφών.....	9
1.3 Τα πλημμυρικά φαινόμενα και οι επιπτώσεις τους.....	11
1.3.1 Ορισμός και ταξινόμηση των πλημμυρών.....	11
1.3.2 Ο ρόλος της κλιματικής αλλαγής	13
1.3.3 Εκτίμηση πλημμυρικών φαινομένων βάσει σεναρίου	15
1.3.4 Οι συνέπειες των πλημμυρικών φαινομένων στον άνθρωπο και το περιβάλλον.....	18
1.4 Η διαχρονικότητα των πλημμυρικών φαινομένων στην Ελλάδα	21
1.4.1 Οι ιδιαιτερότητες του ελλαδικού χώρου.....	21
1.4.2 Παρουσίαση στατιστικών δεδομένων	22
Κεφάλαιο 2^ο : Παράμετροι κινδύνου, τρωτότητας και πολυπλοκότητας των αστικών συστημάτων. Πρακτικές ορθού αντιπλημμυρικού σχεδιασμού.....	26
2.1 Διαφοροποίηση των εννοιών του κινδύνου και της επικινδυνότητας.....	26
2.2 Προσδιορισμός της αστικής τρωτότητας και η αναγκαιότητα εκτίμησης της.....	27
2.2.1 Θεωρητική προσέγγιση	27
2.2.2 Η παράμετρος της πολυπλοκότητας των αστικών συστημάτων	31
2.2.3 Υπόδειγμα πρακτικού προσδιορισμού τρωτότητας και πλημμυρικού κινδύνου	33
2.3 Πρακτικές αντιπλημμυρικού σχεδιασμού και αντιμετώπισης των φαινομένων.....	36
2.3.1 Στόχοι αντιπλημμυρικών παρεμβάσεων.....	36

2.3.2 Παραδείγματα κατασκευαστικών έργων πρόληψης πλημμυρικών φαινομένων	38
2.3.3 Η σημασία του συνδυασμού των υδρονομικών έργων και παραμέτρων	42
2.4 Το πλαίσιο της ευρωπαϊκής οδηγίας 2007/60/ΕΚ.....	42
Κεφάλαιο 3^ο: Μελέτη περίπτωσης του κυκλώνα «Ιανού» στο Νομό Καρδίτσας	46
3.1 Βιοκλιματικά στοιχεία, γεωμορφολογία και υδρολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής.....	46
3.2 Χαρακτηριστικά της περιοχής υπό μελέτη	50
3.2.1 Μορφολογικά και υδρολογικά στοιχεία	50
3.2.2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά, αστική διάρθρωση και υποδομές	53
3.3 Ο κυκλώνας «Ιανός» και οι επιπτώσεις του στην περιοχή μελέτης.....	58
3.3.1 Σχετικά με το φυσικό φαινόμενο.....	58
3.3.2 Οι επιπτώσεις του φαινομένου	59
3.4 Αποτύπωση των αιτιών της καταστροφής	64
Κεφάλαιο 4^ο: Συμπεράσματα και προτάσεις.....	67
4.1 Προοπτικές του αστικού σχεδιασμού	67
4.2 Προτεινόμενες παρεμβατικές προσεγγίσεις.....	69
Βιβλιογραφία	75

Κατάλογος Εικόνων – Πινάκων - Διαγραμμάτων

Εικόνα 1.1 Τα στάδια ενός καταστροφικού φαινομένου	10
Εικόνα 1.2 Οι χώρες με τη μεγαλύτερη δυνητική επίδραση της κλιματικής αλλαγής	15
Εικόνα 1.3 Οι περιοχές του ελλαδικού χώρου με τις μεγαλύτερες πιθανότητες εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων	17
Εικόνα 1.4 Καταγραφέντα πλημμυρικά συμβάντα	23
Εικόνα 2.1 Η σύνθεση της τρωτότητας του αστικού συστήματος	30
Εικόνα 2.2 Υποσυστήματα κρίσιμων υποδομών	32
Εικόνα 2.3 Γεωμετρικό μοντέλο της ποτάμιας περιοχής υπό μελέτη	34
Εικόνα 2.4 Απεικόνιση του πλημμυρικού ρίσκου σε κατοικημένες περιοχές	35
Εικόνα 2.5 Απεικόνιση προστασίας οικιστικής περιοχής με χρήση αναβαθμίδας	39
Εικόνα 2.6 Τύποι προβόλων	40
Εικόνα 2.7 Αποτύπωση του φράγματος Ταυρωπού στο Νομό Καρδίτσας	41
Εικόνα 3.1 Ψηφιακό Μοντέλο επιφάνειας (DEM) της Θεσσαλίας	46
Εικόνα 3.2 Οι χρήσεις γης στη Θεσσαλία	48
Εικόνα 3.3 Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής του Πηνειού	49
Εικόνα 3.4 Υψομετρική αποτύπωση της ευρύτερης περιοχής της Π.Ε. Καρδίτσας	51
Εικόνα 3.5 Το υδρογραφικό δίκτυο της Π.Ε. και του Δήμου Καρδίτσας	51
Εικόνα 3.6 Δημοτικές Ενότητες της Π.Ε. Καρδίτσας και απεικόνιση χρήσεων γης	54
Εικόνα 3.7 Αποτύπωση των πλημμυρισμένων εκτάσεων και του ρυθμού αποστράγγισης τους	60
Εικόνα 3.8 Οι πεδινές περιοχές που παρέμειναν πλημμυρισμένες	61
Εικόνα 3.9 Οι περιοχές της πόλης που επηρεάστηκαν από το φαινόμενο	62
Πίνακας 1.1 Κατηγορίες φυσικών καταστροφών	8
Πίνακας 1.2 Προβλεπόμενη αύξηση του ύψους βροχής στον ελλαδικό χώρο	17
Πίνακας 1.3 Άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις των πλημμυρικών φαινομένων	18
Πίνακας 2.1 Εκτίμηση των οικονομικών συνεπειών των πλημμυρών	35
Πίνακας 3.1 Αστική διάρθρωση της Π.Ε. Καρδίτσας	55
Διάγραμμα 1.1 Κατανομή των πλημμυρικών φαινομένων στο χρόνο	23
Διάγραμμα 1.2 Σχέση πλημμυρικών φαινομένων και ανθρώπινων απωλειών	24
Διάγραμμα 1.3 Η συχνότητα των πλημμυρικών φαινομένων στην Ελλάδα	24
Διάγραμμα 3.1 Σύγκριση δεδομένων απογραφής στην Π.Ε. Καρδίτσας	53
Διάγραμμα 3.2 Σύγκριση ύψους βροχής έτους 2019 και Ιανού	59

Περίληψη

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, επιχειρείται ο θεωρητικός προσδιορισμός ορισμένων σύνθετων εννοιών, αλληλένδετων με τα πλημμυρικά φαινόμενα και τις επιπτώσεις που δύνανται να επιφέρουν στα σύγχρονα αστικά περιβάλλοντα. Αρχικά μελετώνται τα είδη των φυσικών καταστροφών, ενώ σε μια προσπάθεια επεξήγησης της αυξανόμενης εμφάνισης τους, αποτιμάται ο ρόλος της κλιματικής αλλαγής. Μέσω της παρουσίασης επιστημονικών ερευνητικών και βιβλιογραφικών αναφορών, καθώς επίσης και της λεπτομερούς ανασκόπησης τους, καθορίζονται οι έννοιες της *καταστροφής*, του *κινδύνου* και της *αστικής τρωτότητας*, ενώ διακρίνονται οι παράμετροι που τις συνθέτουν (ανθρωπογενείς ή μη), όπως επίσης και οι επικρατέστερες μέθοδοι πρακτικού υπολογισμού ή απεικόνισης τους.

Εστιάζοντας στις πλημμυρικές φυσικές καταστροφές, εκτιμάται ο ρόλος του ορθού αντιπλημμυρικού πολεοδομικού σχεδιασμού, ενώ με την παρουσίαση ορισμένων εκ των αποτελεσματικότερων αντιπλημμυρικών παρεμβάσεων, καθορίζονται οι τρόποι που θα επιτρέψουν στα σύγχρονα οικιστικά συστήματα να ανακάμψουν από δυνητικά πλημμυρικά φαινόμενα, ελαχιστοποιώντας τις συνέπειες τους στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Μέσω της μελέτης περίπτωσης του Μεσογειακού κυκλώνα «Ιανού» στην περιοχή της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας, παρουσιάζονται οι επιπτώσεις του φαινομένου στην ευρύτερη περιοχή και αποτιμώνται οι λόγοι που συνέβαλλαν στο ιδιαίτερα αυξημένο μέγεθος των καταστροφών. Τέλος, περιλαμβάνονται ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με τις μελλοντικές προοπτικές του σχεδιασμού των οικιστικών περιβαλλόντων, ενώ ταξινομούνται ορισμένες κρίσιμες παρεμβάσεις που θα ήταν ωφέλιμο να εφαρμοστούν άμεσα στην περιοχή μελέτης και οι οποίες δύνανται να ελαττώσουν την τρωτότητα της, έναντι των αυξανόμενων φυσικών φαινομένων.

Λέξεις – Κλειδιά: Φυσική καταστροφή, εκτίμηση επικινδυνότητας, οικιστικό περιβάλλον, αστική τρωτότητα, σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών, πολεοδομικός σχεδιασμός, μεσογειακός κυκλώνας, αντιπλημμυρικές παρεμβάσεις

Abstract

In the context of the present master's thesis, the theoretical specification of certain complex concepts, interrelated with flood natural phenomena, as well as the effects they can induce to modern urban environments is attempted. Initially, the different types of natural disasters are appraised, while in an attempt to explain their increasing occurrence, the role of climate change is assessed. Through the presentation and the detailed reviewing of extended bibliographic reports and corresponding scientific research, the different concepts of *disaster*, *risk* and urban *vulnerability* are determined, while the parameters that compose each one of them (anthropogenic or not), as well as the prevailing methods of their practical calculation or depiction are distinguished.

Focusing on natural flood disasters, the role of proper urban anti-flooding infrastructure systems is evaluated, while the presentation of some of the most effective interventions, allows the determination of the methods that will help modern urban systems recover from potential flooding events, minimizing their consequences at a viable extent.

Through the case study of the Mediterranean tropical-like cyclone "Ianos" in the Regional Unit of Karditsa, the effects of the phenomenon in the broad geographical area are presented and the reasons that contributed to the particularly increased disaster intensity are specified. Finally, some conclusions, regarding the future perspectives of the residential environment planning, are included while at the same time certain critical interventions, the implementation of which may reduce the vulnerability of the study area, against the increasing natural phenomena are classified.

Key-Words: Natural disaster, risk assessment, residential environment, urban vulnerability, geographic information system, urban planning, medicane, flood prevention measures

Κεφάλαιο 1^ο: Γενική θεώρηση των φυσικών καταστροφών

1.1 Εννοιολογική απόδοση του όρου της «καταστροφής»

Η έννοια του όρου της «καταστροφής» δύναται να εντοπιστεί σε ένα διευρυμένο φάσμα επιστημονικών πεδίων και θεσμικών πλαισίων που θέτουν ως απώτερο τους στόχο την εκτενή ανάλυση και την αποτελεσματική διαχείριση κάθε είδους δυσμενούς κατάστασης, ώστε να είναι δυνατή η αντιμετώπιση πιθανών δευτερογενών κινδύνων και των επακόλουθων επιπτώσεων τους. Το ακριβές αντικείμενο του εκάστοτε επιστημονικού πεδίου, όπως είναι φυσικό, διαφοροποιεί με τη σειρά του το περιεχόμενο της εξεταζόμενης έννοιας (Ζαφειρίου, 2021).

Μια ευρέως αποδεκτή και συχνά χρησιμοποιούμενη σημασιολογική απόδοση του όρου της «καταστροφής», έχει διατυπωθεί από τον Οργανισμό των Ηνωμένων Εθνών για τη Μείωση του Κίνδυνου των Καταστροφών (UNISDR), σύμφωνα με την οποία η καταστροφή αποτελεί «*μια ιδιαιτέρως σοβαρή διαταραχή της εύρυθμης λειτουργίας μιας κοινότητας ή μιας κοινωνίας, συνεπαγόμενες εκτεταμένες ανθρώπινες, υλικές, οικονομικές ή περιβαλλοντικές απώλειες και επιπτώσεις και η οποία συχνά υπερβαίνει την ικανότητα της πληγείσας κοινότητας να ανταπεξέλθει, κάνοντας χρήση ιδίων πόρων*» (UNISDR, 2009). Αξίζει να σημειωθεί ότι παρά το γεγονός ότι μια καταστροφή εκδηλώνεται εντός ενός συγκεκριμένου χωρικού φάσματος, εντούτοις οι επιπτώσεις ή τα μέτρα αντιμετώπισης και διαχείρισης της ξεφεύγουν από το εκάστοτε, στενά οριζόμενο, γεωγραφικό πλαίσιο.

Από κοινωνιολογική σκοπιά, σημαντικές βιβλιογραφικές αναφορές αναλύουν τις όποιες διατυπωμένες θεωρητικές προσεγγίσεις της συγκεκριμένης έννοιας, βάσει τριών επιμέρους κατηγοριοποιήσεων (Perry, 2018). Η **πρώτη** εξ αυτών ορίζει την καταστροφή ως το αποτέλεσμα εξωγενών παρεμβάσεων σε ένα σύστημα (πχ αστικό, κοινωνικό, κτλ), το οποίο αντιδρά σε αυτές. Υπό το συγκεκριμένο πρίσμα, τα αίτια του φαινομένου εντοπίζονται εκτός του πληττόμενου συστήματος, την ίδια στιγμή που η διαχείριση του θέτει τις βάσεις της σε ένα αποκλειστικά τεχνικό και όχι κοινωνιολογικό πλαίσιο (Quarantelli, 1985). Επεξηγηματικά, πολλές παρεμβάσεις που υιοθετούν τη συγκεκριμένη προσέγγιση προωθούν σε μεγάλο βαθμό την τεχνική διαχείριση των συνεπειών μιας καταστροφής, χωρίς να προαπαιτείται η αλληλεπίδραση με το κοινωνικό σύνολο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι σεισμοί, στις περιπτώσεις των οποίων κλιμάκια μηχανικών και αρμόδιων διοικητικών φορέων

αναλαμβάνουν δράσεις για την αποκατάσταση των πληγισίων περιοχών, χωρίς το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο να συμμετέχει ενεργά στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και στην θέσπιση πολιτικών διαχείρισης και αποκατάστασης των συνεπειών.

Από την άλλη μεριά, η **δεύτερη** θεωρητική τάξη καθιστά την έννοια της καταστροφής αλληλένδετη με εκείνη της τρωτότητας. Η έννοια της τρωτότητας περιλαμβάνει όλα τα επιμέρους χαρακτηριστικά στοιχεία, που θέτουν ένα σύστημα ευπαθές στις ενδεχόμενες συνέπειες μιας καταστροφής (Quarantelli, 1985). Γίνεται αντιληπτό, ότι η συγκεκριμένη θεωρητική προσέγγιση, εν αντιθέσει με την προηγούμενη, δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα σε κάθε ενδογενές συστατικό στοιχείο του συστήματος, που μπορεί να παίζει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη κάποιου καταστροφικού φαινομένου. Το σημασιολογικό πλαίσιο της τρωτότητας δύναται να είναι πολυδιάστατο, με ποικίλες κοινωνικές, πολιτικές και χωρικές παραμέτρους να καθορίζουν το βαθμό ευπάθειας του συστήματος και των υποσυστημάτων του (Ζαφειρίου, 2021).

Όπως θα παρουσιαστεί και σε επόμενα σημεία της παρούσας εργασίας, ο πρωταρχικός ρόλος του ορθού αστικού σχεδιασμού αφορά την διατήρηση της τρωτότητας των αστικών συστημάτων σε χαμηλά επίπεδα, έναντι διαφόρων κινδύνων. Τα όποια εμπόδια αναφορικά με την επίτευξη του εν λόγω στόχου, εντοπίζονται στη δυσκολία πρόβλεψης των παραμέτρων της καταστροφής (μέγεθος, τύπος, επιπτώσεις, ένταση, κτλ) σε βάθος χρόνου και με επαρκή ακρίβεια. Κατά συνέπεια, η αβεβαιότητα των συνθηκών και των καταστάσεων, με τις οποίες δύναται να έρθει αντιμέτωπο το αστικό σύστημα οφείλει να ενσωματώνεται εντός των προγραμματικών πλαισίων και των εκάστοτε χωρικών σχεδίων, με τη χρήση εξειδικευμένων μεθοδολογικών παρεμβάσεων και την εφαρμογή δυναμικών προσεγγίσεων.

Ο παράγοντας της αβεβαιότητας συντελεί το βασικό στοιχείο της **τρίτης** τάξης των θεωρητικών προσεγγίσεων σχετικά με την απόδοση του όρου της «καταστροφής». Ο εν λόγω παράγοντας αποτελεί το σημαντικότερο ίσως στοιχείο της θεωρίας περί καταστροφών, καθώς είναι αλληλένδετος με τη φύση των ενδεχόμενων απειλών και τις επιπτώσεις τους, αποτελώντας την ίδια στιγμή, μια ισχυρή παράμετρο, που καταδεικνύει με σαφή τρόπο όλα τα αντικείμενα που δύναται να οδηγήσουν σε καταστάσεις κρίσεων (Quarantelli, 2004). Στις περιπτώσεις των αστικών συστημάτων, το αυξανόμενο μέγεθος της πολυπλοκότητας τους, καθιστά αλληλένδετες τις έννοιες της αβεβαιότητας και του κινδύνου. Πιο συγκεκριμένα, ο παράγοντας της αβέβαιης

αντιμετώπισης μιας καταστροφής, έγκειται στην δυσκολία καθορισμού των υποκείμενων κινδύνων, που είναι σε θέση να διαταράξουν τη λειτουργία ενός χωρικού συστήματος, μέσω ενός πολυποίκιλου φάσματος αιτιών, επιφέροντας μη καθορισμένες και διαδοχικές συνέπειες τόσο σε παροντικό όσο και σε μελλοντικό χρόνο (Ζαφειρίου, 2021).

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, οι τρεις θεωρητικές προσεγγίσεις επιχειρούν να ορίσουν την έννοια της «καταστροφής» σε συνάρτηση με τα χωρικά όρια επίδρασης της. Παρόλα αυτά, μέσω της ιστορικής μελέτης των καταστροφικών φαινομένων, θα ήταν συνετό να διαπιστωθεί ότι δεν είναι εύκολη η διατύπωση μιας γενικευμένης ορολογίας, καθώς τόσο τα μέτρα αντιμετώπισης των καταστροφών, όσο και οι αντιδράσεις των χωρικών συστημάτων, διαφοροποιούνται σημαντικά σύμφωνα πάντοτε με τον τύπο των καταστροφών, τις διαστάσεις και τις συνέπειες τους (Bly, Francescutti, & Weiss, 2020). Εντούτοις, το αναφερόμενο θεωρητικό πλαίσιο θέτει επαρκώς τα θεμέλια για την αποσαφήνιση και τον προσδιορισμό των συσχετιζόμενων εννοιών.

1.2. Τα είδη των καταστροφών

1.2.1 Ανθρωπογενείς και φυσικές καταστροφές

Η επικρατέστερη διάκριση των καταστροφών τις ορίζει σε δύο επιμέρους κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις φυσικές καταστροφές, ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει τις τεχνητές ή ανθρωπογενείς καταστροφές. Δεν είναι λίγες οι θεωρητικές αναφορές που διαπιστώνουν πως σχεδόν το σύνολο των καταστροφών είναι δυνητικά ανθρωπογενές, διότι μέσω τις εφαρμογής κατάλληλων μεθοδολογιών και ενεργειών, η πλειονότητα των καταστροφών δύναται να είναι αποφευκτική (Wirtz, Below, & Guha-Sapir, 2009). Επιπροσθέτως, η αποκλειστική ένταξη μιας καταστροφής στη μια ή την άλλη κατηγορία, συχνά κρίνεται άστοχη, διότι ακόμη και αν μια καταστροφή είναι αποτέλεσμα ενός φυσικού φαινομένου, ο ανθρωπογενής παράγοντας είναι σε θέση να καθορίσει την ένταση του μεγέθους και των επιπτώσεων της, ενώ δεν είναι αμελητέες οι περιπτώσεις πρόκλησης επακόλουθων δευτερογενών καταστροφών από ανθρώπινα σφάλματα και παραλείψεις (Ζαφειρίου, 2021).

Οι ανθρωπογενείς καταστροφές προέρχονται ως επί το πλείστον από αστοχίες τεχνολογικής ή βιομηχανικής φύσεως και σε αυτές περιλαμβάνονται οι περιπτώσεις ατυχημάτων και η εφαρμογή συγκεκριμένων ανθρώπινων δραστηριοτήτων που είναι σε θέση να επιφέρουν

απώλειες ζώων, οικονομικές, περιβαλλοντικές ή κοινωνικές επιπτώσεις. Οι εν λόγω καταστροφές μπορούν να καταταχθούν σε τρεις επιμέρους κατηγορίες: τις **τεχνολογικές** καταστροφές (μεταφορικά ατυχήματα, αστοχίες υποδομών, πρόκληση εκρήξεων, πυρκαγιών, κτλ), τις **βιομηχανικές** καταστροφές (διαρροή χημικών ουσιών, ακτινοβολίας, καύσιμων υλών, κτλ) και τις **εμπόλεμες** καταστάσεις (πολεμικές συρράξεις, τρομοκρατικές ενέργειες, εμφύλιες συγκρούσεις, κτλ) (Morner, 2010).

Από την άλλη μεριά, ως φυσικές καταστροφές ορίζονται οι φυσικές διεργασίες ή τα φαινόμενα εκείνα, τα οποία δύνανται να επιφέρουν απώλεια ανθρώπινων ή μη ζώων, τραυματισμούς, οικονομική ή περιβαλλοντική ζημία, απώλειες υποδομών και διατάραξη κοινωνικής συνοχής (Ζαφειρίου, 2021). Η περεταίρω διάκριση των φυσικών καταστροφών σε πέντε κατηγορίες παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Κατηγορία φυσικής καταστροφής	Επεξήγηση	Ενδεικτικά Παραδείγματα
Γεωφυσική	Φαινόμενα που προκαλούνται από διαταραχές του στερεού φλοιού της γης	Σεισμοί, ηφαιστειακές εκρήξεις, κατολισθήσεις, κτλ
Μετεωρολογική	Φαινόμενα προκαλούμενα από άμεσες ατμοσφαιρικές διεργασίες	Κυκλώνες, τυφώνες, ανεμοθύελλες, κτλ
Υδρολογική	Φαινόμενα προερχόμενα από διαταραχές του υδάτινου κύκλου	Πλημμύρες, υπερχειλίσεις και μετακινήσεις υδάτων
Κλιματολογική	Φαινόμενα προκαλούμενα από έμμεσες ατμοσφαιρικές διεργασίες	Πυρκαγιές, ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας, έντονη ξηρασία, κτλ
Βιολογική	Φαινόμενα συσχετιζόμενα με την έκθεση έμβιων οργανισμών σε παθογόνες, επιβλαβείς ή τοξικές ουσίες	Πανδημίες, καταστροφές καλλιιεργειών, κτλ

Πίνακας 1.1 Κατηγορίες φυσικών καταστροφών (Glade & Alexander, 2013)

Όπως προαναφέρθηκε, η κατάταξη των καταστροφών σε συγκεκριμένες/ τυποποιημένες κατηγορίες συμβάλει σημαντικά στην διευκόλυνση της μελέτης και την ανάλυση τους. Παρόλα

αυτά, κάποιο φυσικό φαινόμενο που δύναται να προκαλέσει μια καταστροφή, είναι σε άμεση θέση να επιφέρει δευτερογενή φαινόμενα και καταστάσεις που με τη σειρά τους μπορούν να οδηγήσουν σε μεγιστοποίηση της έντασης ή των συνολικών επιπτώσεων. Εκ των πραγμάτων λοιπόν, κρίνεται ασαφής η αποκλειστική και «αυστηρή» κατάταξη μιας καταστροφής σε κάποια εκ των παραπάνω κατηγοριών. Για την καταχώρηση κάποιας φυσικής καταστροφής ή συμβάντος στην παγκόσμια βάση δεδομένων καταγραφής EM-DAT, αυτή θα πρέπει να πληροί κάποια εκ των παρακάτω προϋποθέσεων (EM-DAT, 2024):

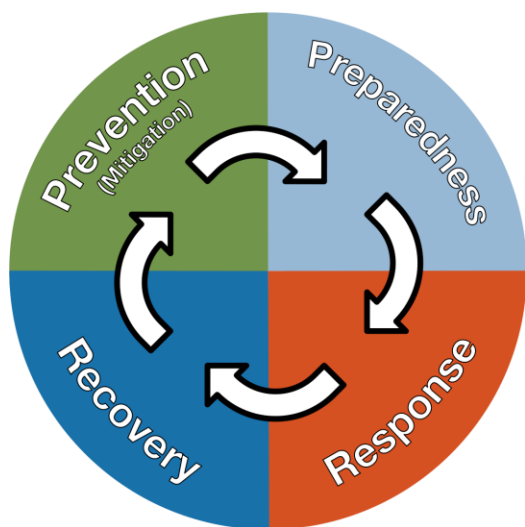
- Απώλεια άνω των 10 ανθρώπινων ζωών
- Καταγραφή άνω των 100 πληγέντων
- Κήρυξη κατάστασης έκτακτης ανάγκης
- Έκκληση για παροχή διεθνούς βοήθειας

Η αόριστη και μονοδιάστατη φύση των παραπάνω προϋποθέσεων, έχουν οδηγήσει πολλούς μελετητές να θεωρούν ότι αυτές δεν επαρκούν για την πλήρη αξιολόγηση κάποιας καταστροφής, καθώς όπως παρατηρείται, δεν περιλαμβάνονται όλα τα επηρεαζόμενα στοιχεία του συστήματος, όπως επίσης και οι επιπτώσεις της σε μακροπρόθεσμο επίπεδο. Επιπλέον, ορισμένες εξ αυτών αποτελούν μη αντικειμενικές καταστάσεις και υπόκεινται στην εκάστοτε πολιτική και κυβερνητική βούληση (Ζαφειρίου, 2021).

1.2.2 Διαστάσεις και στάδια των καταστροφών

Για να μπορέσει να καταστεί αποτελεσματική η διαχείριση κάποιας καταστροφής είναι απαραίτητη η σαφής διάκριση των επιμέρους διαστάσεων της, βασιζόμενων πάντοτε στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στοιχεία των φαινομένων που την προκαλούν. Οι εν λόγω διαστάσεις αναφέρονται στο χρονικό και χωρικό στοιχείο, στο μέγεθος και την ένταση της καταστροφής. Στο σημείο αυτό, οφείλει να καταστεί σαφές ότι η χρονική διάσταση μιας καταστροφής αφορά παραμέτρους σχετικά τόσο με τη διάρκεια εκδήλωσης του φαινομένου, όσο και το χρόνο στο οποίο λαμβάνει χώρα (ώρα της ημέρας, εποχή του χρόνου, κτλ) (Bly, Francescutti, & Weiss, 2020). Από την άλλη μεριά, η χωρική διάσταση περιλαμβάνει παραμέτρους αναφορικά με την έκταση εκδήλωσης του φαινομένου, τα γεωγραφικά και κλιματολογικά στοιχεία της πληγείσας περιοχής, καθώς επίσης και τα επιμέρους ανθρωπογενή της στοιχεία (αστική πυκνότητα, χρήσεις γης, ποιότητα υποδομών, κτλ) (Wirtz, Below, & Guha-Sapir, 2009).

Τα στάδια της καταστροφής είναι άμεσα συσχετιζόμενα με τις μεσοπρόθεσμες αλλά και μακροπρόθεσμες συνέπειες της. Αξιοσημείωτο επίσης μπορεί να θεωρηθεί το γεγονός, ότι ένα καταστροφικό φαινόμενο δεν εξελίσσεται γραμμικά, καθώς τα επιμέρους δευτερεύοντα και επακόλουθα φαινόμενα πραγματοποιούνται σε επαναλαμβανόμενες φάσεις, αλληλεπικαλύπτοντας το ένα το άλλο, ενώ η αποτελεσματική διαχείριση τους αποτελεί μια ατέρμονη κυκλική διαδικασία, η οποία ξεκινά κάθε φορά από διαφορετικό σημείο (Ζαφειρίου, 2021).



Εικόνα 1.1 Τα στάδια ενός καταστροφικού φαινομένου [Πηγή: <https://campaignforaction.org/next-disaster-ready/disaster-cycle/>]

- Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει τις διαδικασίες και τους μηχανισμούς **πρόληψης** και προστασίας, σύμφωνα με τους οποίους ένα επικείμενο και δυνητικά επικίνδυνο φαινόμενο μελετάται εκτενώς και σχεδιάζονται κατάλληλα μέτρα και δράσεις μείωσης των επιπτώσεων του (πχ στρατηγικός σχεδιασμός χρήσης γης, θέσπιση θεσμικών πλαισίων και κανονισμών, πραγματοποίηση μελετών, κτλ) .
- Στο δεύτερο στάδιο εντοπίζονται τα μέτρα **προετοιμασίας** και **ετοιμότητας**, ενώ έχουν ήδη προβλεφθεί οι χρονικές παράμετροι του επικείμενου φαινομένου. Στο συγκεκριμένο στάδιο εντάσσονται οι μηχανισμοί ενημέρωσης και προειδοποίησης του ευρύτερου κοινωνικού συνόλου και η θέσπιση ειδικών μέτρων αντιμετώπισης της πιθανής καταστροφής.

- Το τρίτο στάδιο αποτελεί την κατάσταση **απόκρισης**, κατά την οποία το φαινόμενο εκδηλώνεται και σε αυτό περιλαμβάνονται τόσο οι άμεσες διαδικασίες (πχ εκκένωση κτιρίων, κατάσβεση πυρκαγιών, κτλ), όσο και οι έμμεσες (οργάνωση ερευνών, διαδικασίες συντονισμού βοήθειας, κτλ).
- Το τέταρτο στάδιο αναφέρεται στην **ανάκαμψη** του συστήματος έπειτα από την εκδήλωση της καταστροφής και σε αυτό περιλαμβάνονται η τεχνική αποκατάσταση των πληγείσων υποδομών, η ανακατασκευή τους και η θέσπιση πολιτικών και μέτρων ανακούφισης (Seeger, Islam, Seeger, & Botan, 2021).

Όπως προαναφέρθηκε, τα στάδια της καταστροφής είναι αλληλένδετα και αλληλεπικαλυπτόμενα, εντούτοις θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι η έναρξη της ξεκινά από την εκδήλωση του φαινομένου. Ωστόσο τα δύο εξ αυτών (στάδια αποκατάστασης και πρόληψης) κατέχουν εξέχουσα σημασία αναφορικά με τον ορθό αστικό σχεδιασμό, όπως θα παρουσιαστεί και σε μετέπειτα σημείο, καθώς η ορθότητα των αποφάσεων και η εφαρμογή στοχευμένων δράσεων, μέτρων και μελετών είναι παράγοντες που δύνανται να ελαττώσουν σημαντικά τις συνέπειες μιας καταστροφής και να εξαλείψουν δευτερεύοντες κινδύνους, τόσο κατά τη διάρκεια εξέλιξης της καταστροφής όσο και σε προγενέστερο χρόνο.

1.3 Τα πλημμυρικά φαινόμενα και οι επιπτώσεις τους

1.3.1 Ορισμός και ταξινόμηση των πλημμυρών

Τα πλημμυρικά φαινόμενα αποτελούν φυσικές καταστροφές, κατηγοριοποιούμενες επιμέρους στην κλάση των υδρολογικών καταστροφών. Γενικότερα, ως πλημμύρα ορίζεται η προσωρινή υπερπλήρωση του εδάφους από νερό, ενώ τα συγκεκριμένα φαινόμενα λαμβάνουν χώρα όταν ένα σύστημα αποστράγγισης υδάτινου στοιχείου (φυσικό ή τεχνητό), δεν δύναται να αποβάλλει το συγκεντρωθέν υδάτινο όγκο (Λίτσιου, 2020). Ένα μεγάλο ποσοστό των πλημμυρών συνδέεται με υποκείμενα φυσικά φαινόμενα όπως έντονες βροχοπτώσεις, υπερχειλίσεις ποταμών και ρεμάτων και εισροές θαλάσσιων υδάτων εντός παράκτιων περιοχών, όμως δεν είναι αμελητέα και η συμβολή της ανθρώπινης παρεμβατικής δραστηριότητας, όπως η αστοχία τεχνικών έργων και υποδομών, η μη νόμιμη κατασκευή κτιριακών δομών σε προστατευόμενες περιοχές και η αυθαίρετη απόρριψη φερτών υλικών.

Εξαρτώμενα από την προέλευση των υδάτων, τα πλημμυρικά φαινόμενα διακρίνονται επιμέρους σε ποτάμια, παλιρροϊκά και λιμναία, ενώ η χρονική και χωρική διάσταση των φαινομένων επιτρέπει την περεταίρω διάκριση τους σε αργά ή αιφνίδια και αντιστοίχως σε αστικά ή υπαίθρια (Σούρλας, 2021). Όπως θα παρουσιαστεί και εν συνεχεία, τα αιφνίδια πλημμυρικά φαινόμενα, εντός του ελλαδικού χώρου και εξαιτίας του ιδιότυπου γεωμορφολογικού του υποβάθρου, είναι τα πλέον συχνά.

Ποτάμια πλημμυρικά φαινόμενα: Οι ποτάμιες πλημμύρες ως επί το πλείστον εντοπίζουν την αιτία τους σε έντονες βροχοπτώσεις μεγάλης χρονικής διάρκειας ή την απορροή υδάτων από το λιώσιμο ορεινών όγκων χιονιού σε συνδυασμό με αστοχίες τεχνικών υποδομών και ελλείψεις κατάλληλων παρεμβάσεων πρόληψης. Κατά το στάδιο εκδήλωσης των φαινομένων, μεγάλος όγκος νερού καταλαμβάνει τις παρακείμενες των ποταμών εκτάσεις, ενώ μετέπειτα επεκτείνεται στην ευρύτερη γεωγραφική περιοχή. Οι ποτάμιες πλημμύρες εν γένει, εξαρτώνται από κλιματολογικές και γεωμορφολογικές παραμέτρους ενώ γίνονται ολοένα και πιο συνήθεις λόγω της εκθετικά αυξανόμενης ακατάλληλης ανθρώπινης παρέμβασης στις εδαφικές λεκάνες απορροής.

Παράκτια πλημμυρικά φαινόμενα: Τα εν λόγω φαινόμενα οφείλονται στην εισροή θαλάσσιων υδάτων εντός των παράκτιων εδαφών χαμηλού υψομέτρου, οφειλόμενα σε σφοδρές βροχοπτώσεις, ακραία παλιρροϊκά επίπεδα και έντονη κυματική δράση. Οι παράκτιες πλημμύρες προκαλούν έντονη υποχώρηση των ακτών, ενώ σημαντική είναι η υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους και των υδάτινων πόρων που προκαλούν.

Αστικά πλημμυρικά φαινόμενα: Τα φαινόμενα της συγκεκριμένης κατηγορίας πραγματοποιούνται εντός κατοικημένων περιοχών, προκαλώντας εκτεταμένη ζημιά σε κτιριακές υποδομές και εγκαταστάσεις, ενώ οφείλουν την ύπαρξη τους σε υλικοτεχνικές αστοχίες και ελλείψεις αποστραγγιστικών έργων σε συνδυασμό με βροχοπτώσεις έντονης σφοδρότητας.

Αιφνίδια πλημμυρικά φαινόμενα (flashfloods): Ο συγκεκριμένος τύπος πλημμυρών εκδηλώνεται σε εξαιρετικά μικρό χρονικό διάστημα από την έναρξη της βροχόπτωσης, ενώ είναι εξαιρετικά δύσκολη η αντιμετώπιση και η πρόβλεψη του. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η διαρκής επεκτασιμότητα της δόμησης των παράκτιων ζωνών και η έντονη συσσώρευση δραστηριοτήτων

εντός τους, ευνοεί εξαιρετικά τη δημιουργία συνθηκών εμφάνισης αστραπιαίων πλημμυρικών φαινομένων (Σούρλας, 2021).

Σε γενικές γραμμές, τα πλημμυρικά φαινόμενα δύνανται να ενταχθούν εντός ενός ευρέος φάσματος ποικίλων κατηγοριών, την ίδια στιγμή που η διαφοροποίηση των αιτιών τους, συνδυαστικά με τα ελλιπή κριτήρια, δυσχεραίνουν εξαιρετικά την αντικειμενική τους κατηγοριοποίηση. Εντούτοις, σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές, οι αιφνίδιες πλημμύρες αποτελούν το πλέον σύνηθες φαινόμενο εντός των μεσογειακών χωρών, εξαιτίας των ιδιαίτερων γεωλογικών και κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν. Κατά τα τελευταία χρόνια η αύξηση των αιφνίδιων πλημμυρών είναι εξαιρετικά ραγδαία, με τις συγκεκριμένες καταστάσεις να κάνουν την εμφάνιση τους πλησίον πυκνοκατοικημένων οικιστικών περιοχών, ευνοούμενες από τους περιορισμούς των ποτάμιων κοιτών, τη μείωση των δασικών εκτάσεων και τη μειωμένη απορροή των υδάτων στο αστικό έδαφος.

Κρίνοντας όλα τα παραπάνω στοιχεία, γίνεται σαφές πως οι περιοχές που θεωρούνται ιδιαίτερος επιρρεπείς στην εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων αφορούν κατά κύριο λόγο κλειστού τύπου υδρολογικές λεκάνες, με ευρείες κλίσεις και πυκνούς γεωμορφολογικούς σχηματισμούς, καθώς επίσης και επίπεδες εδαφικές περιοχές, αποστραγγιζόμενες από ποτάμια περιορισμένης παροχτευτικής ικανότητας και αστικές εκτάσεις έντονης ανθρώπινης δραστηριότητας, με έντονη αλλοίωση των γεωμορφολογικών τους χαρακτηριστικών.

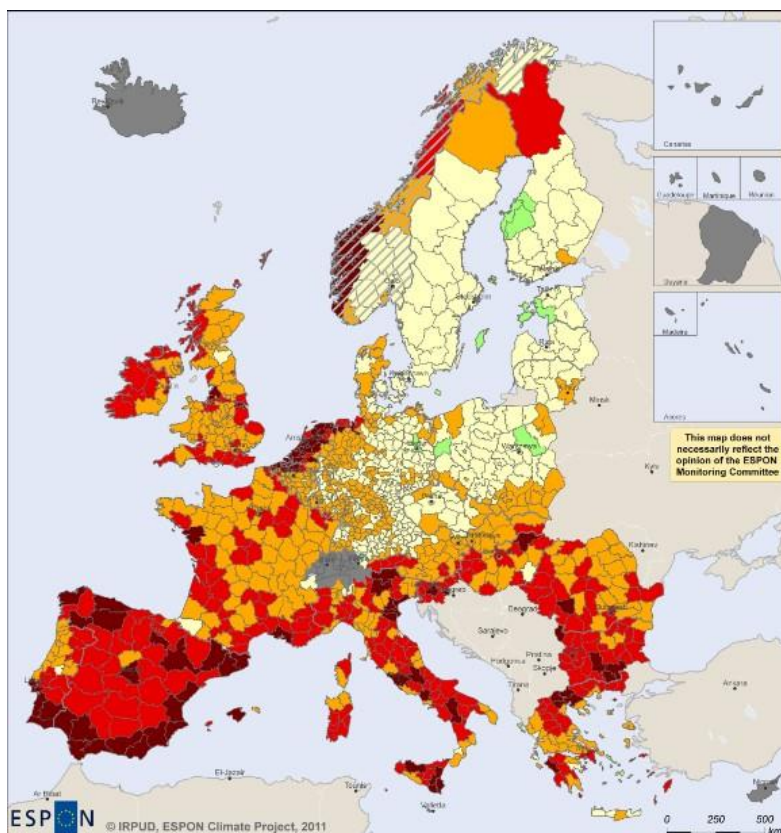
1.3.2 Ο ρόλος της κλιματικής αλλαγής

Η ανεξέλεγκτη και παρεμβατική ανθρώπινη δραστηριότητα, ήδη από τα μέσα του 20^ο αιώνα, έχει επιφέρει σημαντικές συνέπειες σε όλες τις διαστάσεις του φυσικού περιβάλλοντος, με την κλιματική αλλαγή να είναι πλέον αναμφισβήτητη. Ορισμένες εκ των σημαντικότερων συνεπειών της κλιματικής αλλαγής περιλαμβάνουν την ταχεία αύξηση της θαλάσσιας στάθμης, την εκδήλωση ακραίων καιρικών φαινομένων και βροχοπτώσεων με παράλληλη άνοδο της θερμοκρασίας. Η κλιματική αλλαγή ήδη επηρεάζει μεγάλο ποσοστό των ευρωπαϊκών χωρών, ενώ πολλές περιβαλλοντικές μελέτες και αναφορές κάνουν λόγο για αύξηση των συνεπειών της στο εγγύς μέλλον, αναφορικά με ζητήματα διασφάλισης τροφής, ενέργειας, υποδομών, υδάτινων πόρων και οικονομικής σταθερότητας (Behrens, Georgiev, & Carraro, 2010).

Πολλές γεωγραφικές περιοχές της Μεσογείου, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, αναμένεται να παρουσιάσουν ολοένα και υψηλότερες θερμοκρασίες και ξηρασία μακράς διάρκειας, με τις περιγραφείσες συνθήκες να έχουν κάνει ήδη την εμφάνιση τους κατά την παρούσα περίοδο. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δεν επηρεάζουν μόνο την καθημερινότητα και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων, αλλά όπως μπορεί εύκολα να γίνει κατανοητό, το σύνολο των οικοσυστημάτων δέχεται τις συνέπειες της. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα όπως οι σφοδρές καταιγίδες, οι κυκλώνες, οι καύσωνες και οι πλημμύρες έχουν προκαλέσει πληθώρα καταστροφών και 85-145.000 συνεπαγόμενες ανθρώπινες απώλειες στην Ευρώπη κατά τα τελευταία 40 έτη. Την ίδια στιγμή, οι οικονομικές μελέτες εκτιμούν ότι οι απώλειες λόγω της κλιματικής αλλαγής ανέρχονται σε μισό τρισεκατομμύριο ευρώ (Bronstert, 2013).

Είναι ευνόητο πως η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στα πλημμυρικά φαινόμενα αναμένεται να είναι άμεση και ολοένα εντονότερη εξαιτίας της μεταβολής όλων των χαρακτηριστικών των βροχοπτώσεων (ποσότητα, ένταση, διάρκεια, χρονική και χωρική κατανομή, κτλ). Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος και συναφείς αρμόδιους φορείς, η εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων στην Ευρωπαϊκή ήπειρο έχει αυξηθεί κατακόρυφα από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 και μετά (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συμβούλιο, 2018). Ήδη κατά την τελευταία δεκαετία, οι αιφνίδιες πλημμύρες μεσαίας ή μεγαλύτερης έντασης έχουν υπερδιπλασιαστεί, συγκριτικά με περασμένες δεκαετίες ενώ πολλές ευρωπαϊκές χώρες βιώνουν ολοένα και εντονότερα καιρικά φαινόμενα και διαρκή άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (Σούρλας, 2021).

Σύμφωνα με τα κλιματολογικά προγνωστικά μοντέλα του Ευρωπαϊκού Περιβαλλοντικού Οργανισμού, μέσα στις επόμενες δεκαετίες αναμένεται ακόμη μεγαλύτερη αύξηση των ποτάμιων και παράκτιων αιφνιδίων πλημμυρικών φαινομένων και καταστροφών εξαιτίας των περιφερειακών διακυμάνσεων που παρουσιάζουν οι βροχοπτώσεις και των προβλέψεων εξέλιξης τους. Αναφορικά με την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, εκτιμάται ότι το φαινόμενο δε θα εξελιχθεί ομοιόμορφα, ωστόσο μέχρι τα τέλη του 21^{ου} αιώνα η άνοδος αναμένεται να ξεπεράσει τα 30 εκατοστά και η θερμοκρασία να ανέβει κατά 1.8 βαθμούς Κελσίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε περιπτώσεις ανεξέλεγκτων εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα τα παραπάνω μεγέθη, αναμένεται να αυξηθούν ακόμη περισσότερο (European Environment Agency, 2024).



Εικόνα 1.2 Οι χώρες με τη μεγαλύτερη δυνητική επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη [πηγή: https://www.espon.eu/export/sites/default/Images/Publications/MapsOfTheMonth/MapJanuary2012/Impact_ESPONclimate.png]

1.3.3 Εκτίμηση πλημμυρικών φαινομένων βάσει σεναρίου

Είναι γεγονός πως ένας κύριος παράγοντας πρόβλεψης των μελλοντικών κλιματολογικών συνθηκών είναι η εκτίμηση της συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων και των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα. Για τη διευκόλυνση της εν λόγω εκτίμησης έχουν υλοποιηθεί από το Κέντρο Έρευνας Φυσικής της Ατμόσφαιρας και Κλιματολογίας, της Αθηναϊκής Ακαδημίας ορισμένα μοντέλα προσομοίωσης, η λειτουργία των οποίων τίθεται με βάση συγκεκριμένα σενάρια εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Σούρλας, 2021).

Σε ένα εκ των συνταχθέντων σεναρίων (σενάριο A1B) προβλέπεται ταχεία οικονομική άνοδος και ιδιαίτερος υψηλά ποσοστά κατανάλωσης ενεργειακών πόρων, με ταυτόχρονη ανάπτυξη καινοτόμων και αποδοτικότερων τεχνολογικών μέσων. Επιπροσθέτως, σύμφωνα με το ίδιο σενάριο, προβλέπεται μεγάλη πληθυσμιακή άνοδος έως τα μέσα του 21^{ου} αιώνα και μικρή διαφοροποίηση στις υπάρχουσες χρήσεις γης. Τέλος, τα δεδομένα του σεναρίου προβλέπουν

υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (~720ppm) έως τα τέλη του αιώνα (Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, 2011).

Σε μία προσπάθεια εκτίμησης της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην πρόκληση πλημμυρικών φαινομένων και καταστροφών στον ελλαδικό χώρο, η Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής πραγματοποίησε σχετική έρευνα, εφαρμόζοντας το προγνωστικό μοντέλο γενικής κυκλοφορίας (General Circulation Model) ECHAM και παραμετροποιώντας το σύμφωνα με το προαναφερθέν σενάριο.

Για την εκτίμηση των μεταβολών στα χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων και της ικανότητας απορροής του υδρογραφικού δικτύου, σε πρώτη φάση πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός της μεταβολής της έντασης των βροχοπτώσεων, συγκρίνοντας τα δεδομένα της δεκαετίας 1990-1999 (περίοδος ελέγχου) με τα προβλεπόμενα δεδομένα της δεκαετίας 2040-2049, αλλά και των δεκαετιών 1960-1990 και 2070-2100. Η σύγκριση των συγκεκριμένων στοιχείων επέτρεψε την αναγνώριση των γεωγραφικών περιοχών που παρουσιάζουν αυξομειωτικές τάσεις αναφορικά με την ποσότητα των βροχοπτώσεων και το μέγεθος της αντίστοιχης διαφοροποίησης. Εφαρμόζοντας συγκεκριμένα όρια υπολογισμού στην ένταση των προβλεπόμενων βροχοπτώσεων, στις εξεταζόμενες χρονικές περιόδους, δίνεται η δυνατότητα (εφόσον τα όρια ξεπεραστούν) να εκτιμηθούν οι πιθανότητες εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων. Σύμφωνα με συγκεκριμένες βιβλιογραφικές πηγές (Σούρλας, 2021) (Διακάκης, 2013), τα όρια που εφαρμόστηκαν δίνονται από τους παρακάτω τύπους:

$$I = 14xD^{-0.5} \quad (\text{όριο 1})$$

$$I = 23.163xD^{-0.502} \quad (\text{όριο 2}) \quad \text{όπου,}$$

I ορίζεται η ένταση των βροχοπτώσεων (mm/ώρα)

D ορίζεται η διάρκεια τους (ώρες)

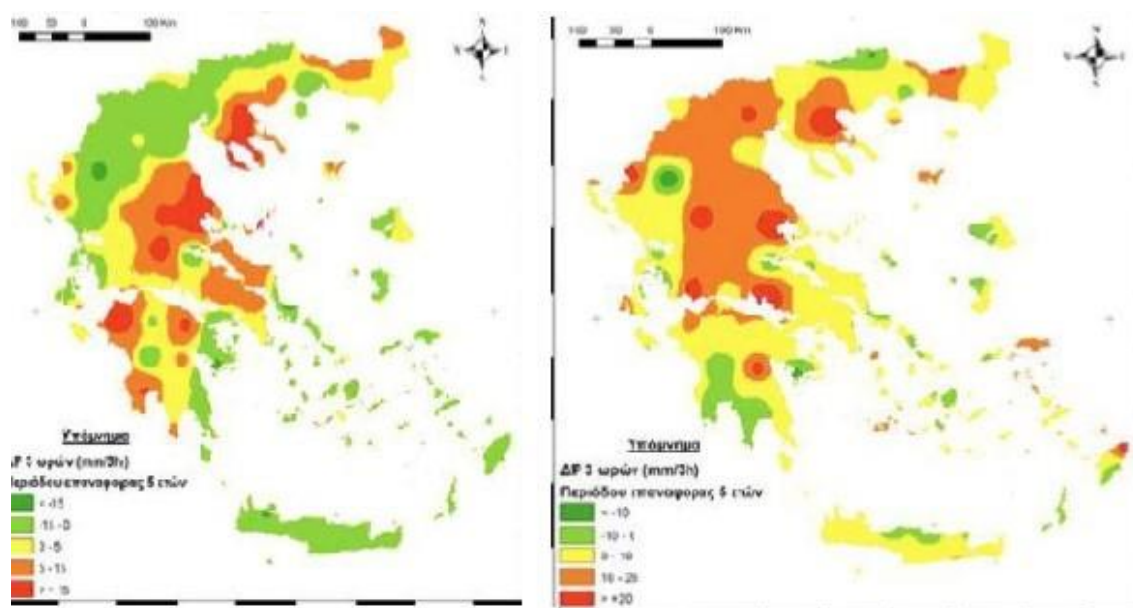
Οι τιμές που προκύπτουν από τα δύο παραπάνω όρια δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες αποκλίσεις αναφορικά με βροχοπτώσεις διάρκειας έως 24 ώρες, ενώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι το εύρος των υδρολογικών εδαφικών λεκανών παίζει εξαιρετικά καθοριστικό ρόλο στην εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων και καταστροφών, αφού όσο αυτό αυξάνεται τόσο μικρότερο ρόλο διαδραματίζει η ένταση των βροχοπτώσεων. Τα αποτελέσματα αύξησης της έντασης των

βροχοπτώσεων που προέκυψαν κατά τη διαδικασία υπολογισμού δίνονται από τον πίνακα που ακολουθεί:

Χρονική Περίοδος	Σύνολο ύψους βροχής (3 ωρών) σε mm (μέση τιμή)	Ποσοστιαία διαφορά (συγκριτικά με την περίοδο ελέγχου)	Τοπική απόκλιση
1990-1999	34,6		7,2
2040-2049	36,68	+5,7%	9,4
2090-2099	42,9	+23,9%	8,9

Πίνακας 1.2 Προβλεπόμενη αύξηση του ύψους βροχής στον ελλαδικό χώρο (Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, 2011)

Στους παρακάτω χάρτες παρουσιάζονται οι μεταβολές της πιθανότητας υπέρβασης του ορίου έντασης βροχόπτωσης, πέραν του οποίου προκύπτει αυξημένος κίνδυνος πρόκλησης πλημμυρικών φαινομένων, από τη σύγκριση των σχετικών χρονικών διαστημάτων (2040-2049 και 2090-2099) (Ε.Μ.Ε.Κ.Α., 2011)



Εικόνα 1.3 Οι περιοχές του ελλαδικού χώρου με τις μεγαλύτερες πιθανότητες εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων κατά την περίοδο 2040-2049 και 2090-2099 [πηγή: https://old.necca.gov.gr/wp-content/uploads/2019/09/Soer_2018_GR_Climate-Change.pdf]

Από τα εξαχθέντα δεδομένα παρατηρείται ότι μεταξύ άλλων, η Θεσσαλία και η Στερεά Ελλάδα αποτελούν τα γεωγραφικά διαμερίσματα με τις μεγαλύτερες πιθανότητες εμφάνισης πλημμυρών και επακόλουθων καταστροφικών επιπτώσεων, γεγονός το οποίο επαληθεύεται κατά την τρέχουσα περίοδο και αποτελεί αντικείμενο της παρούσας μελέτης, όπως θα παρουσιαστεί εκτενώς σε επόμενα σημεία.

1.3.4 Οι συνέπειες των πλημμυρικών φαινομένων στον άνθρωπο και το περιβάλλον

Όπως προαναφέρθηκε, τα πλημμυρικά φαινόμενα και οι φυσικές καταστροφές εν γένει, επιφέρουν ένα εξαιρετικά μεγάλο φάσμα συνεπειών στο ευρύτερο σημείο εμφάνισης τους, με τις απώλειες ανθρώπινων ζώων, τις οικονομικές ζημιές και τις καταστροφές υποδομών να είναι μόνο μερικές εξ αυτών. Εκτός όμως από τις άμεσες επιπτώσεις των πλημμυρικών φαινομένων, μεγάλη σημασία κατέχουν και οι έμμεσες, οι οποίες επηρεάζουν σε μακροπρόθεσμο επίπεδο την ποιότητα του εδάφους και τη παραγωγική δυνατότητα του, καθορίζοντας το μετέπειτα κύκλο ολόκληρου του οικοσυστήματος.

	Υλικές επιπτώσεις	Ανθρώπινες Επιπτώσεις
Άμεσες	<ul style="list-style-type: none"> Καταστροφές επιχειρήσεων, οικιών, αυτοκινήτων και λοιπής περιουσίας Γεωκτηνοτροφικές και περιβαλλοντικές απώλειες Καταστροφή λοιπών υποδομών (μεταφορών, τηλεπικοινωνιών, κτλ) Διεξαγωγή επιχειρήσεων έρευνας και διάσωσης Κόστη καθαρισμού, ανακατασκευής και επιδιόρθωσης 	<ul style="list-style-type: none"> Τραυματισμοί Θάνατοι Ψυχολογικές συνέπειες Καταστροφή πολιτισμικής κληρονομιάς
Έμμεσες	<ul style="list-style-type: none"> Οικονομικές ζημιές επιχειρήσεων εκτός γεωγραφικής περιοχής του φαινομένου Αναζήτηση κατοικίας από πλημμυροπαθείς 	<ul style="list-style-type: none"> Μακροπρόθεσμες ψυχολογικές επιπτώσεις Μείωση εμπιστοσύνης προς τους κυβερνητικούς και δημόσιους φορείς

Πίνακας 1.3 Άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις των πλημμυρικών φαινομένων (Eren, 2021)

Όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα, οι επιπτώσεις των πλημμυρικών φαινομένων στους κατοίκους των συγκεκριμένων περιοχών αλλά και το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο είναι πολυδιάστατες και είναι εξαιρετικά δύσκολο να αποτυπωθούν στο σύνολο τους. Τα πλημμυρικά φαινόμενα συνθέτουν το μεγαλύτερο ποσοστό των φυσικών καταστροφών, ενώ στην πλειονότητα των περιοχών της υψηλίου, όπου έχουν σημειωθεί σφοδρές πλημμύρες, πολλοί άνθρωποι έχουν χάσει τη ζωή τους, την ίδια στιγμή που σημειώθηκαν ανυπολόγιστες οικονομικές καταστροφές. Βάσει προβλέψεων και όσο η κλιματική αλλαγή εξελίσσεται ο παγκόσμιος πληθυσμός και οι υποδομές του θα βρίσκονται σε διαρκή κίνδυνο, ενώ η αναγκαιότητα θέσπισης προσαρμοσμένων μέτρων προστασίας, αλλά και εξυγίανσης των υφιστάμενων υπηρεσιών πολιτικής προστασίας, έχει αρχίσει ήδη διαφαίνεται.

- Επιπτώσεις στη γεωργική παραγωγή

Για πολλές χώρες, μεταξύ αυτών και της Ελλάδας, η οικονομία και το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων τους εξαρτώνται άμεσα από την καλλιέργεια και την εκμετάλλευση γεωργικών εκτάσεων. Σε περιπτώσεις σφοδρών πλημμυρικών φαινομένων η γεωργική γη καθίσταται λιγότερο εύφορη ή πλήρως άγονη εξαιτίας της εδαφικής διάβρωσης και καθίζησης. Αναλόγως των πλημμυρικών συνθηκών και της ταχύτητας της υδατικής ροής, τα ανώτερα στρώματα του εδάφους μετακινούνται και μεταβάλλεται η χημική σύνθεση τους. Σύμφωνα με αντίστοιχες μελέτες, λόγω των πλημμυρών, η μακροπρόθεσμη παραγωγικότητα των πληττόμενων γεωργικών εκτάσεων μπορεί να μειωθεί έως και 40% (Sili, Maria, & Faur, 2020). Επιπλέον, η εισχώρηση και παραμονή του νερού στο έδαφος, δημιουργεί πληθώρα προβλημάτων στην ανάπτυξη των φυτών, αναφορικά με την ικανότητα απορρόφησης θρεπτικών συστατικών, ενώ η έκπλυση των λιπασμάτων ευνοεί την ανάπτυξη παρασιτικών ασθeneιών που δύνανται να καταστρέψουν πλήρως την ετήσια γεωργική παραγωγή (Eren, 2021).

- Επιπτώσεις στην ποιότητα των υπόγειων υδάτων

Τα υπόγεια ύδατα συνθέτουν το σημαντικότερο ίσως παράγοντα των γεωλογικών φυσικών κύκλων, αφού το νερό που βρίσκεται στο υπέδαφος κινείται μέσω των υδροφορέων, οι οποίοι αποτελούν την κύρια πηγή πόσιμου νερού για τον άνθρωπο. Οι πλημμύρες αποτελούν τα φυσικά φαινόμενα, που θεωρούνται η κύρια αιτία μόλυνσης των υπόγειων υδάτων. Η κατανάλωση μολυσμένου νερού με παθογόνους οργανισμούς είναι η βασικότερη αιτία εξάπλωσης πολλών

υδατογενών ασθενειών όπως η χολέρα και ο τύφος. Επιπλέον, οι πλημμύρες προκαλούν τη μετακίνηση και την εναπόθεση επιβλαβών χημικών ενώσεων όπως φυτοφάρμακα και λοιπές βιομηχανικές ύλες, οι οποίες εξαπλώνονται στα ποτάμια, τις λίμνες και εν τέλει στον υδροφόρο ορίζοντα καθιστώντας το πόσιμο νερό ακατάλληλο για ανθρώπινη και μη χρήση. Σε πολλές χώρες της υφελίου, τα πλημμυρικά φαινόμενα έχουν αυξήσει ραγδαία το δυναμικό τοξικότητας λιμνών, ποταμών και υπόγειων υδάτων, από χημικές ουσίες προοριζόμενων για γεωργική και βιομηχανική χρήση (Eren, 2021).

- Επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς

Τα υδάτινα οικοσυστήματα πλήττονται σε εξαιρετικό βαθμό από τα πλημμυρικά φαινόμενα, την ίδια στιγμή που το σύνολο σχεδόν των φυσικών λειτουργιών τους διαταράσσεται, εκτείνοντας το μέγεθος της περιβαλλοντικής καταστροφής. Οι ακραίες πλημμύρες μπορούν να μεταβάλλουν τη γεωμορφολογία των ποταμών, από την οποία εξαρτάται η ποιότητα και η ποικιλομορφία της υδρόβιας ζωής του ευρύτερου οικοσυστήματος. Σύμφωνα με αναφορές, οι έμμεσες βλάβες που προκαλούνται από τις γεωμορφολογικές αλλοιώσεις των ποταμών έχουν σημαντικά περισσότερες δυσμενείς επιπτώσεις για την υδρόβια ζωή, συγκριτικά με τα ίδια τα πλημμυρικά φαινόμενα. Επιπροσθέτως, οι πλημμύρες δύνανται να αποβούν καταστροφικές για πολλούς ζωντανούς οργανισμούς των υδάτινων οικοσυστημάτων, προκαλώντας μετατόπιση ή πλήρη απώλεια του φυσικού ενδιαιτήματος τους και των συνθηκών του (Eren, 2021).

Στο σημείο αυτό αξίζει αναφοράς ότι οι πλημμύρες μπορούν να λειτουργήσουν και με θετικό τρόπο προς τα υδάτινα οικοσυστήματα και την οικολογία, αυξάνοντας τη βιοποικιλότητα. Επεξηγηματικά, αρκετά υδάτινα οικοσυστήματα επωφελούνται από τις πλημμύρες μικρής ή μεσαίας έντασης, αυξάνοντας την πρωτογενή τους παραγωγικότητα, δημιουργώντας νέα και μοναδικά ενδιαιτήματα, κατάλληλα για τη φιλοξενία νέων ειδών (Talbot, Bennett, Cassell, & Hanes, 2018).

- Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα μικροοργανισμών

Τα οικοσυστήματα που συναντώνται σε κινούμενα ύδατα αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι της οικολογίας της γης. Οι μακροασπόνδυλοι και λοιποί οργανισμοί των εν λόγω οικοσυστημάτων είναι ζωτικής σημασίας αναφορικά με τη σταθερότητα της τροφικής αλυσίδας αποτελώντας μια διασύνδεση πρωτευόντων και δευτερευόντων ζωικών ειδών. Οι ακραίες

φυσικές καταστροφές όπως οι πλημμύρες και οι ξηρασίες διαταράσσουν το οικοσύστημα, ενώ έστω και μια μικρή απόκλιση της υδάτινης ροής έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει σε μεγάλο βαθμό την πυκνότητα του συστήματος των μακροασπόνδυλων επηρεάζοντας σε μελλοντικό χρόνο τη δομή ολόκληρης της τροφικής αλυσίδας (Eren, 2021).

- Επιπτώσεις στην οικόσιτη και άγρια πανίδα

Είναι ευνόητο ότι οι πλημμύρες μπορούν άμεσα να βλάψουν την άγρια πανίδα και τα οικοσυστήματα των πληττόμενων περιοχών. Η μετακίνηση μεγάλων ποσοτήτων νερού έχει πολλές αρνητικές συνέπειες σε φυσικές, κτηνοτροφικές και γεωργικές δραστηριότητες, οδηγώντας ετησίως στο θάνατο χιλιάδων ζώων εκτροφής που δεν δύνανται να μετακινηθούν σε υψηλότερα εδαφικά σημεία. Εφόσον ένα πλημμυρικό φαινόμενο είναι αρκετά έντονο και ακραίο, μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια των οικοτόπων και της βιοποικιλότητας των πλημμυρισμένων περιοχών, επιφέροντας καταστροφικές δευτερεύουσες επιπτώσεις στην ποικιλομορφία του συνολικού οικοσυστήματος και τη διαθεσιμότητα τροφής, ελαττώνοντας περαιτέρω τις πιθανότητες επιβίωσης της άγριας ζωής (Eren, 2021).

1.4 Η διαχρονικότητα των πλημμυρικών φαινομένων στην Ελλάδα

1.4.1 Οι ιδιαιτερότητες του ελλαδικού χώρου

Όπως αναφέρθηκε στην παρούσα ενότητα, οι περιοχές της Ελλάδας αλλά και της πλειονότητας των Μεσογειακών χωρών, παρουσιάζουν ιδιαίτερες κλιματολογικές, γεωμορφολογικές, υδρολογικές και πληθυσμιακές παραμέτρους, γεγονός που τις καθιστά εξαιρετικά ευάλωτες σε καταστροφές εξαιτίας των πλημμυρικών φαινομένων (Llasat, Llasat-Botija, Prat, & Porcu, 2010). Σε μια προσπάθεια ταξινόμησης των παραμέτρων αυτών, μπορούν να καταγραφούν τα εξής στοιχεία:

Τα **γεωτεκτονικά** χαρακτηριστικά του ελλαδικού χώρου περιλαμβάνουν σημαντικές μορφολογικές εδαφικές κλίσεις και πληθώρα ασυνεχειών εξαιτίας των διαρκώς εναλλασσόμενων λιθολογικών στοιχείων κατά μήκος του υδροφόρου ορίζοντα. Η ύπαρξη των συγκεκριμένων παραγόντων έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτατη κίνηση του νερού, επιτρέποντας ταυτόχρονα τη μεταφορά υψηλών συγκεντρώσεων φερτών υλικών. Τέλος, η αναγλυφική αναδόμηση εντείνει τη δημιουργία μικρής και μεσαίας έκτασης λεκανών απορροής και

υψομετρικών φυσικών χειμαρρικών ρευμάτων, επιτρέποντας τη δημιουργία αστραπιαίων και σφοδρών πλημμυρικών φαινομένων (Σούρλας, 2021).

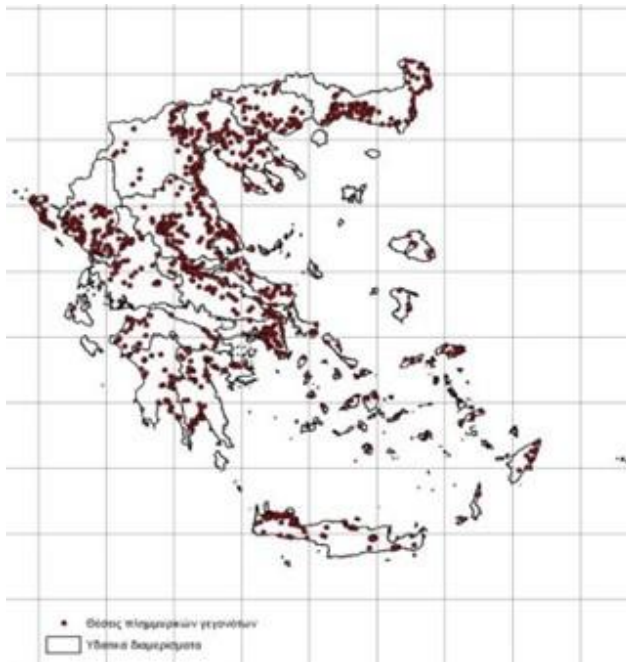
Οι **κλιματολογικές** συνθήκες της Ελλάδας περιλαμβάνουν τις έντονες βροχοπτώσεις μικρής ή μέσης χρονικής διάρκειας, οι οποίες συνδυαστικά με τις προαναφερθείσες γεωτεκτονικές ασυνέχειες ευθύνονται για τη μειωμένη υδρολογική απόκριση των λεκανών απορροής στο σύνολο σχεδόν της ηπειρωτικής χώρας (Wilson, 1990). Η συγκέντρωση της ανθρώπινης δραστηριότητας κοντά σε δυνητικά ενεργά πλημμυρικά πεδία, ελλείπει ορθού αντιπλημμυρικού σχεδιασμού και η δυσκολία πρόγνωσης της ικανότητας απορροής των υδρολογικών στοιχείων, έχουν σαν αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση της αστικής ευπάθειας.

Ο παράγοντας της έντονης **πληθυσμιακής** συγκέντρωσης των ελληνικών αστικών περιοχών, οδηγεί με τη σειρά του στην εγκατάσταση δραστηριοτήτων και υποδομών πλησίον περιοχών με υψηλό πλημμυρικό ρίσκο (Diakakis, 2010). Χαρακτηριστικά είναι τα παραδείγματα παράκτιων περιοχών υψηλού πλημμυρικού ρίσκου και η εμπορική/τουριστική εκμετάλλευσή τους, ενώ ουκ ολίγες περιπτώσεις υποδομών και παράνομων ανθρώπινων παρεμβάσεων αποτρέπουν την αποτελεσματική απορροή μεγάλου μέρους των υδρολογικών δικτύων της χώρας.

1.4.2 Παρουσίαση στατιστικών δεδομένων

Τα πλημμυρικά φαινόμενα στην Ελλάδα παρουσιάζουν μια χαρακτηριστική διαχρονικότητα, η οποία θα μπορούσε να αιτιολογηθεί από τον μη αποδοτικό αντιπλημμυρικό σχεδιασμό και την εν γένει ελλιπή διαχείριση του πλημμυρικού ρίσκου (διαδικασίες πρόγνωσης, προειδοποιητικοί μηχανισμοί, επανασχεδιασμός χρήσης γης, κτλ). Σημαντικό ρόλο επίσης κατέχουν οι πυρκαγιές και οι αποψιλώσεις ζωτικών δασικών εκτάσεων, εντοπιζόμενων στα άνωθεν σημεία των υδρολογικών λεκανών, όπως επίσης και το έντονο φαινόμενο αστικοποίησης που με τη σειρά του έχει οδηγήσει στην κάλυψη μεγάλων τμημάτων των στοιχείων απορροής.

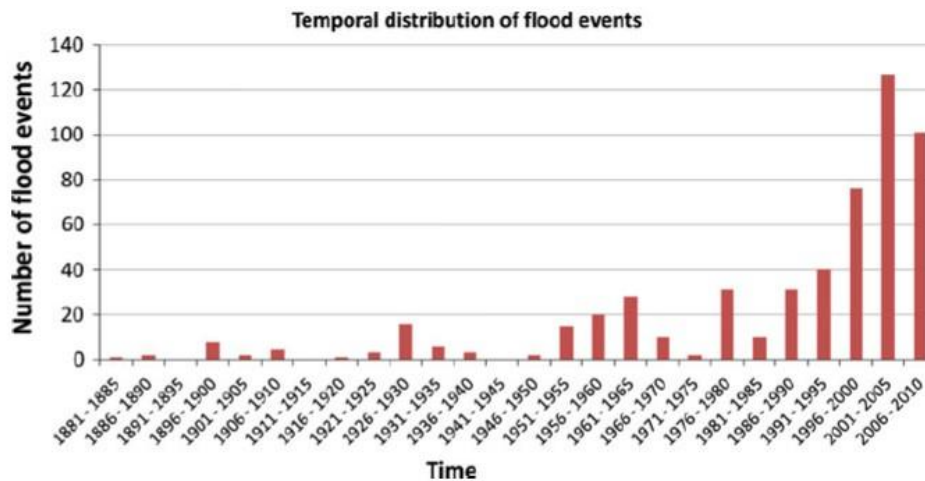
Εντός του ελλαδικού χώρου, όπως παρουσιάζεται και στο χάρτη που ακολουθεί, ένας εξαιρετικά υψηλός αριθμός πλημμυρικών φαινομένων έχουν σημειωθεί σε παράκτιες περιοχές της Βόρειας και Ανατολικής Ελλάδας, ενώ σε πεδινές περιοχές όπως η Θεσσαλία τα φαινόμενα αυξάνονται, με πολλά συμβάντα να λαμβάνουν χώρα ανά μικρά χρονικά διαστήματα (βλ. περιπτώσεις κυκλώνα «Ιανού» και κακοκαιρίας «Daniel»).



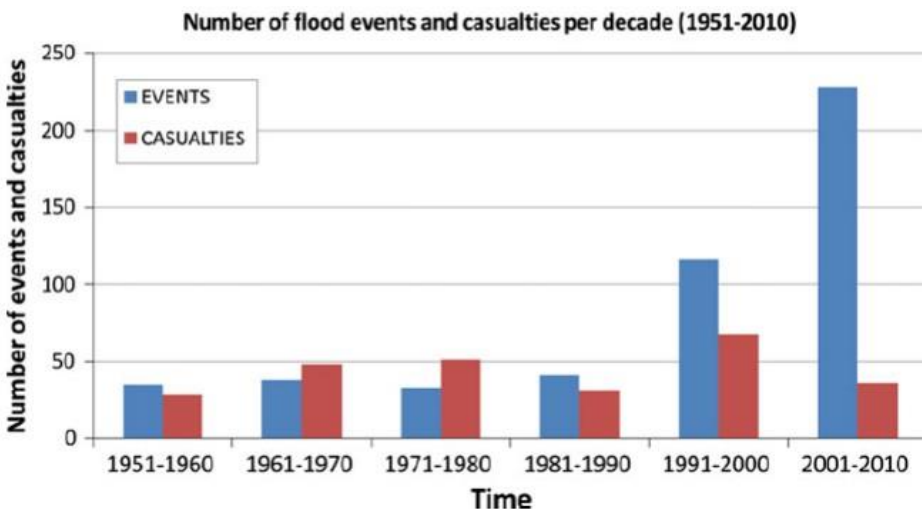
Εικόνα 1.4 Καταγραφέντα πλημμυρικά συμβάντα (ΥΠΠΝ, 2019)

[πηγή: http://ikee.lib.auth.gr/record/325100/files/LITSIOYTZENH881_EE.pdf]

Σύμφωνα με την ελληνική ερευνητική βιβλιογραφία (Διακάκης, 2013), κατά τη διάρκεια του τελευταίου αιώνα και ιδιαίτερα μετά τη δεκαετία του 1980, τα πλημμυρικά φαινόμενα έχουν αυξηθεί σημαντικά στην Ελλάδα, εντούτοις, όπως φαίνεται και στις διαγραμματικές απεικονίσεις που ακολουθούν, δεν παρατηρείται αύξηση στον αριθμό ανθρώπινων απωλειών, συγκριτικά με περασμένες δεκαετίες (Σούρλας, 2021).



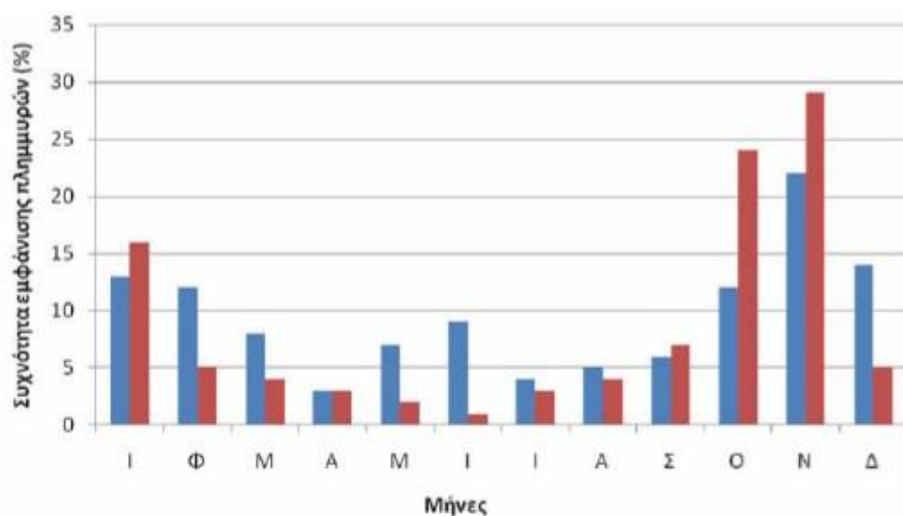
Διάγραμμα 1.1 Κατανομή των πλημμυρικών φαινομένων στο χρόνο (Διακάκης, 2013)



Διάγραμμα 1.2 Σχέση πλημμυρικών φαινομένων και ανθρώπινων απωλειών (Διακάκης, 2013)

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα δυο επιμέρους στατιστικών μελετών αναφορικά με την συχνότητα των πλημμυρικών φαινομένων της χώρας και η ετήσια κατανομή τους.

Από την μελέτη των εξαχθέντων αποτελεσμάτων προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (46,6%) των πλημμυρικών φαινομένων προκαλούνται κατά τους φθινοπωρινούς μήνες (Οκτώβριο-Νοέμβριο), γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί από τα έντονα καιρικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα τη συγκεκριμένη εποχή σε συνδυασμό με τα ολοένα εντονότερα φαινόμενα ξηρασίας, καυσώνων και δασικών πυρκαγιών κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.



Διάγραμμα 1.3 Η συχνότητα των πλημμυρικών φαινομένων στην Ελλάδα (Ε.Μ.Ε.Κ.Α., 2011)

Τόσο στην Ελλάδα όσο και σε αρκετές χώρες της Ευρώπης, η χρήση ενόργανων τεχνολογικών συστημάτων ακριβείας για τη μέτρηση των υδρολογικών απορροών είναι περιορισμένη και κατά συνέπεια οι εν λόγω μετρήσεις πραγματοποιούνται σχεδόν κατά αποκλειστικότητα με χρήση υδραυλικών και υδρολογικών θεωρητικών προσεγγίσεων (Diakakis, 2010). Από τη μελέτη τόσο του κοντινού πλημμυρικού ιστορικού της χώρας, όσο και των διαρκών προβλέψεων για αύξηση της σφοδρότητας των φαινομένων μέσα στις επόμενες δεκαετίες, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η θέσπιση νέων πολιτικών, πρωτοβουλιών και δράσεων αποτελεί μια επιτακτική ανάγκη για την ορθότερη αντιμετώπιση των πλημμυρικών κινδύνων και καταστροφών και την ελάττωση των επιπτώσεων τους για το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, εξετάζονται οι παράμετροι κινδύνου και πολυπλοκότητας των αστικών συστημάτων, διακρίνεται η εξέχουσα σημασία του ορθού αστικού σχεδιασμού, ενώ αναλύονται οι επιμέρους θεωρητικές και πρακτικές προσεγγίσεις της αποτελεσματικότερης αντιπλημμυρικής προστασίας.

Κεφάλαιο 2^ο : Παράμετροι κινδύνου, τρωτότητας και πολυπλοκότητας των αστικών συστημάτων. Πρακτικές ορθού αντιπλημμυρικού σχεδιασμού

2.1 Διαφοροποίηση των εννοιών του κινδύνου και της επικινδυνότητας

Η ανθρώπινη κοινωνία, από τα πρώτα κιόλας χρόνια της δημιουργίας της, πάντοτε προσπαθούσε να ανταπεξέλθει σε κάθε είδους κινδύνου, άλλοτε οδηγούμενη ενστικτωδώς και άλλοτε εφαρμόζοντας στοχευμένες σχεδιαστικές προσεγγίσεις. Είναι γεγονός πως η αόριστη έννοια του κινδύνου εμπεριέχει ορισμένα χαρακτηριστικά στοιχεία, τα οποία επιτρέπουν την αντικειμενική ποσοτικοποίηση και «μέτρηση» του. Εκτός όμως από αυτά, η εν λόγω έννοια εμπεριέχει και το υποκειμενικό στοιχείο της κοινωνικής αντίληψης, το οποίο ουσιαστικά αντανακλά τον τρόπο με τον οποίο ένα κοινωνικό σύνολο αντιλαμβάνεται τον κίνδυνο και είναι άμεσα εξαρτώμενο από τις εκάστοτε κοινωνικές αξίες, τα ήθη και τον τρόπο διαβίωσης του. Κατά συνέπεια, η εκτίμηση και η αξιολόγηση κάθε είδους κινδύνου καθίσταται μια ιδιαίτερος σύνθετη και πολύπλοκη διαδικασία (Dewan, 2013).

Από την άλλη μεριά, η έννοια της *επικινδυνότητας*, ορίζει με έναν αποκλειστικά αντικειμενικό τρόπο έναν απειλητικό παράγοντα, όπως ένα φυσικό ή ανθρωπογενές φαινόμενο, ο οποίος είναι σε άμεση θέση να επιφέρει μεγάλης έκτασης καταστροφές. Οι δύο αναφερθείσες έννοιες συχνά και εσφαλμένα συγχέονται, ωστόσο η έννοια της επικινδυνότητας συνθέτει ένα βασικό και επιμέρους στοιχείο του κινδύνου και συνεπώς δε θα πρέπει να θεωρούνται ταυτόσημες. Όπως παρουσιάστηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η **επικινδυνότητα** ενός φαινομένου όπως οι πλημμύρες, περιγράφει την πιθανότητα απώλειας ή ζημίας κάθε επιμέρους αστικού στοιχείου (πληθυσμός, περιουσιακά στοιχεία, υποδομές και εγκαταστάσεις, κτλ), με τους βαθμούς της **έκθεσης** ενός συστήματος σε αυτή και της **τρωτότητας** του να καθορίζουν σημαντικά το μέγεθος της ενδεχόμενης καταστροφής (Dewan, 2013).

Αξίζει αναφοράς, πως ο ακριβής προσδιορισμός του βαθμού τρωτότητας των αστικών συστημάτων συμβάλει τα μέγιστα στην αποτελεσματική διαχείριση του κινδύνου και στην ελάττωση των συνεπειών μιας καταστροφής, παίζοντας καθοριστικό ρόλο κατά τα στάδια πρόληψης, απόκρισης και αποκατάστασης, επιτρέποντας ουσιαστικά τον αποδοτικότερο αστικό σχεδιασμό.

Οι τρεις αναφερθείσες μεταβλητές αποτελούν τα μεγέθη «ποσοτικού» προσδιορισμού του κινδύνου, ενώ για την αντιμετώπιση του υποκειμενικού σκέλους του όρου, πολλές αναφορές κάνουν λόγο για τη σημασία της σύστασης κατάλληλων θεσμικών και πολιτικών πλαισίων, μέσω δημοκρατικών διαδικασιών, με την αποκαλούμενη **διακυβέρνηση ρίσκου** να συντίθεται από πληθώρα κοινωνικών, πολιτικών, ηθικών, διεπιστημονικών και τεχνολογικών δράσεων και μέσων, με το συνδυασμό των οποίων θα διευκολύνεται η διεξαγωγή του κατάλληλου και στοχευμένου ελέγχου και η συλλογή πολύτιμων πληροφοριών αναφορικά με κάθε είδους κινδύνου, την ίδια στιγμή που μέσω διαδικασιών ανάλυσης και διαβούλευσης θα καθίσταται δυνατή η συλλογική λήψη αποφάσεων εντός του συστήματος. (Ζαφειρίου, 2021).

2.2 Προσδιορισμός της αστικής τρωτότητας και η αναγκαιότητα εκτίμησης της

2.2.1 Θεωρητική προσέγγιση

Η σύνθετη έννοια της τρωτότητας δεν αποτελεί απλώς ένα εκ των μεγεθών ποσοτικού προσδιορισμού του βαθμού κάποιων κινδύνων. Αντιθέτως, περιλαμβάνει ένα διευρυμένο σύνολο ενδεχόμενων βλαβών, αστοχιών και αντίξοων καταστάσεων (με κοινωνικό, οικονομικό, περιβαλλοντικό ή θεσμικό πρόσημο) και τις μεταξύ τους διασυνδέσεις. Ένας αρκετά εύστοχος ορισμός που δίνεται από τον Οργανισμό των Ηνωμένων Εθνών για τη Μείωση του Κινδύνου των Καταστροφών θεωρεί την τρωτότητα ως *«τις συνθήκες που καθορίζονται από φυσικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες ή διαδικασίες, οι οποίες αυξάνουν την ευαισθησία και την ευπάθεια κάποιου κοινωνικού συνόλου, αναφορικά με τις επιπτώσεις κινδύνων»* (UNDRR, 2024). Σύμφωνα με ερευνητικές βιβλιογραφικές αναφορές και όπως ήδη αναφέρθηκε, το μέγεθος της τρωτότητας μπορεί να θεωρηθεί ο καθοριστικότερος εκ των συντελεστών διαχείρισης ρίσκου και ένα σημαντικότερος δείκτης πιθανών καταστροφών και των συνεπειών τους (Van Niekerk, 2008). Όπως και στην περίπτωση της έννοιας των καταστροφών, για τον σημασιολογικό προσδιορισμό της τρωτότητας κυριαρχούν τρεις θεωρητικές κατηγοριοποιήσεις, κάθε μια εκ των οποίων δίνει διαφορετική βαρύτητα στις παραμέτρους που τη διαμορφώνουν:

Στην **πρώτη** περίπτωση η τρωτότητα αποτελεί τη διασύνδεση μιας εξωγενούς επικίνδυνης κατάστασης, με ένα αστικό σύστημα, περιλαμβάνοντας όλες τις δυνητικές αρνητικές συνέπειες της. Η εν λόγω προσέγγιση δίνει ιδιαίτερη σημασία στον παράγοντα της *έκθεσης* ενός συστήματος, άλλοτε θεωρώντας τις δυο έννοιες ταυτόσημες και άλλοτε θεωρώντας τη ως

βασική παράμετρο για την εμφάνιση κάποιου είδους ευπάθειας. Εν προκειμένω, « η έκθεση και η ευπάθεια ενός συστήματος αποτελούν ανεξάρτητες μεταβλητές, ενώ η αλληλεπίδραση τους καθορίζει τον παράγοντα της επικινδυνότητας, η παρέμβαση της οποίας δύναται να προκαλέσει σημαντικές αρνητικές συνέπειες» (Σαμπουτζάκη & Δανδουλάκη, 2015).

Στη **δεύτερη** περίπτωση, το μέγεθος της τρωτότητας θεωρείται μια ενδογενής διεργασία, δημιουργούμενη από κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες του αστικού συστήματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η παράμετρος της έκθεσης του συστήματος σε κάποιο είδος κινδύνου (πχ. πλημμυρικά φαινόμενα) αντιμετωπίζεται ως έμμεση επίπτωση της ευπάθειας του, η οποία συνθέτει και το βαθύτερο λόγο πρόκλησης των τελικών καταστροφικών επιπτώσεων. Γίνεται αντιληπτό πως η παράμετρος της τρωτότητας προϋπάρχει της παραμέτρου της έκθεσης, ενώ δεν εξαρτάται από τον παράγοντα της επικινδυνότητας. Αντιθέτως, η τρωτότητα συντίθεται από τις κοινωνικοοικονομικές ενδότερες διαδικασίες του συστήματος και τα δομικά πλαίσια του, τοπικής ή διεθνούς εμβέλειας (Ραλλάτου, 2019).

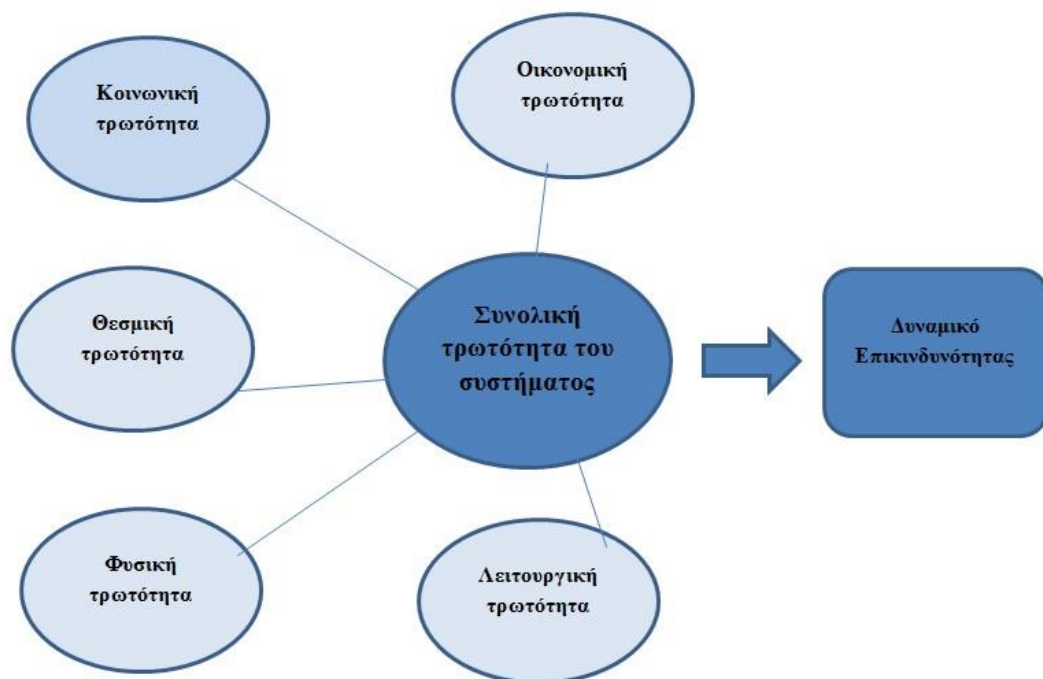
Τέλος, στην **τρίτη** περίπτωση, η οποία είναι και η πλέον χρησιμοποιούμενη στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών κινδύνων και καταστροφών, λαμβάνεται υπόψη ένας εξωτερικός παράγοντας, εν προκειμένω της κλιματικής αλλαγής, ο οποίος σε συνδυασμό με την ευπάθεια του συστήματος και την ικανότητα προσαρμογής του, συνθέτουν την παράμετρο της τρωτότητας. Οι θεωρητικές προσεγγίσεις που υιοθετούν το συγκεκριμένο λογισμό, ορίζουν στα χωρικά όρια του συστήματος μια ατέρμονη αλληλεπίδραση φυσικών και κοινωνικο-πολιτισμικών παραγόντων και συγκεκριμένων αντιλήψεων αντιμετώπισης κάθε πιθανού κινδύνου (Ραλλάτου, 2019). Κατά συνέπεια, η τρωτότητα του συστήματος είναι « ένας σύνθετος παράγοντας, άμεσα εξαρτώμενος από το μέγεθος της έκθεσης, της ευπάθειας και της προσαρμοστικότητας που παρουσιάζονται εντός μιας στενά οριζόμενης εδαφικής οντότητας» (Σαμπουτζάκη & Δανδουλάκη, 2015) (Ζαφειρίου, 2021).

Για τη μείωση του κινδύνου και των συνεπειών των πλημμυρικών και όχι μόνο, φαινομένων, η θέσπιση πολιτικών και στρατηγικών ελάττωσης της τρωτότητας των αστικών συστημάτων είναι μια προϋπόθεση εξέχουσας σημασίας. Ο ορθός προσδιορισμός κάθε είδους ευπάθειας, δύναται να συμβάλλει στην κατάρτιση κατάλληλων σχεδιαστικών προσεγγίσεων, που θα επιτρέψουν την προστασία του ανθρώπινου παράγοντα από κάθε δυνητικό κίνδυνο, φυσικής ή ανθρώπινης προέλευσης.

Εντός ενός αστικού συνόλου, όπως είναι μια πόλη, η τρωτότητα μπορεί να λάβει πολλές μορφές και διαστάσεις, ενώ θα πρέπει να τονιστεί ότι η γενικευμένη χρήση του όρου δεν περιγράφει αποκλειστικά και μόνο τις πιθανές επιπτώσεις ακραίων φαινομένων και καταστάσεων, αλλά και πολύπλευρες διαχρονικές κοινωνικές ευπάθειες (Ward & Shiveley, 2011). Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα που ακολουθεί, οι επιμέρους μορφές τρωτότητας αφορούν:

- Την κοινωνική τρωτότητα, η οποία αναφέρεται στον ανθρώπινο και τον κοινωνικό παράγοντα του αστικού συνόλου και τις αδυναμίες τους (επίπεδο παραγωγικότητας και τεχνογνωσίας, κοινωνικές σχέσεις, συλλογική αντίδραση σε περιπτώσεις καταστροφών, κτλ).
- Την οικονομική τρωτότητα, η οποία αφορά τους οικονομικούς και υλικούς πόρους ενός συστήματος και την ικανότητα διάθεσης τους. Αποτελεί αναμφισβήτητο γεγονός πως οι συνθήκες και τα μέσα διαβίωσης εξαρτώνται άμεσα από την διαθεσιμότητα οικονομικών πόρων, ενώ οι οικονομικές ευπάθειες δύνανται να οδηγήσουν στην περιθωριοποίηση μιας περιοχής, στις χρηματοδοτικές ελλείψεις τοπικών διαχειριστικών φορέων, στα ελλιπή μέτρα πρόληψης και την αναγκαιότητα παροχής εξωγενούς βοήθειας σε περιπτώσεις καταστροφών.
- Τη θεσμική τρωτότητα, η οποία περιλαμβάνει τις διαχειριστικές αστοχίες των αρμόδιων διοικητικών φορέων και την έλλειψη θεσμικών, πολιτικών πλαισίων και δράσεων αντιμετώπισης πιθανών κινδύνων.
- Τη φυσική τρωτότητα, η οποία αναφέρεται ευπάθειες και αστοχίες των οικιστικών υποδομών και του περιβάλλοντος της ευρύτερης περιοχής και την τάση εμφάνισης υλικών απωλειών σε περιπτώσεις καταστροφών.
- Τη λειτουργική τρωτότητα, η οποία περιλαμβάνει τη λειτουργία των υποδομών και υπηρεσιών δημόσιου χαρακτήρα και το επίπεδο ποιότητας, προσβασιμότητας και οργάνωσης τους. Για την περίπτωση των πλημμυρών και φυσικών καταστροφών εν γένει, σημαντικό στοιχείο της συγκεκριμένης μορφής, μπορεί να θεωρηθεί και ο συνολικός αστικός πολεοδομικός σχεδιασμός και ο τρόπος που συνθέτει τις κρισιμότερες λειτουργίες ενός αστικού συνόλου, τόσο κατά την εκδήλωση των φαινομένων όσο και κατά το στάδιο αποκατάστασης των συνεπειών τους.

(Cutter, Boruf, & Shirley, 2003)



Εικόνα 2.1 Η σύνθεση της τρωτότητας του αστικού συστήματος (ιδία αποτύπωση)

Γίνεται σαφές πως η μελέτη της τρωτότητας ενός αστικού συστήματος είναι μια διαφορούμενη διαδικασία πολλαπλών επιπέδων, εντασσόμενων σε πληθώρα επιστημονικών κλάδων, ενώ αναφορικά με τις φυσικές καταστροφές, καθοριστική είναι η συμβολή του πολεοδομικού σχεδιασμού και του τρόπου διάταξης της φυσικής τρωτότητας εντός μιας περιοχής, σύμφωνα με τα επιμέρους αστικά και μορφολογικά της χαρακτηριστικά και παραμέτρους.

Γενικότερα, ο ποσοτικός προσδιορισμός της τρωτότητας είναι το προαπαιτούμενο στάδιο για την πρόβλεψη των ζημιών, εντός περιοχών που είναι επιρρεπείς στην εμφάνιση αιφνιδίων και ταχέως εξελισσόμενων φυσικών φαινομένων όπως είναι οι πλημμύρες (Cutter, Boruf, & Shirley, 2003). Επιπροσθέτως, η μεταβλητότητα της αστικής τρωτότητας και *πολυπλοκότητας* των αστικών συστημάτων, όπως αυτή θα παρουσιαστεί εν συνεχεία, καθιστά επιτακτική την διαρκή καταγραφή και εκτίμηση της, ορίζοντας τη θέσπιση προληπτικών μέτρων και σχεδίων ετοιμότητας μια διαρκώς εξελισσόμενη διαδικασία. Εν συντομία, ο προσδιορισμός της τρωτότητας ευπαθών γεωγραφικών περιοχών, έναντι φυσικών καταστροφών, συντίθεται από τα εξής στάδια:

- Την ταξινόμηση και διαλογή των κρίσιμων παραγόντων και υποσυστημάτων ενός συστήματος και του τρόπου διασύνδεσης τους με την τρωτότητα.
- Την απεικόνιση κάθε επιμέρους παράγοντα μέσω κατάλληλης χαρτογράφησης και χρήσης Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information Systems).
- Την εφαρμογή αναλύσεων πολλαπλών κριτηρίων, κατάλληλα δομημένων βάσει των όλων των επιμέρους παραμέτρων πολυπλοκότητας της επηρεαζόμενης γεωγραφικής περιοχής.
- Τη λεπτομερή μελέτη της τρωτότητας με χρήση εναλλασσόμενων κριτηρίων διαφορετικής βαρύτητας και βαθμού κρισιμότητας.

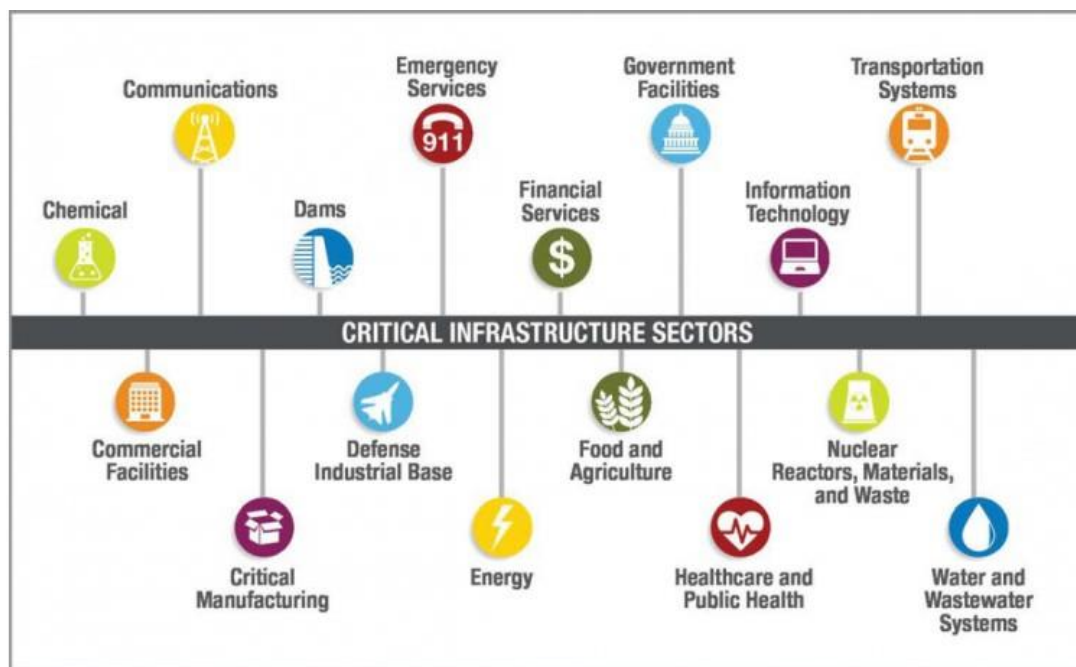
(Yalcin & Akyurek, 2003)

2.2.2 Η παράμετρος της πολυπλοκότητας των αστικών συστημάτων

Οι σύγχρονες αστικές περιοχές αποτελούν σύνθετα συστήματα πολλαπλών επιμέρους δομών και υποσυστημάτων, καθένα εκ των οποίων αποτελεί ένα ολοκληρωμένο και ανεξάρτητο μέρος του συνόλου (Sengupta, 2017). Επιπλέον, κάθε πόλη ανεξαρτήτως μεγέθους, παρουσιάζει μοναδικές γεωγραφικές, περιβαλλοντικές, κοινωνικοοικονομικές και πολιτισμικές παραμέτρους. Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα πως για τον προσδιορισμό της αστικής τρωτότητας, αλλά και για τον ορθό σχεδιασμό πρόληψης και αποκατάστασης εν γένει, ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δοθεί σε συγκεκριμένα αλληλοεξαρτώμενα αστικά υποσυστήματα και στο είδος των λειτουργιών τους.

Επεξηγηματικά, ο χαρακτηρισμός των υποσυστημάτων περιλαμβάνει όλα τα έργα υποδομών και τις λειτουργίες τους, όπως αυτά έχουν σχεδιαστεί για την εξυπηρέτηση των καθημερινών αναγκών κάθε κατοίκου της πόλης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα κρίσιμων υποδομών περιλαμβάνουν τις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης, τις κατοικίες, τα ηλεκτροδοτικά και υδρευτικά δίκτυα, τις εγκαταστάσεις ενέργειας, τα δίκτυα μεταφοράς, επικοινωνίας κτλ (De Felice, Baffo, & Petrillo, 2022). Κάθε είδους υποσυστήματος, αλληλεπιδρά με το συνολικό αστικό ιστό, με διαφορετικό βαθμό και τρόπο (Sengupta, 2017) και για αυτό το λόγο κρίνεται επιτακτική η συμπερίληψη τους σε κάθε στάδιο του αστικού σχεδιασμού, πολλώ δε μάλλον στη διαχείριση κινδύνου και καταστροφής.

Η πόλη, με την ευρεία έννοια του όρου, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα διαρκώς «κινούμενο» και μεταβαλλόμενο ανοικτό σύστημα, το οποίο βρίσκεται σε διαρκή αλληλεπίδραση με το ευρύτερο του περιβάλλον. Παρά το γεγονός αυτό, ορισμένα εκ των αστικών υποσυστημάτων, μπορούν κάλλιστα να θεωρηθούν κλειστά, παρουσιάζοντας μειωμένη ή μηδαμινή αλληλεπίδραση με το ευρύτερο τους περιβάλλον (Benko, 2010). Η διαχείριση καταστροφών και ο προσδιορισμός της τρωτότητας των κλειστών συστημάτων εμπεριέχει συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές που δύναται να αφορούν τον αριθμό των κτιριακών και μεταφορικών εγκαταστάσεων, τις πληθυσμιακές παραμέτρους της περιοχής, ενώ η θεώρηση των πόλεων ως ανοικτά συστήματα, δύναται να αφορά τα σημεία εισόδων ή εξόδων και το βαθμό πρόσβασης τους, τη διαθεσιμότητα μέσωσν επικοινωνίας, κτλ (Ζαφειρίου, 2021). Γίνεται προφανές ότι ο αστικός σχεδιασμός οφείλει να λαμβάνει υπόψη του όλα τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά των υποδομών, την ίδια στιγμή που ο μηχανισμός ανταπόκρισης σε περίπτωση κινδύνου, οφείλει να ενσωματώνει το διαφορετικό βαθμό τρωτότητας και κρισιμότητας των επιμέρους αστικών υποδομών .



Εικόνα 2.2 Υποσυστήματα κρίσιμων υποδομών [πηγή: <https://etn-peter.eu/2021/04/06/basics-of-any-critical-infrastructure/>]

Εν κατακλείδι, οφείλει να σημειωθεί πως για την ανάλυση και αντιμετώπιση μιας αστικής καταστροφής, θα πρέπει να γίνει αντιληπτός ο τρόπος και τα μέσα διασύνδεσης των

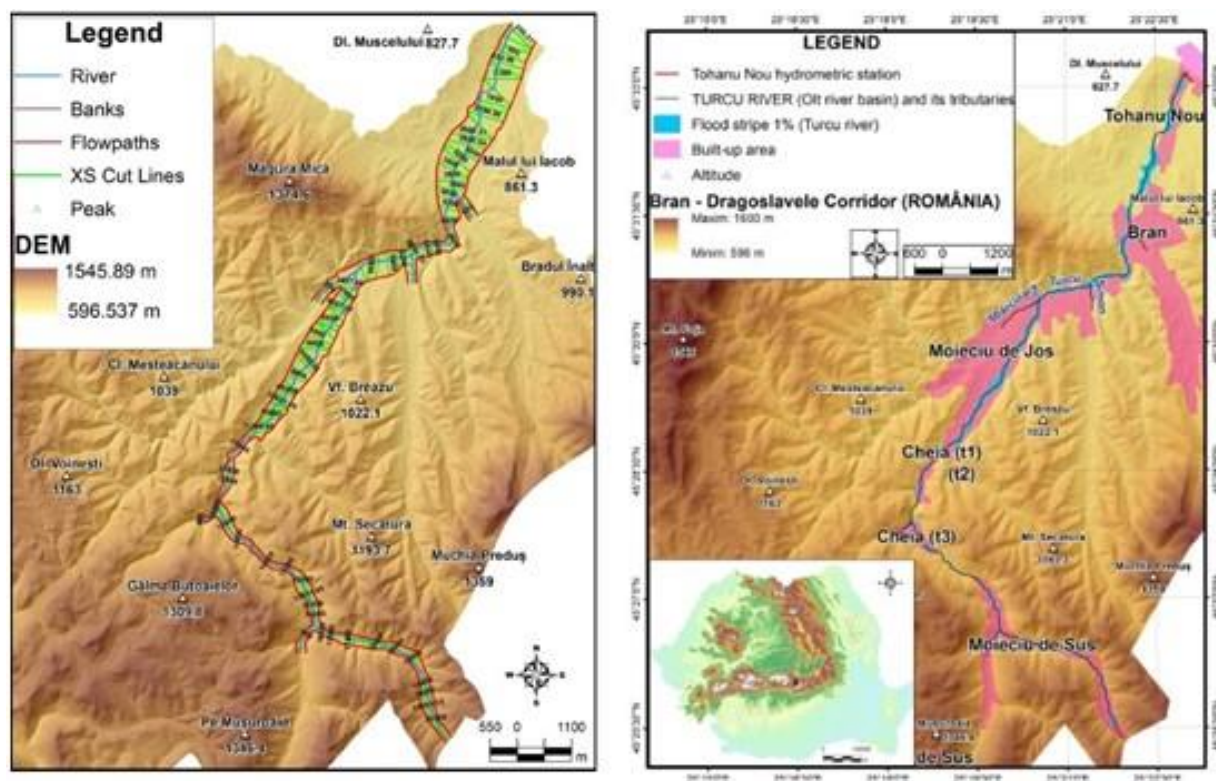
αλληλοεξαρτώμενων αστικών υποσυστημάτων και των επιμέρους δραστηριοτήτων τους. Κατά τις φάσεις του πολεοδομικού σχεδιασμού, της μελέτης της αστικής τρωτότητας και της θέσπισης μέτρων πρόληψης κινδύνου, η ερμηνεία της ευρύτερης αστικής πολυπλοκότητας είναι ένα υποκειμενικό και μεταβαλλόμενο στοιχείο, καθώς αυτή περιλαμβάνει πολλαπλά επίπεδα και δεν είναι εύκολος ο ακριβής προσδιορισμός της. Εντούτοις, είναι εφικτότερη η ανάλυση των παραμέτρων των υποσυστημάτων και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, μέσω της οποίας μπορεί να συνταθεί το γενικό πλαίσιο εκτίμησης της αστικής πολυπλοκότητας. Άλλωστε, το μέγεθος μιας φυσικής καταστροφής, όπως είναι τα πλημμυρικά φαινόμενα και οι επιπτώσεις της, εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος της «σταθερότητας» του αστικού συστήματος, όπως είναι μια πόλη ή μια κατοικημένη περιοχή και των επιμέρους υποδομών που τη συνθέτουν (Ασπρογέρακας, 2022).

2.2.2 Υπόδειγμα πρακτικού προσδιορισμού τρωτότητας και πλημμυρικού κινδύνου

Η παγκόσμια ερευνητική βιβλιογραφία διαθέτει πληθώρα επιστημονικών προσεγγίσεων και υποδειγμάτων προσδιορισμού της πλημμυρικής τρωτότητας κατοικημένων περιοχών, με συνδυαστική χρήση ποικίλων μεθοδολογιών. Στην μελέτη των Trif et al (2023) που παρουσιάζεται συνοπτικά εν συνεχεία, επιχειρείται ο προσδιορισμός του πλημμυρικού κινδύνου στη λεκάνη του ποταμού Turcu, ενός παραποτάμου του Δούναβη, εντοπιζόμενη στη κεντρική Ρουμανία και η οποία επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από ανθρωπογενή πίεση κατά τα τελευταία 40 έτη, εξαιτίας της συγκέντρωσης πολυάριθμων κρίσιμων υποδομών, εγκαταστάσεων και μεταβολές των χρήσεων γης. Μέσω της διεξαγωγής ανάλυσης πολλαπλών κριτηρίων και της χρήσης συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών και στατιστικής ανάλυσης, τίθενται υπό διερεύνηση υδρολογικά και γεωμορφολογικά στοιχεία, με βάση επιμέρους κλιματολογικές, εδαφολογικές και ανθρωπογενείς παραμέτρους, ενώ προσδιορίζεται ο βαθμός του πλημμυρικού ρίσκου και των δυνητικών οικονομικών συνεπειών στην εξεταζόμενη περιοχή.

Η συγκεκριμένη ερευνητική προσέγγιση, χρησιμοποιεί ποικίλα συστήματα γεωγραφικών και υδρολογικών πληροφοριών όπως το HEC-RAS, το MIKE SHE και το LISFLOOD-FP, τα οποία έχουν σχεδιαστεί για την απεικόνιση ζωνών πλημμύρας και τη μοντελοποίηση ρεαλιστικών και αποδοτικών προσομοιώσεων που σχετίζονται με πλημμυρικά φαινόμενα μεγάλων ποτάμιων κοιτών. Τέλος, τα συγκεντρωθέντα αποτελέσματα συντάσσονται σε δομημένες βάσεις δεδομένων σε περιβάλλον GIS, σε μια εύστοχη προσπάθεια κατανόησης των πλημμυρικών

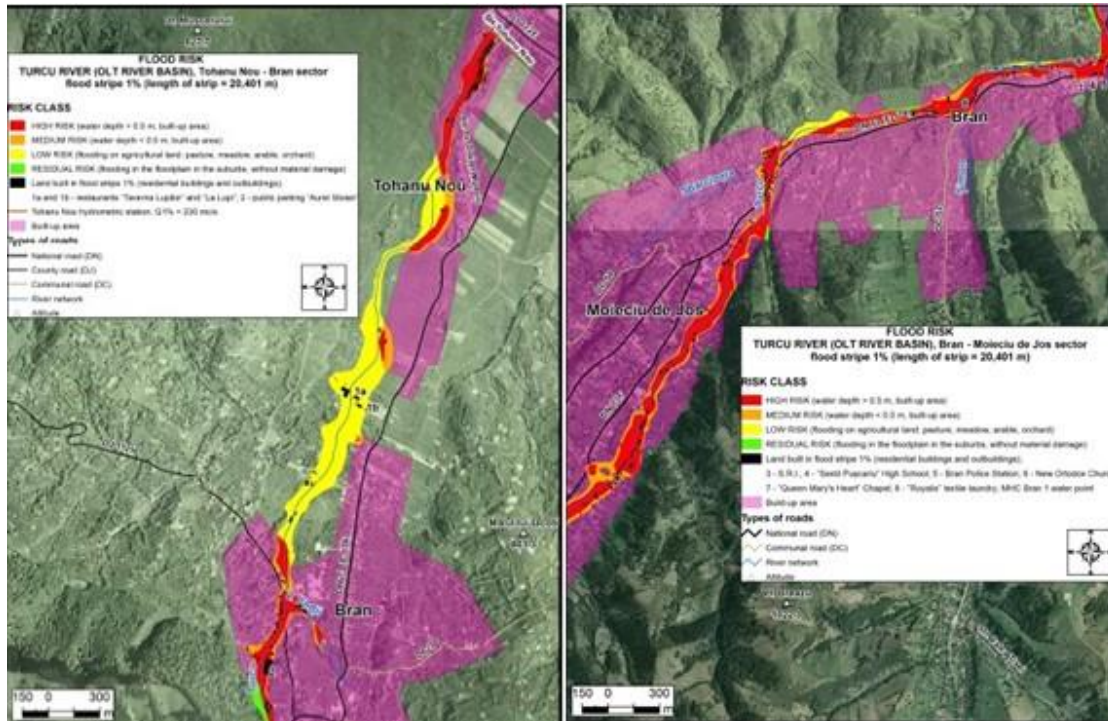
φαινομένων σε βάθος, με στόχο τον εμπλουτισμό της επιστημονικής γνώσης και το μετριασμό των πλημμυρικών επιπτώσεων αναφορικά με ανθρώπινες και υλικές απώλειες.



Εικόνα 2.3 Γεωμετρικό μοντέλο της ποτάμιας περιοχής υπό μελέτη, δημιουργημένο με χρήση του λογισμικού HEC-GeoRAS και απεικόνιση της πλημμυρικής ζώνης (μπλε χρώμα) σε σχέση με τις περιοχές δόμησης (ροζ χρώμα) (Trif, Bilasco, Petrea, Rosca, Fodorean, & Vescan, 2023)

Η χρήση εξειδικευμένου λογισμικού και ο συνδυασμός μεθοδολογιών στατιστικής ανάλυσης και ελέγχου, επέτρεψε τον καθορισμό των σημαντικότερων παραμέτρων και γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της ποτάμιας κοίτης, τον υπολογισμό της στάθμης του νερού στις εγκάρσιες λακκούβες, καθώς επίσης και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων του μονοδιάστατου υδρολογικού μοντέλου, διευκολύνοντας τη δημιουργία της διανυσματικής βάσης δεδομένων (vector database) και των δεδομένων γεωγραφικής απεικόνισης (raster database) που αφορούν την καθορισμένη πλημμυρική ζώνη. Ο προσδιορισμός του πλημμυρικού κινδύνου σε 3 επιμέρους διαστήματα βάθους νερού εντός της πλημμυρικής ζώνης, σε συνδυασμό με την υπέρθεση της πολυπλοκότητας των θεματικών στρωμάτων που αφορούν περιοχές και υποδομές

εντός των οικιστικών περιοχών, συνέβαλλαν στη σύνθεση των χαρτών πλημμυρικού κινδύνου, με δυο εξ αυτών να παρουσιάζονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 2.4 Απεικόνιση του πλημμυρικού ρίσκου σε κατοικημένες περιοχές, με βάση την πολυπλοκότητα τους (Trif, Bilasco, Petrea, Rosca, Fodorean, & Vescan, 2023)

Crit. No.	Commercial (com.), Industrial (ind.), Social-Cultural (s.c.) and Non-Economic (a.d.) Premises Located within or outside Urban Areas	Area of the Building Located in the Flood Plain 1% (m ² of Sce)	* Minimum Value of land Yards Buildings (lei/m ²) Tcc = Sce	* Minimum Value of Infrastructure (Vmi) Built as Commercial, Industrial, Commercial and a.d. Premises. (lei/m ² of Su)	Loss Financial Potential (PFec, min. Value) (RON and EURO)
1.	"Royalis" textile laundry (com.—intrav. Bran)	244.41	47	1160	213,998.41 R
2.	Restaurant "Taverna Lupilor" (com.—** extrav. Bran)	571.01	47	1160	499,960.04 R
3.	Restaurant "La Lupi" (com.—** extrav. Bran)	111.67	47	1160	97,775.06 R
4.	Bottling mineral water "Izvorul Moieciu" (ind.—intrav. Full)	274.22	39	450	98,836.72 R
5.	New Orthodox Church (s.c.—intrav. Bran)	349.98	47	580	161,490.77 R
6.	Chapel "Heart of Queen Mary" (s.c.—intrav. Bran)	32.47	47	580	14,977.94 R
7.	"Sextil Puscariu" High School (s.c.—intrav. Bran)	560.38	47	580	258,495.28 R
8.	Cultural Centre (s.c.—intrav. Moieciu de Sus)	521.4	39	580	236,343.17 R
9.	Gymn. Moieciu de Sus (s.c.—intrav. Moieciu de Sus)	190.85	39	580	86,509.57 R
10.	SRI Headquarters (a.d.—intrav. Bran)	256.37	47	580	118,259.81 R
11.	Bran Police Station (a.d.—intrav. Bran)	295.55	47	580	136,332.99 R
12.	Aurel Stoltan" public parking lot (a.d.—intrav. Bran)	3012.79	47	580 (lei/m ² of Sce)	1,889,019.33 R
13.	MHC Bran 1 water intake (a.d.—extrav. Bran)	8340.39	extravital pasture: 1.11	580 (lei/m ² of Sce)	4,846,684.03 R
	Total	14,761.49	-	-	8,658,683.12 R = 1,765,924.93 E

Πίνακας 2.1 Εκτίμηση των οικονομικών συνεπειών των πλημμυρών, με βάση την κρισιμότητα των υποδομών της περιοχής (Trif, Bilasco, Petrea, Rosca, Fodorean, & Vescan, 2023)

Μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό ότι τόσο οι χάρτες κινδύνου, όσο και τα δεδομένα που εξήχθησαν κατά τη μελέτη, δύνανται να αποτελέσουν σημαντικό εργαλείο αναφορικά με την υλοποίηση τοπικών δράσεων και στρατηγικών σε τομείς όπως ο επανασχεδιασμός χρήσεων γης, ο πολεοδομικός σχεδιασμός, η διαχείριση κινδύνων πλημμύρας, η δημόσια ενημέρωση κτλ.

2.3 Πρακτικές αντιπλημμυρικού σχεδιασμού και αντιμετώπισης των φαινομένων

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από τα στοιχεία που παρατέθηκαν, η αντιπλημμυρική προστασία μιας αστικής περιοχής είναι μια πολυεπίπεδη διαδικασία που απαιτεί εκτενή ανάλυση και προσδιορισμό δευτερευόντων συντελεστών και παραγόντων. Τα μέτρα του αντιπλημμυρικού σχεδιασμού, ακολουθώντας τις επιμέρους φάσεις των καταστροφών, διακρίνονται σε προληπτικά μέτρα, μέτρα απόκρισης και μέτρα μετριασμού των φαινομένων. Κατά τα πρώτα στάδια του αντιπλημμυρικού σχεδιασμού, θα πρέπει να προσδιοριστεί τόσο ο τύπος των παρεμβάσεων, όσο και οι υδρολογικές και χωροταξικές παράμετροι τους, ενώ εφόσον πρόκειται για δομικές παρεμβάσεις, ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στον καθορισμό των διαστάσεων τους και στον τρόπο λειτουργίας τους σε σχέση με άλλα, υπάρχοντα ή μελλοντικά τεχνικά έργα.

2.3.1 Στόχοι αντιπλημμυρικών παρεμβάσεων

Ο κύριος ρόλος των δομικών αντιπλημμυρικών παρεμβάσεων έγκειται στη συγκράτηση των υδατικών αποθεμάτων και στην αύξηση της παροχρητευτικής ικανότητας της υδρολογικής ροής. Δεδομένης της τρωτότητας κάθε είδους δομικών έργων και την πιθανότητα αστοχίας των υλικών τους, η όποια κατασκευαστική αντιπλημμυρική παρέμβαση οφείλει να συνοδεύεται από εξίσου σημαντικές μη κατασκευαστικές παρεμβάσεις και τροποποιήσεις (Matsui, 2022). Γενικότερα, ορισμένες εκ των σημαντικότερων αντιπλημμυρικών παρεμβάσεων αφορούν:

- **Την ελάττωση της πλημμυρικής παροχής αιχμής**

Η πλημμυρική παροχή αιχμής αφορά το μέγιστο ύψος της στάθμης του νερού, κατά τη διάρκεια εκδήλωσης των πλημμυρικών φαινομένων.

Η ελάττωση της μπορεί να καταστεί δυνατή μέσω:

- ✓ Της μείωσης της εδαφικής διάβρωσης εντός των ορεινών ζωνών των λεκανών απορροής

Η έντονη εδαφική διάβρωση των υψομετρικών περιοχών, έχει ως αποτέλεσμα τη συγκέντρωση υψηλών ποσοτήτων νερού έπειτα από ραγδαίες βροχοπτώσεις, οι οποίες με την μεγάλη ταχύτητα

ροής τους προκαλούν συγκέντρωση φερτής ύλης στα κατώτερα τμήματα των ποταμών, μειώνοντας την διοχετευτικότητα τους. Ορισμένα μέτρα που δύνανται να συμβάλλουν στην προστασία των υψομετρικών περιοχών από τη διάβρωση περιλαμβάνουν την κατασκευή βαθμίδων, την κάλυψη του εδάφους με βλάστηση κατακράτησης υδάτων, την κατάλληλη χρήση καλλιεργήσιμης γης, κτλ (Μιχαλόλιας, 2014).

- ✓ Της κατασκευής ταμιευτηρών συγκράτησης ή κατακράτησης υδάτινων όγκων

Η εγκατάσταση ταμιευτήρων συγκράτησης υδάτων δύναται να μειώσει σημαντικά την επιτάχυνση του νερού, μεταβάλλοντας την διοχέτευση του, παρεμποδίζοντας παράλληλα την μεταφορά φερτής ύλης. Η κατασκευή σκυροδεματικών φραγμάτων με κατάλληλες προδιαγραφές, εκτός από την προστασία των περιοχών από πλημμυρικά φαινόμενα και στη μείωση της πλημμυρικής στάθμης, συμβάλει και στη συγκέντρωση υδάτων για ύδρευση, άρδευση και βιομηχανική χρήση (Abbasi, Xu, Lucas-Bozja, Dang, & Liu, 2019).

- ✓ Της κατασκευής υδάτινων διελεύσεων, παράλληλα της ποτάμιας κοίτης

Οι υδάτινες διελεύσεις αποτελούν ουσιαστικά διόδους εκτόνωσης του υδάτινου ρεύματος, η δημιουργία των οποίων διοχετεύει μεγάλο μέρος του υδάτινου όγκου προς διαφορετική κατεύθυνση, μειώνοντας σημαντικά την κύρια πλημμυρική στάθμη.

Σε έκτακτες περιπτώσεις αντιμετώπισης πλημμυρικών καταστροφών σε περιοχές κρίσιμων υποδομών, η προσωρινή και στοχευμένη διάνοιξη χωμάτινων υδατοφραγμάτων, μπορεί να φέρει αντίστοιχα αποτελέσματα (Μιχαλόλιας, 2014).

- **Την αύξηση της διοχετευτικότητας των ποτάμιων κοιτών**

Η αύξηση της διοχέτευσης του υδάτινου όγκου στην κύρια κοίτη των ποταμών μπορεί να επιτευχθεί:

- ✓ Με την αύξηση των διατομών των κοιτών

Η αύξηση του πλάτους και του βάθους της κύριας ποτάμιας κοίτης, μέσω εκατέρωθεν εκσκαφικών εργασιών, συμβάλει άμεσα στην μεγιστοποίηση της υγρής διατομής των ποταμών και κατά συνέπεια αυξάνει τον υδάτινο όγκο που δύναται να διοχετεύσουν.

- ✓ Με τη δημιουργία δευτερευουσών κοιτών

Η δημιουργία δευτερευουσών πλημμυρικών ποτάμιων κοιτών πραγματοποιείται με την κατασκευή χωμάτινων υδατοφραγμάτων κατά μήκος της βασικής κοίτης. Σε περιοχές χαμηλού υψόμετρου και μικρής κλίσης, η εν λόγω πρακτική συντελεί στην αύξηση των διατομών, επιφέροντας τα προαναφερθέντα αποτελέσματα.

- ✓ Με την αύξηση της ταχύτητας της υδατικής ροής

Η αύξηση της ταχύτητας ροής του υδάτινου όγκου των ποταμών μπορεί να επιτευχθεί με συχνούς καθαρισμούς της κοίτης από φερτά υλικά, μείωση της βλάστησης και εξομάλυνση του εδάφους από την εναπόθεση ιζημάτων και διαβρώσεις.

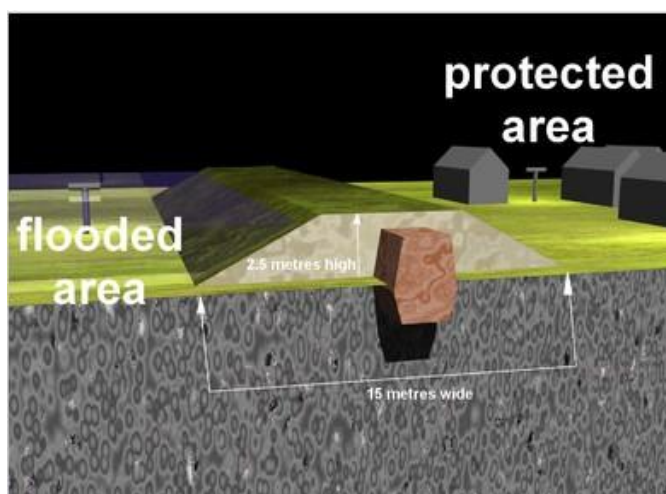
(Μιχαλόλιας, 2014)

2.3.2 Παραδείγματα κατασκευαστικών έργων πρόληψης πλημμυρικών φαινομένων

Οι προαναφερθείσες αντιπλημμυρικές παρεμβάσεις πραγματοποιούνται για την μείωση των επιπέδων διάβρωσης, εντός των λεκανών απορροής και στην προστασία χαμηλών υψομετρικών εκτάσεων από πλημμυρικά φαινόμενα. Ωστόσο, οι αποκλειστικές παρεμβάσεις σε πεδινά τμήματα των ρευματικών κοιτών κρίνονται αρκετά συχνά ανεπαρκείς και άστοχες, αναφορικά με την αντιπλημμυρική προστασία των ευρύτερων περιοχών, κυρίως λόγω της υψηλής και ταχείας συγκέντρωσης φερτής ύλης από υψηλότερα σημεία, η οποία επιφέρει έντονες προσχώσεις και διαβρώσεις εντός των κοιτών.

Είναι προφανές ότι για να μπορέσει να καταστεί επαρκής η αντιπλημμυρική προστασία των πεδινών οικιστικών εκτάσεων, απαιτούνται στοχευμένα κατασκευαστικά έργα εντός των υψομετρικών ποτάμιων περιοχών για την πρόληψη μεταφοράς φερτής ύλης, η συγκράτηση της οποίας σε χαμηλότερα σημεία προϋποθέτει την ύπαρξη σύνθετων και δαπανηρών τεχνικών υποδομών. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η αποδοτική αντιπλημμυρική θωράκιση των τμημάτων των κοιτών στις ορεινές ζώνες, μπορεί να υλοποιηθεί με την δόμηση κάθετων **αναβαθμίδων**, οι οποίες εκτός από τη μείωση της εδαφικής διάβρωσης συντελούν στη μείωση της εδαφικής κλίσης και της επιτάχυνσης των κατερχόμενων ρευμάτων, στη κατακράτηση μεγάλου μέρους της φερτής ύλης και στη διασφάλιση της σωστής κατεύθυνσης της υδατικής ροής (Μιχαλόλιας, 2014) .

Το μέγεθος των υπό κατασκευή βαθμίδων, τα χαρακτηριστικά τους και τα μεταξύ τους διαστήματα εξαρτώνται από την εκάστοτε εδαφική κλίση και τα μορφολογικά στοιχεία της περιοχής στην οποία πραγματοποιείται η παρέμβαση. Οι αναβαθμίδες, αναλόγως της κρισιμότητας του έργου και του μεγέθους της ροής των υδάτων, μπορούν να λάβουν τη μορφή εκτεταμένων κάθετων σκυροδεματικών φραγμάτων ή συρματόπλεκτων κλωβών θολωτού ή επίπεδου σχήματος, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις περιορισμένης έκτασης ποτάμιων κοιτών, μικρής συνήθως παροχευτικότητας, συναντώνται λίθινες, ξύλινες και χωμάτινες αναβαθμίδες, οι οποίες όμως δεν παύουν να απαιτούν διεργασίες τακτικής συντήρησης (Wu, Berhe, & Ashour, 2012).



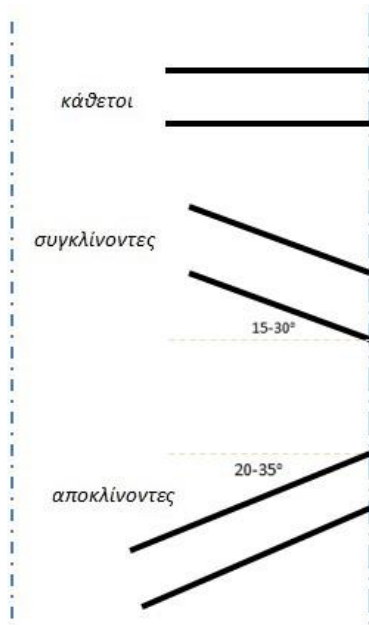
Εικόνα 2.5 Απεικόνιση προστασίας οικιστικής περιοχής με χρήση αναβαθμίδας [πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Flood_embankment#/media/File:Embankmentwithcore.png]

Η αντιπλημμυρική προστασία των περιοχών πλησίον της όχθης ενός ποταμού ή ρέματος, προϋποθέτει την εξομάλυνση των πλαγίων τμημάτων και των πυθμένων, μέσω παράλληλων και κάθετων τεχνικών έργων. Τα παράλληλα έργα αφορούν τη θωράκιση των πρανών του ποταμού, είτε μέσω προστατευτικών **αναχωμάτων** κατά μήκος τους, είτε μέσω **ενίσχυσης** τους με χρήση ανθεκτικών δομικών υλικών (Μιχαηλίδου, 2019). Ιδιαίτερη προσοχή οφείλει να δοθεί στο φυσικό ύψος των αναχωμάτων ή των ενισχύσεων, το οποίο θα πρέπει να είναι ανάλογο της εκτιμηθείσας ανώτατης πλημμυρικής αιχμής.

Η δημιουργία αναχωμάτων είναι ένας αρκετά συνηθισμένος τρόπος αντιπλημμυρικής προστασίας πεδινών οικιστικών εκτάσεων, ενώ ουσιαστικά αφορά συγκέντρωση μεγάλου

χωμάτινου όγκου παράλληλα των ποτάμιων κοιτών. Η τεχνική συμπίεσης του χωμάτινου όγκου και η σύνθεση του βάσει προδιαγραφών, ορίζει τις αναχωματικές ενισχύσεις σε απλές, συμπιεσμένες και συμπυκνωμένες (Μιχαλόλιας, 2014). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το διάστημα μεταξύ των αναχωμάτων θα πρέπει να εξασφαλίζει την επαρκή υποδοχή της μέγιστης εκτιμηθείσας υδατικής ροής, περιβάλλοντας εκατέρωθεν τα βαθύτερα εδαφικά σημεία της κοίτης των ποταμών ή των ρεμάτων.

Από την άλλη μεριά, ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα κάθετων έργων αποτελούν οι **πρόβολοι**, η κατασκευή των οποίων απομακρύνει μεγάλο μέρος του υδάτινου όγκου από τρωτά πλάγια τμήματα των ρεμάτων, συμβάλλοντας καθοριστικά στη μείωση της εδαφικής διάβρωσης τους. Όπως παρουσιάζεται και στο παρακάτω σχήμα, αναλόγως της θέσης και της κατεύθυνσης τους, οι πρόβολοι μπορούν να διακριθούν σε κανονικούς (κάθετη κατεύθυνση προς τον άξονα της κοίτης), σε συγκλίνοντες (αμυντικοί με κατεύθυνση προς τα άνωθεν μέρη της κοίτης) και σε αποκλίνοντες (απωθητικοί με κατεύθυνση προς τα κάτωθεν μέρη) αντιστοίχως. Σε κάθε περίπτωση τα κύρια μέρη ενός προβόλου περιλαμβάνουν τη ρίζα (η οποία θεμελιώνεται εντός της όχθης), την κεφαλή (το άκρο προς την πλευρά της ροής των υδάτων), τη στέψη (η επίπεδη άνωθεν επιφάνεια του) και τις πλευρές του, οι οποίες δύνανται να έχουν κατακόρυφο, κεκλιμένο ή κλιμακωτό προσανατολισμό (Μιχαλόλιας, 2014).



Εικόνα 2.6 Τύποι προβόλων (ιδία αποτύπωση)

Τέλος, ένα εξαιρετικά αποτελεσματικό κατασκευαστικό τεχνικό έργο για την ανάσχεση πλημμυρικών γεγονότων είναι ο **ταμιευτήρας** συγκράτησης. Τα συγκεκριμένα έργα, ουσιαστικά συντίθενται από φράγματα συλλογής των επιφανειακών πλημμυρικών απορροών, τα οποία διασφαλίζουν την εξομάλυνση της υδατικής ροής προς τις κάτωθεν περιοχές τους. Ο συγκεντρωμένος υδατικός όγκος αποθηκεύεται σε προσωρινά σε τεχνητές λεκάνες, προς μετέπειτα χρήση (άρδευση, ύδρευση, παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, κτλ) ή σταδιακή απελευθέρωση. Όπως είναι φυσικό, όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος του ταμιευτήρα τόσο αποτελεσματικότερη είναι η αντιπλημμυρική προστασία που παρέχει στην ευρύτερη περιοχή (ERMIS-F, 2024).



Εικόνα 2.7 Αποτύπωση του φράγματος Ταυρωπού στο Νομό Καρδίτσας [πηγή: https://eemf.gr/Fragmata_Elladas_201311.pdf]

Η πλέον αποδοτική μεθοδολογία ελέγχου των πλημμυρικών ροών, έγκειται σε ένα σύνθετο πλάνο διαχείρισης των υδατικών αποθεμάτων, το οποίο θα καθορίζει τόσο τον αποθηκευμένο όγκο όσο και την εκφόρτιση των κύριων φραγματικών σωμάτων που εγκαθίστανται εντός της λεκάνης απορροής των ποταμών και των ρεμάτων. Η μη καταστροφική, σταδιακή και ελεγχόμενη απελευθέρωση των πλημμυρικών υδάτων στη λεκάνη απορροής, εξασφαλίζει τον απαιτούμενο χώρο συγκέντρωσης δυνητικών πλημμυρικών όγκων, πριν την εποχή εκδήλωσης έντονων βροχοπτώσεων. Τα εν λόγω κατασκευαστικά έργα αποτελούν ένα μέσο οριστικής

σχεδόν εξάλειψης των πλημμυρικών καταστροφών, ενώ η κατασκευή τους υπόκειται σε ένα ευρύ πολιτικό πλαίσιο περιβαλλοντικού σχεδιασμού και ανάπτυξης (ERMIS-F, 2024).

2.3.3 Η σημασία του συνδυασμού των υδρονομικών έργων και παραμέτρων

Οι υδρονομικές παρεμβάσεις ανάλογα με το είδος και τα επιμέρους χαρακτηριστικά τους μπορούν να διακριθούν σε έργα τεχνικής (ή κατασκευαστικής), αγροτεχνικής και φυτοκομικής φύσεως. Παράλληλα με τα κατασκευαστικά έργα, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, δύνανται να υλοποιηθούν ποικίλες αγροτεχνικές παρεμβάσεις εντός των ποτάμιων κοιτών και των λεκανών απορροής, όπως η εδαφική κατεργασία, η δημιουργία τάφρων, ο μετασχηματισμός της εδαφικής επιφάνειας και σύστασης, κτλ. Από την άλλη μεριά, οι φυτοτεχνικές παρεμβάσεις περιλαμβάνουν την αναδάσωση και αναθάμνωση εκτάσεων, τη στοχευμένη δασοκομική διαχείριση και θέσπιση γεωργικών και καλλιεργητικών κανονιστικών πλαισίων (Στεφανίδης, 2007).

Θα πρέπει να καταστεί σαφές ότι για την αποτελεσματική και μακροπρόθεσμη διαχείριση των πλημμυρικών φαινομένων ο συνδυασμός όλων των παραπάνω **αλληλένδετων** κατηγοριών υδρονομικών παρεμβάσεων είναι αναγκαίος. Τα προαναφερθέντα κατασκευαστικά έργα δεν δύνανται να καταστούν αποτελεσματικά εφόσον δεν πραγματοποιηθούν ανάλογες φυτοτεχνικές παρεμβάσεις στις ορεινές περιοχές παραγωγής φερτής ύλης, ενώ αντιστοίχως η σύνθεση βλάστησης σε διαβρωμένα εδάφη προϋποθέτει την πρωτύτερη σταθεροποίηση και εξομάλυνση τους με αγροτεχνικές μεθόδους.

Η διαχείριση και η αποτροπή χειμαρρωδών ρευμάτων σε περιοχές έντονης πλημμυρικής επικινδυνότητας, προϋποθέτει επίσης την εξισορρόπηση του φυσικού περιβάλλοντος, σε σχέση με τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις και την άσκηση ανθρώπινων δραστηριοτήτων εντός των λεκανών απορροής (Στεφανίδης, 2007). Άλλωστε, αποτελεί σύνηθες φαινόμενο, η όποια διαταραχή της φυσικής ισορροπίας να αποτελεί το έναυσμα δημιουργίας νέων πλημμυρικών φαινομένων, καθιστώντας την αντιπλημμυρική διευθέτησή τους μια ατέρμονη διαδικασία.

2.4 Το πλαίσιο της ευρωπαϊκής οδηγίας 2007/60/ΕΚ

Καθώς τα πλημμυρικά φαινόμενα μπορούν να επιφέρουν τεράστιες καταστροφές και εκτεταμένες μακροπρόθεσμες συνέπειες αναφορικά με την ευζωία των πολιτών, τον πολιτισμό, τις οικονομικές συνθήκες και το φυσικό περιβάλλον, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο θέσπισε την

οδηγία 2007/60/EK, η οποία θεσμοθετεί τις επιμέρους συνθήκες στοχευμένης αξιολόγησης, μελέτης, χαρτογράφησης και σχεδιασμού, θέτοντας ως στόχο την ελάττωση του πλημμυρικού κινδύνου σε όλα τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΥΠΕΚΑ, 2024). Σύμφωνα με το συγκεκριμένο ψήφισμα, ορισμένες κοινά αποδεκτές παραδοχές που οδηγούν στη μεγέθυνση του πλημμυρικού ρίσκου και των επιπτώσεων των πλημμυρικών καταστροφών αφορούν:

- Την έντονη συγκέντρωση ανθρώπινων δραστηριοτήτων και παρεμβάσεων, αναφορικά με τη δόμηση οικιστικών και οικονομικών ή άλλων υποδομών εντός των πλημμυρικών ζωνών σε πολλά κράτη της Ε.Ε.
- Την έντονη διάβρωση, την αλλοίωση της σύστασης και τη μειωμένη ικανότητα συγκράτησης υδάτινου όγκου του εδάφους, οφειλόμενων κυρίως στις μεταβολές των χρήσεων γης και στην ακαταλληλότητα τους.
- Την επίδραση της κλιματικής αλλαγής, τόσο αναφορικά με τις υφιστάμενες επιπτώσεις της, όσο και σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των μελλοντικών συνεπειών.

Βάσει του πλαισίου της οδηγίας η διαχείριση του πλημμυρικού κινδύνου συντίθεται σε τρεις επιμέρους φάσεις:

Κατά την **πρώτη** φάση εμπεριέχεται ο προσδιορισμός του πλημμυρικού ρίσκου, ενώ βάσει των διατυπωμένων διαδικασιών, κάθε κράτος υποχρεούται να εφαρμόσει πλήρη αξιολόγηση του κινδύνου εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων, σε κάθε γεωγραφική περιοχή που εντοπίζονται λεκάνες απορροής ποταμών ή εγκαταστάσεις και υποδομές διαχείρισης της υδρολογικής ροής τους. Η πλήρης χαρτογράφηση των λεκανών απορροής, ο προσδιορισμός των Ζωνών Υψηλού Δυνητικού Πλημμυρικού Ρίσκου, η αποτύπωση όλων των επιμέρους γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής, η καταγραφή παλαιότερων πλημμυρικών φαινομένων και η πρόβλεψη δυνητικών πλημμυρικών συνεπειών, αποτελούν μερικά από τα επιμέρους χαρακτηριστικά του πρώτου σταδίου, το οποίο θέτει ως στόχο τον προσδιορισμό τόσο των αστικών ή μη περιοχών, στις οποίες δύνανται να προκληθούν πλημμυρικά φαινόμενα, όσο και της τρωτότητας τους (Λίτσιου, 2020).

Επεξηγηματικά, για την εκτίμηση της τρωτότητας και των δυνητικών οικονομικών ή άλλων συνεπειών, λαμβάνεται υπόψη η κρισιμότητα των υποδομών των περιοχών (πχ. η ύπαρξη οικιστικών ή παραγωγικών ζωνών, πολιτιστικών στοιχείων, κτλ), ενώ ως περιοχές υψηλού

πλημμυρικού ρίσκου θεωρούνται τα σημεία έντονης προσχωματικής απόθεσης και οι περιοχές μικρής εδαφικής κλίσης (<2%) (Σούρλας, 2021).

Κατά τη **δεύτερη** φάση του πλαισίου και όπως παρουσιάστηκε σε προηγούμενο σημείο του παρόντος κεφαλαίου ως υπόδειγμα, κάθε μέλος οφείλει να συνθέσει ολοκληρωμένους χάρτες ρίσκου, βάσει συγκεκριμένων πλημμυρικών σεναρίων, στους οποίους θα αποτυπώνεται η επικινδυνότητα των υπό μελέτη περιοχών, ενώ σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να διατυπώνεται η πλημμυρική έκταση και αιχμή και οι ταχύτητες των υδατικών ροών. Τέλος, κάθε χάρτης επικινδυνότητας οφείλει να συνοδεύεται από την εκτίμηση των πλημμυρικών συνεπειών (ανθρώπινων, οικονομικών απωλειών, κτλ) βάσει των εντοπιζόμενων υποδομών κάθε περιοχής (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2007).

Στην **τρίτη** φάση, εμπεριέχεται η θέσπιση συγκεκριμένων διαχειριστικών και στρατηγικών πλάνων του πλημμυρικού ρίσκου, βάσει όλων των συνταχθέντων στοιχείων των προηγούμενων σταδίων. Τα εν λόγω πλάνα αφορούν την αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων και επιπτώσεων για κάθε λεκάνη απορροής ξεχωριστά, μέσω εστιασμένων δράσεων και πρακτικών. Πιο συγκεκριμένα στα σχέδια αποτυπώνονται λεπτομερώς:

- οι κύριοι στόχοι αντιμετώπισης του πλημμυρικού κινδύνου
- οι αναγκαίες παρεμβάσεις βάσει προτεραιότητας για την ολοκλήρωση των εν λόγω στόχων
- τα αποτελέσματα της αξιολόγησης πλημμυρικού ρίσκου και η συνταχθείσα χαρτογράφηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας

Επιπροσθέτως, τα σχέδια διαχείρισης του πλημμυρικού κινδύνου διαμορφώνουν τις επιμέρους λειτουργίες της αποτροπής, της εγρήγορσης, της απόκρισης και της αποκατάστασης, συνυπολογίζοντας τις εκτιμήσεις πλημμυρικού κινδύνου, τη χρήση προειδοποιητικών συστημάτων και αναλύοντας τις κρίσιμες παραμέτρους κάθε λεκάνης απορροής (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2007).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι τα προτεινόμενα δομικά και μη δομικά μέτρα πρόληψης και αποκατάστασης που περιλαμβάνονται στο τρίτο στάδιο της οδηγίας, διακρίνονται βάσει του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος σε «γκρίζες και πράσινες υποδομές» (Σούρλας, 2021). Η χρήση συμβατικών δομικών υλικών σκυροδέματος για την κατασκευή μέτρων αντιπλημμυρικής

προστασίας καθιστά τις συγκεκριμένες υποδομές λιγότερο φιλικές προς το περιβάλλον, ενώ αντιθέτως οι αγροτεχνικές και φυτοτεχνικές υδρονομικές παρεμβάσεις, θεωρούνται ως εξαιρετικά βιώσιμες λύσεις αντιπλημμυρικού σχεδιασμού. Σε κάθε περίπτωση και όπως έχει διατυπωθεί στα πλαίσια του τρέχοντος κεφαλαίου, ο συνδυασμός όλων των τύπων υδρονομικών παρεμβάσεων αποτελεί τη βέλτιστη λύση πρόληψης των πλημμυρικών καταστροφών .

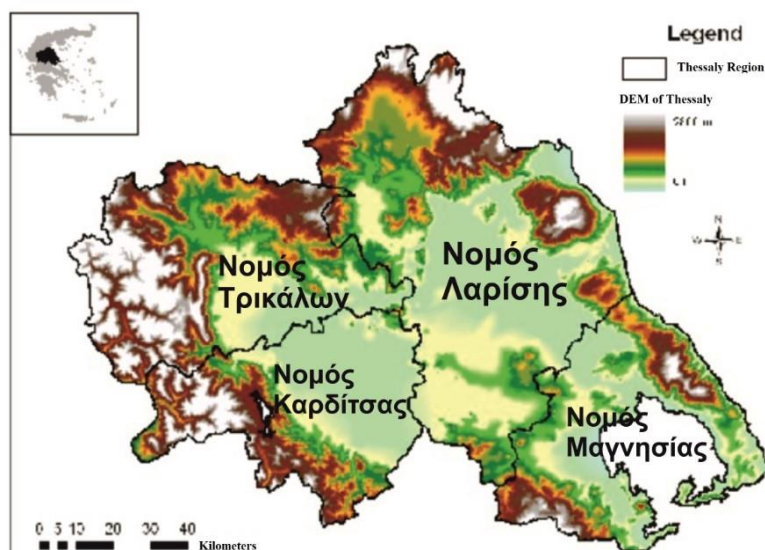
Η υλοποίηση και εφαρμογή των σχεδίων, εξατομικεύοντας τα χαρακτηριστικά και τις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε γεωγραφικής περιοχής, οφείλουν να διασφαλίζουν παράλληλα την τήρηση των στόχων βιωσιμότητας, όπως αυτοί έχουν θεσπιστεί στα πλαίσια της προγενέστερης ευρωπαϊκής οδηγίας 2000/60/EK και αφορά τα επιμέρους συστήματα του υδροφόρου ορίζοντα (Οικονόμου, 2019). Ο συνδυασμός των δύο διατυπωθέντων οδηγιών κρίνεται ότι συντελεί στη σύνθεση ενός ευρύτερου και δομημένου συστήματος διαχείρισης των ποτάμιων λεκανών απορροής, ενώ εστιάζοντας στις αστοχίες, τις παραλείψεις και προγενέστερες πλημμυρικές καταστροφές του ελληνικού χώρου, θα μπορούσε να τονιστεί η αναγκαιότητα του συντονισμού των δυο πλαισίων.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί μελετάται η περίπτωση του κυκλώνα «Ιανού», ο οποίος έπληξε με ιδιαίτερη σφοδρότητα την περιοχή του Νομού Καρδίτσας, εξετάζονται οι συνέπειες του φαινομένου για την ευρύτερη γεωγραφική περιοχή, ενώ πραγματοποιείται αποτίμηση των αιτιών της σημειωθείσας καταστροφής, μελετώντας τα σχέδια διαχείρισης κινδύνων και τα έργα αποκατάστασης, όπως αυτά έχουν θεσπιστεί από την αρμόδια διοικητική Περιφέρεια.

Κεφάλαιο 3^ο: Μελέτη περίπτωσης του κυκλώνα «Ιανού» στο Νομό Καρδίτσας

3.1 Βιοκλιματικά στοιχεία, γεωμορφολογία και υδρολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής

Το γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας συνθέτει τη μεγαλύτερη πεδιάδα του ελλαδικού χώρου, σχηματίζοντας ουσιαστικά μια υδρολογική λεκάνη, περιβαλλόμενη από ορεινούς και ημιορεινούς όγκους. Όπως παρουσιάστηκε σε προηγούμενα σημεία της παρούσας εργασίας, τόσο οι χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας, όσο και τα καταγραφέντα συμβάντα, καταδεικνύουν ότι η θέση και η αναγλυφική ομαλότητα της συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής, την καθιστούν εξαιρετικά ευπαθή σε πλημμυρικές καταστροφές. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα ιδιαίτερα βιοκλιματικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών του θεσσαλικού κάμπου, ευθύνονται για την διευρυμένη ανάπτυξη του αγροτικού και κτηνοτροφικού παραγωγικού τομέα, ο οποίος συμβάλλει σε εξαιρετικά μεγάλο ποσοστό στο συνολικό Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν της Ελλάδας. Όπως παρουσιάζεται και στο χάρτη που ακολουθεί, η Θεσσαλία χωρίζεται στις Περιφερειακές Ενότητες Καρδίτσας, Τρικάλων, Λαρίσας και Μαγνησίας, ενώ μικρής κλίμακας υψομετρικά στοιχεία, διαιρούν την ευρύτερη περιοχή σε δυο επιμέρους πεδιάδες, της Καρδίτσας (στα δυτικά) και της Λαρίσας (στα ανατολικά).



Εικόνα 3.1 Ψηφιακό Μοντέλο επιφάνειας (DEM) της Θεσσαλίας [*προσαρμογή από: https://www.researchgate.net/figure/Digital-elevation-model-of-Thessaly-region_fig1_29630043*]

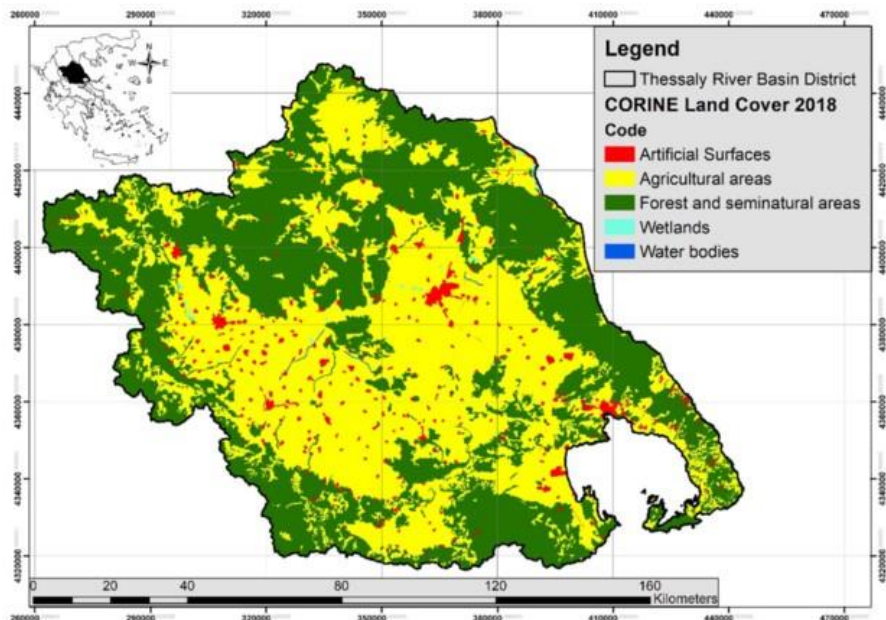
Η έκταση του θεσσαλικού γεωγραφικού διαμερίσματος εκτιμάται περί τα 14.000 χλμ², καλύπτοντας άνω του 10% της συνολικής έκτασης της Ελλάδας. Στα βόρεια τμήματα του συνορεύει με τη Μακεδονία, στα δυτικά με την Ήπειρο, ενώ στα νότια τμήματα συνορεύει με περιοχές της Στερεάς Ελλάδος. Τέλος, τα ανατολικά τμήματα της Θεσσαλίας βρέχονται από το Αιγαίο Πέλαγος.

Γεωμορφολογικά, το έδαφος της Θεσσαλίας είναι κατά το ήμισυ ορεινό ή ημιορεινό, ενώ στο υπόλοιπο περιλαμβάνονται οι εκτάσεις του θεσσαλικού κάμπου, τον οποίο διασχίζει ο Πηνειός ποταμός και το δίκτυο παραποτάμων του. Στις ορεινές θεσσαλικές εκτάσεις εντοπίζονται ο Όλυμπος, τα νότια τμήματα της Πίνδου, τα βόρεια τμήματα των Αγράφων, καθώς επίσης και τα όρη Όσσα, Όθρυς και Πήλιο. Ένα εξαιρετικά σημαντικό έργο, γεωστρατηγικής και οικονομικής αξίας, αποτελεί η τεχνική λίμνη του Ταυρωπού στο νομό Καρδίτσας, η οποία δημιουργήθηκε με απόφραξη του ομώνυμου παραποτάμου του Αχελώου.

Στις ανατολικές παράκτιες περιοχές της Θεσσαλίας επικρατούν μεσογειακές κλιματολογικές συνθήκες, στις κεντρικές πεδινές εκτάσεις το κλίμα θεωρείται ηπειρωτικό και στις δυτικές υψομετρικές περιοχές, το κλίμα που επικρατεί είναι ορεινό. Οι τιμές της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας των θεσσαλικών περιοχών ανέρχονται σε 16-17° Κελσίου, ενώ καθώς οι θερμοί καλοκαιρινοί μήνες παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά από τους ψυχρότερους χειμερινούς, η τιμή του ετήσιου θερμομετρικού εύρους, δύναται να ξεπερνά τους 22° Κελσίου. Οι βροχοπτώσεις είναι ιδιαίτερα έντονες στα ορεινά ή ημιορεινά δυτικά και ανατολικά τμήματα, κυρίως από τον Οκτώβριο έως και τα τέλη του Ιανουαρίου, ενώ αντιθέτως, κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, ιδιαίτερα στις περιοχές του κάμπου, επικρατούν συνθήκες έντονης και παρατεταμένης ξηρασίας (Αναγνωστοπούλου, 2013).

Όπως αναφέρθηκε, η θέση, η μορφολογία και οι κλιματικές συνθήκες των πεδινών περιοχών της Θεσσαλίας, παρέχουν εξαιρετικά ευνοϊκές συνθήκες καλλιέργειας και για αυτό το λόγο το μεγαλύτερο ποσοστό του εδάφους καλύπτεται από γεωργικές καλλιέργειες. Οι υψομετρικές περιοχές αποτελούν στην πλειοψηφία τους βραχώδεις εκτάσεις, περιορισμένης βλάστησης, θαμνώδων ή πλατύφυλλων αειθαλών ειδών. Όπως παρουσιάζεται και στον ακόλουθο χάρτη, οι γεωργικές εκτάσεις καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσεων γης (51.7%), με τις δασικές ή προστατευόμενες φυσικές εκτάσεις (45%) και αστικές ή δομημένες εκτάσεις (2.5%) να ακολουθούν με χαμηλότερα ποσοστά (European Commission, 2024). Οι δασικές περιοχές

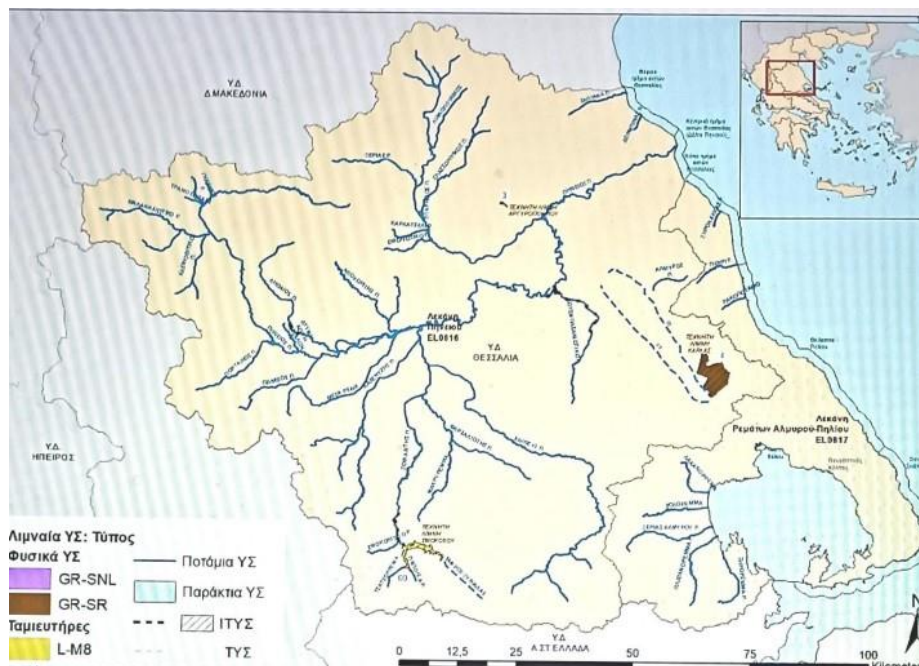
εντοπίζονται σε ορεινές περιοχές του Πηλίου, των Τρικάλων και του συμπλέγματος της Όσσας, με αυτές του νομού Καρδίτσας να είναι συγκριτικά περιορισμένες.



Εικόνα 3.2 Οι χρήσεις γης στη Θεσσαλία (Alamanos, Koundouri, Papadaki, & Pliakou, 2022)

Ο υδροφόρος ορίζοντας της Θεσσαλίας είναι εξαιρετικά πλούσιος αναφορικά με υπόγεια υδατικά αποθέματα και επιφανειακές συγκεντρώσεις. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στη μεγάλη διαπερατότητα του εδαφικού σχηματισμού της πεδιάδας και της σύστασης του, στοιχεία τα οποία ευνοούν την απορροή των επιφανειακών υδάτων. Η τροφοδοσία των υπόγειων υδροφορέων πραγματοποιείται τόσο από την απορροή των βρόχινων υδάτων, όσο και από την εκροή υπόγειων υδάτων του καρστικού δικτύου (Αναγνωστοπούλου, 2013).

Σύμφωνα με την Εθνική Επιτροπή Υδάτων εντός του γεωγραφικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας εντοπίζονται δυο επιμέρους λεκάνες απορροής, αυτής του Πηνειού και αυτής των ρεμάτων Αλμυρού και Πηλίου. Η παρούσα μελέτη εστιάζει στην λεκάνη απορροής του Πηνειού, η έκταση της οποίας ανέρχεται σε 11.062 km^2 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2014) και διασχίζεται από τον Πηνειό και το ευρύτερο δίκτυο των παραποτάμων του, όπως αυτό αποτυπώνεται στο χάρτη που παρατίθεται εν συνεχεία.



Εικόνα 3.3 Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής του Πηνειού (Μιγκίρος, 2022)

Ο Πηνειός είναι το τρίτο μεγαλύτερο ποτάμι της χώρας και οι πηγές του εντοπίζονται στο όρος Λάκμος, το οποίο συνθέτει τμήμα της νότιας Πίνδου, στο σημείο συμβολής του Μαλακασιώτη ποταμού και του ρέματος Μουργκανίου. Καθώς εισέρχεται στην πεδιάδα των Τρικάλων, ενώνεται με τους παραπόταμους Ληθαίο και Νεοχωρίτη, ενώ από τα νοτιοδυτικά εκβάλλουν σε αυτόν επιμέρους ρέματα της Πίνδου και του όρους Όθρυς (Πορταϊκός, Πάμισος, Καλέντζης, Σοφαδίτης, Ενιπέας), τα οποία σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων φέρουν μεγάλο υδάτινο όγκο. Συγκεντρώνοντας όλους τους παραποτάμους και τα ρέματα στα δυτικά του θεσσαλικού κάμπου, ο Πηνειός με πλήρη διαπλάτυνση της κοίτης του εισέρχεται στην ανατολική πεδιάδα του Νομού Λαρίσης, πραγματοποιώντας τεχνητή διακλάδωση.

Η βορειοανατολική διακλάδωση του Πηνειού, σχηματίζοντας μαιανδρική διαδρομή μήκους άνω των 6 χιλιομέτρων, ενώνεται με τον παραπόταμο Τιταρήσιο ή Ξεριά που πηγάζει από τα δυτικά του Ολύμπου, ενώ διασχίζοντας την κοιλάδα των Τεμπών εκβάλλει εντός του Θερμαϊκού Κόλπου, έπειτα από μια συνολική διαδρομή 215 χιλιομέτρων. Εκτιμάται ότι εντός της λεκάνης απορροής του Πηνειού επιτυγχάνεται η άρδευση άνω των 2,3 εκατομμυρίων στρεμμάτων γεωργικών καλλιεργειών και η ύδρευση πολλών οικισμών (Νικολόπουλος & Ευστρατιάδης),

ενώ λόγω της αυξανόμενων ελλείψεων, η κατασκευή φραγματικών έργων επέκτασης αποτελεί ένα διαρκές αντικείμενο μελέτης της αρμόδιας διοικητικής Περιφέρειας.

Σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές, η λεκάνη απορροής του Πηνειού εκτείνεται σε μια περιοχή άνω των 11.000 χλμ², με το μέσο ύψος των ετήσιων βροχοπτώσεων να εκτιμάται σε 779 χιλιοστά και τη μέση ετήσια απορροή να ανέρχεται σε 3.140 x 10⁶ κυβικά μέτρα νερού, από τα οποία τα 2.558 κυβικά εκατοστόμετρα αποτελούν επιφανειακά ύδατα και τα 590 κυβικά εκατοστόμετρα συνθέτουν υπόγειους υδάτινους όγκους. Το ρηχότερο σημείο της κύριας κοίτης του ποταμού εκτιμάται σε 1,4 μέτρα, ενώ το βαθύτερο σημείο ξεπερνά τα 7 μέτρα. Κατά τις περιόδους των έντονων χειμερινών βροχοπτώσεων η στάθμη αυξάνεται άνω των 4 μέτρων, σχηματίζοντας ορμητικά ρεύματα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ροή του ποταμού εντός σημείων έντονης στενότητας, κυρίως στις περιοχές των Γόννων και του Ζάρκου της Περιφερειακής Ενότητας Λαρίσης, ευθύνεται για τη δημιουργία έντονων εδαφικών προσχώσεων και πλημμυρικών φαινομένων (Γκισάκης, 2004).

3.2 Χαρακτηριστικά της περιοχής υπό μελέτη

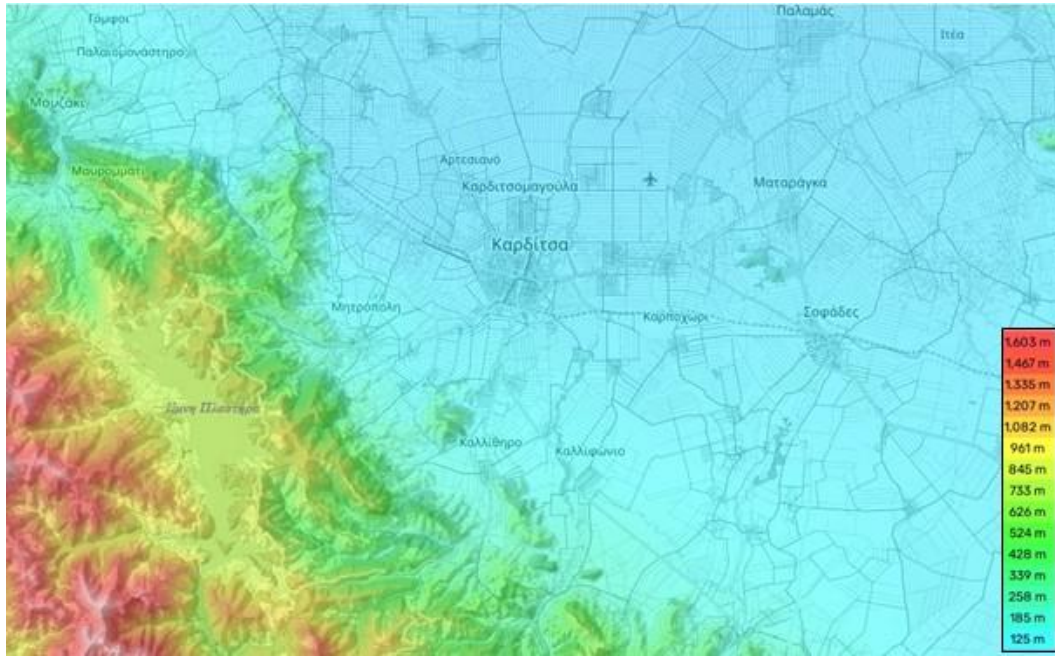
3.2.1 Μορφολογικά και υδρολογικά στοιχεία

Η Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας εντοπίζεται στα νοτιοδυτικά του θεσσαλικού γεωγραφικού διαμερίσματος και αποτελεί το μικρότερο εκ των τεσσάρων νομών με την έκταση της να ανέρχεται σε 2.637 χλμ², περιλαμβάνοντας τους Δήμους Καρδίτσας, Αργιθέας, Λίμνης Πλαστήρα, Μουζακίου, Παλαμά και Σοφάδων

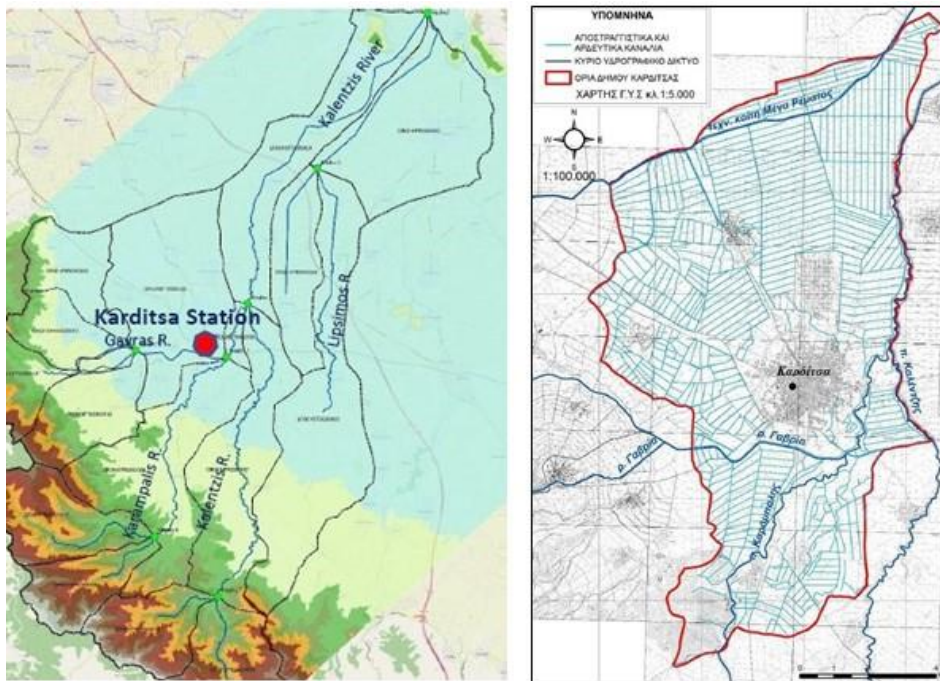
Μορφολογικά, το σχήμα του Δήμου Καρδίτσας θα μπορούσε να οριστεί ως μια μακρόστενη λεκάνη λεβητοειδούς όψης, με την τιμή του μέγιστου πλάτους της να ανέρχεται σε 37 χιλιόμετρα και του μέγιστου μήκους της σε 83 χιλιόμετρα αντίστοιχα. Το μεγαλύτερο μέρος της συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής είναι πεδινής γεωμορφολογίας, με εξαίρεση τη νοτιοδυτική πλευρά της που περιλαμβάνει ορεινές και ημιορεινές περιοχές, ενώ το υψομετρικό εύρος υπολογίζεται περί τα 100-400 μέτρα (ΥΠΕΝ, 2024).

Η περιοχή εντάσσεται στην υδρολογική λεκάνη του Πηνειού και του Αχελώου, με το διευρυμένο δενδροειδές υδρογραφικό της δίκτυο να συντίθεται από τέσσερις κύριους ποταμούς και πληθώρα ρεμάτων, μικρότερων παραποτάμων και καναλιών άρδευσης και αποστράγγισης υδάτων. Παρακάτω αποτυπώνεται η υψομετρική απόκλιση του μεγαλύτερου μέρους της

Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας, καθώς επίσης και το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, με τη θέση των κυριότερων ποταμών.



Εικόνα 3.4 Υψομετρική αποτύπωση της ευρύτερης περιοχής της Π.Ε. Καρδίτσας (ιδία επεξεργασία)



Εικόνα 3.5 Το υδρογραφικό δίκτυο της Π.Ε. και του Δήμου Καρδίτσας (Vasiliades, Farsirotou, & Psilonikos, 2022), (Βαλάσσα, Τσατσαρέλης, Μουτσανίδης, Σακελλαρίου, & Λιαλιάρης, 2015)

Η ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας διαρρέεται από 4 κύρια ρεύματα, με δυτική κατεύθυνση, τους ποταμούς Καλέντζη, Καράμπαλη, το ρέμα Γαβριά και το Μέγα Ρέμα. Ένα βασικό χαρακτηριστικό της περιοχής είναι η έντονη μορφολογική και τεκτονική αλλοίωση του υδρογραφικού δικτύου, εξαιτίας της κατασκευής εκτεταμένων τεχνητών καναλιών αποστράγγισης ή άρδευσης των καλλιεργειών, κυρίως κατά τις δεκαετίες του 1960 και του 1970 (Βαλάσσα, Τσατσαρέλης, Μουτσανίδης, Σακελλαρίου, & Λιαλιάρης, 2015).

Από τη μελέτη τοπογραφικών αποτυπώσεων της περιοχής του Δήμου Καρδίτσας, μπορεί να διακριθεί ότι τόσο η κοίτη του ποταμού Καλέντζη, όσο και του Μέγα Ρεύματος εκτείνονται κατά μήκος των ανατολικών και των βορείων δημοτικών ορίων, ενώ στο νοτιοανατολικό άκρο της πόλης ο ποταμός Καράμπαλης συμβάλει με το ρέμα Γαβριά και εν συνεχεία, τα δυο ρέματα συναντώνται με τον ποταμό Καλέντζη στα ανατολικά. Ο μεγαλύτερος υδάτινος όγκος των περιοχών του Δήμου, κυρίως των δυτικών και τα βόρειων τμημάτων, αποστραγγίζεται εντός της κοίτης του Μέγα Ρεύματος, με την κατεύθυνση τους να είναι βόρεια ή βορειοανατολική.

Οι πηγές του ποταμού Καλέντζη εντοπίζονται νοτίως και εκτός της εξεταζόμενης περιοχής, ενώ η ορεινή λεκάνη απορροής του έχει έκταση περίπου 10.500 χλμ², με το ευρύτερο υδρογραφικό της δίκτυο να σχηματίζει έντονες και εκτεταμένες διακλαδώσεις, δενδροειδούς σχήματος. Η λεκάνη απορροής, στην πλήρη έκτασή της, συντίθεται από το φλύσχη της οροσειράς της Πίνδου.

Αντιστοίχως οι πηγές του ποταμού Καράμπαλη εντοπίζονται νότια της εξεταζόμενης περιοχής, ενώ διασχίζει το Δήμο σε απόσταση εννέα χιλιομέτρων. Η λεκάνη απορροής του εκτιμάται περί τα 10.400 χλμ², με ένα μέρος της να εντοπίζεται εντός των ορίων της δημοτικής ενότητας, ενώ το υδρογραφικό της δίκτυο εμφανίζει σύνθετη δομή κλιμακωτής όψεως, οφειλόμενη ως επί το πλείστον σε τεκτονικά ρήγματα και εδαφικές πτυχώσεις.

Οι πηγές του ρέματος Γαβριά εντοπίζονται πλησίον της περιοχής της Μητρόπολης, ενώ όπως προαναφέρθηκε αποστραγγίζει τη νοτιοδυτική πλευρά του Δήμου της Καρδίτσας διανύοντας μια απόσταση περίπου πέντε χιλιομέτρων. Η λεκάνη απορροής του έχει εμβαδόν περίπου 3.750 χλμ², ενώ λόγω της συμβολής της με επεκτατικά ρέματα και τεχνητά κανάλια άρδευσης, η έκτασή της εκτιμάται περί τα 6.500 χλμ².

Τέλος η κοίτη του Μέγα Ρεύματος, αποτελεί μια τεχνητή παρέμβαση, η οποία διασχίζει πληθώρα πεδινών περιοχών και οικισμών της Περιφερειακής Ενότητας, συγκεντρώνοντας τις απορροές

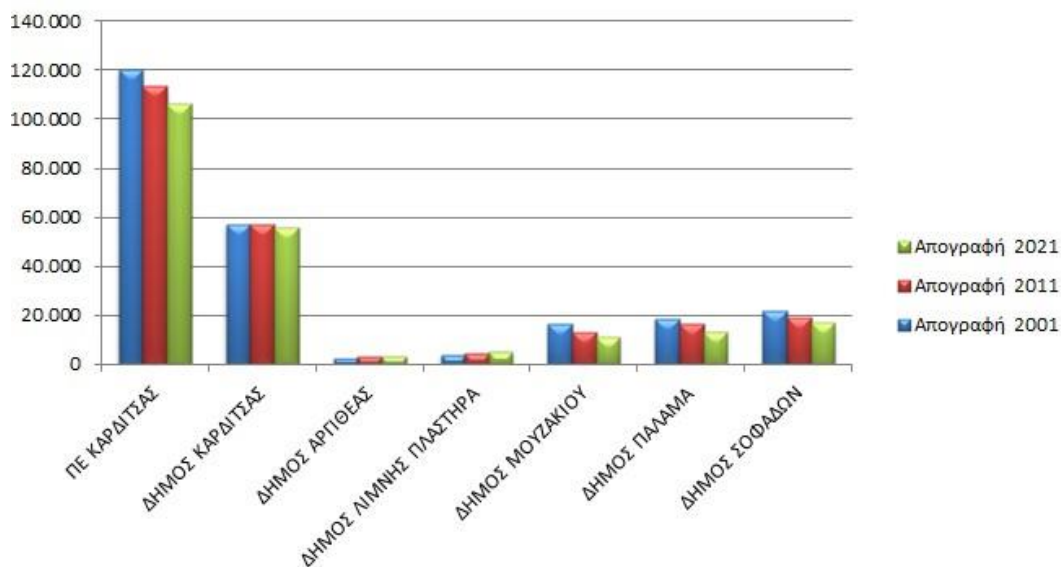
επιμέρους αποστραγγιστικών έργων. Εντός του Δήμου διανύει μια απόσταση περίπου 9,2 χιλιομέτρων αποστραγγίζοντας τη βορειοδυτική πλευρά του. Η κοίτη κατασκευάστηκε εντός προϋπάρχουσας ελώδους περιοχής, με σκοπό την αποστράγγιση των υδάτων και την επέκταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων.

(Βαλάσσα, Τσατσαρέλης, Μουτσανίδης, Σακελλαρίου, & Λιαλιάρης, 2015)

3.2.2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά, αστική διάρθρωση και υποδομές

Δημογραφικά στοιχεία

Σύμφωνα με τα δεδομένα της τελευταίας απογραφής, ο μόνιμος πληθυσμός της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας ανέρχεται σε 106.305 κατοίκους (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2022), με το μεγαλύτερο μέρος αυτού να κατοικεί εντός του ομώνυμου Δήμου (52,6%), ενώ ο δήμος Σοφάδων(16%), ο δήμος Παλαμά (12,6%), ο δήμος Μουζακίου (10,5%), ο δήμος Λίμνης Πλαστήρα (5%) και ο δήμος Αργιθέας (3,3%) έπονται με μικρότερη πληθυσμιακή συγκέντρωση. Πραγματοποιώντας μια σύγκριση των δεδομένων με αυτών των προγενέστερων απογραφών (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2022), μπορεί να διαπιστωθεί μια τάση μείωσης του πληθυσμού, στην πλειονότητα των επιμέρους δημοτικών ενοτήτων.



Διάγραμμα 3.1 Σύγκριση δεδομένων απογραφής στην Π.Ε. Καρδίτσας (ιδία στατιστική επεξεργασία)

Λόγω της μορφολογίας του εδάφους της ευρύτερης περιοχής, ο πρωτογενής παραγωγικός τομέας και πιο συγκεκριμένα η ανάπτυξη της γεωργικής παραγωγής, αποτελεί τον κύριο πυρήνα

των οικονομικών δραστηριοτήτων της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας, ενώ όπως είναι φυσικό, εντός των μεγαλύτερων αστικών περιοχών, ο δευτερογενής και τριτογενής τομέας αποτελούν την κύρια πηγή εισοδήματος των κατοίκων. (Αναπτυξιακή Καρδίτσας, 2008)

Αστική διάρθρωση της Π.Ε. Καρδίτσας

Βάσει της κατάταξης των οικιστικών περιοχών σε επιμέρους επίπεδα, όπως αυτά έχουν θεσπιστεί από το συσχετιζόμενο Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΥΠΕΝ, 2008) και σε συνάρτηση με το επικαιροποιημένο Τεύχος Απαλλοτριώσεων και Πολεοδομικών Θεμάτων (Φ.Ε.Κ. 269 ΑΑΠ 15-11-2018), η πόλη της Καρδίτσας αποτελεί τη μοναδική οικιστική περιοχή 2^{ου} επιπέδου εντός της εξεταζόμενης γεωγραφικής περιοχής. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο χαρακτηρισμό, η πόλη λειτουργεί ως το αστικό και διοικητικό κέντρο της Περιφερειακής Ενότητας, παρέχοντας σημαντικές υπηρεσίες υποστήριξης των αγροτικών, τουριστικών και μεταποιητικών δραστηριοτήτων υπερτοπικού επιπέδου και διασύνδεσης τους με την έδρα της Περιφέρειας. Από την άλλη μεριά, οι Σοφάδες, ο Παλαμάς και το Μουζάκι λειτουργούν ως περιοχές 4^{ου} επιπέδου, κατέχοντας συγκεκριμένες ενδοπεριφερειακές αναπτυξιακές προοπτικές, λειτουργώντας ως δευτερεύοντα κέντρα εξυπηρέτησης και διασύνδεσης απομακρυσμένων ορεινών περιοχών, με τους υπόλοιπους δήμους και μικρότερους οικισμούς να εντάσσονται στο 5^ο επίπεδο της κατάταξης.



Εικόνα 3.6 Δημοτικές Ενότητες της Π.Ε. Καρδίτσας και απεικόνιση χρήσεων γης (ιδία επεξεργασία), (Coordination of Information on the Environment Land Cover, 2019)

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι επιμέρους δημοτικές ενότητες της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας και το σύνολο των τοπικών κοινοτήτων τους.

Δήμοι της Π.Ε. Καρδίτσας	Επιμέρους Δημοτικές Ενότητες (Δ.Ε.)	Σύνολο Οικισμών
Δήμος Καρδίτσας	Ιτάμου, Καλλίφωνου, Κάμπου, Καρδίτσας Μητρόπολης	34
Δήμος Αργιθέας	Αργιθέας, Ανατολικής Αργιθέας, Αχελώου	20
Δήμος Λίμνης Πλαστήρα	Νεβρόπολης/Αγράφων, Πλαστήρα	12
Δήμος Μουζακίου	Ιθώμης, Μουζακίου, Πάμισου	27
Δήμος Σοφάδων	Άρνης, Μενελαΐδας, Ρεντίνης, Σοφάδων, Ταμασίου	31
Δήμος Παλαμά	Παλαμά, Σελλάνων, Φύλλου	20

Πίνακας 3.1 Αστική διάρθρωση της Π.Ε. Καρδίτσας (Σχέδιο Καλλικράτης, 2013)

Από τη μελέτη των στοιχείων του ευρωπαϊκού συστήματος καταγραφής κάλυψης γης (Coordination of Information on the Environment Land Cover, 2019), όπως αυτά αφορούν τα έτη 2012-2019, παρατηρείται μικρή εξάπλωση του αστικού ιστού εντός περιαστικών χώρων και αντίστοιχες αλλαγές χρήσεων γης, κυρίως σε πεδινές περιοχές του Δήμου Καρδίτσας (πχ. Παλαμάς, Σοφάδες) πλησίον ποταμών και ρεμάτων και σε προστατευόμενες δασικές εκτάσεις του Δήμου Λίμνης Πλαστήρα. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να συνδεθεί με παραβάσεις της πολεοδομικής νομοθεσίας, αναφορικά με καταπάτηση περιοχών περιορισμένης αστικής δόμησης ή αγροτικών εκτάσεων υψηλής παραγωγικής σημασίας, όπως αυτές έχουν οριστεί από το σχετικό Πολεοδομικό Σχέδιο (ΦΕΚ 240/ΑΑΠ/ 9.11.2016).

Κρίσιμες υποδομές της Π.Ε. Καρδίτσας

Όσον αφορά τις κρίσιμες υποδομές εντός της εξεταζόμενης περιοχής, μεγάλη σημασία οφείλει να αποδοθεί στο **οδικό δίκτυο**, καθώς αυτό συμβάλλει σε σημαντικό βαθμό στην ευρύτερη ανάπτυξη, εξασφαλίζοντας τη διασύνδεση όλων των οικισμών της Περιφερειακής Ενότητας. Στο οδικό δίκτυο της Καρδίτσας εντάσσονται εθνικοί και περιφερειακοί άξονες, καθώς επίσης και

πρωτεύοντες ή δευτερεύοντες επαρχιακοί δρόμοι. Στη βόρεια και την ανατολική πλευρά της πόλης της Καρδίτσας πραγματοποιείται η διέλευση του παλαιότερου κύριου εθνικού οδικού άξονα Ε30, ενώ με κατεύθυνση το νομό Λαρίσης εντοπίζονται οι ανισόπεδοι κόμβοι της Ε30 και η συμβολή τους με τον υπό επέκταση αυτοκινητόδρομο της κεντρικής Ελλάδας Ε65, που εκτείνεται κατά μήκος του Νομού, από την νοτιοανατολική προς τη βόρεια πλευρά του.

Στο περιφερειακό οδικό δίκτυο περιλαμβάνονται κεντρικοί άξονες Καρδίτσας –Τρικάλων, Λάρισας, Βόλου, Άρτας και Λίμνης Πλαστήρα. Τέλος, το επαρχιακό δίκτυο της Π.Ε. Καρδίτσας (δευτερεύον και πρωτεύον) είναι επαρκώς διευρυμένο, συνδέοντας όλες τις επιμέρους δημοτικές ενότητες μεταξύ τους, ενώ οφείλει να αναφερθεί ότι σημαντικό τμήμα του κυρίως σε ορεινές ή ημιορεινές περιοχές του Δήμου Μουζακίου και του Δήμου Λίμνης Πλαστήρα, αποτελείται από δασικούς και αγροτικούς δρόμους, από τους οποίους η διέλευση, ιδιαίτερα εν μέσω δυσμενών καιρικών συνθηκών, πραγματοποιείται με ιδιαίτερη δυσκολία.

Στις υποδομές **υπεραστικών μεταφορών** της περιοχής, περιλαμβάνονται το σιδηροδρομικό της δίκτυο που εξυπηρετεί τη διαδρομή Θεσσαλονίκης-Καρδίτσας-Αθήνας και Καλαμπάκας-Καρδίτσας-Βόλου, διασχίζοντας την Π.Ε. Καρδίτσας από τα ανατολικά προς τα δυτικά και το Υπεραστικό ΚΤΕΛ Καρδίτσας, το οποίο πραγματοποιεί τόσο υπεραστικές, όσο και αστικές διαδρομές, συμβάλλοντας εξαιρετικά στη διασύνδεση απομακρυσμένων κοινοτήτων με το κέντρο της Περιφερειακής ενότητας και την ευρύτερη της περιοχή.

Στις υποδομές **ενέργειας και υδροδότησης** περιλαμβάνονται το εναέριο ηλεκτροδοτικό δίκτυο της Δ.Ε.Η., το οποίο παρέχει πλήρη κάλυψη στο σύνολο των τοπικών κοινοτήτων της Περιφερειακής Ενότητας, το δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου, το οποίο εκτείνεται σε όλη την πόλη της Καρδίτσας, αποτελούμενο από σύνθετα υπόγεια και υπέργεια δίκτυα αγωγών και σταθμών διανομής και το υδροδοτικό δίκτυο της περιοχής, μέσω του οποίου πραγματοποιείται η μεταφορά νερού ύδρευσης από τη Λίμνη Ταυρωπού προς την ευρύτερη περιοχή της Περιφερειακής Ενότητας, περιλαμβάνοντας αναρρυθμιστικά δίκτυα μεταφοράς και αποθήκευσης και επιμέρους σταθμούς διύλισης και ποιοτικού ελέγχου.

Οι υποδομές **κοινωνικού χαρακτήρα** της Π.Ε. Καρδίτσας αφορούν ως επί το πλείστον:

- Εκπαιδευτικές υποδομές όλων των βαθμίδων, εντοπιζόμενων στο σύνολο των Δημοτικών Ενοτήτων της μελετώμενης περιοχής

- Σταθμούς και τεχνικά μέσα υπηρεσιών πολιτικής προστασίας (Αστυνομία, Πυροσβεστική Υπηρεσία, εθελοντικές οργανώσεις έρευνας και διάσωσης, κτλ),
- Δημόσιους διοικητικούς φορείς (τμήματα κρατικών υπηρεσιών, δομές περιφερειακής και τοπικής αυτοδιοίκησης, κτλ)
- Υποδομές υγειονομικής περίθαλψης (Γενικό Νοσοκομείο Καρδίτσας, Περιφερειακά Κέντρα Υγείας Παλαμά, Μουζακίου, Σοφάδων, αγροτικά ιατρεία τοπικών κοινοτήτων, ιδιωτικές κλινικές, κτλ).

Όσον αφορά τις υποδομές **αντιπλημμυρικής προστασίας** της περιοχής, ιδιαίτερη αναφορά αξίζει να γίνει στο Φράγμα Ταυρωπού, το οποίο εντοπίζεται σε απόσταση 25 χιλιομέτρων από την πόλη της Καρδίτσας και κατασκευάστηκε με σκοπό την αποκοπή της κοίτης του παραποτάμου του Αχελώου. Η κατασκευή του φράγματος επέφερε τη δημιουργία της τεχνητής λίμνης Πλαστήρα, εντός του οροπεδίου της Νεβρόπολης Αγράφων, ενώ όπως παρουσιάστηκε και σε προηγούμενο σημείο, εκτός από ένα μείζον αντιπλημμυρικό έργο, εξασφαλίζει τα απαραίτητα υδατικά αποθέματα ύδρευσης και άρδευσης για σημαντικό τμήμα της Περιφερειακής Ενότητας.

(Αγιάν, Κωτσοπούλου, Πετροπούλου, Πιέρη, Πυρπυρή, & Τσακίρη, 2021)

Αναφορικά με το δίκτυο διαχείρισης του όμβριου υδάτινου όγκου, αυτό εντοπίζεται στο συντριπτικό ποσοστό των αστικών περιοχών της Καρδίτσας, περιλαμβανόμενων στο αστικό ρυμοτομικό πλαίσιο. Η διαχείριση των όμβριων υδάτων εντός της πόλης, επιτυγχάνεται με χρήση 3 υπόγειων κεντρικών αρτηριών, οι οποίοι κατευθύνουν τα αποστραγγιζόμενα από τους δρόμους ύδατα, στα βορειοανατολικά όρια της δημοτικής ενότητας, ενώ εν συνεχεία αυτά εκβάλλονται εντός του Μέγα Ρέματος και του ποταμού Καράμπαλη, μέσω μικρότερων επιφανειακών τεχνητών ρεμάτων.

Όπως διαπιστώνεται και στην ενότητα που ακολουθεί, η συμβολή των προαναφερθέντων ποτάμιων ρεμάτων αποτελεί ένα κρίσιμο σημείο, πλημμυρικής επικινδυνότητας, το οποίο χρήζει διαρκούς επιτήρησης και εφαρμογής στοχευμένων ενισχυτικών τεχνικών παρεμβάσεων.

3.3 Ο κυκλώνας «Ιανός» και οι επιπτώσεις του στην περιοχή μελέτης

3.3.1 Σχετικά με το φυσικό φαινόμενο

Ένας μεσογειακός κυκλώνας με τροπικά χαρακτηριστικά, όπως ο «Ιανός», αφορά ένα μη συχνά εμφανιζόμενο και ιδιαίτερο σύστημα καταιγίδων, που δύναται να επηρεάσει νησιωτικές και παραθαλάσσιες μεσογειακές περιοχές. Το εν λόγω φυσικό φαινόμενο χαρακτηρίζεται από ισχυρές έντασης ανέμους και σφοδρές βροχοπτώσεις ή καταιγίδες, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές καταστροφές σε αστικές περιοχές και κρίσιμες υποδομές. Παρά το γεγονός ότι δεν δημιουργούνται σε τροπικές ζώνες, εντούτοις εμφανίζουν σημαντικές ομοιότητες με τους τροπικούς ή εξωτροπικούς κυκλώνες, αφού πρόκειται για φαινόμενα μεσαίας ή μικρής διαμέτρου (<300 χλμ), με χαρακτηριστικά συμμετρικής δομής, θερμού πυρήνα και χαμηλών συνθηκών ατμοσφαιρικής πίεσης στη θαλάσσια επιφάνεια (Lekkas, και συν., 2020).

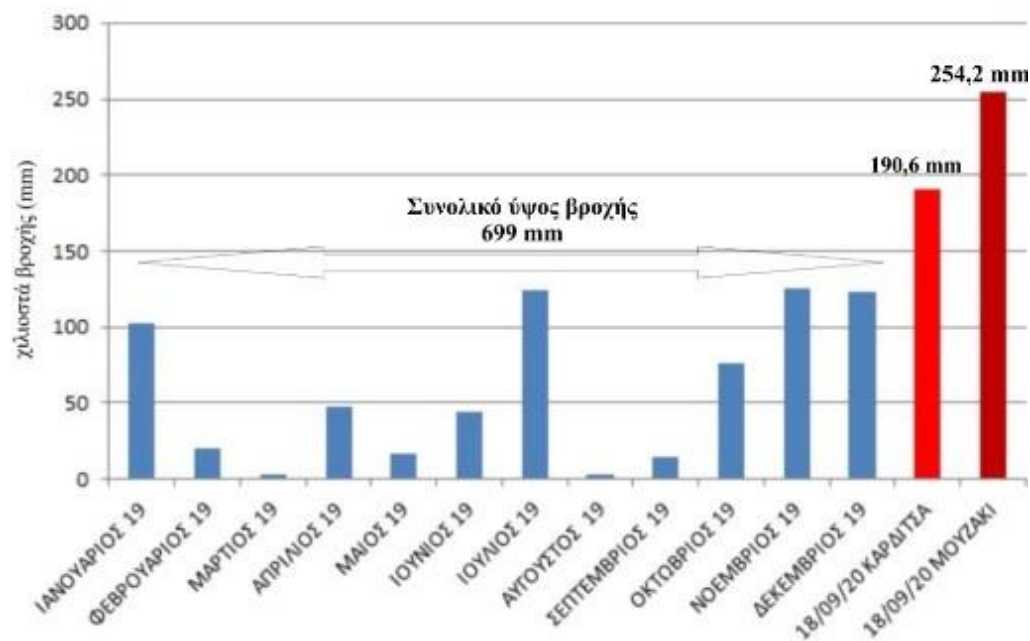
Η δημιουργία τους συνδέεται με τη μεταφορά ενός αποκομμένου βαρομετρικού χαμηλού στα ανώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα, το οποίο για να διατηρήσει συνθήκες ισορροπίας, επιφέρει ψύξη και άνοδο αέριων στρωμάτων, δημιουργώντας ουσιαστικά ψυχρό και υγρό αέρα κάτωθεν του, την ίδια στιγμή που η υψηλότερη θερμοκρασία της υποκείμενης θαλάσσιας επιφάνειας δημιουργεί θερμοδυναμικές συνθήκες ανισορροπίας, ευνοώντας την ανάπτυξη των εν λόγω φυσικών φαινομένων. Εν μέσω των περιγραφέντων συνθηκών, η ενέργεια του βαρομετρικού χαμηλού αντλείται από τη μεταφερόμενη θερμότητα από τα θερμά θαλάσσια ύδατα και της εκλυόμενης θερμότητας των καταιγίδων κοντά στον πυρήνα του (Lekkas, και συν., 2020).

Η εμφάνιση αντίστοιχων φαινομένων στην περιοχή της Μεσογείου εκτιμάται 1.5 φορές/ έτος, με την τάση εμφάνισης και της έντασης τους να κρίνεται ανοδική, καθώς εντός του ελλαδικού χώρου από τη δεκαετία του '80 έχουν καταγραφεί 6 φαινόμενα, τέσσερα εκ των οποίων δημιουργήθηκαν κατά τα έτη 2016-2020 (Lekkas, και συν., 2020).

Ο κυκλώνας «Ιανός», αναπτύχθηκε στην θαλάσσια περιοχή των βόρειων ακτών της Αφρικής, στις 14/09/2020 ενώ κατά το επόμενο διάστημα κινήθηκε προς τον ελλαδικό χώρο μεταφέροντας ακραίες ποσότητες υδρατμών, εκδηλώνοντας εξαιρετικά σφοδρές βροχοπτώσεις. Από την περιοχή των Επτανήσων όπου παρέμεινε στάσιμο, στις 18 και 19 Σεπτεμβρίου το φαινόμενο κινήθηκε πάνω από την περιοχή της Θεσσαλίας, με το συνδυασμό των εντονότατων ροών ασταθών αέριων μαζών από τα ανατολικά και των κατά τόπων σφοδρών συγκλίσεων

αέριων μαζών με υψηλές συγκεντρώσεις υδρατμών, να επιφέρουν ραγδαίες βροχοπτώσεις μεγάλης διάρκειας στην περιοχή. Από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία εκδόθηκε έκτακτο δελτίο προειδοποίησης σχετικά με την επικινδυνότητα του φαινομένου, με τις αρμόδιες Αρχές να τίθενται σε κατάσταση επιφυλακής.

Σύμφωνα με τα δεδομένα του Αστεροσκοπείου Αθηνών, σε πολλές περιοχές του θεσσαλικού διαμερίσματος, μεταξύ αυτών και της Π.Ε. Καρδίτσας, σε διάστημα λίγων ωρών κατεγράφησαν ύψη ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων 200-300 χιλιοστών (Αγιάν, Κωτσοπούλου, Πετροπούλου, Πιέρη, Πυρπυρή, & Τσακίρη, 2021). Στο διάγραμμα που ακολουθεί, πραγματοποιείται σύγκριση των δεδομένων βροχόπτωσης για το έτος που προηγήθηκε του φαινομένου και των ημερών εκδήλωσης του στην περιοχή της Καρδίτσας.



Διάγραμμα 3.2 Σύγκριση ύψους βροχής έτους 2019 και Ιανού (ιδία επεξεργασία δεδομένων από meteo.gr)

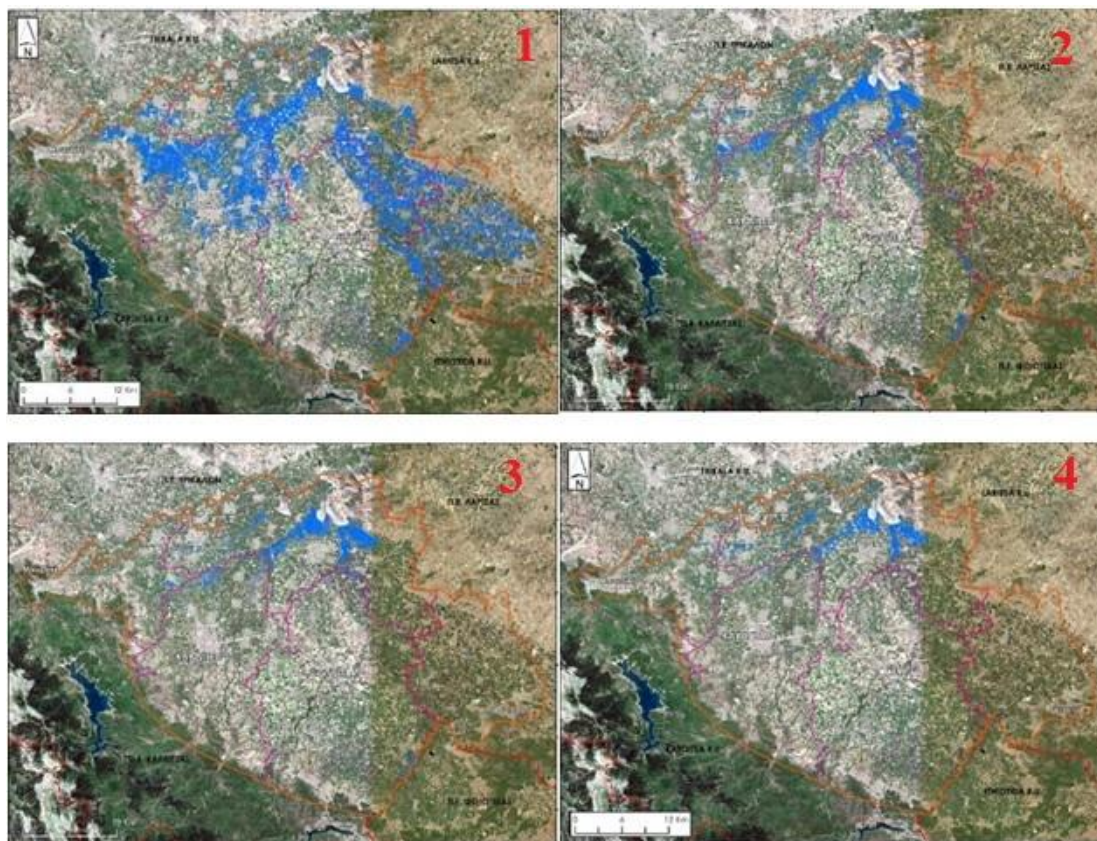
3.3.2 Οι επιπτώσεις του φαινομένου

Όπως φαίνεται και στις τοπογραφικές αποτυπώσεις που ακολουθούν, εντός μιας ευρείας έκτασης της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας σημειώθηκαν υπερχειλίσεις των παρακείμενων ποτάμιων κοιτών και των ρεμάτων τους με επακόλουθα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα και τις

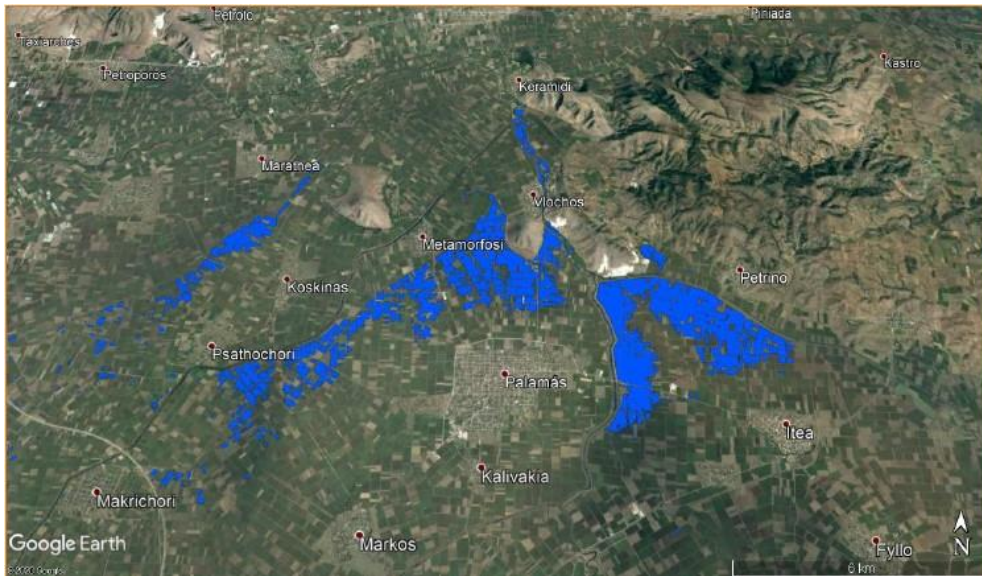
καταστροφές να περιλαμβάνουν απώλειες ανθρώπινων ζώων, βλάβες σε κρίσιμες αστικές υποδομές και οικονομικές και ψυχολογικές επιπτώσεις.

Πιο συγκεκριμένα, βάσει εκτιμήσεων, στις 20/09 η έκταση των πλημμυρισμένων ανήλθε σε 221,46 χλμ², ενώ η μείωση τους κατά 76% μια ημέρα μετά (53,38 χλμ² πλημμυρισμένων εκτάσεων) και κατά 84% δύο ημέρες μετά την αρχική εκτίμηση (34,55 χλμ² πλημμυρισμένων εκτάσεων), καταδεικνύει την επαρκή αποστραγγιστική ικανότητα μεγάλου μέρους του εδάφους, με τις περιοχές περιμετρικά της πόλης να παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά.

(Lekkas, και συν., 2020)



Εικόνα 3.7 Αποτύπωση των πλημμυρισμένων εκτάσεων και του ρυθμού αποστράγγισης τους (Lekkas, et al., 2020)

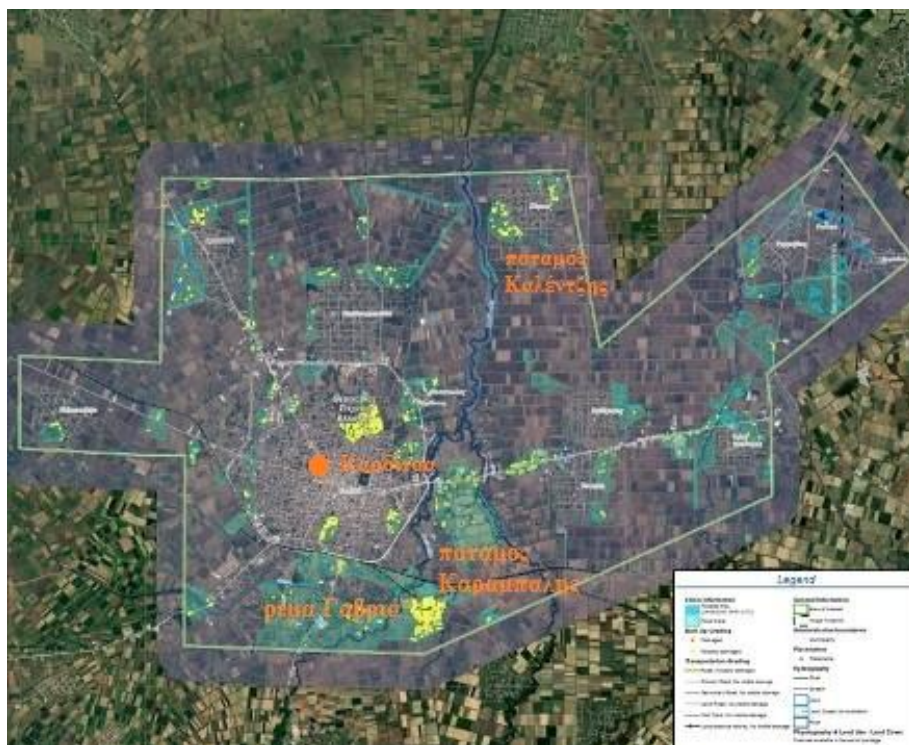


Εικόνα 3.8 Οι πεδινές περιοχές που παρέμειναν πλημμυρισμένες στις 25/09 (Lekkas, και συν., 2020)

Σε πολλές περιοχές του κάμπου, οι ενισχύσεις των αναχωμάτων λειτούργησαν αποτελεσματικά και συγκράτησαν τη ροή των υδάτων, εν αντιθέσει με άλλες, όπως στην περιοχή του Παλαμά, όπου η κοίτη του ποταμού Σοφαδίτη υπερχείλισε, καλύπτοντας μεγάλο μέρος της περιοχής με πλημμυρικά ύδατα. Όπως αποτυπώνεται στην προηγούμενη εικόνα, η εν λόγω περιοχή εμφάνισε εξαιρετικά χαμηλή ικανότητα αποστράγγισης, πιθανώς οφειλόμενη στο μεγάλο ποσοστό εδαφικής διάβρωσης και την έντονη συγκέντρωση ανθρώπινων παρεμβάσεων και δραστηριοτήτων πλησίον στις κοίτες και τις ποτάμιες όχθες, γεγονός που παρατηρήθηκε και κατά την αποτύπωση των αλλαγών χρήσεων γης της περιοχής, μέσω του συστήματος Corine Land Cover.

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από τα δεδομένα που παρατίθενται παρακάτω και που αφορούν την περιοχή της πόλης της Καρδίτσας, ο ποταμός Καλέντζης συνέβαλλε σε μέγιστο βαθμό στην κάλυψη των πλησίον περιοχών με πλημμυρικούς υδάτινους όγκους, την ίδια στιγμή που οι αστοχίες τοπικών αντιπλημμυρικών αναχωμάτων και παρεμβάσεων δυσχέραναν την εξέλιξη του φαινομένου. Τα εκτεταμένα πλημμυρικά φαινόμενα εντός αστικών και οικιστικών ζωνών, η υπερχείλιση των γειτονικών ρεμάτων της πόλης της Καρδίτσας και η επακόλουθη καταστροφή κεντρικών εγκαταστάσεων και υποδομών, υπέδειξαν με άμεσο τρόπο τις αστοχίες και τις τεχνικές σχεδιαστικές ελλείψεις που όφειλαν να είχαν αντιμετωπιστεί, κυρίως στη συμβολή του

ποταμού Καράμπαλη με το Ρέμα Γαβριά, νοτίως της πόλης, καθώς το συγκεκριμένο σημείο αποτέλεσε το κύριο σημείο εισόδου των πλημμυρικών υδάτων εντός της αστικής ζώνης.



Εικόνα 3.9 Οι περιοχές της πόλης που επηρεάστηκαν από το φαινόμενο [προσαρμογή από https://emergency.copernicus.eu/mapping/system/files/components/EMSR465_AOI06_GRA_PR_ODUCT_r1_RTP01_v1.jpg]

Σε μια προσπάθεια αποτίμησης των επιπτώσεων του «Ιανού» στην ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας, μεταξύ των 4 απολειών ανθρώπινων ζών, δύναται να διακριθούν τα ακόλουθα στοιχεία:

Εντός του Δήμου Καρδίτσας

- Κάλυψη της πόλης με πλημμυρικά ύδατα σε ποσοστό >75%, ως απόρροια αστοχίας των αντιπλημμυρικών αναχωμάτων και ενισχύσεων
- Φαινόμενα κατολισθήσεων σε πολλές αστικές περιοχές και τοπικές κοινότητες, δυσχεραίνοντας τις προσπάθειες των διασωστικών υπηρεσιών και την απομάκρυνση των κατοίκων

- Κατάρρευση ή σημαντικές δομικές βλάβες σε άνω των 20 γεφυρών, που κατέστησαν επικίνδυνες ή ανέφικτες τις μετακινήσεις
- Κάλυψη με πλημμυρικά ύδατα του μεγαλύτερου τμήματος του επαρχιακού και του κεντρικού αστικού οδικού δικτύου
- Πλήρης εκκένωση οικισμών και ανάγκη απεγκλωβισμού κατοίκων σε ισόγειες ή υπόγειες εγκαταστάσεις
- Εκτεταμένες οικονομικές ζημιές σε οικίες και επιχειρήσεις (εκτιμάται ότι άνω των 5.000 οικιών της Π.Ε. Καρδίτσας υπέστησαν σημαντικές βλάβες) και παράσυρση οχημάτων
- Βλάβες σε κρίσιμες υποδομές όπως ηλεκτροδοτικά, υδροδοτικά και τηλεπικοινωνιακά δίκτυα

Εντός του Δήμου Μουζακίου

- Πλήρης κατάρρευση του Κέντρου Υγείας της περιοχής, το οποίο εντοπιζόταν σε πολύ κοντινή απόσταση από την όχθη του παρακείμενου ποταμού
- Εκτεταμένες βλάβες στις οδικές υποδομές πλησίον της κοίτης του ποταμού Πάμισου και κατάρρευση της γέφυρας «Αργύρη»
- Διακοπή της οδικής σύνδεσης με ορεινές περιοχές της Αργιθέας
- Εκτεταμένες βλάβες σε σπίτια και επιχειρήσεις

Εντός του Δήμου Λίμνης Πλαστήρα

- Μεταβολές ρεμάτων και ποτάμιων κοιτών
- Κατάρρευση της γέφυρας στην περιοχή της Κερασιάς
- Εκτεταμένα φαινόμενα κατολισθήσεων σε ορεινές περιοχές και επακόλουθες βλάβες στο οδικό δίκτυο και τη διασύνδεση οικισμών
- Αλλαγές στη σύσταση των υδάτων της Λίμνης Πλαστήρα
- Βλάβες σε υποδομές του υδροδοτικού δικτύου με επακόλουθη την αναγκαιότητα ποιοτικού ελέγχου και διύλισης των αποθεμάτων

(Lekkas, et al., 2020)

Αμέσως μετά την καταστροφή και με σκοπό την ανακούφιση των πληγείσων περιοχών και των κατοίκων τους, οι αρμόδιοι κυβερνητικοί φορείς σε συντονισμό με τους τοπικούς αυτοδιοικητικούς οργανισμούς, θέσπισαν ειδικές κανονιστικές πράξεις και νομοθετικές

παρεμβάσεις αναφορικά με οικονομικά μέτρα και ελαφρύνσεις (αποζημιώσεις, ενισχύσεις, μείωση φορολογίας, καταβολή ειδικών επιδομάτων, κτλ) με σκοπό την εξυγίανση της τοπικής οικονομίας και τη σταθεροποίηση του βιοτικού επιπέδου των κοινωνιών του θεσσαλικού κάμπου. Ωστόσο οφείλει να τονιστεί ότι η ουσιαστική μείωση της ευπάθειας των συγκεκριμένων περιοχών έναντι μακροχρόνιων και μελλοντικών πλημμυρικών κινδύνων συνιστά μια επιτακτική ανάγκη, για την οποία δεν έχει καθοριστεί κάποιος εφαρμόσιμος στρατηγικός σχεδιασμός επί του παρόντος, δεδομένης και της εκτίμησης ότι τα πλημμυρικά φαινόμενα θα αυξηθούν μέσα στις επόμενες δεκαετίες, εν όψει των κλιματικών εξελίξεων.

Όσον αφορά τα έργα αποκατάστασης των άμεσων πλημμυρικών επιπτώσεων του «Ιανού» από την αρμόδια διοικητική Περιφέρεια, αυτά εκτιμώνται περί τα 180 εκατομμύρια ευρώ και περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τοπογραφικές μελέτες των περιοχών και των εγκαταστάσεων τους, καθαρισμούς των κοιτών των κύριων ποταμών και των ρεμάτων τους, επιδιορθώσεις υφιστάμενων κρίσιμων υποδομών και την κατασκευή νέων αντιπλημμυρικών παρεμβάσεων (Απόφαση 640/2023- Πρακτικό Οικονομικής Επιτροπής Περιφέρειας Θεσσαλίας).

Η λήψη των αναφερθέντων μέτρων είναι μια απαιτούμενη και βασική προϋπόθεση, εντούτοις, όπως θα παρουσιαστεί και σε επόμενο σημείο, η αποτελεσματικότητα του σχεδιασμού και των μέτρων αποκατάστασης είναι άμεσα εξαρτώμενη από την εκτίμηση του ρίσκου αναφορικά με μελλοντικές κρίσιμες καταστάσεις, περιλαμβάνοντας νέες προσεγγίσεις, πολλαπλών σταδίων, λαμβάνοντας υπόψη τις υφιστάμενες συνθήκες, το μέγεθος της αστικής πολυπλοκότητας και αναζητώντας τις βαθύτερες αιτίες που οδήγησαν στην καταστροφή.

3.4 Αποτύπωση των αιτιών της καταστροφής

Σύμφωνα με τα στοιχεία που μελετήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, η κύρια αιτία της εκτεταμένης καταστροφής που επέφερε ο κυκλώνας «Ιανός» στην περιοχή της Π.Ε. Καρδίτσας, θα μπορούσε να θεωρηθεί το μέγεθος της επικινδυνότητας του ίδιου του φαινομένου. Όπως καταδεικνύουν και τα σχετικά παρατιθέμενα δεδομένα, εντός ενός σύντομου χρονικού πλαισίου, σημειώθηκαν εξαιρετικά υψηλά μεγέθη ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, κυρίως σε πεδινές περιοχές αυξημένης πλημμυρικής τρωτότητας, με τον εν λόγω συνδυασμό να αποτελεί μια κρίσιμη παράμετρο καθορισμού του μεγέθους των συνεπειών.

Επιπροσθέτως, η περιορισμένη παροχτετευτική ικανότητα των παραποτάμων του Πηνειού, και ιδιαιτέρως αυτών πλησίον οικιστικών περιοχών (Καλέντζης, Πάμισος, Σοφαδίτης) και των ρεμάτων τους υπήρξε ένας βασικός παράγοντας για το μέγεθος της υπερχειλίσης τους. Το στοιχείο αυτό, σε συνάρτηση ασφαλώς με τις εκτεταμένες και ακατάλληλες ανθρώπινες παρεμβάσεις, τις αστοχίες και τις παραλείψεις των αντιπλημμυρικών υποδομών, τη μη συντήρηση του αστικού αποστραγγιστικού δικτύου και τον ελλιπή στρατηγικό σχεδιασμό, όπως αυτός αφορά τη διαρκή καταγραφή και ανάλυση κρίσιμων παραμέτρων (πχ έκταση εδαφικής διάβρωσης), συντέλεσε σε μέγιστο βαθμό στη επέκταση του μεγέθους της πλημμυρικής καταστροφής. Στην κατηγορία των ανθρώπινων παρεμβάσεων, οφείλουν να συμπεριληφθούν οι διαχρονικές παράνομες εκτροπές των ρεμάτων από ιδιώτες, η χρήση μη νόμιμων καναλιών άρδευσης και η δημιουργία αναχωμάτων για τον περιορισμό των κοιτών με χρήση πλήρως ακατάλληλων υλικών και κατασκευαστικών προδιαγραφών.

Αξιολογώντας το ρόλο του θεσμικού παράγοντα, οφείλει να τονιστεί πως η συναρμογή πολλών επιμέρους φορέων και η χαρακτηριστική έλλειψη συντονισμού των δράσεων και των αρμοδιοτήτων τους, συνδυαστικά με την αποτυχία εφαρμογής ή επικαιροποίησης θεσπισμένων οδηγιών και κανονιστικών πλαισίων (πχ ευρωπαϊκή οδηγία 2007/60/EK), συνεπάγεται όπως είναι φυσικό, τη μεγιστοποίηση της τρωτότητας του αστικού συστήματος έναντι των πλημμυρικών φαινομένων. Άλλωστε αποτελεί κοινή παραδοχή πως οι παραλείψεις και οι αστοχίες στην εφαρμογή των κανονιστικών διατάξεων ρύθμισης της αστικής δόμησης, όπως αυτές διατυπώνονται στα πλαίσια του χωρικού και πολεοδομικού σχεδιασμού, συντελούν στην αύξηση της αυθαίρετης και ακαθόριστης ανέγερσης κτιρίων, στην καταπάτηση προστατευόμενων φυσικών περιοχών και στην κατασκευή ακατάλληλων και μη ποιοτικών υποδομών, στοιχεία τα οποία δύναται από μόνα τους να αποτελέσουν ανεξάρτητες αιτίες εκτεταμένων καταστροφών.

Σε περιοχές αυξημένης τρωτότητας και πλημμυρικής επικινδυνότητας, όπως είναι το γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας, στο σύνολο του, η δόμηση των οικιστικών χώρων οφείλει να αποτελεί μια πολυεπίπεδη διαδικασία με κοινωνικό πρόσημο, στην οποία θα πρέπει να αποδοθούν όλοι οι αναγκαίοι πόροι, ώστε να καταστεί αποτελεσματική. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί διατυπώνονται ορισμένα βασικά συμπεράσματα σχετικά με τον ορθό αστικό σχεδιασμό και τις στρατηγικές αντιμετώπισης των πλημμυρικών φαινομένων, όπως αυτά

μπορούν να εξαχθούν στα πλαίσια της παρούσα μελέτης, ενώ καταγράφονται μερικές αναγκαίες παρεμβατικές προτάσεις αναφορικά με την μετρίαση του πλημμυρικού κινδύνου στην ευρύτερη περιοχή της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας.

Κεφάλαιο 4^ο: Συμπεράσματα και προτάσεις

4.1 Προοπτικές του αστικού σχεδιασμού

Με βάση τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν εντός των πλαισίων της παρούσας μελέτης, μπορεί να διαπιστωθεί ότι ο *ορθός αστικός σχεδιασμός* σε συνάρτηση με τη θέσπιση κατάλληλων και στοχευμένων πολιτικών και δράσεων διαχείρισης κινδύνου, συνθέτουν ίσως το βασικότερο και πλέον αναγκαίο σύνολο παρεμβάσεων μείωσης της υποκείμενης επικινδυνότητας και ελάττωσης των καταστροφικών συνεπειών ενός φυσικού φαινομένου, όπως είναι οι πλημμύρες. Τα συχνότερα και ολοένα ισχυρότερα πλημμυρικά φαινόμενα στην περιοχή της Θεσσαλίας αποδεικνύουν με ιδιαίτερα άμεσο τρόπο ότι οι εστιασμένες δράσεις του αστικού σχεδιασμού οφείλουν να περιλαμβάνουν όλες τις επιμέρους φάσεις του κύκλου των καταστροφών, όπως αυτός έχει περιγραφεί, ενώ σύμφωνα με τα δεδομένα που εξήχθησαν στο κεφάλαιο που προηγήθηκε, ιδιαίτερη σημασία οφείλει να αποδοθεί στον επανασχεδιασμό της χρήσης γης. Επιπροσθέτως, κρίνεται επιτακτική η προσαρμογή των αστικών χώρων σύμφωνα με νέα και αναθεωρημένα οικοδομικά και περιβαλλοντικά νομοθετικά πλαίσια, ενώ ο μελλοντικός προγραμματισμός αστικών έργων και υποδομών, οφείλει να ενσωματώνει αποτελεσματικότερες μεθόδους ανάλυσης του κινδύνου, εστιάζοντας περισσότερο στις παραμέτρους που διαμορφώνουν το μέγεθος της πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Δεδομένης της εκθετικής αύξησης της σφοδρότητας των φυσικών φαινομένων, υπό την επέλαση της κλιματικής εξέλιξης, ιδιαίτερη σημασία οφείλει να αποδοθεί σε όλους τους παράγοντες που συνθέτουν το βαθμό έκθεσης και της τρωτότητας των αστικών συστημάτων, σε μια προσπάθεια βελτίωσης της *προσαρμοστικότητας* των σύγχρονων οικιστικών περιοχών έναντι των πλημμυρικών καταστροφών. Η περίπτωση του κυκλώνα «Ιανού», αλλά και μετέπειτα πλημμυρικές καταστροφές εντός της ίδιας περιοχής, καταδεικνύουν με ξεκάθαρο τρόπο ότι το αυξανόμενο μέγεθος της αστικής πολυπλοκότητας και η πολυεπίπεδη διασύνδεση των αστικών συστημάτων και των επιμέρους υποσυστημάτων τους, καθιστούν την αντιμετώπιση χρόνιων κοινωνικών παθογενειών και τον αποτελεσματικό συντονισμό των θεσμικών δράσεων μια αναγκαία προϋπόθεση μετρίασης των καταστροφικών πλημμυρικών επιπτώσεων.

Η επιστημονική και τεχνολογική πρόοδος που σημειώνονται κατά τον τρέχοντα αιώνα, δύνανται να καθορίσουν τα στρατηγικά πλαίσια διαχείρισης των πλημμυρικών κινδύνων και

αντιμετώπισης των συνεπειών τους. Μέσω κατάλληλων μεθοδολογιών και αναλύσεων, αλλά και με την υιοθέτηση στοχευμένων θεωρητικών προσεγγίσεων (πχ ανάλυση αστικής πολυπλοκότητας βάσει της Θεωρίας των Συστημάτων), καθίσταται δυνατός ο επαρκής προσδιορισμός της αντίδρασης ενός αστικού συστήματος σε μια ενδεχόμενη πλημμυρική καταστροφή (Ζαφειρίου, 2021). Επιπλέον, η ενίσχυση της βιωσιμότητας των αστικών περιοχών του ελλαδικού χώρου, θέτοντας ως απώτερο στόχο το συμφέρον του ευρύτερου κοινωνικού συνόλου και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, μπορεί να θέσει τα θεμέλια για τον εξορθολογισμό της αντιμετώπισης φυσικών καταστροφών στο εγγύς μέλλον.

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να τονιστεί πως μια βασική προϋπόθεση για την επίτευξη των παραπάνω ζητημάτων, είναι η αναθεώρηση και ουσιαστικότερη τήρηση όλων των θεσπισμένων ευρωπαϊκών οδηγιών και κατευθύνσεων, όπως αυτές έχουν διατυπωθεί από πλήθος διεθνών στρατηγικών συντονισμών και δράσεων (πχ Πλαίσιο Δράσης του Σεντάι, Ατζέντα 2030, κτλ) και οι οποίες θέτουν τις κύριες κατευθυντήριες γραμμές αναφορικά με κάθε στάδιο διαχείρισης των καταστροφών, τόσο σε διεθνές όσο και τοπικό επίπεδο. Σε κάθε περίπτωση, η εξειδίκευση των εν λόγω κατευθύνσεων σε επίπεδο πόλης εικάζεται ότι μπορεί να καθορίσει τις αλλαγές που θα οφείλουν να γίνουν σε όλες τις επιμέρους διαδικασίες του χωρικού - αστικού σχεδιασμού, αναδιαμορφώνοντας τα σύγχρονα πολεοδομικά σχέδια, λαμβάνοντας όμως ως δεδομένο ότι τα φυσικά φαινόμενα, όπως οι πλημμύρες, αλλά και οι συσχετιζόμενες με αυτά καταστροφές, θα κάνουν την εμφάνισή τους όλο και περισσότερο μέσα στις δεκαετίες που έπονται (Zbigniew, Pińskwar, & Brakenridge, 2017).

Η μελέτη περίπτωσης της πρόσφατης εκτεταμένης καταστροφής στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας καταδεικνύει τον ελλιπή και λανθασμένο, σε πολλές περιπτώσεις, αστικό σχεδιασμό και την μη ύπαρξη λειτουργικών υποδομών αντιπλημμυρικής προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος, των οικιστικών περιοχών και των οικονομικών δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται στην περιοχή. Επιπροσθέτως, οι οικιστικές παραβάσεις αναφορικά με την καταπάτηση προστατευόμενων περιοχών, ο εσφαλμένος σχεδιασμός χρήσεων γης εντός του αστικού ιστού, οι αστοχίες του θεσμικού συντονισμού και η μη χρήση προηγμένων συστημάτων τεχνολογίας και μηχανισμών πρόβλεψης αποτελούν, όπως θα διαπιστωθεί στην ενότητα που ακολουθεί, μόνο μερικές εκ των παραμέτρων που χρήζουν παρέμβασης, ώστε να αποφευκτεί η επανάληψη αντίστοιχων καταστάσεων τόσο σε παρόντικό όσο και σε μελλοντικό χρόνο.

4.2 Προτεινόμενες παρεμβατικές προσεγγίσεις

Η γεωγραφική περιοχή της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας είναι ένα σημείο έντονης πλημμυρικής ευπάθειας, ενώ για την αύξηση της ανθεκτικότητας της αναφορικά με μελλοντικά πλημμυρικά φαινόμενα προτείνεται η υιοθέτηση συγκεκριμένων παρεμβάσεων, ο απώτερος στόχος των οποίων έγκειται στη σημαντική μείωση των δυνητικών πλημμυρικών επιπτώσεων. Οι προτεινόμενες παρεμβατικές προσεγγίσεις περιλαμβάνουν τη συντήρηση των υπαρχόντων αντιπλημμυρικών υποδομών και τη δημιουργία νέων, τη θέσπιση περιοριστικών μέτρων πολεοδομικής δόμησης, την αναδιοργάνωση των συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης των πολιτών σε περιπτώσεις κινδύνου και την αναθεώρηση της συντονιστικής δράσης των φορέων που εμπλέκονται στην προστασία των κατοίκων και των υποδομών σε όλα τα στάδια μιας ενδεχόμενης καταστροφής.

- **Κατασκευή και συντήρηση αντιπλημμυρικών υποδομών**

Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενα σημεία, οι αντιπλημμυρικές παρεμβάσεις για την προστασία πεδινών εκτάσεων οφείλουν σε πρώτο χρόνο, να εστιάζουν στην αποφόρτιση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων εντός των υψομετρικών γειτονικών περιοχών και στην τροφοδότηση των ρεμάτων με πλημμυρικούς όγκους και φερτές ύλες. Ως εκ τούτου συνίσταται η αποτελεσματικότερη διαχείριση των ορεινών οικοσυστημάτων της ευρύτερης περιοχής, η προστασία της δασικής βλάστησης, ο περιορισμός των ανθρώπινων παρεμβάσεων και δραστηριοτήτων, συνδυαστικά με τη μελέτη των επιπέδων ορεινής εδαφικής διάβρωσης στις κοίτες των ρεμάτων και της ικανότητας απορροής τους.

Σε επόμενο στάδιο, είναι σημαντική η υλοποίηση νέων αντιπλημμυρικών παρεμβάσεων στις κοίτες και τις όχθες των τοπικών παραποτάμων του Πηνειού (Καλέντζη, Σοφαδίτη και Πάμισου), όπως επίσης και στα σημεία συμβολής τους με γειτονικά ρέματα, κυρίως πλησίον της πόλης της Καρδίτσας και του Παλαμά. Μια εκ των σημαντικότερων παρεμβάσεων αντιπλημμυρικής προστασίας της περιοχής, έγκειται στην επίσπευση της μελέτης και υλοποίησης του προγραμματισθέντος φράγματος στην περιοχή της Δημοτικής Ενότητας Μουζακίου. Η δημιουργία του φράγματος εντός του φαραγγιού του Πάμισου, πέραν της μέγιστης αντιπλημμυρικής προστασίας της ευπαθούς περιοχής, εικάζεται ότι θα διασφαλίσει σημαντική ποσότητα αρδευτικών υδάτων για την ευρύτερη περιοχή του δυτικού θεσσαλικού

κάμπου, κυρίως κατά τα κρίσιμα θερινά διαστήματα παρατεταμένης ξηρασίας (Αγιάν, Κωτσοπούλου, Πετροπούλου, Πιέρη, Πυρπυρή, & Τσακίρη, 2021).

Εξίσου σημαντικές κρίνονται και οι έγκαιρες παρεμβάσεις τακτικού καθαρισμού των ρεμάτων όλης της περιοχής, σε επίπεδο Δήμων και Τοπικών Κοινοτήτων. Ο καθαρισμός των κοιτών από φερτές ή απορριπτέες ύλες και η απομάκρυνση της παρακείμενης αυτοφυούς βλάστησης, αποτελεί πρωταρχικό ζήτημα διάνοιξης των ρεμάτων και μεγιστοποίησης της ικανότητας απορροής τους, ενώ για τη διεκπεραίωση των εν λόγω ήπιων παρεμβάσεων δεν απαιτούνται πολύπλοκες αδειοδοτικές διαδικασίες από τους αρμόδιους διοικητικούς φορείς. Επιπλέον, η διάνοιξη των ποτάμιων κοιτών σε κρίσιμα σημεία όπως στη συμβολή του ποταμού Καλέντζη και του Ρέματος Γαβριά, αλλά και οι ενισχυτικές παρεμβάσεις στα υπάρχοντα αναχώματα που εκτείνονται σε πεδινές περιοχές υψηλής επικινδυνότητας, όπως τοπικούς οικισμούς της δημοτικής ενότητας Παλαμά, κρίνονται αναγκαίες προς άμεση αποφυγή νέων πλημμυρικών καταστροφών.

Τέλος, μια αποτελεσματική αντιπλημμυρική παρέμβαση θα μπορούσε να αποτελέσει η δημιουργία περιμετρικών πράσινων ζωνών, πλησίον των περιοχών που διέρχονται τα δίκτυα των παραποτάμων. Οι εν λόγω παρεμβάσεις, πέραν της απαιτούμενης εδαφικής εξομάλυνσης των σημείων και τη λειτουργία τους ως μέτρα εκτόνωσης δυνητικών πλημμυρών, θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην αστική ανάπλαση υποβαθμισμένων περιοχών, θέτοντας όρια στην μη οργανωμένη αστική εξάπλωση (Szczeptańska & Senetra, 2019).

- **Συντήρηση και επέκταση συστήματος διαχείρισης βρόχινων υδάτων**

Το αποχετευτικό δίκτυο και το σύστημα διαχείρισης βρόχινων υδάτων καθορίζει σημαντικά τη λειτουργία των σύγχρονων αστικών συστημάτων και των δομημένων χώρων τους. Δεδομένης της μειωμένης εδαφικής διαπερατότητας εντός των πόλεων, η επάρκεια του συστήματος απορροής των όμβριων υδάτων εξασφαλίζει τη συγκέντρωση και απομάκρυνση υψηλών ποσοτήτων βρόχινων υδάτων έπειτα από έντονα καιρικά φαινόμενα, αποτρέποντας την εμφάνιση πλημμυρών εντός των οικιστικών χώρων.

Πολλά πλημμυρικά φαινόμενα των τελευταίων ετών, εντός της πόλης της Καρδίτσας, υπήρξαν ιδιαίτερος έντονα, κυρίως λόγω της ελλιπούς συντήρησης του δικτύου απορροής όμβριων υδάτων, της ακαταλληλότητας των υποδομών του και της περιορισμένης επεκτασιμότητας του.

Ο συγκεντρωθέν υδάτινος όγκος του δικτύου της Καρδίτσας απορρέει εντός του ποταμού Καράμπαλη, πλησίον ιδιαίτερα κρίσιμων σημείων για την πρόκληση πλημμυρών. Ως εκ συστήνεται η αναδιαμόρφωση του, με την παράλληλη κάλυψη των τοπικών κοινοτήτων, στις οποίες το μέρος του δικτύου έχει καταστραφεί, ως απόρροια του Ιανού και των μετέπειτα πλημμυρικών καταστροφών.

Η αναδιαμόρφωση του δικτύου, θα μπορούσε να συνοδεύεται και από λοιπές ήπιες αντιπλημμυρικές παρεμβάσεις, εντός των δομημένων δημόσιων χώρων της πόλης, οι οποίες θα συγκεντρώνουν προσωρινά τους όγκους των όμβριων υδάτων, αποσυμφορίζοντας σε μεγάλο βαθμό το κύριο σύστημα απορροής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αντίστοιχης παρέμβασης είναι η χρήση πορωδών και υδατοπερατών οδοστρωμάτων και πεζοδρομίων, τα οποία διασφαλίζουν την απορροή των κατακρημνισμάτων προς την επιφάνεια του υπεδάφους, μειώνοντας σημαντικά την πιθανότητα σχηματισμού επιφανειακών χειμάρρων (Abdel-Aziz, Al Maani, & Al-Azhari, 2015).

- **Παρεμβάσεις στο αρδευτικό δίκτυο της Π.Ε. Καρδίτσας**

Το ιδιαίτερα διευρυμένο αρδευτικό δίκτυο της Π.Ε. Καρδίτσας εξασφαλίζει την κάλυψη των πρωτογενών παραγωγικών αναγκών, ωστόσο κρίνεται επιτακτική η αναγκαιότητα αναβάθμισης των υποδομών και της λειτουργίας του, προς αποφυγή εσφαλμένης χρήσης πολύτιμων αποθεμάτων του υδροφόρου ορίζοντα, η οποία εκτός από πλημμυρικές επιπτώσεις δύναται να επιφέρει και δυσκολίες στην κάλυψη των αρδευτικών αναγκών κατά περιόδους εκτεταμένης λειψυδρίας.

Ορισμένες κατάλληλες παρεμβάσεις του δικτύου, δύναται να αφορούν την κατάργηση της χρήσης αρδευτικών καναλιών ανοικτού τύπου, η διαχείριση της πλειονότητας των οποίων υπόκειται στον Τοπικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων Ταυρωπού και τη σταδιακή αντικατάστασή τους με σύγχρονα συστήματα στάγδην αρδευτικών αρτηριών, οι οποίες εκτός της τεράστιας εξοικονόμησης υδατικών αποθεμάτων προσφέρουν και αποδοτικότερες λύσεις εδαφικής λίπανσης. Επιπροσθέτως, η τροποποίηση των τρόπων χρεώσεων των αρδευτικών όγκων (βάσει πραγματικής κατανάλωσης, αντί της γεωργικής έκτασης και των καλλιεργούμενων ειδών), θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στον εξορθολογισμό της χρήσης των υδάτινων πόρων της περιοχής.

- **Διαχείριση της μη οργανωμένης αστικής δόμησης**

Ο περιορισμός και η στοχευμένη διαχείριση της μη οργανωμένης αστικής δόμησης δύναται να μειώσει την πλημμυρική τρωτότητα της εξεταζόμενης περιοχής, αφού τόσο η άναρχη κατασκευή κτιριακών υποδομών όσο και η ανεξέλεγκτη εξάπλωση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, αποτελούν παραμέτρους που μεγιστοποιούν τις συνέπειες ενός σφοδρού πλημμυρικού φαινομένου όπως ο «Ιανός». Επεξηγηματικά, σε πολλές περιοχές της Π.Ε. Καρδίτσας, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη Δ.Ε. Μουζακίου και τις καταστροφές που υπέστη η περιοχή, έχει παρατηρηθεί η ανέγερση διαφόρων εγκαταστάσεων και κρίσιμων υποδομών, εκατέρωθεν των ιστορικών ποτάμιων κοιτών τους (Lekkas, et al., 2020) . Τα εν λόγω στοιχεία επιδεινώνουν τις επιπτώσεις των πλημμυρικών φαινομένων, παρεμποδίζοντας την απορροή των υδάτινων όγκων και αυξάνοντας την πλημμυρική στάθμη. Για το λόγο αυτό, συνίσταται η αναθεώρηση των ορίων των ποταμών, με βάση τα καταγραφέντα όρια των ιστορικών κοιτών τους και ο επαναπροσδιορισμός τόσο των οικιστικών ορίων όσο και των πολεοδομικών σχεδίων, περιορίζοντας την ανέγερση υποδομών σε κρίσιμα σημεία πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Από τη μελέτη πολεοδομικών χαρακτηριστικών της περιοχής, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η περιοχή περιμετρικά της πόλης της Καρδίτσας παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό άναρχης οικιστικής ανάπτυξης κατά τα τελευταία έτη, με συνακόλουθη την αλλοίωση των φυσικών χαρακτηριστικών της περιοχής. Ως εκ τούτου συστήνεται η θέσπιση περιοριστικών ορίων για μελλοντικές επεκτάσεις του διαμορφωθέντος αστικού ιστού και η εντατικοποίηση των ελέγχων αναφορικά με τις χρήσεις γης σε περιοχές που τελούν υπό καθεστώς «ειδικής προστασίας, θεωρούμενες δασικές ή αναδασωτέες εκτάσεις και οικοσυστήματα» (ΦΕΚ 240/ΑΑΠ/ 9.11.2016) .

Τέλος, η οικιστική οριοθέτηση τοπικών κοινοτήτων σε απομακρυσμένες περιοχές της Περιφερειακής Ενότητας, κρίνεται αναγκαία τόσο αναφορικά με τον ορθό προσδιορισμό χρήσεων γης όσο και τη διαχείριση της μη οργανωμένης αστικής εξάπλωσης και την εξάλειψη των επακόλουθων καταπατήσεων προστατευόμενων εκτάσεων.

- **Διεύρυνση του δικτύου τηλεμετρικών σταθμών**

Οι αστοχίες των προγνωστικών μετεωρολογικών μοντέλων, σχετικά με την ποσότητα των αναμενόμενων ατμοσφαιρών κατακρημνισμάτων και τις ακριβείς περιοχές που επρόκειτο να πλήξει ο μεσογειακός κυκλώνας «Ιανός», καταδεικνύουν τις ελλείψεις των απαιτούμενων υποδομών και των αντίστοιχων τεχνολογικών συστημάτων εντός της μελετώμενης περιοχής. Η σύσταση έγκυρων μετεωρολογικών προβλέψεων, σε συνδυασμό πάντοτε με την έγκαιρη ενεργοποίηση των προειδοποιητικών συστημάτων πολιτικής προστασίας, συνθέτουν ένα εκ των σημαντικότερων πλαισίων για την προστασία ανθρώπινων ζώων και κρίσιμων εγκαταστάσεων σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Για το λόγο αυτό, η διεύρυνση του δικτύου τηλεμετρικών μετεωρολογικών σταθμών, εστιάζοντας σε κρίσιμα γεωγραφικά σημεία όπως οι λεκάνες απορροής των ποταμών της δυτικής θεσσαλικής πεδιάδας και οι συμβολές των κοιτών τους, πλησίον οικιστικών περιοχών, εικάζεται ότι μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στη μελέτη, ανάλυση και έγκαιρη πρόγνωση των φυσικών φαινομένων, που μπορούν να επηρεάσουν την ευρύτερη περιοχή.

Επιπροσθέτως, η εγκατάσταση προηγμένου εξοπλισμού μέτρησης και καταγραφής των δεδομένων των βροχοπτώσεων (πχ βροχόμετρο, βροχογράφος, ραντάρ, κτλ) μπορεί να βοηθήσει στον πληρέστερο τοπογραφικό και χρονικό προσδιορισμό δυναμικών πλημμυρικών φαινομένων (Koutsovili, Tzoraki, Theodosiou, & Tsekouras, 2023), επαναπροσδιορίζοντας και εκσυγχρονίζοντας τα γενικότερα πλαίσια αντιπλημμυρικής προστασίας ευάλωτων περιοχών όπως είναι η πλειονότητα των πεδινών εκτάσεων της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, κατέστη σαφές ότι καθώς οι πλημμύρες αποτελούν φαινόμενα που δεν μπορούν να αποτραπούν πλήρως, η αναγκαιότητα επανασχεδιασμού και αναδιοργάνωσης της λειτουργίας των αστικών συστημάτων κρίνεται ιδιαίτερος επιτακτική. Με βάση όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία, η ανθεκτικότητα και η προσαρμοστικότητα των σύγχρονων αστικών συστημάτων εξαρτάται από το σύνολο των επιμέρους παραμέτρων που συνθέτουν τον αστικό σχεδιασμό, τόσο σε παροντικό όσο και σε μελλοντικό χρόνο.

Η ποικιλομορφία και η διαφοροποίηση των ιδιαίτερων συνθηκών που κυριαρχούν εντός των διαμορφωθέντων αστικών συστημάτων και των γεωγραφικών περιοχών τους, καθιστούν αδύνατη τη σύσταση ενός γενικευμένου πρακτικού πλαισίου αναφοράς αντιμετώπισης κινδύνων. Ωστόσο αποτελεί βεβαιότητα ότι η λήψη κατάλληλων, ουσιαστικά βιώσιμων και σταθμισμένων

μέτρων, σε συνάρτηση με τον επαναπροσδιορισμό των κοινωνικών πολιτικών και πρακτικών θα διαμορφώσουν τις συνθήκες διαβίωσης τόσο των παροντικών, όσο και των γενεών που θα ακολουθήσουν.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- Abbasi, N., Xu, X., Lucas-Borja, M., Dang, W., & Liu, B. (2019). The use of check dams in watershed management projects: Examples from around the world. *The Science of The Total Environment in press*.
- Abdel-Aziz, D., Al Maani, D., & Al-Azhari, W. (2015). Using Pervious Concrete for Managing Storm Water Run-off in Urban Neighborhoods: Case of Amman. *American International Journal of Contemporary Research*, 5, pp. 78-86.
- Alamanos, A., Koundouri, P., Papadaki, L., & Pliakou, T. (2022). A System Innovation Approach for Science- Stakeholder Interface: Theory and Application to Water-Land-Food-Energy Nexus. *Frontiers in Water*, 3.
- Behrerns, A., Georgiev, A., & Carraro, M. (2010). *Future Impacts of Climate Change*. Centre for European Policy Studies.
- Benko, M. (2010). The ‘Closed/Open’ Duality in Contemporary Urban Form. *Open House International*, 35(3), pp. 48-53.
- Bly, J., Francescutti, L., & Weiss, D. (2020). Disaster Management: A State-of-the-Art Review. In *Natural Hazards - Impacts, Adjustments & Resilience*.
- Bronstert, A. (2013). Floods and Climate Change: Interactions and Impacts. *Risk Analysis*, 23(3), pp. 540-50.
- Cutter, S. L., Boruf, B. J., & Shirley, W. L. (2003). *Social Vulnerability to Environmental Hazards*. Wiley-Blackwell.
- De Felice, F., Baffo, I., & Petrillo, A. (2022). Critical Infrastructures Overview: Past, Present and Future. *Sustainability*, 14(4).
- Dewan, A. M. (2013). Hazards, Risk, and Vulnerability. In *Floods in a Megacity*.
- Diakakis, M. (2010). Flood history analysis and its contribution to flood hazard assess-ment. The case of Marathonas in Greece. *Bull GeolSoc of Greece*, 43(3), pp. 1323-34.

- Eren, B. (2021). Floods and Their Impact on the Environment. *5th International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management* (pp. 2-7). Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Sakarya.
- Glade, T., & Alexander, D. E. (2013). Classification of Natural Disasters. *Encyclopedia of Natural Hazards*, pp. 77-83.
- Koutsovili, E., Tzoraki, O., Theodosiou, N., & Tsekouras, G. (2023). Early Flood Monitoring and Forecasting System Using a Hybrid Machine Learning-Based Approach. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(11).
- Lekkas, E., Nastos, P., Cartalis, C., Diakakis, C., Gogou, M., Mavroulis, S., et al. (2020, September). Impact of Medicane "IANOS" (September 2020). *Newsletter of Environmental, Disaster and Crises Management Strategies*(20).
- Llasat, M., Llasat-Botija, M., Prat, M., & Porcu, F. (2010). High-impact floods and flash floods in Mediterranean countries: The FLASH preliminary database. *Advances in Geosciences*.
- Matsui, A. (2022). Flood Control Methods. In *Wetland Development in Paddy Fields and Disaster Management* (pp. 10-19).
- Morner, N.-A. (2010). Natural, Man- Made and Imagined Disaster. *Disaster Advances*, 3(2), pp. 3-5.
- Perry, R. W. (2018). Defining Disaster: An Evolving Concept. *Handbook of Disaster Research*, p. 3.
- Quarantelli, E. (1985). What is a Disaster? The need for clarification in definition and conceptualization in research. In *Disasters and Mental Health: Selected Contemporary Perspectives* (pp. 39-72). Washington DC: US Government Printing Office.
- Quarantelli, E. (2004). *Urban Vulnerability to Disasters in Developing Countries: Managing Risks*. London: Routledge.
- Seeger, M., Islam, K., Seeger, S. H., & Botan, C. (2021). *Emergency Preparedness, Response, and Strategic Communication for Natural Disasters*.

- Sengupta, U. (2017). Complexity Theory: The Urban is a Complex Adaptive System. In *Defining the Urban* (pp. 249-65). Routledge.
- Sili, N., Maria, A., & Faur, F. (2020). *Floods and Their Effects on Agricultural Productivity*.
- Szczepańska, A., & Senetra, A. (2019). Forests as the Key Component of Green Belts Surrounding Urban Areas. *BALTIC FORESTRY*, 25(1), pp. 141-151.
- Talbot, C., Bennett, E., Cassell, K., & Hanes, D. (2018). The impact of flooding on aquatic ecosystem services. *Biogeochemistry*, 141(4).
- Trif, S., Bilasco, S., Petrea, D., Rosca, S., Fodorean, I., & Vescan, I. (2023). Spatial Modeling through GIS Analysis of Flood Risk and Related Financial Vulnerability: Case Study: Turcu River, Romania. *Applied Sciences*, 9869(13), pp. 1-34.
- UNISDR. (2009). *UNISDR Terminology on Disaster Risk Recution*. United Nations.
- Van Niekerk, W. (2008). VULNERABILITY TO DISASTER IMPACTS: ONE OF THE MOST UNDERESTIMATED ISSUES IN URBAN DEVELOPMENT? *Planning African Conference 2008*. Johannesburg, South Africa.
- Vasiliades, L., Farsirotou, E., & Psilovikos, A. (2022). *Flood Hazard Modeling and Mapping of the Medicane "Ianos" in Kalentzis River Basin, Greece*. University of Thessaly.
- Ward, P., & Shiveley, G. (2011). Disaster Risk, Social Vulnerability and Economic Development. *Disasters*, 41(2).
- Wilson, M. (1990). *Engineering Hydrology. 4th Edition*. London: MacMillan Press Ltd.
- Wirtz, A., Below, R., & Guha-Sapir, D. (2009). *Disaster category classification and peril terminology for operational purposes, Annex II*.
- Wu, W., Berhe, T., & Ashour, T. (2012). *Embankments and dams. Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions and Applications*.
- Yalcin, G., & Akyurek, Z. (2003). *Analysing flood vulnerable areas with multicriteria evaluation*.

Zbigniew, K., Pińskwar, I., & Brakenridge, R. (2017). Changes in river flood hazard in Europe: a review. *Hydrology Research*, 49(2).

Ελληνική

Αγιάν, Ν., Κωτσοπούλου, Μ., Πετροπούλου, Χ., Πιέρη, Ε., Πυρπυρή, Λ., & Τσακίρη, Δ. (2021). *Εντοπισμός Ευάλωτων Περιοχών στην Π.Ε. Καρδίτσας και Σχεδιασμός για Ενίσχυση της Ανθεκτικότητας της*. Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Δ.Π.Μ.Σ. "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", Αθήνα.

Αναγνωστοπούλου, Ε. (2013). *Πλημμυρική Επικινδυνότητα στη Δυτική Θεσσαλία*. Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Πολιτικών Μηχανικών- Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

Αναπτυξιακή Καρδίτσας. (2008). *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Καρδίτσας για την Περίοδο 2007-2010- Στρατηγικό Σχέδιο Δήμου Καρδίτσας*.

Απόφαση 640/2023 (2023)- Πρακτικό Οικονομικής Επιτροπής Περιφέρειας Θεσσαλίας.

Ασπρογέρακας, Ε. (2022). ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ. *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Πολεοδομίας, Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης*, Ατ: *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Πολεοδομίας, Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης*, ΤΜΧΠΠΑ. Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Βαλάσσα, Β., Τσατσαρέλης, Κ., Μουτσανίδης, Ε., Σακελλαρίου, Γ., & Λιαλιάρης, Ι. (2015). *Μελέτη Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου Διευρυμένου Δήμου Καρδίτσας*. Καρδίτσα.

Γκισάκης, Ν. (2004). *Σχεδιασμός της περιβαλλοντικής αναβάθμισης υδατορευμάτων που διέρχονται από τον αστικό ιστό. Μελέτη περίπτωσης: Η ιστορική κοίτη του Πηνειού που διέρχεται από την πόλη της Λάρισας*. Διπλωματική Εργασία, ΕΑΠ, Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Πάτρα.

Διακάκης, Μ. (2013). *Εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας με τη χρήση μοντέλων προσομοίωσης*. Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ), Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Αθήνα.

- E.M.E.K.A. (2011). *Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα*. Αθήνα: Τράπεζα της Ελλάδας.
- Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής. (2011). *Σενάρια ανθρωπογενούς παρέμβασης στην κλιματική αλλαγή και τα προγράμματα Prudence και Ensembles*. Τράπεζα της Ελλάδος.
- Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συμβούλιο. (2018). *Οδηγία για τις πλημμύρες, πρόοδος ως προς την αξιολόγηση των κινδύνων, ανάγκη βελτίωσης του σχεδιασμού και της υλοποίησης*.
- Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2007). Οδηγία 2007/60/ΕΚ για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*.
- Ζαφειρίου, Β. (2021). *Η Διεπιστημονικότητα των Εργαλείων Χωρικού Σχεδιασμού στην Διαχείριση της Πολυπλοκότητας Κινδύνων και Καταστροφών: Σχεδιάζοντας το Μέλλον*. Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος.
- Λίτσιου, Τ. (2020). *Επικινδυνότητα Πλημμύρας και Αστική Ανθεκτικότητα*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανικών, Χωροταξίας και Ανάπτυξης, Θεσσαλονίκη.
- Μιγκίρος, Γ. (2022). Η μακροχρόνια υδατική “αρρυθμία” της Θεσσαλίας απαιτεί άμεσες και δραστικές λύσεις με έργα που θα στοχεύουν στην ορθολογική και βιώσιμη ανάπτυξή της και παράλληλα θα την προστατεύουν από την επερχόμενη ερημοποίησή της. Λάρισα: ΥΠΕΘΕ.
- Μιχαηλίδου, Σ. (2019). *Στοιχεία Σχεδιασμού και Διαχείρισης Αντιπλημμυρικών Έργων με Εφαρμογή στα Υδατορεύματα*. Διπλωματική Εργασία, ΕΑΠ, ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ, Αθήνα.
- Μιχαλόλιας, Ν. (2014). *Χρήση Υπολογιστικής Ρευστομηχανικής στη Μελέτη Προβλημάτων Αντιπλημμυρικής Προστασίας*. Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Βόλος.

- Νικολόπουλος, Δ., & Ευστρατιάδης, Α. (n.d.). *Διαχείριση Υδατικών Πόρων- Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων: Η περίπτωση του συνδισσμένου υδροσυστήματος Αχελώου- Πηνειού*. ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος.
- Οικονόμου, Β. (2019). *Εκτίμηση Κινδύνου Ρύπανσης από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων εξαιτίας Πλημμυρών*. ΕΜΠ, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υδάτινων Πόρων, Αθήνα.
- Ραλλάτου, Ν. (2019). *Εκτίμηση αστικής πλημμυρικής τρωτότητας με χρήση GIS και μεθόδων γεωχωρικής ανάλυσης. Η περίπτωση του Λεκανοπεδίου Αθηνών*. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Αθήνα.
- Σαμπουτζάκη, Κ., & Δανδουλάκη, Μ. (2015). *Κίνδυνοι και Καταστροφές: Έννοιες και Εργαλεία Αξιολόγησης, Προστασίας, Διαχείρισης*. ΕΜΠ, ΣΕΑΒ, Αθήνα.
- Σούρλας, Μ. (2021). *Εκτίμηση της πλημμυρικής επιδεκτικότητας με τη χρήση τεχνικών της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Η περίπτωση της ΒΑ περιοχής του νομού Κορινθίας*. Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων- Μεταλλουργών- Τομέας Γεωολογικών Επιστημών.
- Στεφανίδης, Π. (2007). *Ορεινή Υδροδυναμική (Διευθετήσεις Ορεινών Υδάτων) ΜΕΡΟΣ 1*. ΑΠΘ.
- ΥΠΕΝ. (2019). *Οδηγία πλαίσιο για τα νερά*.
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. (2014). *ΕΛΕΓΧΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ) ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ - ΘΡΑΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΠΗΝΕΙΟΥ*.
- Φ.Ε.Κ. 269 ΑΑΠ 15-11-2018. (n.d.). *Εφημερίδα της Κυβερνήσεως*.
- ΦΕΚ 240/ΑΑΠ/ 9.11.2016. (2016). *Εφημερίς της Κυβερνήσεως*.

Ηλεκτρονικές Πηγές

- Coordination of Information on the Environment Land Cover*. (2019). Retrieved 2024, from Coordination of Information on the Environment Land Cover: <https://lcviewer.vito.be/2019>
- EM-DAT. (2024). *EM-DAT The International Disaster Database*. Retrieved 2024, from EM-DAT Documentation: <https://doc.emdat.be/docs/protocols/entry-criteria/>
- ERMIS-F. (2024). *Environmental Risk Management and Information Service – Floods*. Retrieved 2024, from Βάση Γνώσης του Έργου ERMIS-F: <https://ermis-apps.ermis-f.eu/kb/d/Measure/1>
- European Commission. (2024). *Knowledge Hub for Water*. Retrieved 2024, from FACT SHEET: Piniros River Basin: <https://water.jrc.ec.europa.eu/pdf/piniros-fs.pdf>
- European Environment Agency. (2024). *Climate change impacts, risks and adaptation*. Retrieved 2024, from <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/climate-change-impacts-risks-and-adaptation>
- UNDRR. (2024). *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*. Retrieved 2024, from United Nations Office for Disaster Risk Reduction: <https://www.undrr.org/terminology/vulnerability>
- Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2022). *ΕΛ.ΣΤΑΤ*. Retrieved 2024, from Απογραφή Πληθυσμού - Κατοικιών 2021: <https://www.statistics.gr/2021-census-pop-hous>
- Σχέδιο Καλλικράτης*. (2013). Retrieved 2024, from Καλλικράτης- Π.Ε. Καρδίτσας: <https://www.kallikratis.org/perifereiaki-enotita-karditsas/>
- ΥΠΕΚΑ. (2024). *Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας*. Retrieved 2024, from <https://floods.ypeka.gr/sdkp-lap/legislation>
- ΥΠΕΝ. (2008). *Γενικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης*. Retrieved 2024, from Γενικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης:

<http://catalog.data.gov.gr/dataset/geniko-plaisio-xwrota3ikoy-sxediasmoy-kai-aeiforoy-anarty3hs>

ΥΠΕΝ. (2024). *Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας*. Retrieved 2024, from Γεωπύλη του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας:
<http://geoportal.ypen.gr/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/home>