



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης
Master Thesis

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για το Μεγάλο Ρέμα Ραφήνας

Early warning system for the Great Rafina Stream

Χρήστος Παλαπανίδης / Chris Palapanidis

A.M. / R.N. : 18164

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. 2020068

Αθήνα, Μάρτιος 2020
Athens, March 2020



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ
POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης
Master Thesis

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για το Μεγάλο Ρέμα Ραφήνας

Early warning system for the Great Rafina Stream

Χρήστος Παλαπανίδης / Chris Palapanidis

A.M. / R.N. : 18164

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δρ. Ε. Λέκκας,
Καθηγ. ΕΚΠΑ

Δρ. Ε. Σκούρτος,
Ε.ΔΙ.Π. ΕΚΠΑ

Δρ. Β. Αντωνίου,
Ε.ΔΙ.Π. ΕΚΠΑ

Ειδική Επιστημονική Καθοδήγηση:

Δρ. Ανδρέας Βασιλόπουλος
Καθηγ. Γεωπονικού Παν/μίου

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. 2020068

Αθήνα, Μάρτιος
2020
Athens, March 2020

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	i
Περίληψη	iii
Abstract	iv
Πρόλογος.....	vii
Κατάλογος συντομογραφιών.....	viii
Κατάλογος Πινάκων	ix
Κατάλογος Εικόνων	x
Κατάλογος Γραφημάτων	xi
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Ιστορικά στοιχεία.....	1
1.2. Στόχοι, σκοπιμότητα και αναμενόμενα αποτελέσματα της μελέτη.....	2
1.3. Μεθοδολογία	2
1.4. Διάρθρωση κεφαλαίων	2
Κεφάλαιο 2. Πλημμύρες.....	4
2.1. Εισαγωγή.....	4
2.2. Ορισμός	4
2.3. Παροχή ρέματος.....	4
2.4. Παράγοντες που επηρεάζουν τις πλημμύρες	4
2.5. Είδη πλημμύρων, αίτια και επιπτώσεις.....	5
2.6. Οδηγία 2007/60/EK.....	6
2.7. Αρμόδιοι φορείς αντιμετώπισης επιπτώσεων	6
Κεφάλαιο 3. Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης.....	8
3.1. Ορισμός	8
3.2. Μέρη	8
3.3. Internet of Things	9
Κεφάλαιο 4. Το Μεγάλο Ρέμα Ραφήνας	11
4.1. Εισαγωγή.....	11
4.2. Φυσικό περιβάλλον	11
4.2.1. Γεωγραφική θέση	11
4.2.2. Γεωμορφολογικά – υδρογραφικά στοιχεία	13
4.2.3. Κλίμα.....	15
4.2.4. Παροχές ρέματος	16
4.3. Ανθρωπογενές περιβάλλον	18
4.3.1. Χωροταξικός σχεδιασμός – Χρήσεις γης – Ρυθμιστικό σχέδιο	18
4.3.2. Δημογραφικά στοιχεία	20
4.4. Κύρια θέματα διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας.....	20
4.5. Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκάνης Απορροής και Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων	21
4.5.1. Σενάρια πλημμύρας	22
4.5.2. Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας	23
4.5.3. Αποτελέσματα αξιολόγησης	27
4.6. Επιπτώσεις πλημμυρικών φαινομένων	38
4.7. Υφιστάμενα μέτρα πρόληψης και ετοιμότητας που αφορούν την περιοχή	39

Κεφάλαιο 5. Αντιπλημμυρική θωράκιση ρέματος.....	42
5.1. Κατάντη τμήμα ρέματος Ραφήνας (Α Φάση).....	45
5.2. Ανάντη τμήμα ρέματος Ραφήνας (Α Φάση)	45
5.3. Φράγμα ανάσχεσης πλημμύρων (Β Φάση)	45
 Κεφάλαιο 6. Το σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης πλημμυρικών φαινομένων του ρέματος	49
6.1. Εισαγωγή	49
6.2. Γνώση Κινδύνου.....	49
6.3. Υπηρεσίες παρακολούθησης και προειδοποίησης	49
6.3.1. Αισθητήρες μέτρησης στάθμης.....	50
6.3.2. Δεδομένα τηλεπισκόπησης	51
6.3.3. Δεδομένα UAV	52
6.3.4. Ασύρματη μετάδοση δεδομένων	53
6.3.5. Επεξεργασία των δεδομένων από ειδικό λογισμικό και χρήση βάσης δεδομένων για την εκτίμηση εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων	53
6.4. Διάδοση πληροφοριών και επικοινωνία	54
6.5. Ικανότητα απόκρισης.....	55
 Κεφάλαιο 7. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων	57
 Κεφάλαιο 8. Συμπεράσματα - προτάσεις	60
8.1. Συμπεράσματα.....	60
8.2. Προτάσεις	61
 Βιβλιογραφία	66

Περίληψη

Στην παρούσα μελέτη γίνεται ανάλυση της αντιπλημμυρικής προστασίας του Μεγάλου Ρέματος Ραφήνας και προτείνεται ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για την πρόληψη των επιπτώσεων πλημμυρικών φαινομένων. Τα πλημμυρικά φαινόμενα είναι εντονότερα τις τελευταίες δεκαετίες κυρίως λόγω της αστικοποίησης και της κλιματικής αλλαγής. Παράλληλα έχουν αυξηθεί οι επιπτώσεις αυτών των φαινομένων τόσο στο φυσικό όσο και στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος άμεσης ενημέρωσης φορέων και πολιτών για την πιθανότητα εκδήλωσης πλημμύρας.

Ένα σημαντικό μέρος του ρέματος Ραφήνας περνάει μέσα από τον αστικό ιστό διαφόρων πόλεων και οικισμών της Δυτικής Αττικής. Οι οικισμοί αυτοί προβλέπεται να επεκταθούν, με ταυτόχρονη αύξηση του πληθυσμού, οπότε κρίνεται απαραίτητη η άμεση αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής. Το ρέμα έχει σημαντικό βαθμό επικινδυνότητας εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων και ιδιαίτερα για περιόδους επαναφοράς μεγαλύτερες των 20 ετών ($T \geq 20$). Κατά το παρελθόν (1977, 1988 και 2013) έχουν υπάρξει πλημμυρικά φαινόμενα με αποτέλεσμα την απώλεια ανθρώπινων ζωών και την καταστροφή τεχνικών έργων.

Με βάση την Κοινοτική Οδηγία 2007/60/EK έχει εκπονηθεί ένα σημαντικό σχέδιο διαχείρισης πλημμυρικών φαινομένων για την περιοχή. Βέβαια οι περισσότερες δράσεις είναι προτεινόμενες και λίγες υλοποιούνται. Στοχευμένα αντιπλημμυρικά έργα προτείνονται από την Μ.Π.Ε. Διευθέτησης – Οριοθέτησης ρέματος Ραφήνας. Οι προτάσεις αφορούν την κατασκευή διατομών διαφόρων τύπων κατά μήκος του ρέματος (Α Φάση) και την κατασκευή φράγματος σε βάθος 10ετίας (Β Φάση). Από τα δεδομένα της Οδηγίας και της Μ.Π.Ε. γίνεται αντιληπτός ο σημαντικός βαθμός επικινδυνότητας εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η εγκατάσταση και λειτουργία ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης για να καλύψει το κενό πρόληψης μέχρι να υλοποιηθούν τα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας. Ακόμα και μετά την ολοκλήρωση των έργων το σύστημα θα είναι ένα σημαντικό πρόσθετο μέτρο πρόληψης.

Το προτεινόμενο σύστημα αποτελείται από 4 αλληλένδετα μέρη. Το πρώτο αφορά την γνώση κινδύνου όπου κρίνεται ικανοποιητική καθώς τα πρόσφατα πλημμυρικά φαινόμενα στην Αττική (π.χ. Μάνδρα) έχουν αυξήσει την γνώση και την εμπειρία πολιτών και φορέων. Το δεύτερο μέρος αφορά τις υπηρεσίες παρακολούθησης και προειδοποίησης. Μέσω λογισμικού και εισαγωγής απαραίτητων δεδομένων (μετρητές στάθμης ρέματος, μετεωρολογικά, τηλεπισκόπησης, UAV) επιτυγχάνεται η έγκαιρη πρόγνωση εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων με βάση την ένταση της βροχόπτωσης. Για την ακριβή παρακολούθηση της σημειακής παροχής του ρέματος απαιτούνται μετρητές στάθμης νερού. Σημαντικά είναι τα δεδομένα τηλεπισκόπησης με δορυφορικές εικόνες και των ορθοφωτοχαρτών καθώς εισάγουν στο λογισμικό δεδομένα για την υπερχείλιση εκτός του ρέματος. Το τρίτο μέρος αφορά την διάδοση πληροφοριών και της έγκαιρης προειδοποίησης που είναι αρμοδιότητα της ΓΓΠΠ. Τέλος το τέταρτο μέρος αφορά την ικανότητα απόκρισης φορέων, σωμάτων ασφαλείας και πολιτών καθώς και η εκπαίδευση και ενημέρωση πάνω στα επιχειρησιακά μέρη και στον τρόπο αντίδρασης σε περίπτωση συναγερμού.

Λέξεις κλειδιά: Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης, Μεγάλο Ρέμα Ραφήνας, πλημμύρες, αντιπλημμυρική θωράκιση, πρόληψη φυσικών καταστροφών

Abstract

In the present study we are going to analyze the anti-flood protection of Great Rafina Stream and suggest a system of early warning for the prevention of consequences arising due to flooding. Floods have been more severe in the last decades mainly due to urbanization and climate change. At the same time there is an increase in the effects of this phenomenon in the natural as well as in the urban environment. Early warning systems are the most widespread means of direct updates for public entities and citizens regarding the possibility of a flood.

Great Rafina Stream is situated in Mesogeia of Eastern Attika and more specifically in the south of mount Penteli and Northeast of mount Ymittos. The total expanse of the drainage basin is 140 km² and crosses the jurisdiction borders of the municipalities of Rafina – Pikermi, Spaton – Artemidas, Pallinis and Paiania. These urban areas are expected to expand and at the same time increase their population, therefore the immediate anti-flood protection of the area is necessary. The hydrographic network of the drainage basin is composed of several small streams, which drain to a main axis. It crosses fields and its average decline is 1.5%. The average altitude of the drainage basin is over 170m and is mostly classed as flatland. Quaternary deposits, neogenic formations, mesozoic - paleozoic formations and explosive occurrences occur geologically. Climatically, heavy rainfall is shown during the period from October to March. The stream runs a high risk of flooding especially for reference period greater than 20 years ($T \geq 20$). In the past (1977, 1988 and 2013) there have been floods which resulted in the loss of human lives and the destruction of infrastructures. The main matters that need to be resolved or prevented, concern the causes of the flood and are as follows:

- The high floodwaters and the inability of the riverbed to drain these floodwaters
- The morphology as well as the narrowing of the riverbed in individual parts due to vegetation, accumulation of loads and cross-sectional technical works
- Restricting or even covering the stream bed to serve various anthropogenic uses

An important flood management plan for the region has been prepared under Community Directive 2007/60/EC. Based on the flood scenarios studied for a $T=50$ years recovery period, the peak flow rate is 552 m³/s, for $T=100$ years is 701.3 m³/s and for $T=1000$ years at 1,568.7 m³/s. In the optimistic scenario, small floods will affect cultivated areas in the south of Pikermi for $T = 50$ years. For $T=1000$, the areas of Petreza and Iremos Pefkos are more affected in the south of Pikermi and to a lesser extent Rafina (estuaries). For $T=1000$ it mainly affects the city of Rafina, especially in the last 1.5 km of estuaries. Actions are proposed to address the floods, but few are implemented. Targeted flood protection projects are proposed by the Environmental Impact Study for settlement – delimitation of Rafina stream. Proposals concern the construction of cross-sections of various types along the stream (Phase A) and the construction of a dam in the next 10 years (Phase B) and in particular:

- Downstream section of Rafina stream (from estuary -4+400) 4.4 km long
- Upstream section of Rafina stream (4+400-14+997) 10.6 km long
- Flood Restraint Dam

Based on the estimates for T=50 (reference value for flood estimation) the benefits for the different scenarios are as follows:

- Current status: 484.9 (Peak m³/s)
- Future status: 519.9 (Peak m³/s)
- Future with projects: 541.9 (Peak m³/s)
- Reflection in the plain: 520.2 (Peak m³/s)
- Dam with overflow correction +61.5: 458.4 (Peak m³/s)
- Mountain Hydraulic projects: 517.4 (Peak m³/s)

From the data of the Directive and the Environmental Impact Study the significant degree of risk of flooding is recognized. For this reason, setting up and operating an early warning system is proposed to fill the prevention gap until the flood protection projects are implemented. Even after completion of projects the system will be an important additional precautionary measure.

The proposed system consists of 4 interconnected parts. The first concerns risk knowledge where it is considered satisfactory as recent flood events in Attica (e.g. Mandra) have increased the knowledge and experience of citizens and government. The second part concerns monitoring and warning services and in particular:

- Current level measurement sensors at various high risk locations: Measuring the level combined with rainfall data will extract data for early warning of flood events. For example, if the sensors detect streamflow at specific points and with preceding particular millimeters of rainfall, it may, in the future, be able to warn about the danger early when it receives that particular rainfall value. On the basis of the projected flood plans and the forecasts for the current flow, the main areas to be sensed are the downstream (estuary) and the upstream south of Pikermi as it is estimated that flooding periods greater than 20 years flood phenomena will be manifested. The key features that the sensors need to have are security and accuracy in collecting and transmitting data, low maintenance requirements and self-sufficiency as well as endurance against extreme weather conditions
- Remote sensing data: The collection of remote sensing data such as aerial photography, satellite imagery etc. after the occurrence of a flood helps to identify the signs of overflow. Remote sensing to estimate soil moisture, using solar radiation with wavelengths between 0.4 and 2.5 μm , measures the reflected sunlight from the Earth's surface. The most appropriate method of measurement is that of thermal inertia which combines simplicity and ease of application while achieving high accuracy in estimating soil moisture. Three satellites that could provide such data and have been called in to monitor flood events are ERS-2, ERS-1 and Sentinel-2. For accurate results, the use of image collapse technique is required, where color and multi-spectral images must be recorded at close dates
- UAV data: They provide the ability to collect airborne data, overview of existing coverages and changes that occur in surface area. They provide high-precision aerial photographs, with greater directness (as opposed to satellite) and with territorial coverage even in inaccessible areas. Aerial photography is processed by specialized

software (e.g. Postflight Terra 3d) and produces orthophotos for better recording, flood management and impact assessment in Rafina stream.

- Wireless data transmission over mobile (3G or 4G)
- Data processing by specialized software and database use for estimating flood events: The meters will produce stream level data at various points around the clock. The level, above which a flood is caused, will be set in advance for each meter (point of interest). In addition, data from satellite images and orthophotos will be imported. Finally, the meteorological data on rainfall are introduced. Combining all this data will constantly increase the accuracy of the results and reduce the chance of error. The General Secretariat for Civil Protection is the body that operates and monitors the system and is responsible for sending warnings or alerts to the competent public bodies (Attica Region, Municipalities) and citizens

The third part deals with the dissemination of information and early warning. As soon as there is a risk of flooding, it is important that the information reach competent authorities and citizens immediately. It is proposed that we install a civil protection siren in the settlements near the stream and especially in the city of Rafina for the immediate warning of the citizens in case of extreme storm. This system will also have to be connected to emergency number 112 to send immediate alerts to citizens and municipalities. Forecasting based on meteorological data in most cases will take place one to two days in advance and thus the General Secretariat for Civil Protection will be able to update in a timely manner (mainly via 112). Finally, the fourth part deals with the responding ability of government, security forces and citizens, as well as training and information on operational parties and how to react in case of alarm. The ability to respond is just as important as the dissemination of information. The government and especially the services and employees of the Attica Region and Municipalities must be adequately trained to deal with the effects of floods. The same applies to citizens who need to be informed locally about the risk and the potential impact it may have on their health and property. It is important that a plan for evacuation of settlements be drawn up and especially for the city of Rafina as well as periodic training for evacuation of buildings and the road network. Equally important is the role of the security forces (army, police and fire brigade) and hospitals. All of this should be coordinated by the General Secretariat for Civil Protection and there should be training programs, scripts and coordination exercises for the above forces and public entities.

In conclusion, Rafina stream has a significant degree of flood risk and flood protection projects are costly (e.g. dam construction) and will be implemented over a period of time (approximately 10 years). Thus, it is imperative that the proposed flood warning system be immediately installed in order to mitigate the expected impacts.

Keywords: Early Warning System, Great Rafina Stream, floods, anti-flood protection, prevention of natural disasters

Πρόλογος

Η ιδέα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης μελέτης προήλθε σε συνεννόηση και συνεργασία με τον Καθηγητή Γεωπληροφορικής του Γεωπονικού Παν/μίου και Αντιδήμαρχο Ραφήνας – Πικερμίου κ. Ανδρέα Βασιλόπουλο καθώς και με τον Καθηγητή Δυναμικής Τεκτονικής, Εφαρμοσμένης Γεωλογίας & Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών κ. Ευθύμη Λέκκα. Η παρούσα μελέτη, που αφορά τα πλημμυρικά φαινόμενα του ρέματος Ραφήνας, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την πλειονότητα των γνώσεων που απέκτησα κατά την παρακολούθηση του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών “Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Καταστροφών και Κρίσεων”.

Τα πλημμυρικά φαινόμενα της τελευταίας δεκαετίας έχουν προκαλέσει μεγάλες καταστροφές τόσο στο φυσικό όσο και στο ανθρωπογενές περιβάλλον με κύρια την απώλεια ανθρώπινων ζώων. Αυτό σε συνδυασμό με την ελλιπή γνώση και εμπειρία φορέων και πολιτών, χρήζει επιτακτική την ανάγκη εκπόνησης ερευνών στον τομέα τόσο της πρόληψης όσο και της αντιμετώπισης των επιπτώσεων των πλημμύρων.

Ευχαριστώ την μητέρα μου και τις δύο αδερφές μου για την συμπαράσταση και την έμπρακτη βοήθεια κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω βαθύτατα και τον κ. Ανδρέα Βασιλόπουλο για την βοήθεια και καθοδήγηση κατά την διάρκεια εκπόνησης της διατριβής καθώς και τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής.

Σας ευχαριστώ

Κατάλογος συντομογραφιών

Ε.Ε.	Ευρωπαϊκή Ένωση
Μ.Π.Ε.	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
Ε.Μ.Υ.	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΣΕΠ	Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης
Ε.Γ.Υ.	Ειδική Γραμματεία Υδάτων
Ε.Ε.Υ.	Εθνική Επιτροπή Υδάτων
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΥΑ	Υπουργική Απόφαση
ΓΓΠΠ	Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας
ΥΔ	Υδατικό Διαμέρισμα
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΒΙΠΕ	Βιομηχανική Περιοχή
ΜΚΟ	Μη Κυβερνητική Οργάνωση
ΙοΤ	Internet of Things
UAV	Unmanned Aerial Vehicle

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1:	Κατηγορίες πλημμύρων (2007/60/EK, 2007)	5
Πίνακας 4.1:	Μέσο μηνιαίο ύψος υετού και μέγιστο 24ώρου (Μ.Π.Ε., 2018).....	15
Πίνακας 4.2:	Χρονική εμφάνιση κατακρημνισμάτων ανά μήνα (σε ημέρες) (Μ.Π.Ε., 2018)	15
Πίνακας 4.3:	Μέγιστες μηνιαίες τιμές παροχής (m^3/sec) σταθμού Rafina (κατάντη) (Μ.Π.Ε., 2018)	18
Πίνακας 4.4:	Εξεταζόμενα σενάρια για το ρέμα Ραφήνας (Ε.Ε.Υ., 2018)	22
Πίνακας 4.5:	Δείκτες και σκορ για την αποτίμηση των επιπτώσεων στον πληθυσμό ..	24
Πίνακας 4.6:	Δείκτες και σκορ για την αποτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων	24
Πίνακας 4.7:	Δείκτες και σκορ για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων	25
Πίνακας 4.8:	Δείκτες και σκορ για την αποτίμηση των επιπτώσεων στην πολιτιστική κληρονομιά	25
Πίνακας 4.9:	Κλάσεις τρωτότητας και σκορ που αντιστοιχούν σε κάθε κλάση.....	26
Πίνακας 4.10:	Κλάσεις επικινδυνότητας με βάση το κριτήριο βάθους - ταχύτητας	26
Πίνακας 4.11:	Σκορ επικινδυνότητας για κάθε κλάση.....	26
Πίνακας 4.12:	Κλάσεις πλημμυρικού κινδύνου και σκορ που αντιστοιχούν σε κάθε κλάση	27
Πίνακας 4.13:	Αποτίμηση έντασης πλημμύρας ανά περίοδο επαναφοράς (Ε.Ε.Υ., 2018)	27
Πίνακας 4.14:	Κίνδυνος πλημμύρας ανά περίοδο επαναφοράς (Ε.Ε.Υ., 2018).....	28
Πίνακας 4.15:	Ένταση βροχής συναρτήσει της διάρκειας βροχής για περιόδους επαναφοράς $T=2\sim500$ έτη (Μ.Π.Ε., 2018)	37
Πίνακας 4.16:	Ύψος βροχής συναρτήσει της διάρκειας βροχής για περιόδους επαναφοράς $T=2\sim500$ έτη (Μ.Π.Ε., 2018)	37
Πίνακας 4.17:	Μέτρα Πρόληψης και Ετοιμότητας για την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων	40
Πίνακας 5.1:	Αποτελέσματα υπολογισμού παροχών και χρόνων αιχμής στην εκβολή με το υδρολογικό ομοίωμα για τα διάφορα σενάρια (Μ.Π.Ε., 2018).....	43
Πίνακας 5.2:	Συνοπτικά αποτελέσματα για τη λειτουργία του φράγματος για περίοδο επαναφοράς $T= 2\sim500$ έτη (Μ.Π.Ε., 2018)	46
Πίνακας 5.3:	Συνοπτικά αποτελέσματα για το χρόνο κατάκλυσης (ώρες) ανά στάθμη και περίοδο επαναφοράς κατά τη λειτουργία του φράγματος (Μ.Π.Ε., 2018)	47
Πίνακας 8.1:	Μέτρα πρόληψης πλημμυρικών φαινομένων	62
Πίνακας 8.2:	Προτεινόμενες τιμές παροχών για το φράγμα στο ρέμα Ραφήνας	64

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 3.1:	Στοιχεία αλυσίδας προειδοποίησης (Carsell, 2004; Werner M., 2011)	9
Εικόνα 4.1:	Χάρτης ρέματος Ραφήνας (mygis.gr, 2018)	12
Εικόνα 4.2:	Γεωλογικός χάρτης περιοχής μελέτης	14
Εικόνα 4.3:	Χρήσεις γης περιοχής μελέτης (msa.ypeka.gr).....	19
Εικόνα 4.4:	Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας του ΥΔ Αττικής (Ε.Ε.Υ., 2018)	21
Εικόνα 4.5:	Χάρτης μέγιστης πιθανής επίπτωσης πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=1000 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)	29
Εικόνα 4.6:	Χάρτης βαθμού επιρροής πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=50 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)	30
Εικόνα 4.7:	Χάρτης βαθμού επιρροής πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=100 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)	31
Εικόνα 4.8:	Χάρτης βαθμού επιρροής πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=1.000 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)	32
Εικόνα 4.9:	Χάρτης αποτίμησης επιπτώσεων πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=50 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)	33
Εικόνα 4.10:	Χάρτης αποτίμησης επιπτώσεων πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=100 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)	34
Εικόνα 4.11:	Χάρτης αποτίμησης επιπτώσεων πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=1.000 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)	35
Εικόνα 4.12:	Επιπτώσεις της υπερχείλισης του ρέματος στις 22 Φεβρουαρίου του 2013 (irafina.gr, 2017)	38
Εικόνα 5.1:	Χάρτης αποτύπωσης έργων διευθέτησης και αντιπλημμυρικής θωράκισης ρέματος Ραφήνας (mygis.gr, 2018).....	48
Εικόνα 6.1:	Χάρτης απεικόνισης σημαντικών σημείων τοποθέτησης αισθητήρων μέτρησης στάθμης παροχής του ρέματος (mygis.gr, 2018).....	50
Εικόνα 6.2:	Σταθμός μέτρησης στάθμης νερού CatchR (Novatorsolutions, 2020).....	51
Εικόνα 6.3:	Σύμπτυξη εικόνων QuickBird για τον εντοπισμό κατοικιών με κεραμοσκεπή (Κ. Περάκης, 2015).....	52
Εικόνα 6.4:	Ψηφιοποιημένοι τρισδιάστατοι ορθοφωτοχάρτες (Aerial-Mapping, 2015)	53
Εικόνα 6.5:	Ενδεικτικά επίπεδα συναγερμού και αντίστοιχα μέτρα που εφαρμόζονται (GMA, 2012).....	55
Εικόνα 6.6:	Σχηματική αναπαράσταση του ΣΕΠ για το ρέμα Ραφήνας	56

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 4.1: Γεωλογικοί σχηματισμοί λεκάνης απορροής ρέματος Ραφήνας (%) (Μ.Π.Ε., 2018)	13
Γράφημα 4.2: Ομβροθερμικό διάγραμμα Μετεωρολογικού Σταθμού Σπάτων (Μ.Π.Ε., 2018)	16
Γράφημα 4.3: Ετήσιες μέγιστες παροχές στους σταθμομετρικούς σταθμούς (Μ.Π.Ε., 2018)	17
Γράφημα 4.4: Μεταβολή μέγιστης μηνιαίας παροχής κοντά στην εκβολή του ρέματος Ραφήνας (Μ.Π.Ε., 2018)	17
Γράφημα 4.5: Μεταβολή μέγιστης μηνιαίας παροχής στους κατάντη σταθμούς μέτρησης του ρέματος Ραφήνας (Μ.Π.Ε., 2018)	18
Γράφημα 4.6: Πληθυσμιακή μεταβολή Δήμου Ραφήνας – Πικερμίου (Μ.Π.Ε., 2018)	20
Γράφημα 4.7: Κατανομή πλημμυρικών γεγονότων στο ΥΔ Αττικής ανά χρονική περίοδο (15 - 20 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)	22
Γράφημα 4.8: Ύψος βροχής συναρτήσει της διάρκειας βροχής για περιόδους επαναφοράς $T=2\sim100$ έτη (Μ.Π.Ε., 2018)	36
Γράφημα 4.9: Ένταση βροχής συναρτήσει της διάρκειας βροχής για περιόδους επαναφοράς $T=2\sim100$ έτη (Μ.Π.Ε., 2018)	36
Γράφημα 4.10: Κατηγορίες μέτρων αντιμετώπισης πλημμυρικών φαινομένων για το ΥΔ Αττικής	39
Γράφημα 5.1: Μεταβολή της παροχής αιχμής στην εκβολή για τα διάφορα σενάρια συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς για $T=10\sim1000$ έτη (Μ.Π.Ε., 2018)	44
Γράφημα 5.2: Μεταβολή της παροχής αιχμής στην εκβολή για τα διάφορα σενάρια συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς για $T=1\sim10$ έτη (Μ.Π.Ε., 2018)	44
Γράφημα 6.1: Περιβάλλον λογισμικού έγκαιρης προειδοποίησης πλημμυρικών φαινομένων (Novatorsolutions, 2020)	54

Κεφάλαιο 1.

Εισαγωγή

Η έρευνα στον τομέα των φυσικών καταστροφών και στην πρόληψη και αντιμετώπιση τους είναι ποιο σημαντική από ποτέ στην ιστορία της ανθρωπότητας. Ο συνδυασμός της αστικοποίησης, του υπερπληθυσμού και της κλιματικής αλλαγής έχουν αυξήσει εκθετικά τόσο την εκδήλωση ακραίων καιρικών φαινομένων όσο και τις επιπτώσεις αυτών στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Μελέτες φορέων και της επιστημονικής κοινότητας στον τομέα των πλημμυρικών φαινομένων και των ΣΕΠ υπάρχουν πολλές αλλά δυστυχώς δεν εφαρμόζονται τα μέτρα που προτείνουν ή ακόμα δεν λαμβάνονται καθόλου υπόψη.

1.1. Ιστορικά στοιχεία

Από την αρχαιότητα ο άνθρωπος προσπαθούσε να προστατευθεί και να προετοιμαστεί για να αντιμετωπίσει τις επιπτώσεις των φυσικών καταστροφών (φωτιές, πλημμύρες, καταιγίδες, τυφώνες κτλ). Τα πρώτα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης μπορούμε να πούμε πως ήταν οι φωτιές σε λόφους, τα τύμπανα, οι καμπάνες κ.α. αν και χρησιμοποιούνταν κυρίως για την αποτροπή από επιθέσεις και όχι τόσο για τις φυσικές καταστροφές. Κάποιοι από αυτούς τους τρόπους χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα από φιλές ιθαγενών στην Αφρική, την Αυστραλία και την Νότιο Αμερική. Στα τέλη του 18^{ου} αιώνα εμφανίστηκαν μηχανικές και αυτόματες κατασκευές όπως μια καμπάνα που ενεργοποιούνταν με το κάψιμο ενός σχοινιού στο χώρο που βρισκόταν. Το μεγάλο τεχνολογικό άλμα έγινε τον 20^ο αιώνα με την μεγάλη αστικοποίηση και τους δύο παγκοσμίους πολέμους όπου για παράδειγμα μέσω του ηλεκτρισμού χρησιμοποιήθηκαν οι ηλεκτρονικές σειρήνες (electronic-sirens.com, 2016). Βέβαια ο κύριος σκοπός των συστημάτων αυτών ήταν για πολεμικούς σκοπούς όπως π.χ. για την ενημέρωση για επικείμενους βομβαρδισμούς. Το γεγονός που έφερε στο προσκήνιο και ανέδειξε την αναγκαιότητα ανάπτυξης ΣΕΠ για φυσικά φαινόμενα ήταν το τσουνάμι στον Ινδικό Ωκεανό το 2004 (United-Nations, 2018). Από τότε έχει παρατηρηθεί μεγάλη ανάπτυξη στην έρευνα και την τεχνολογία αλλά και στο θεσμικό πλαίσιο και την αντίληψη αναγκαιότητας των συστημάτων από θεσμούς και πολίτες. Στην Ελλάδα οι βασικές προβλέψεις προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Αυτές όμως δεν είναι σε συνάρτηση με τις ιδιαιτερότητες (πολεοδομικές, γεωμορφολογικές κτλ) των εκάστοτε περιοχών και δεν προειδοποιούν στοχευμένα τους πολίτες και άμεσα σε περίπτωση πλημμυρικών φαινομένων.

Ως προς τις πλημμύρες διαχρονικά από την αρχαιότητα έχουν καταστροφικές συνέπειες για το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Ενδεικτικά παρατίθενται παρακάτω μερικές από τις πιο καταστροφικές πλημμύρες που έχουν καταγραφεί καθώς και ο αριθμός των ανθρώπινων θυμάτων (Ranked, 2019):

- Ποταμός Yangtze, Κίνα (18 Αυγούστου 1931): Περίπου 3,7 εκατομμύρια νεκροί
- Ποταμός Yellow, Κίνα (28 Σεπτεμβρίου 1887): Περίπου 2 εκατομμύρια νεκροί

Λόγω του ότι η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην Ελλάδα δεν θα πρέπει να παραλείψουμε την καταστροφική πλημμύρα της 15^{ης} Νοεμβρίου του 2017 στην Δυτική Αττική με απολογισμό 24 νεκρών (Wikipedia, 2019).

1.2. Στόχοι, σκοπιμότητα και αναμενόμενα αποτελέσματα της μελέτη

Στόχος της μελέτης είναι η αποτύπωση και αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας του Μεγάλου Ρέματος Ραφήνας, η καταγραφή αντιπλημμυρικών έργων και η αποτύπωση ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης πλημμυρικών φαινομένων. Η έρευνα και μελέτη τέτοιων συστημάτων είναι απαραίτητη στην Ελλάδα και κυρίως στην Αττική λόγω των αυξανόμενων πλημμυρικών φαινομένων αλλά και της ανάγκης των αρμόδιων φορέων (Δήμων – Περιφερειών) να αυξήσουν την εμπειρία και την ετοιμότητα τους. Έτσι θα προσπαθήσουμε να εντοπίσουμε και την αναγκαιότητα εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος στην περιοχή μελέτης. Τα αναμενόμενα αποτελέσματα κρίνεται πως θα είναι σημαντικά για την έρευνα των πλημμυρικών φαινομένων και για την αντιμετώπιση τους. Ενδεικτικά τα κύρια αναμενόμενα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:

- Ανάδειξη της επικινδυνότητας εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων στο Μέγα Ρέμα Ραφήνας
- Εντοπισμός των φυσικών και ανθρωπογενών επιπτώσεων πλημμυρικών φαινομένων
- Ανάδειξη αναγκαιότητας εγκατάστασης ενός ΣΕΠ για την πρόληψη πλημμυρικών φαινομένων στο Μέγα Ρέμα Ραφήνας

1.3. Μεθοδολογία

Στοιχεία τόσο για την ευρύτερη περιοχή όσο και το ρέμα καθώς και την νομολογία που τα διέπουν αντλήθηκαν διαδικτυακά. Υπήρξε αρχικά εξοικείωση με την περιοχή μελέτης σε όλα τα φυσικά και ανθρωπογενή της στοιχεία. Στη συνέχεια εντοπίστηκαν οι μελέτες του αφορούν την αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής καθώς και η Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων που αφορά στα έργα διευθέτησης και αντιπλημμυρικής θωράκισης του ρέματος Ραφήνας. Τέλος με βάση αυτά τα στοιχεία προτείνεται ένα ΣΕΠ για το ρέμα Ραφήνας καθώς δεν υπάρχει στην περιοχή αλλά κρίνεται αναγκαίο. Η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε κρίνεται ικανοποιητική καθώς έχει γίνει εκτενής ανάλυση του περιβάλλοντος χώρου του ρέματος καθώς και των παροχών του, από δημόσιους φορείς. Ως προς τα ΣΕΠ υπάρχει εξίσου εκτενής βιβλιογραφία που βοήθησε σημαντικά στην αποτύπωση ενός ΣΕΠ για το ρέμα. Η παρούσα μελέτη ακολουθεί την μεθοδολογία της μελέτης περίπτωσης για το Μεγάλο Ρέμα Ραφήνας και των πλημμυρικών φαινομένων που εμφανίζονται στην περιοχή.

1.4. Διάρθρωση κεφαλαίων

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια γενική παρουσίαση των πλημμυρικών φαινομένων καθώς και των διαφόρων ειδών που υπάρχουν. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά και στην ευρωπαϊκή οδηγία που αφορά την αντιπλημμυρική προστασία καθώς και στους φορείς που είναι αρμόδιοι για την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης και τα μέρη από τα οποία αποτελούνται. Στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία για το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον της

περιοχής του Μεγάλου Ρέματος Ραφήνας. Αναλύονται υπάρχοντα και νομοθετημένα μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας, σενάρια πλημμύρας ανάλογα τις περιόδους επαναφοράς και εντοπίζονται υπάρχουσες επιπτώσεις πλημμυρικών φαινομένων. Στο 5^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία της παρούσας μελέτης και στο 6^ο τα μέτρα αντιπλημμυρικής θωράκισης που προτείνονται από την Μ.Π.Ε. διευθέτησης του ρέματος που εκπονήθηκε το 2018. Στο 7^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης πλημμυρικών φαινομένων για το Ρέμα Ραφήνας. Τέλος στο 8^ο και 9^ο κεφάλαιο γίνεται αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και διατυπώνονται συμπεράσματα και προτάσεις.

Κεφάλαιο 2. Πλημμύρες

2.1. Εισαγωγή

Οι πλημμύρες είναι εντονότερες σε περιοχές όπου η ανθρώπινη δραστηριότητα και η αστικοποίηση αλλάζει την μορφολογία του εδάφους και κατ' επέκταση την δίοδο του ύδατος προς τη θάλασσα. Έτσι λόγω του υπερπληθυσμού και της αστικοποίησης οι πλημμύρες είναι φαινόμενα που επηρεάζουν τόσο τις αναπτυγμένες όσο και τις αναπτυσσόμενες χώρες. Παγκοσμίως υπάρχουν διάφοροι τρόποι αντιμετώπισης και προσέγγισης των πλημμύρων τόσο από την επιστημονική κοινότητα όσο και από τους εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς. Λόγω του ότι η περιοχή που εκτείνεται το Μεγάλο Ρέμα Ραφήνας βρίσκεται στην Ελλάδα θα βασιστούμε στην προσέγγιση που έχει γίνει από την Ε.Ε. και από οργανισμούς και φορείς της Ελλάδας.

2.2. Ορισμός

Πλημμύρα ορίζεται η προσωρινή κατάκλυση του εδάφους από νερό το οποίο, υπό κανονικές συνθήκες, δεν είναι καλυμμένο από νερό. Αυτή περιλαμβάνει πλημμύρες από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους και υδατορεύματα εφήμερης ροής, υπερχειλίσεις λιμνών, και πλημμύρες από υπόγεια ύδατα και τη θάλασσα σε παράκτιες περιοχές. Ακόμη, περιλαμβάνει πλημμύρες από καταστροφές μεγάλων υδραυλικών έργων, όπως θραύσεις αναχωμάτων και φραγμάτων (Ε.Γ.Υ., 2018). Ειδικότερα όταν η ποσότητα του νερού που καλείτε να μεταφέρει το ποτάμι είναι μεγαλύτερη από τη μεταφορική του ικανότητα τότε προκαλούνται πλημμυρικά φαινόμενα. Η περιοχή γύρο από το ποτάμι, στην οποία καταλήγει το υπερχειλίζον νερό ονομάζεται πεδιάδα κατάκλυσης (Ε. Σκούρτσος Χ. Κ., 2015).

2.3. Παροχή ρέματος

Ως παροχή (Q) ορίζεται ως ο όγκος του νερού που διέρχεται από μία συγκεκριμένη διατομή του ποταμού ανά μονάδα χρόνου. Η παροχή μετρείται σε κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m^3/sec) και υπολογίζεται από την εξίσωση (Ε. Σκούρτσος Χ. Κ., 2015):

$$Q = W \times D \times V$$

όπου Q είναι η παροχή (m^3/sec), W είναι το πλάτος (m) και D το ύψος (m) της διατομής του ποταμού στη συγκεκριμένη θέση και V είναι η μέση ταχύτητα της ροής στο συγκεκριμένο σημείο (m/sec).

2.4. Παράγοντες που επηρεάζουν τις πλημμύρες

Οι συνέπειες των πλημμύρων εξαρτώνται από (Ε. Σκούρτσος Χ. Κ., 2015):

- Την ποσότητα του νερού που πλημμυρίζει το χώρο

- Το μέγεθος, το ύψος και άλλες φυσικές πτυχές του χώρου που πλημμυρίζει
- Το βάθος του νερού στην περιοχή
- Πόσο γρήγορα κινείται το νερό και αν βράχια, βρωμιές, συντρίμια, δέντρα, αυτοκίνητα ή ακόμα και σπίτια, μεταφέρονται με αυτό
- Την παρουσία ανθρώπων, επιχειρήσεων, κτιρίων, μνημείων, κλπ στην πλημμυρισμένη περιοχή

2.5. Είδη πλημμύρων, αίτια και επιπτώσεις

Σύμφωνα με την Οδηγία 2007/60/ΕΚ πλημμύρες εμφανίζονται κατά μήκος ποταμών, χειμάρρων, σε παράκτιες περιοχές και κατά μήκος των λιμνών. Το αποτέλεσμα είναι πάντα να μεταφέρετε νερό ή και ιζήματα σε μέρος εκτός του ποταμού ανεξάρτητα από την αιτία της πλημμύρας. Τα είδη των πλημμύρων χωρίζονται στις παρακάτω 6 κατηγορίες:

Πίνακας 2.1: Κατηγορίες πλημμύρων (2007/60/ΕΚ, 2007)

Τύπος πλημμύρας	Αίτια	Επιπτώσεις	Σχετικοί παράμετροι
Ποτάμια	• Έντονη βροχόπτωση και/ ή τήξη χιονιού • Πτώση χιονιού • Κατάρρευση δομών ανάσχεσης ή εκτροπής υδάτων	• Στασιμότητα ή υπερχειλίση του νερού εκτός ποταμού	• Έκταση (σύμφωνα με τις πιθανότητες) • Βάθος νερού • Ταχύτητα νερού • Πολλαπλασιασμός των πλημμύρων
Θαλάσσια	• Καταιγίδες • Τσουνάμι • Υψηλές παλίρροιες	• Στασιμότητα ή υπερχειλίση πίσω από την ακτογραμμή • Αλάτωση αγροτικών εκτάσεων	• Ίδιες με τις ποτάμιες
Χείμαρρος που προέρχεται από βουνό ή ταχεία απόρριψη από λόφους	• Καταιγίδες • Υπερχειλίση λιμνών • Απότομες κλίσεις λεκάνης απορροής • Ροή φερτών υλικών	• Υπερχειλίση, διάβρωση και απόθεση ιζημάτων	• Ίδιες με τις ποτάμιες • Απόθεση ιζημάτων
Ξαφνικές μεσογειακές σε εφήμερα ποτάμια	• Καταιγίδες	• Υπερχειλίση και απόθεση ιζημάτων • Ποτάμια διάβρωση κατά μήκος της ροής	• Ίδιες με τις ποτάμιες
Υπόγειων υδάτων	• Υψηλό επίπεδο νερού σε γειτονικά υδάτινα συστήματα	• Στάσιμες πεδινές πλημμύρες μεγάλης χρονικής διάρκειας	• Έκταση (σύμφωνα με τις πιθανότητες) • Βάθος νερού
Λιμνών	• Αύξηση στάθμης	• Υπερχειλίση	• Ίδιες με των υπόγειων υδάτων

2.6. Οδηγία 2007/60/EK

Η συγκεκριμένη Οδηγία είναι η σημαντικότερη θεσμοθετημένη προσπάθεια αντιμετώπισης των επιπτώσεων των πλημμυρικών φαινομένων στην Ε.Ε. Αναγνωρίζει ότι οι πλημμύρες μπορούν να προκαλέσουν θανάτους, μετακινήσεις πληθυσμών, ζημιές στο περιβάλλον και να υπονομεύσουν τις οικονομικές δραστηριότητες μίας περιοχής. Θεωρεί τις πλημμύρες φαινόμενα που δεν μπορούν να προληφθούν και η ανθρώπινη δραστηριότητα σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή συμβάλλουν στην αύξηση της πιθανότητας εκδήλωσης με αντίστοιχη αύξηση των αρνητικών τους επιπτώσεων. Σκοπός της είναι η αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας με στόχο την μείωση των αρνητικών συνεπειών στον άνθρωπο, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες. Η Οδηγία ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο με την ΚΥΑ Η.Π. 31822/1542/Ε103 (ΦΕΚ 1108 Β'/2010) όπως τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ 17772/924/2017 (ΦΕΚ 2140 Β'/2017) (Ε.Γ.Υ., 2018). Οι βασικές απαιτήσεις της χωρίζονται στα εξής στάδια:

- 1^ο Στάδιο: Προκαταρκτική εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στις λεκάνες απορροής των ποταμών και τις αντίστοιχες παράκτιες ζώνες και προσδιορισμός των περιοχών όπου υπάρχουν δυνητικά σοβαροί κίνδυνοι πλημμύρας ή είναι πιθανό να σημειωθεί πλημμύρα (Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας)
- 2^ο Στάδιο: Κατάρτιση Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας και Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας για τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας
- 3^ο Στάδιο: Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας. Καλύπτουν όλες τις πτυχές της διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας εστιάζοντας στη πρόληψη, τη προστασία και την ετοιμότητα συμπεριλαμβανομένων των προβλέψεων πλημμυρών και συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης και λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης λεκάνης ή υπολεκάνης απορροής του ποταμού

2.7. Αρμόδιοι φορείς αντιμετώπισης επιπτώσεων

Με βάση την ΥΑ 1299/2003 “Ξενοκράτης” οι πλημμύρες εντάσσονται στην κατηγορία των φυσικών καταστροφών. Η ΓΓΠΠ έχει ως κύρια αποστολή το συντονισμό των φορέων που εμπλέκονται σε όλο το φάσμα της διαχείρισης κινδύνων από την εκδήλωση καταστροφών. Οι φορείς έχουν αρμοδιότητες με βάση τη νομοθεσία σε τοπικό (Δήμος Ραφήνας – Πικερμίου), περιφερειακό (Περιφέρεια Αττικής) και εθνικό επίπεδο (αρμόδια υπουργεία). Στην περιοχή μελέτης, μας ενδιαφέρουν οι αρμοδιότητες του Δήμου Ραφήνας – Πικερμίου ως προς την διαχείριση του φαινομένου και των επιπτώσεων του. Σύμφωνα με την απόφαση 7742/1.11.2017 της ΓΓΠΠ οι Δήμοι έχουν τις εξής αρμοδιότητες ως προς την πρόληψη, την ετοιμότητα και την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων (Ε.Ε.Υ., 2018):

- Μελέτη, εκτέλεση και συντήρηση αντιπλημμυρικών έργων
- Μελέτη, ανάθεση και εκτέλεση έργων διευθέτησης, αντιπλημμυρικής προστασίας και εργασιών συντήρησης
- Καθαρισμός και αστυνόμευση ρεμάτων
- Μνημόνια Ενεργειών

- Μνημόνια συνεργασίας με ιδιωτικούς φορείς
- Ενημέρωση κοινού για τη λήψη μέτρων αυτοπροστασίας από τον κίνδυνο των πλημμύρων
- Εμπλοκή φορέων στην άμεση αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών και στην άμεση/βραχεία διαχείριση συνεπειών λόγω πλημμυρικών φαινομένων
- Επιχειρήσεις έρευνας – διάσωσης (οργανικές μονάδες Δήμων)
- Αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών και διαχείριση συνεπειών λόγω επαγόμενων φαινομένων (οργανικές μονάδες Δήμων)
- Οργανωμένη προληπτική απομάκρυνση πολιτών λόγω πλημμυρικών φαινομένων
- Αίτημα συνδρομής – διάθεση μέσων
- Πρόσληψη έκτακτου προσωπικού για την αντιμετώπιση κατεπείγουσων αναγκών από την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων
- Επίταξη προσωπικών υπηρεσιών για την αντιμετώπιση επείγουσας κοινωνικής ανάγκης (οργανικές μονάδες Πολιτικής Προστασίας Δήμων)
- Λήψη μέτρων διασφάλισης της ποιότητας του πόσιμου νερού
- Εθελοντικές οργανώσεις
- Τήρηση στοιχείων ειδικού φακέλου καταστροφής

Κεφάλαιο 3.

Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης

3.1. Ορισμός

Το ΣΕΠ αποτελείτε από μια αλυσίδα πληροφοριών και επικοινωνιακών συστημάτων που συλλέγει δεδομένα από το περιβάλλον και εντοπίζει ακραία καιρικά φαινόμενα με σκοπό την έγκαιρη ενημέρωση φορέων και πολιτών για την ελαχιστοποίηση πιθανών επιπτώσεων.

3.2. Μέρη

Ανάλογα με το εκάστοτε σύστημα τα μέρη που τα αποτελούν ή ο σκοπός τους αλλάζουν. Κάποια συστήματα λειτουργούν με μόνο σκοπό την παρατήρηση και τη συλλογή πληροφοριών και άλλα με μοναδικό την έγκαιρη προειδοποίηση για την προστασία περιουσιών και ανθρώπων (Carrera, 2013). Ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης αποτελείτε από τέσσερα βασικά μέρη (EWC, 2006):

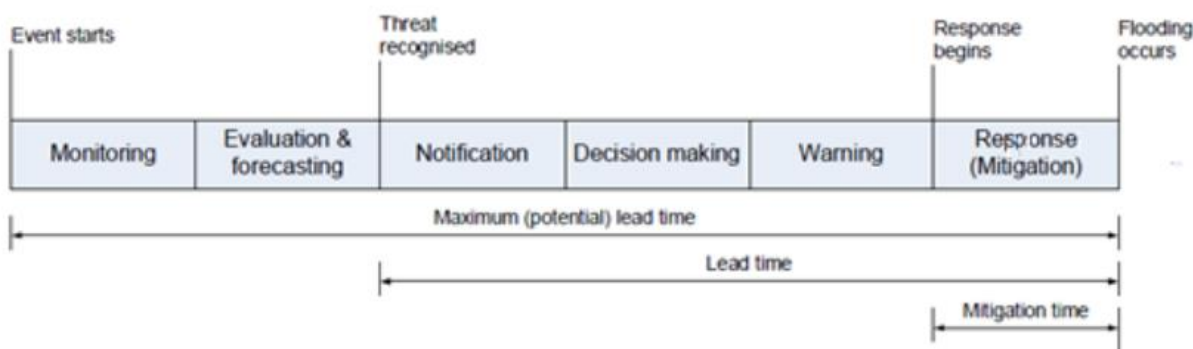
- Γνώση κινδύνου: οι κίνδυνοι προκύπτουν από τον συνδυασμό του φυσικού και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος μιας περιοχής και των αδυναμιών που μπορεί να έχουν. Σε αυτό το μέρος κρίνεται απαραίτητη η συλλογή δεδομένων για τη γεωμορφολογία, τις χρήσεις γης, το οικιστικό απόθεμα, την περιβαλλοντική υποβάθμιση και την κλιματική αλλαγή.
- Υπηρεσίες παρακολούθησης και προειδοποίησης: οι δύο υπηρεσίες πρέπει να έχουν επιστημονική εγκυρότητα και να λειτουργούν αξιόπιστα κατά τη διάρκεια όλου του 24ώρου. Σε αυτό το μέρος μέσω λογισμικών ή παρατήρησης γίνεται αξιολόγηση των δεδομένων που παράγει ο εξειδικευμένος εξοπλισμός που έχει εγκατασταθεί (μετρητές) με σκοπό την προειδοποίηση σε περίπτωση μεγεθών πέρα του φυσιολογικού.
- Διάδοση πληροφοριών και επικοινωνία: η προειδοποίηση είναι σημαντικό να φτάσει σε αυτόν που κινδυνεύει άμεσα από τις επιπτώσεις του φαινομένου. Οι πληροφορίες και οδηγίες που διαδίδονται πρέπει να είναι απλές και συνεκτικές με σκοπό την προστασία τόσο της ζωής όσο και του περιβάλλοντος. Είναι απαραίτητη η ύπαρξη κλιμακωτής ενημέρωσης σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο ανάλογα την περίπτωση. Σημαντική είναι και η ύπαρξη πολλών διάυλων επικοινωνίας για να ενημερώνονται περισσότεροι ενδιαφερόμενοι ακόμα και αν δεν έχουν πρόσβαση ή δυσλειτουργεί κάποιο μέσο επικοινωνίας.
- Ικανότητα απόκρισης: είναι απαραίτητο οι αποδέκτες του μηνύματος (φορείς ή πολίτες) να κατανοούν την βαρύτητα του κινδύνου και να ανταποκρίνονται και να εμπιστεύονται τις αρμόδιες υπηρεσίες ενημέρωσης. Η παιδεία και τα εκπαιδευτικά προγράμματα παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο καθώς και η εκπόνηση πλάνων και ασκήσεων διαχείρισης καταστροφών. Μέσω των παραπάνω πρέπει να δίδονται οι απαραίτητες πληροφορίες που αφορούν τις

διαδικασίες ασφαλείας, διαθέσιμες διόδους διαφυγής και τον καλύτερο τρόπο αποφυγής τραυματισμών και καταστροφής περιουσιών.

Μια άλλη προσέγγιση ως προς την κατηγοριοποίηση των μερών ενός ΣΕΠ δεν βασίζεται στις μόνο στις τεχνολογικές πτυχές του αλλά στο όλο ενοποιημένο σύστημα το οποίο αποτελείτε από πέντε κρίσιμα και αλληλοεξαρτώμενα μέρη (Anderson, 2006):

- Εντοπισμός των επικίνδυνων σημείων και ανάλυση κινδύνων και αδυναμιών
- Ανίχνευση και παρακολούθηση
- Δομή διαχείρισης έκτακτων αναγκών
- Διάδοση προειδοποίησης σε τοπικό επίπεδο
- Παιδεία

Οι παραπάνω κατηγοριοποιήσεις αφορούν τα περισσότερα ΣΕΠ όπως και αυτό του μεγάλου ρέματος Ραφήνας. Βέβαια στην περίπτωση των πλημμυρικών φαινομένων υπάρχει η δυνατότητα της προειδοποίησης πριν την πλήρη εκδήλωση του φαινομένου βασιζόμενοι σε μετρήσεις βροχόπτωσης όπως θα αναφερθεί λεπτομερέστερα στο Κεφάλαιο 5. Με αυτή την παραδοχή μπορεί να διαμορφωθεί μια αλυσίδα όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα (Carsell, 2004; Werner M., 2011):



Εικόνα 3.1: Στοιχεία αλυσίδας προειδοποίησης (Carsell, 2004; Werner M., 2011)

3.3. Internet of Things

Ως Διαδίκτυο των Πραγμάτων νοείται ένα δίκτυο επικοινωνίας αντικειμένων, φυσικών ή τεχνητών, που ενσωματώνουν ηλεκτρονικά μέσα, λογισμικό, αισθητήρες και συνδεσιμότητα και διαθέτουν μοναδικά αναγνωριστικά στοιχεία (UID) και τη δυνατότητα μεταφοράς και ανταλλαγής δεδομένων μέσω δικτύου χωρίς να απαιτείται η αλληλεπίδραση με τον άνθρωπο (Αντωνίου, 2019). Τα συγκεκριμένα συστήματα είναι σύγχρονα και συνδυάζουν επιχειρησιακά στοιχεία τόσο για την πρόληψη φυσικών καταστροφών όσο και για την παρακολούθηση της εξέλιξης των φαινομένων και των επιπτώσεων τους αφού αυτά παρέλθουν. Δημιουργήθηκαν από τη σύγκλιση των ασύρματων τεχνολογιών, των μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων (MEMS) και του διαδικτύου, συνδυάζοντας την επιχειρησιακή τεχνολογία (OT) με την τεχνολογία των πληροφοριών (IT), επιτρέποντας την ανάλυση μη δομημένων δεδομένων που παρήχθησαν από μηχανές. Ως προς τη λειτουργία τους, σε ένα περιβάλλον IoT, βρίσκονται συνδεδεμένες ευφυείς συσκευές που χρησιμοποιούν ενσωματωμένους επεξεργαστές, αισθητήρες και υλικό επικοινωνίας (hardware) για τη συλλογή, την αποστολή και την επεξεργασία δεδομένων που

αποκτούν από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται. Οι συσκευές μοιράζονται τα δεδομένα που συλλέγουν από τους αισθητήρες συνδεδεμένες σε έναν κόμβο πύλη (Gateway) ή σε μια άλλη συσκευή, και τα δεδομένα είτε αποστέλλονται για ανάλυση στο cloud ή αναλύονται τοπικά. Οι συσκευές αυτές μπορούν και λειτουργούν αυτόνομα χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου (Αντωνίου, 2019).

Ως προς την πρόληψη των φυσικών καταστροφών και κατ' επέκταση των πλημμυρικών φαινομένων που εξετάζουμε, οι βασικοί τομείς εφαρμογής ενός συστήματος IoT είναι:

- Ελαχιστοποίηση και πρόληψη του κινδύνου καταστροφών με την χρήση GIS, τον σχεδιασμό ΣΕΠ και την χρήση κοινωνικών δικτύων (social media) για επαγρύπνηση
- Αντιμετώπιση της έκτακτης ανάγκης με επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο και έγκαιρη αντίδραση και μέτρα ανακούφισης των πληγθέντων
- Αποκατάσταση καταστροφών με χρήση διαδικτυακών συστημάτων αναζήτησης ατόμων και διαχείρισης κεφαλαίων ανασυγκρότησης

Όπως γίνεται κατανοητό ένα σύστημα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι ιδανικό για την έγκαιρη προειδοποίηση πλημμυρικών φαινομένων για το ρέμα Ραφήνας.

Κεφάλαιο 4.

Το Μεγάλο Ρέμα Ραφήνας

4.1. Εισαγωγή

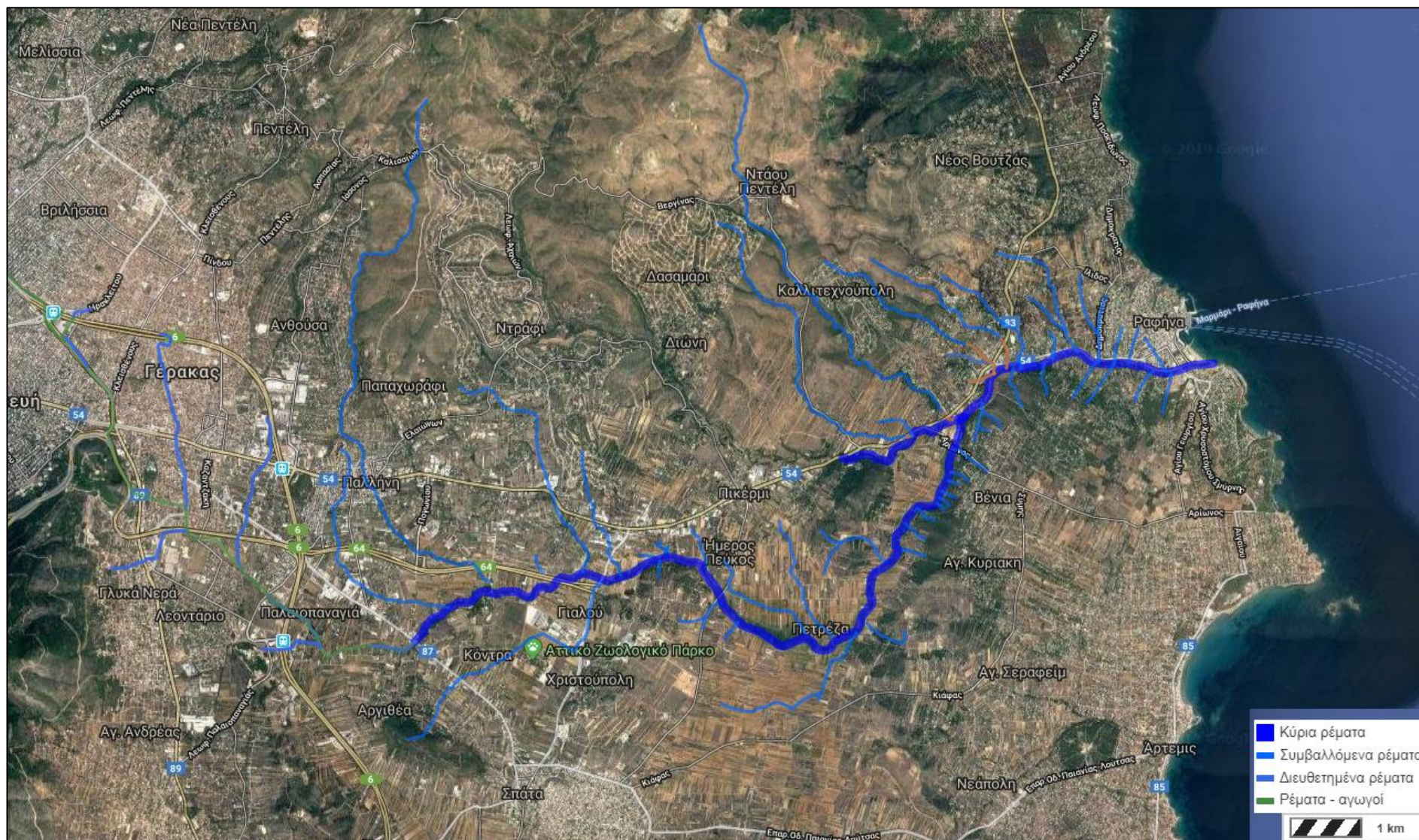
Το υδάτινο ρέμα είναι ένα φυσικό κανάλι το οποίο διοχετεύει το επιφανειακό νερό. Τα υδάτινα ρέματα συγκροτούν ιεραρχημένα δίκτυα που ονομάζονται υδρογραφικά δίκτυα. Το υδρογραφικό δίκτυο αποτελείται από μικρούς παραποτάμους που καταλήγουν σε μια κύρια κοίτη. Η περιοχή η οποία αποστραγγίζεται από το υδρογραφικό δίκτυο ενός ρέματος αντιστοιχεί στη λεκάνη απορροής στην οποία αθροίζονται και οι υπολεκάνες των παραποτάμων. Οι μικρότεροι κλάδοι του δικτύου εμφανίζονται στα περιθώρια της λεκάνης απορροής και σε σημεία με απότομο ανάγλυφο. Η κλίση του εδάφους επηρεάζει και την ταχύτητα ενός ρέματος καθώς μεγαλύτερες κλίσεις επιφέρουν μεγαλύτερη ταχύτητα ροής ενώ ένα πεδινό ανάγλυφο μικρότερη.

Το ρέμα Ραφήνας κατατάσσεται στην κατηγορία R-M2 «Μικρά/ μεσαία, πεδινά, μεσογειακά ρέματα» σύμφωνα με την Άσκηση Διαβαθμονόμησης για την Μεσογειακή Οικοπεριοχή ενώ σύμφωνα με την τυπολογία ποτάμιων συστημάτων – σύστημα Β, ανήκει στους ποταμούς τύπου SsL1 (Μ.Π.Ε., 2018). Η μορφή του υδρογραφικού του δικτύου είναι δένδριτικού τύπου δηλαδή μοιάζει με δένδρο όπως παρατηρούμε και στην Εικόνα 4.1 (Ε. Σκούρτσος Χ. Κ., 2015). Με βάση το Υπουργείο Περιβάλλοντος έχει χαρακτηριστεί ως “διατηρητέου περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος (ΦΕΚ 281/Δ’/23.03.93, (Τσούτσου). Η παροχή δεν είναι μόνιμης ροής ούτε σταθερή ανάλογα την εποχή ή το κλίμα. Ως προς το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον η περιοχή αποτελείται κυρίως από γεωργικές και αστικές εκτάσεις και δευτερεύοντος από δασικές. Επηρεάζεται άμεσα από τα φυσικά οικοσυστήματα του Υμηττού και της Πεντέλης καθώς και από το θαλάσσιο του Κόλπου των Πεταλιών. Η περιοχή δεν είναι προστατευόμενη με βάση κάποια κοινοτική ή εθνική νομοθεσία (π.χ. Natura 2000) αλλά προστατεύονται οι δασικές εκτάσεις με βάση τον ν. 3818/2010 και τους δασικούς χάρτες οι οποίοι όμως δεν έχουν αναρτηθεί για το σύνολο της περιοχής (Μ.Π.Ε., 2018).

4.2. Φυσικό περιβάλλον

4.2.1. Γεωγραφική θέση

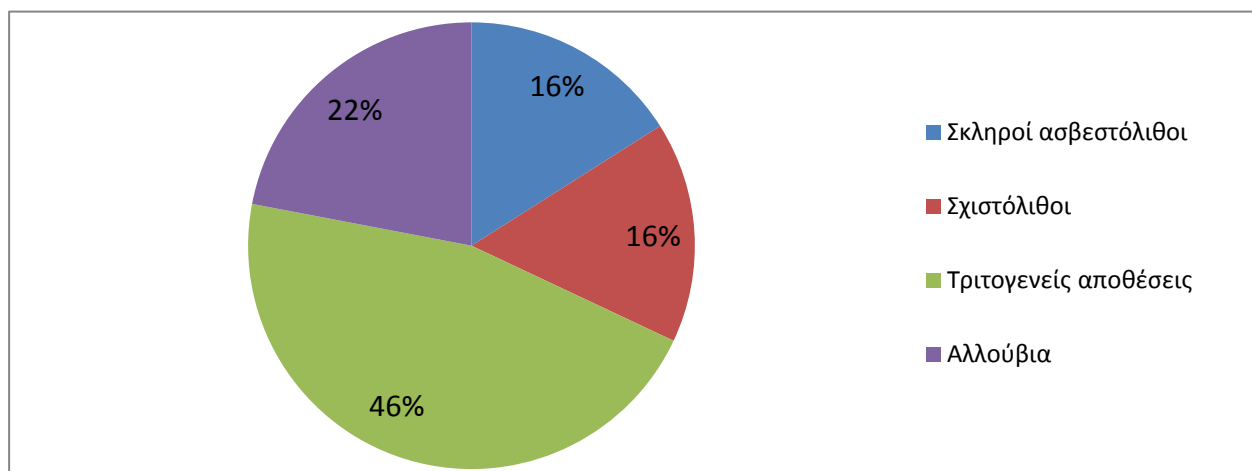
Το μεγάλο ρέμα Ραφήνας (Εικόνα 1) βρίσκεται στα Μεσόγεια Ανατολικής Αττικής και συγκεκριμένα νότια του Πεντελικού όρους και βορειοανατολικά του Υμηττού. Η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του είναι 140 km² και διέρχεται εντός των διοικητικών ορίων των Δήμων Ραφήνας – Πικερμίου, Σπάτων – Αρτέμιδας, Παλλήνης και Παιανίας. Διασχίζει την πεδιάδα Μεσογείων από τα δυτικά προς τα ανατολικά σε μήκος 14,9 km περίπου, πριν την εκβολή του νότια του σημερινού λιμένα της Ραφήνας (Μ.Π.Ε., 2018).



4.2.2. Γεωμορφολογικά – υδρογραφικά στοιχεία

Η περιοχή που εκτείνεται το ρέμα ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής. Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής αποτελείται από πολλά μικρά ρέματα που καταλήγουν σε ένα κύριο άξονα. Τα περισσότερα από τα μικρά ρέματα απορρέουν από τις πλαγιές της Πεντέλης (Τσούτσου). Διέρχεται μέσα από πεδινές εκτάσεις και η μέση κλίση του είναι 1,5%. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής είναι +170 m, ενώ η υψηλότερη θέση της βρίσκεται στο βόρειο άκρο της λεκάνης και έχει υψόμετρο +920 m. Το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης απορροής είναι πεδινό (περίπου το 60%) ενώ το υπόλοιπο κατανέμεται εξίσου σε ορεινό και λοφώδες. Το Μεγάλο Ρέμα Ραφήνας τροφοδοτείται από σειρά μικρών πηγών που αναβλύζουν κατά μήκος της κοίτης του και αποτελείται από δύο κύριους κάδους (με δενδριτικού τύπου υδρογραφικό δίκτυο) τον ομώνυμο που πηγάζει από τα βορειοανατολικά πρηνή του Υμηττού και τον Βαλανήρη που πηγάζει από τα νότια πρηνή της Πεντέλης και ενώνονται σε ένα κλάδο στην περιοχή του Πικερμίου (Ε.Ε.Υ., 2018). Η παράκτια ζώνη είναι λοφώδης με την ακτογραμμή να παρουσιάζει διαδοχικές εγκολπώσεις που οφείλονται στη διαφορετική διαβρωσιμότητα των πετρωμάτων. Οι πεδινές εκτάσεις χαρακτηρίζονται κυρίως από καλλιέργειες ενώ οι λοφώδεις και ορεινές από καλλιέργειες και δασικές εκτάσεις. Ως προς τη γεωλογία η περιοχή χαρακτηρίζεται κυρίως από εναλλασσόμενα στρώματα ψαμμούχων μαργών, ψαμμιτών, σενεκτικών κροκαλοπαγών, μαργαϊκών ασβεστολίθων με συχνές παρεμβολές ευθροπήλων. Στις εκβολές του ρέματος κυριαρχούν αλλουβιακές αποθέσεις που αποτελούνται κυρίως από χαλαρά ασύνδετα αργιλοαμμώδη υλικά. Η διάβρωση κατά μήκος του ρέματος είναι έντονη λόγω της χημικής δράσης του νερού. Πιο συγκεκριμένα η υδρολογική συμπεριφορά των διαφόρων σχηματισμών είναι κατά περίπτωση η ακόλουθη (Μ.Π.Ε., 2018):

- Τεταρτογενείς αποθέσεις: Περαιοί έως ημιπερατοί σχηματισμοί με ικανοποιητικούς υδροφόρους ορίζοντες (διλλυβιακές αποθέσεις)
- Νεογενείς σχηματισμοί: Εναλλασσόμενα περατά ημιπερατά και στεγανά στρώματα (μάργες, άργιλοι, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, τραβερτίνες)
- Σχηματισμοί μεσοζωικού – παλαιοζωικού: Ποικιλία περατότητας (ασβεστόλιθοι, δολομίτες, μάρμαρα, φλύσχης)
- Εκρηξιγενείς εμφανίσεις: αδιαπέρατοι σχηματισμοί



Γράφημα 4.1: Γεωλογικοί σχηματισμοί λεκάνης απορροής ρέματος Ραφήνας (%) (Μ.Π.Ε., 2018)

4.2.3. Κλίμα

Τα κλιματολογικά στοιχεία για την περιοχή προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό Σπάτων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας και αφορούν την περίοδο 1974 – 2000. Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί είναι αυτή των 42,2°C (Ιούλιος) και η απόλυτη ελάχιστη -6,8°C (Φεβρουάριος). Οι μέσες μηνιαίες τιμές της σχετικής υγρασίας κυμαίνονται από 45,7% (Ιούλιος) έως 72,6% (Δεκέμβριος). Η μέση μηνιαία νεφοκάλυψη ξεπερνάει τα 4/8 κατά το χρονικό διάστημα Νοεμβρίου – Μαΐου, ενώ δεν παρατηρείται ποτέ ανέφελος ουρανός (μέση τιμή κάτω από 2/8). Ο συνολικός ετήσιος υετός είναι περίπου 275,5 mm με το 1/3 να πέφτει τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο (Πίνακας 4.1). Ο ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος (1,8 mm) και υγρότερος (51,4 mm) ο Νοέμβριος (Μ.Π.Ε., 2018).

Πίνακας 4.1: Μέσο μηνιαίο ύψος υετού και μέγιστο 24ώρου (Μ.Π.Ε., 2018)

Μήνας	Ύψος βροχοπτώσεων (mm)	
	Μέσο μηνιαίο	Μέγιστο (24ώρου)
Ιανουάριος	39,4	67,1
Φεβρουάριος	31,9	60,0
Μάρτιος	37,4	102,6
Απρίλιος	13,2	29,3
Μάιος	9,4	22
Ιούνιος	3,2	16
Ιούλιος	1,8	15,1
Αύγουστος	3,1	15
Σεπτέμβριος	3,2	17,4
Οκτώβριος	30,9	93,3
Νοέμβριος	51,4	91,9
Δεκέμβριος	50,6	84,2
Συνολικό	275,5	

Βροχερότεροι μήνες είναι ο Δεκέμβριος, ο Νοέμβριος και ο Ιανουάριος. Το χαλάζι είναι σπάνιο φαινόμενο ενώ χιονοπτώσεις εμφανίζονται κυρίως τον Φεβρουάριο. Οι πιο ομιχλώδεις μήνες είναι ο Νοέμβριος και ο Δεκέμβριος και η μεγαλύτερη συχνότητα παγετού εμφανίζεται τον Ιανουάριο (Πίνακας 4.2).

Πίνακας 4.2: Χρονική εμφάνιση κατακρημνισμάτων ανά μήνα (σε ημέρες) (Μ.Π.Ε., 2018)

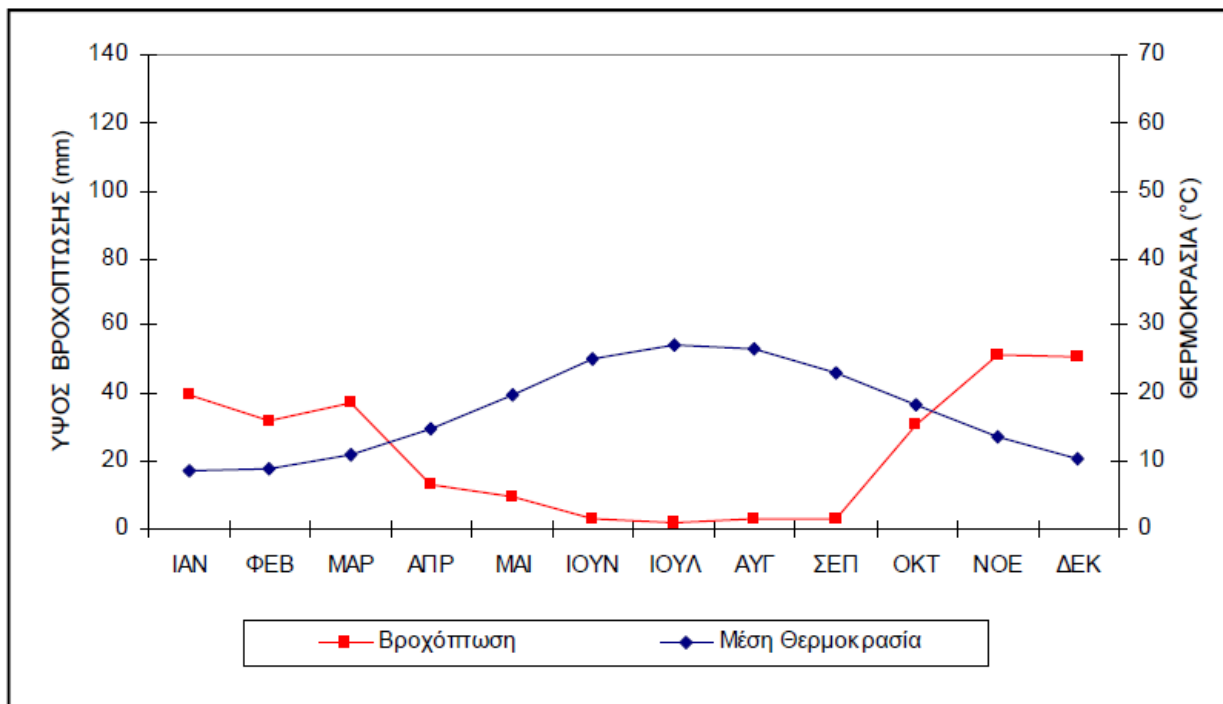
Μήνας	ΚΑΤ.	ΒΡ.	ΧΙ.	ΧΙ.ΕΔ.	ΚΑΤ.	ΧΑΛ.	ΟΜ.	ΔΡ.	ΠΑΓ.
Ιανουάριος	6,1	5,6	0,5	0,0	0,4	0,0	0,4	2,9	2,2
Φεβρουάριος	6,0	5,4	0,7	0,1	0,5	0,0	0,3	1,6	1,1
Μάρτιος	5,7	5,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	2,7	0,5
Απρίλιος	4,0	3,8	0,0	0,0	0,6	0,0	0,3	1,3	0,1

Μάιος	2,6	2,5	0,0	0,0	0,7	0,0	0,2	0,6	0,0
Ιούνιος	1,3	1,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	0,0
Ιούλιος	0,8	0,8	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0
Αύγουστος	0,9	0,9	0,0	0,0	0,6	0,0	0,4	0,1	0,0
Σεπτέμβριος	1,5	1,5	0,0	0,0	0,6	0,0	0,2	0,6	0,0
Οκτώβριος	3,9	3,8	0,0	0,0	0,8	0,0	0,2	2,3	0,0
Νοέμβριος	6,5	6,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,7	2,7	0,1
Δεκέμβριος	7,7	7,4	0,5	0,0	0,9	0,0	0,6	3,5	0,7

Σημείωση: ΚΑΤ.: Κατακρημνίσματα, ΒΡ.: Βροχή, ΧΙ.: Χιόνι, ΧΙ.ΕΔ.: Χιονοσκεπές Έδαφος, ΚΑΤ.: Καταιγίδα, ΧΑΛ.: Χαλάζι, ΟΜ.: Ομίχλη, ΔΡ.: Δρόσος, ΠΑΓ.: Παγετός.

Οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή από Μάιο έως Αύγουστο είναι βορειοανατολικοί ενώ τον υπόλοιπο χρόνο επικρατούν βόρειοι. Η ένταση του ανέμου ξεπερνά τα 6 και σπανιότερα τα 8 Beaufort κυρίως τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο.

Με βάση τους βιοκλιματικούς ορόφους που έχουν καθοριστεί από τον Emburger για το μεσογειακό κλίμα η περιοχή μελέτης είναι ημίξηρη με χειμώνα θερμό. Ως προς το ομβροθερμικό διάγραμμα (Gausseu και Bagrouls), που απεικονίζει την μηνιαία πορεία της μέσης θερμοκρασίας T σε $^{\circ}\text{C}$ και του μέσου μηνιαίου ύψους βροχής P σε mm, η ξηροθερμική περίοδος διαρκεί από αρχές Απριλίου έως και τέλη Οκτωβρίου (Διάγραμμα 3.1).

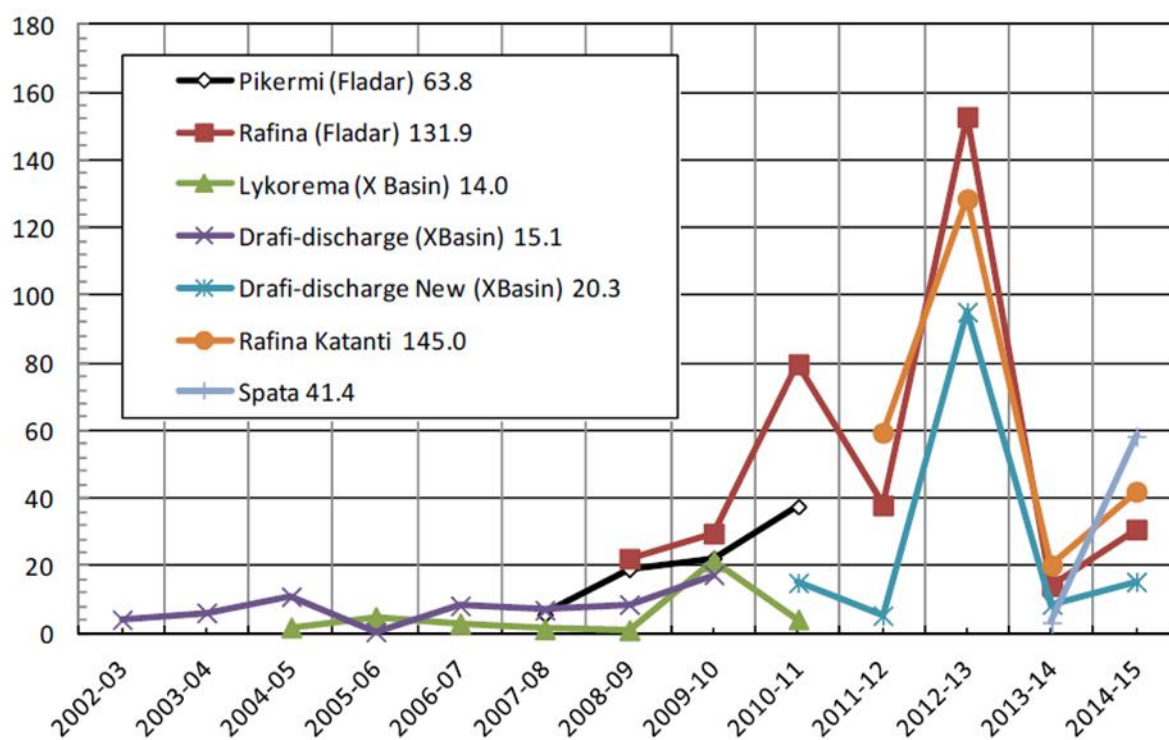


Γράφημα 4.2: Ομβροθερμικό διάγραμμα Μετεωρολογικού Σταθμού Σπάτων (Μ.Π.Ε., 2018)

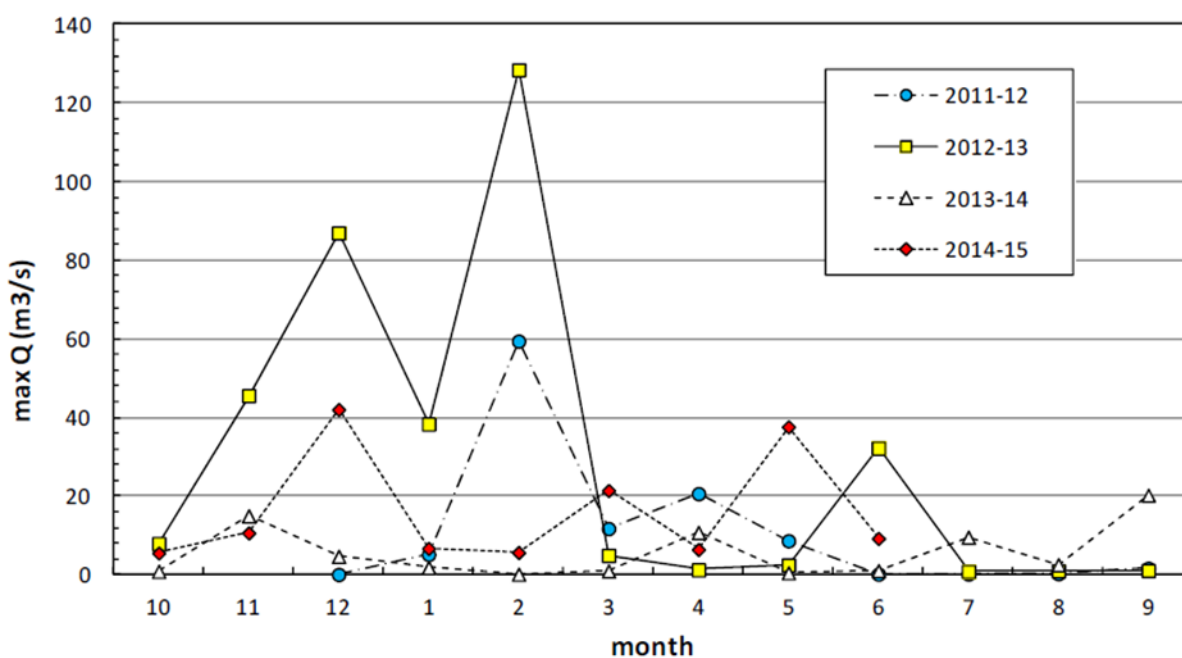
4.2.4. Παροχές ρέματος

Οι παροχές του ρέματος είναι σημαντικό να αναλυθούν με σκοπό τον εντοπισμό της ανάγκης εγκατάστασης ενός ΣΕΠ. Οι παροχές έχουν μελετηθεί από την Μ.Π.Ε. της διευθέτησης του ρέματος και από Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας που θα αναλυθεί αναλυτικότερα

στη συνέχεια. Ως προς την Μ.Π.Ε. τα στοιχεία της προέρχονται από σταθμούς μέτρησης σε διάφορα σημεία του ποταμού όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και γραφήματα:



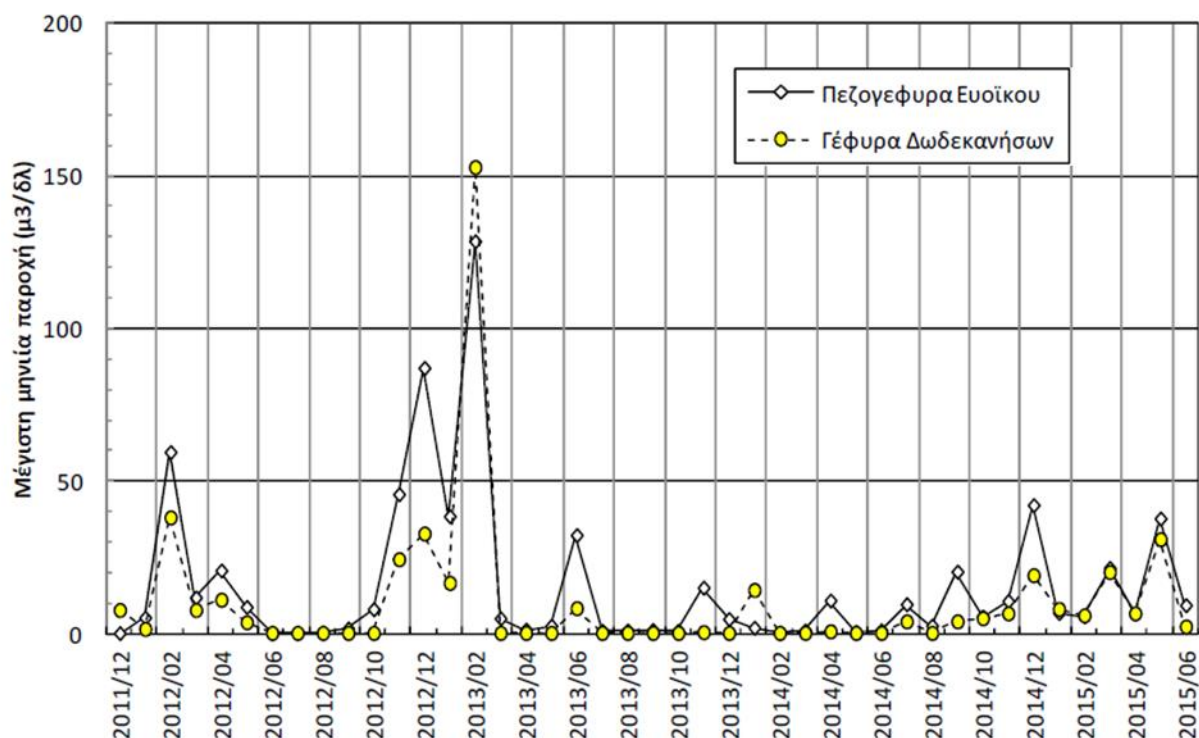
Γράφημα 4.3: Ετήσιες μέγιστες παροχές στους σταθμομετρικούς σταθμούς (Μ.Π.Ε., 2018)



Γράφημα 4.4: Μεταβολή μέγιστης μηνιαίας παροχής κοντά στην εκβολή του ρέματος Ραφίνας (Μ.Π.Ε., 2018)

Πίνακας 4.3: Μέγιστες μηνιαίες τιμές παροχής (m^3/sec) σταθμού Rafina (κατάντη) (Μ.Π.Ε., 2018)

year	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	max
2011-12			0.13	5.21	59.47	11.80	20.68	8.70	0.21	0.25	0.33	1.68	59.47
2012-13	7.98	45.62	86.99	38.39	128.50	4.97	1.30	2.53	32.26	0.90	1.03	1.16	128.50
2013-14	0.96	15.04	4.74	1.92	0.21	1.03	10.83	0.56	1.09	9.59	2.63	20.29	20.29
2014-15	5.58	10.68	42.08	6.74	5.71	21.48	6.48	37.67	9.29				42.08
max	7.98	45.62	86.99	38.39	128.50	21.48	20.68	37.67	32.26	9.59	2.63	20.29	128.50



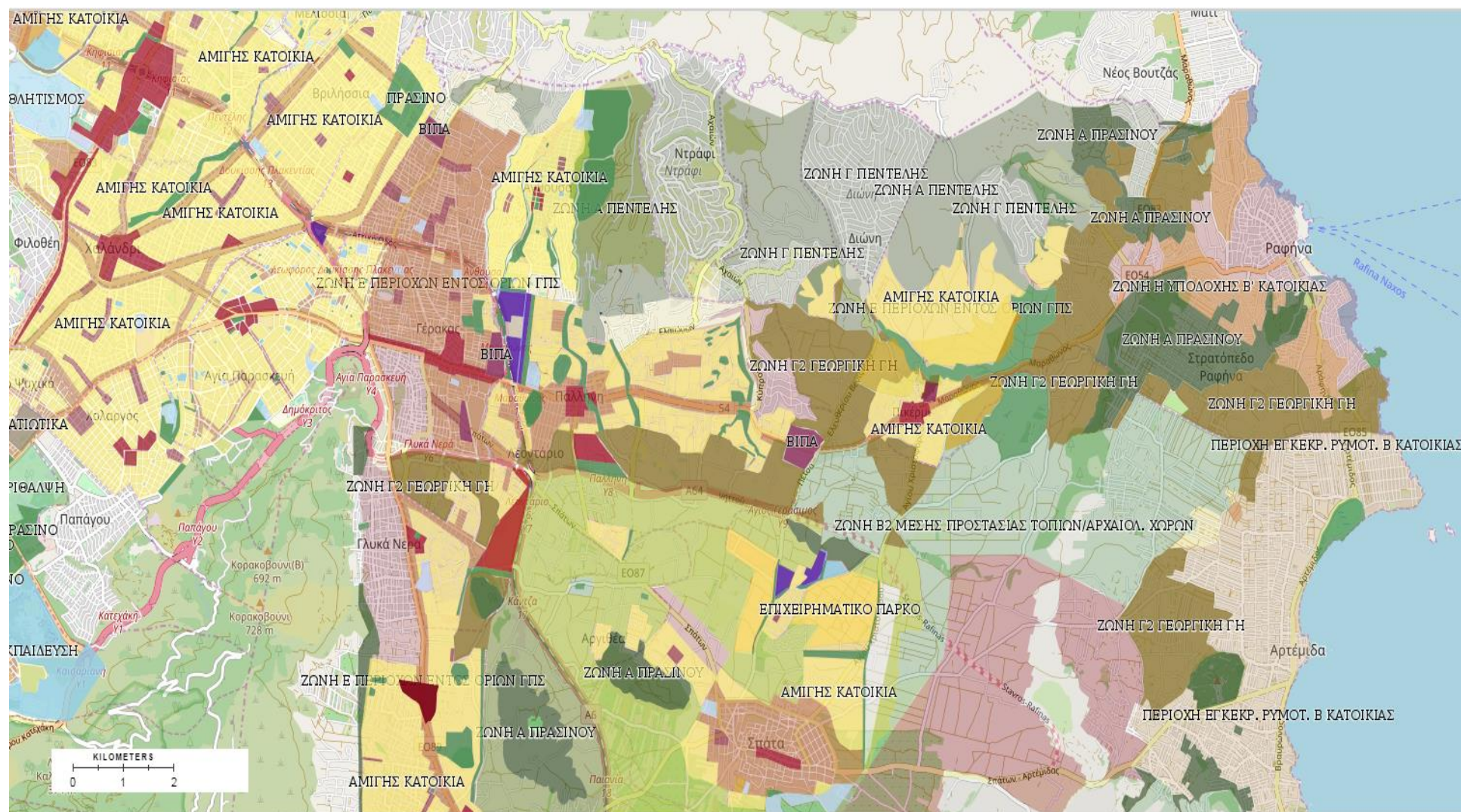
Γράφημα 4.5: Μεταβολή μέγιστης μηνιαίας παροχής στους κατάντη σταθμούς μέτρησης του ρέματος Ραφήνας (Μ.Π.Ε., 2018)

Όπως παρατηρούμε υπάρχουν σημαντικές παροχές στο κατάντη τμήμα (εκβολές) του ρέματος αλλά όχι σε άμεσο βαθμό υψηλής επικινδυνότητας εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων. Βέβαια η αστικοποίηση, η αλλαγή χρήσεων γης καθώς και η κλιματική αλλαγή μπορεί να αλλάξουν αυτές τις τιμές σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

4.3. Ανθρωπογενές περιβάλλον

4.3.1. Χωροταξικός σχεδιασμός – Χρήσεις γης – Ρυθμιστικό σχέδιο

Η περιοχή μελέτης είναι έντονα αστική και λόγω της συνεχούς αστικοποίησης η πίεση προς το αγροτικό/ φυσικό περιβάλλον γίνεται εντονότερη. Όπως παρατηρούμε στην Εικόνα 3.1 παράπλευρα του ρέματος υπάρχουν κυρίως γεωργικές εκτάσεις και εκτάσεις αμιγούς και Β' κατοικίας. Στις εκβολές του ρέματος βρίσκεται η πόλη της Ραφήνας που με βάση το Νέο Ρυθμιστικό Σχέδιο Αθήνας – Αττικής αποτελεί διαδημοτικό κέντρο ευρείας ακτινοβολίας εκτός της χωρικής ενότητας του λεκανοπεδίου. Πιθανά πλημμυρικά φαινόμενα κατά μήκος του ρέματος θα μπορούσαν να επιφέρουν οικονομικές επιπτώσεις, κυρίως στη γεωργία και τη βιομηχανία, αλλά και στην ασφάλεια και την υγεία των πολιτών καθώς υπάρχει αστικός ιστός προσκείμενος του ρέματος.

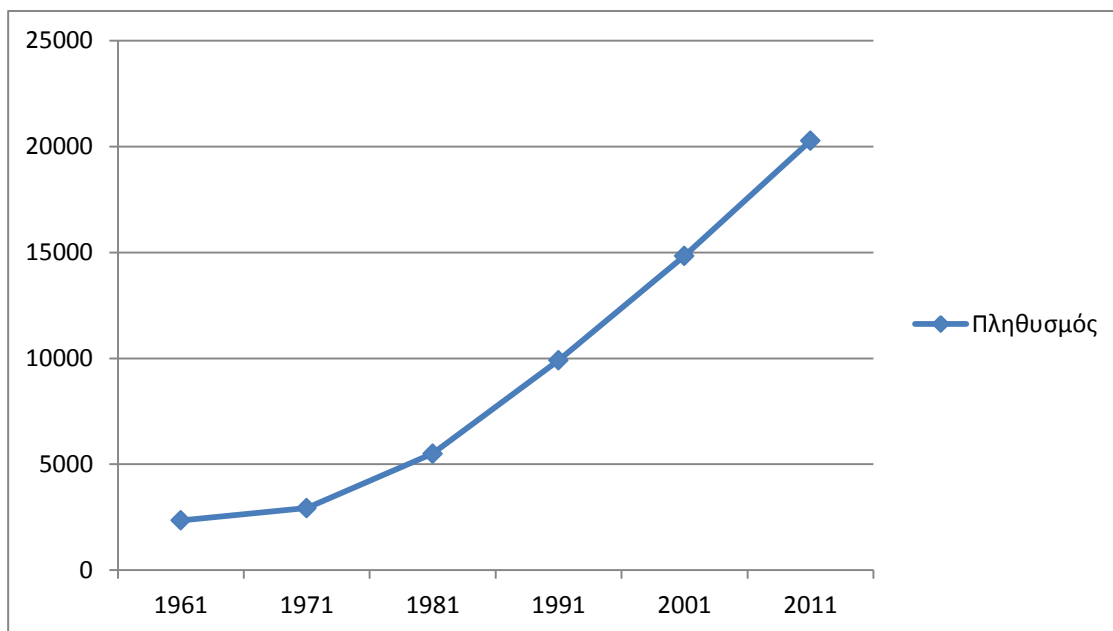


Εικόνα 4.3: Χρήσεις γης περιοχής μελέτης (msa.ypeka.gr)

Ζώνες: Α) Πρασίνου, Β1) Απόλυτης προστασίας τοπίου, Β2) Μέσης προστασίας τοπίου, Γ1) Ενίσχυση καλλιεργειών, Γ2) Γεωργική γη, Ε) Εντός Γενικού Πολεοδομικού σχεδίου, Η) Β' Κατοικίας.

4.3.2. Δημογραφικά στοιχεία

Με βάση την απογραφή του 2011 ο Δήμος Ραφήνας – Πικερμίου είχε μόνιμο πληθυσμό 20.266 κατοίκων. Σύμφωνα με τα στοιχεία των απογραφών για το διάστημα 1961 – 2011 ο πληθυσμός του Δήμου συνεχώς αυξάνεται (Γράφημα 3.3). Με βάση τις προβλέψεις για τη μεταβολή του πληθυσμού σε βάθος 10ετίας (2030) ο πληθυσμός θα υπερδιπλασιαστεί. Έτσι καταλαβαίνουμε η αστικοποίηση θα εντατικοποιηθεί έχοντας ως αποτέλεσμα την περαιτέρω πίεση του ρέματος και κατ' επέκταση την αύξηση της επικινδυνότητας για την εκδήλωση πλημμύρων.



Γράφημα 4.6: Πληθυσμιακή μεταβολή Δήμου Ραφήνας – Πικερμίου (Μ.Π.Ε., 2018)

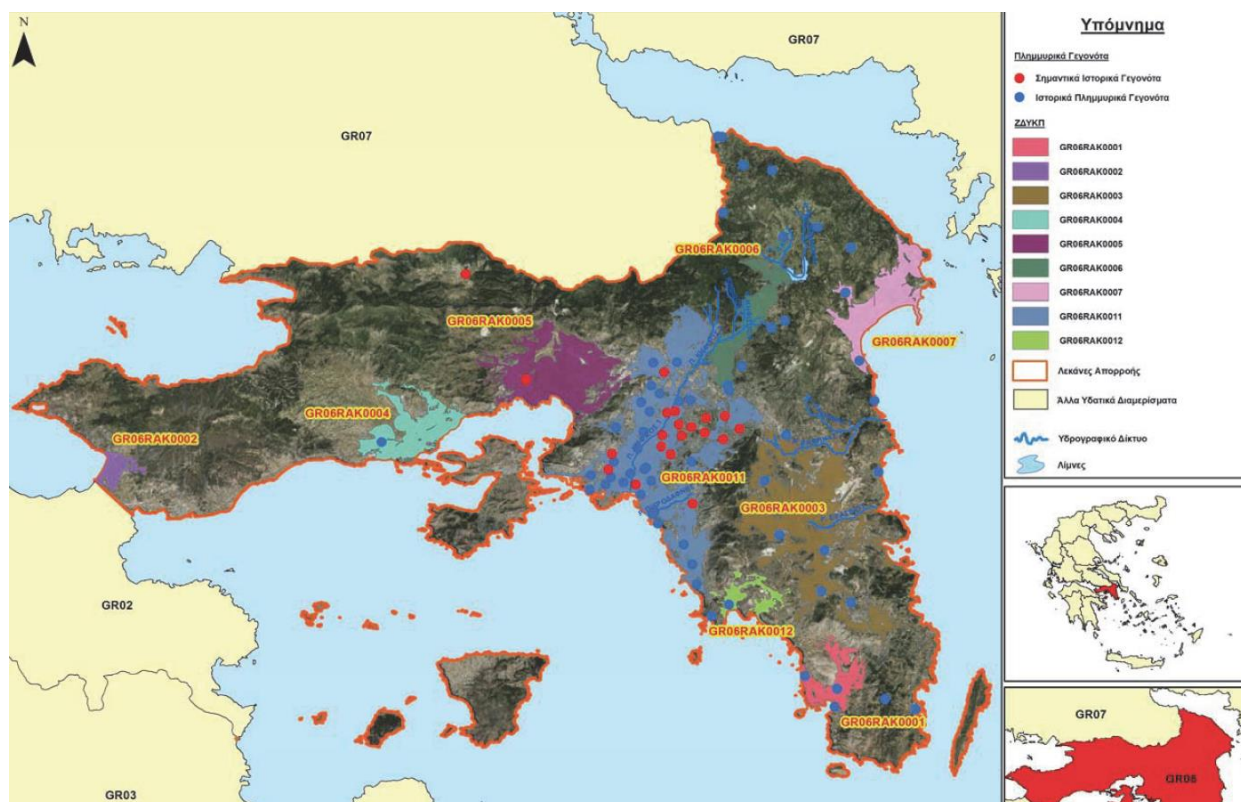
4.4. Κύρια θέματα διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας

Τα κυριότερα θέματα που χρήζουν αντιμετώπισης ή πρόληψης και αφορούν τα αίτια εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων είναι τα εξής:

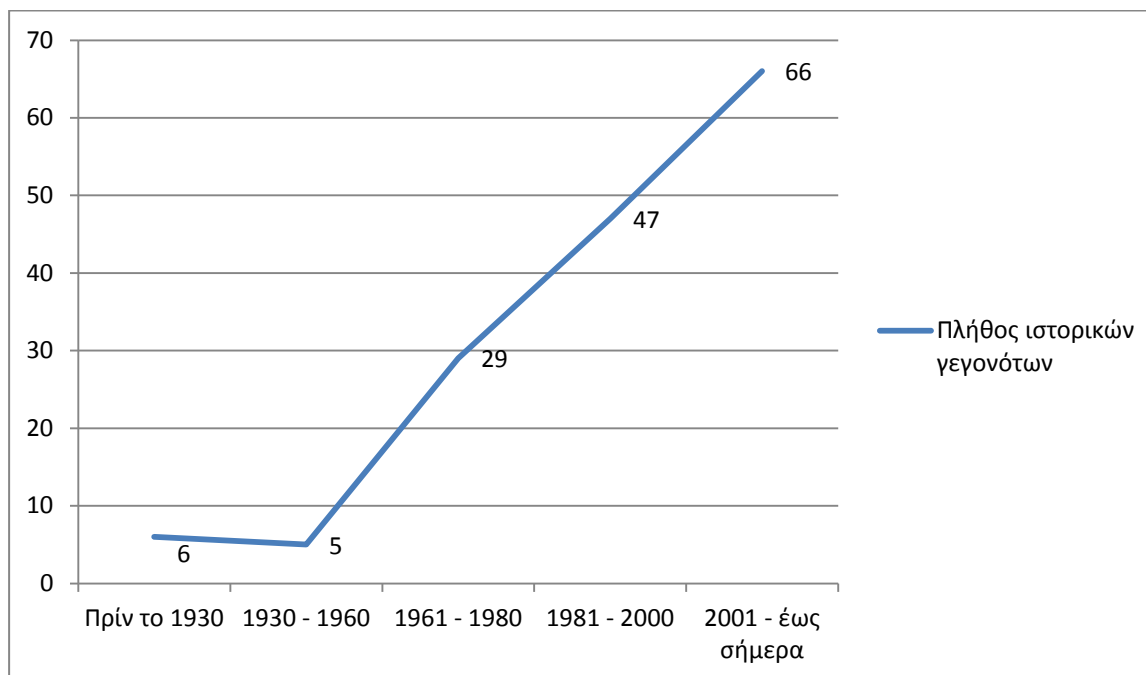
- Οι υψηλές πλημμυρικές παροχές και η αδυναμία της κοίτης του ρέματος να παροχετεύσει αυτές τις πλημμυρικές αιχμές
- Η μορφολογία αλλά και οι στενώσεις της κοίτης του ρέματος σε επιμέρους τμήματα, εξαιτίας της βλάστησης, της συσσώρευσης φερτών υλικών και των διατομών εγκάρσιων τεχνικών έργων
- Ο περιορισμός ή και η κάλυψη της κοίτης του ρέματος για την εξυπηρέτηση διαφόρων ανθρωπογενών χρήσεων

4.5. Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκάνης Απορροής και Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

Το σχέδιο εγκρίθηκε με απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων και δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 2693/Β/2018. Η απόφαση εναρμονίζεται πλήρως και είναι αποτέλεσμα της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ. Υπάρχουν παρόμοιες αποφάσεις που αφορούν το σύνολο της Ελληνικής επικράτειας αλλά η συγκεκριμένη αφορά την περιοχή που βρίσκεται το ρέμα Ραφήνας (Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής - EL06). Με βάση το σχέδιο ορίστηκαν οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας με ένα σημαντικό κομμάτι του ρέματος Ραφήνας να συμπεριλαμβάνεται στην περιοχή απορροής των Μεσογείων (Εικόνα 4.2). Όπως παρατηρούμε στο γράφημα 4.4 οι εκδηλώσεις πλημμυρικών φαινομένων έχουν εντατικοποιηθεί την τελευταία εικοσαετία. Αυτό οφείλεται κυρίως στην εντατικοποίηση της αστικοποίησης και στην κλιματική αλλαγή. Η μεγάλη αύξηση της εκδήλωσης αυτών των φαινομένων αναδεικνύει την ανάγκη επιχειρησιακής ετοιμότητας και αντιμετώπισης των επιπτώσεων τους.



Εικόνα 4.4: Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας του ΥΔ Αττικής (Ε.Ε.Υ., 2018)



Γράφημα 4.7: Κατανομή πλημμυρικών γεγονότων στο ΥΔ Αττικής ανά χρονική περίοδο (15 - 20 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)

4.5.1. Σενάρια πλημμύρας

Με τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικής Πληροφορίας (λογισμικό ArchGIS) και μορφολογικών, γεωλογικών και υδρολογικών στοιχείων προέκυψαν τρία σενάρια που αφορούν το υδατορέμα Ραφήνας (Πίνακας 4.3). Για περίοδο επαναφοράς $T=50$ έτη, η παροχή αιχμής στην εκβολή του ρέματος ανέρχεται σε $552 \text{ m}^3/\text{s}$, για $T=100$ έτη ανέρχεται σε $701,3 \text{ m}^3/\text{s}$ και για $T=1000$ έτη σε $1.568,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Στο ευμενές σενάριο μικρές πλημμύρες θα πλήξουν καλλιεργούμενες εκτάσεις νότια του Πικερμίου για $T=50$ έτη. Για $T=100$ πλήττονται περισσότερο οι περιοχές Πετρέζα και Ήρεμος Πεύκος νότια του Πικερμίου και σε μικρότερο βαθμό η περιοχή της Ραφήνας (εκβολές). Για $T=1000$ επηρεάζεται κυρίως η πόλη της Ραφήνας ιδιαίτερα στο τελευταίο 1,5 χιλιόμετρο των εκβολών. Ο κίνδυνος εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων δεν είναι μεγάλος σε σχέση με άλλες περιοχές αλλά αν αναλογιστούμε την έντονη αστικοποίηση και την κλιματική αλλαγή οι πιθανότητες αυξάνονται σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με τα υπάρχοντα στοιχεία.

Πίνακας 4.4: Εξεταζόμενα σενάρια για το ρέμα Ραφήνας (Ε.Ε.Υ., 2018)

Σενάριο πλημμύρας	Περίοδος επαναφοράς (T, σε έτη)	Χρονική κατανομή	Όμβρια καμπύλη	CN	Πλημμυρογράφημα	Συντελεστές Manning
Υψηλή πιθανότητα υπέρβασης	50	Εναλλασσόμενα μπλοκ	Μέση	Πλέον πιθανές τιμές	Μέσο	Πλέον πιθανές τιμές
Υψηλή πιθανότητα υπέρβασης	50	Εναλλασσόμενα μπλοκ	Κάτω όριο εμπιστοσύνης	Ευμενείς τιμές	Ευμενές	-50% σε σχέση με τις πλέον πιθανές τιμές
Υψηλή πιθανότητα υπέρβασης	50	Εναλλασσόμενα μπλοκ	Άνω όριο εμπιστοσύνης	Δυσμενείς τιμές	Δυσμενές	+50% σε σχέση με τις πλέον πιθανές τιμές

Μέση πιθανότητα υπέρβασης	100	Εναλλασσόμενα μπλοκ	Μέση	Πλέον πιθανές τιμές	Μέσο	Πλέον πιθανές τιμές
Μέση πιθανότητα υπέρβασης	100	Εναλλασσόμενα μπλοκ	Κάτω όριο εμπιστοσύνης	Ευμενείς τιμές	Ευμενές	-50% σε σχέση με τις πλέον πιθανές τιμές
Μέση πιθανότητα υπέρβασης	100	Εναλλασσόμενα μπλοκ	Άνω όριο εμπιστοσύνης	Δυσμενείς τιμές	Δυσμενές	+50% σε σχέση με τις πλέον πιθανές τιμές
Χαμηλή πιθανότητα υπέρβασης	1000	Δυσμενέστερη διάταξη	Μέση	Πλέον πιθανές τιμές	Μέσο	Πλέον πιθανές τιμές
Χαμηλή πιθανότητα υπέρβασης	1000	Δυσμενέστερη διάταξη	Κάτω όριο εμπιστοσύνης	Ευμενείς τιμές	Ευμενές	-50% σε σχέση με τις πλέον πιθανές τιμές
Χαμηλή πιθανότητα υπέρβασης	1000	Δυσμενέστερη διάταξη	Άνω όριο εμπιστοσύνης	Δυσμενείς τιμές	Δυσμενές	+50% σε σχέση με τις πλέον πιθανές τιμές

4.5.2. Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας

Η αξιολόγηση αφορά τον πλημμυρικό κίνδυνο (flood risk) μέσα στις περιοχές κατάκλυσης που προέκυψαν από την υδραυλική ανάλυση για τις εξεταζόμενες περιόδους επαναφοράς (T50, T100 και T1000), λαμβάνοντας υπόψη την επικινδυνότητα της πλημμύρας (βάθος, ταχύτητα ροής) και την τρωτότητα (με βάση τις δυνητικές επιπτώσεις) της περιοχής κατάκλυσης. Λαμβάνονται υπόψη όλες οι χρήσεις γης και οι δυνητικές επιπτώσεις στην ασφάλεια και την υγεία των πολιτών, τις περιουσίες, και το φυσικό και πολιτιστικό περιβάλλον. Για την αποτίμηση των μέγιστων δυνητικών επιπτώσεων από πλημμύρα (flood vulnerability) χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω κλάσεις τρωτότητας της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (ΕΕΑ, 2014):

- Πολύ χαμηλή: 50
- Χαμηλή: 100
- Μέτρια: 150
- Σημαντική: 250
- Πολύ σημαντική: 500

Οι δυνητικές επιπτώσεις από την πλημμύρα αναλύθηκαν για τις ακόλουθες 4 κατηγορίες:

- Επιπτώσεις στον πληθυσμό - ΕκΑ^c (ανθρώπινη ζωή, υποδομών και δικτύων)
- Οικονομικές επιπτώσεις - ΕκΟ^c (εθνική οικονομία, αξία κινητών και ακινήτων και οικονομικές δραστηριότητες)
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις - ΕκΠε^c (φυσικό περιβάλλον και ρύπανση που μπορεί να προέλθει λόγω πλημμύρας)

- Πολιτιστικές επιπτώσεις - ΕκΠο^c

4.5.2.1 Αποτίμηση των δυνητικών επιπτώσεων από πλημμύρα για τις επιλεγμένες κατηγορίες

Για την ευρύτερη περιοχή που συγκαταλέγετε το ρέμα Ραφήνας (Μεσόγεια) η αποτίμηση των δυνητικών επιπτώσεων από πλημμύρα για τις επιλεγμένες κατηγορίες (υποκεφάλαιο 4.4.2) παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.4 – 4.7. Οι επιπτώσεις αφορούν κυρίως την ασφάλεια των πολιτών και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και δευτερεύοντος τις υποδομές, τον τουρισμό, τα νοσοκομεία και τους μηχανισμούς πολιτικής προστασίας.

Πίνακας 4.5: Δείκτες και σκορ για την αποτίμηση των επιπτώσεων στον πληθυσμό

Δείκτης	Σκορ
Επιπτώσεις στην ασφάλεια των πολιτών	-επιπτώσεις σε αστικές συγκεντρώσεις με πυκνότητα ≥ 80 άτομα/ ha: 500 -επιπτώσεις σε αστικές συγκεντρώσεις με πυκνότητα < 80 άτομα/ ha και σε εξωαστικές συγκεντρώσεις: 250
Επιπτώσεις σε υποδομές υγείας (νοσοκομεία, κλινικές, κ.λπ.) λόγω πιθανής κατάκλυσης υποδομών λειτουργίας τους	-επιπτώσεις σε νοσοκομεία: 250 - επιπτώσεις σε κλινικές και κέντρα υγείας: 150
Επιπτώσεις σε άλλες υποδομές (κοινωνικές υποδομές, υποδομές κοινής ωφέλειας, υποδομές του μηχανισμού πολιτικής προστασίας)	-επιπτώσεις σε άλλες κοινωνικές υποδομές (νηπιαγωγεία, σχολεία, πανεπιστήμια): 150 - επιπτώσεις σε υποδομές κοινής ωφέλειας (ΕΕΝ, γεωτρήσεις ύδρευσης, υποσταθμοί ηλεκτρικής ενέργειας): 100 -επιπτώσεις σε υποδομές του μηχανισμού πολιτικής προστασίας (αστυνομία ή πυροσβεστική και δομές πολιτικής προστασίας): 250

Σημείωση: Ως αστικές συγκεντρώσεις αναφέρονται όλοι οι οικισμοί που απογράφονται από την ΕΛΣΤΑΤ. Σύμφωνα με τις πυκνότητες 100 άτομα/ ha είναι περιοχές ήπιας οικιστικής ανάπτυξης και παραθεριστικής κατοικίας και από 100 – 400 άτομα/ ha είναι οι περισσότεροι οικισμοί και αστικές περιοχές. Οι εξωαστικές συγκεντρώσεις αποτελούν εκτός σχεδίου δομημένες περιοχές με ομοιογενείς ή μη χρήσεις γης, στις παρυφές των αστικών συγκεντρώσεων ή σε απόσταση από αυτές.

Πίνακας 4.6: Δείκτες και σκορ για την αποτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων

Δείκτης	Σκορ
Επιπτώσεις σε αστικές συγκεντρώσεις	-επιπτώσεις σε αστικές συγκεντρώσεις με πυκνότητα ≥ 80 ατόμων/ ha: 250 - επιπτώσεις σε αστικές συγκεντρώσεις με πυκνότητα < 80 ατόμων/ ha και σε εξωαστικές συγκεντρώσεις: 100
Επιπτώσεις σε αγροτικές περιοχές/ γεωργία	-επιπτώσεις σε αγροτικές περιοχές με θερμοκήπια: 150 - επιπτώσεις σε αγροτικές περιοχές με καλλιέργειες (περιλαμβανομένων ρυζοκαλλιεργειών σε πλημμύρες από τη θάλασσα και εκτός ρυζοκαλλιεργειών σε όλες τις άλλες περιπτώσεις): 100 -επιπτώσεις σε αγροτικές περιοχές με ρυζοκαλλιέργειες (σε όλες τις περιπτώσεις πλημμύρων πλην θαλάσσιας): 0
Επιπτώσεις στην κτηνοτροφία	-επιπτώσεις σε κτηνοτροφικές μονάδες (σταβλικές εγκαταστάσεις): 50
Επιπτώσεις στον τουρισμό	-επιπτώσεις σε αναπτυγμένες τουριστικές περιοχές, σύμφωνα με το Ειδικό Πλαίσιο για τον Τουρισμό (1138B, 2009): 250 -επιπτώσεις σε αναπτυσσόμενες τουριστικές περιοχές, σύμφωνα με το Ειδικό Πλαίσιο για τον Τουρισμό: 50
Επιπτώσεις στη βιομηχανία	-επιπτώσεις σε βιομηχανικές συγκεντρώσεις (θερμοθετημένες ΒΙΠΕ και

	άλλες άτυπες βιομηχανικές συγκεντρώσεις: 250 -επιπτώσεις σε βιομηχανίες SEVESO, IPPC εκτός βιομηχανικών συγκεντρώσεων: 150 -επιπτώσεις σε λοιπές μεμονωμένες βιομηχανικές μονάδες εκτός βιομηχανικών συγκεντρώσεων: 50
Επιπτώσεις στις συγκοινωνίες/ μεταφορές	-επιπτώσεις διακοπής διευρωπαϊκού και πρωτεύοντος εθνικού οδικού δικτύου (σε αυτοκινητόδρομους), ενεργούς σιδηροδρομικούς άξονες και αεροδρόμια: 150 -επιπτώσεις διακοπής δευτερεύοντος εθνικού και επαρχιακού οδικού δικτύου: 100

Πίνακας 4.7: Δείκτες και σκορ για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Δείκτης	Σκορ
Επιπτώσεις σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις	-επιπτώσεις σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις IPPC ή SEVESO: 500
Επιπτώσεις σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ)	-επιπτώσεις σε ΕΕΛ με δυναμικότητα > 100.000 ι.π.: 150 -επιπτώσεις σε μέσους ΕΕΛ με δυναμικότητα 10.000 – 100.000 ι.π.: 100 -επιπτώσεις σε μέσους ΕΕΛ με δυναμικότητα < 10.000 ι.π.: 50
Επιπτώσεις σε χώρους διαχείρισης και διάθεσης στερεών αστικών αποβλήτων	-επιπτώσεις σε χώρους διαχείρισης και διάθεσης στερεών αστικών αποβλήτων: 100
Επιπτώσεις σε προστατευόμενες περιοχές	-επιπτώσεις σε προστατευόμενες περιοχές ειδών και οικοτόπων (2000/60/ΕΚ, 2000): 50

Σημείωση: Λαμβάνεται υπόψη και η συνολική μέση ετήσια εισροή στερεοπαροχής και η συνολική απώλεια εδάφους

Πίνακας 4.8: Δείκτες και σκορ για την αποτίμηση των επιπτώσεων στην πολιτιστική κληρονομιά

Δείκτης	Σκορ
Επιπτώσεις στην πολιτιστική κληρονομιά	-για μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς διεθνούς σημασίας (UNESCO κλπ.): 150 -για μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς εθνικής και περιφερειακής σημασίας: 50

4.5.2.2 Αξιολόγηση της τρωτότητας κάθε κατηγορίας

Για την αξιολόγηση της τρωτότητας από πλημμύρα κάθε κατηγορίας αθροίστηκαν σε κάθε κελί οι δείκτες των επί μέρους επιπτώσεων σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$Εκ^c = \Sigma ΕκΑ^c$$

4.5.2.3 Αξιολόγηση της συνολικής τρωτότητας

Για την αξιολόγηση της συνολικής τρωτότητας χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω σχέση:

$$Εκ^c = ΕκΑ^c + ΕκΟ^c + ΕκΠε^c + ΕκΠο^c$$

Με βάση την παραπάνω σχέση προκύπτουν οι ακόλουθες κλάσεις:

Πίνακας 4.9: Κλάσεις τρωτότητας και σκορ που αντιστοιχούν σε κάθε κλάση

Σκορ τρωτότητας	Κλάση τρωτότητας
< 50	Πολύ χαμηλή
50 - 125	χαμηλή
125 - 200	μέτρια
200 - 400	υψηλή
> 400	πολύ υψηλή

Πίνακας 4.10: Κλάσεις επικινδυνότητας με βάση το κριτήριο βάθους - ταχύτητας

Βάθος d (m)	Ταχύτητα ροής v (m/ sec)			
	V < 0.5	0.5 < v < 2.0	2.0 < v < 4.0	V > 4.0
d < 0.2	ΠΧ	ΠΧ	ΠΧ	X
0.2 < d < 0.5	X	X	M	M
0.5 < d < 1.0	X	M	Y	Y
1.0 < d < 1.5	M	M	Y	VH
1.5 < d < 2	Y	Y	ΠY	ΠY
d > 2	ΠY	ΠY	ΠY	ΠY

Σημείωση: ΠΧ = πολύ χαμηλός, X = χαμηλός, M = μέτριος, Y = υψηλός, ΠY = πολύ υψηλός

Για την αποτίμηση της επικινδυνότητας αποδόθηκε σε κάθε κλάση της ένας βαθμός επιρροής όπως δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.11: Σκορ επικινδυνότητας για κάθε κλάση

Κλάση επικινδυνότητας	Σκορ
ΠΧ – πολύ χαμηλή	0.2
X - χαμηλή	0.4
M - μέτρια	0.6
Y - υψηλή	0.8
ΠY – πολύ υψηλή	1

Στη συνέχεια για κάθε περίοδο επαναφοράς T=50, T=100 και T=1.000 χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση [Κίνδυνος = Επικινδυνότητα x Τρωτότητα] για την εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου. Έτσι προκύπτουν οι ακόλουθες κλάσεις:

Πίνακας 4.12: Κλάσεις πλημμυρικού κινδύνου και σκορ που αντιστοιχούν σε κάθε κλάση

Σκορ πλημμυρικού κινδύνου	Κλάση πλημμυρικού κινδύνου
< 50	πολύ χαμηλός
50 - 125	χαμηλός
125 - 200	μέτριος
200 - 400	υψηλός
> 400	Πολύ υψηλός

4.5.3. Αποτελέσματα αξιολόγησης

Η αξιολόγηση έγινε όπως αναφέρθηκε για τις τρεις περιόδους επαναφοράς $T=50$, $T=100$ και $T=1.000$ και λαμβάνοντας υπ' όψιν τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της πλημμύρας (βάθη, ταχύτητες ροής και ο συνδυασμός τους). Στην περιοχή μελέτης, και με βάση τα στοιχεία για την περιοχή των Μεσογείων, για περίοδο επαναφοράς $T=1.000$ έτη περίπου το 85% της περιοχής χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα ενώ το υπόλοιπο (περίπου 13%) από πολύ υψηλή. Η αποτίμηση της έντασης πλημμύρας και η αξιολόγηση επιπτώσεων πλημμύρας για την εκάστοτε περίοδο επαναφοράς (T) εμφανίζεται στους παρακάτω Πίνακες (4.12 και 4.13) και Χάρτες (Εικόνες 4.5 – 4.11). Από τα δεδομένα συμπεραίνουμε πως ο βαθμός επικινδυνότητας εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων είναι μέτριος για περίοδο επαναφοράς $T=50$ και υψηλός για περίοδο $T=100$ και $T=1.000$.

Πίνακας 4.13: Αποτίμηση έντασης πλημμύρας ανά περίοδο επαναφοράς (Ε.Ε.Υ., 2018)

Περίοδος επαναφοράς	Σκορ επικινδυνότητας	Έκταση που κατακλύζεται (%) ανά περίοδο επαναφοράς
$T = 50$	0.2 – 0.4	23,09%
	0.4 – 0.6	25,70%
	0.6 – 0.8	36,80%
	0.8 – 1.0	14,41%
$T = 100$	0.2 – 0.4	19,90%
	0.4 – 0.6	21,04%
	0.6 – 0.8	47,10%
	0.8 – 1.0	11,96%
$T = 1.000$	0.2 – 0.4	18,04%
	0.4 – 0.6	28,56%
	0.6 – 0.8	17,74%
	0.8 – 1.0	35,66%

Πίνακας 4.14: Κίνδυνος πλημμύρας ανά περίοδο επαναφοράς (Ε.Ε.Υ., 2018)

Περίοδος επαναφοράς	Κίνδυνος πλημμύρας	Έκταση που κατακλύζεται (%) ανά περίοδο επαναφοράς
T = 50	πολύ χαμηλός	0,002%
	χαμηλός	13,795%
	μέτριος	29,739%
	υψηλός	55,743%
	πολύ υψηλός	0,721%
T = 100	πολύ χαμηλός	0,001%
	χαμηλός	7,006%
	μέτριος	34,796%
	υψηλός	56,970%
	πολύ υψηλός	1,227%
T = 1.000	πολύ χαμηλός	0,004%
	χαμηλός	12,829%
	μέτριος	29,280%
	υψηλός	54,078%
	πολύ υψηλός	3,809%



Εικόνα 4.5: Χάρτης μέγιστης πιθανής επίπτωσης πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=1000 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)



Εικόνα 4.6: Χάρτης βαθμού επιρροής πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=50 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)



Εικόνα 4.7: Χάρτης βαθμού επιρροής πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=100 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)



Εικόνα 4.9: Χάρτης αποτίμησης επιπτώσεων πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=50 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)

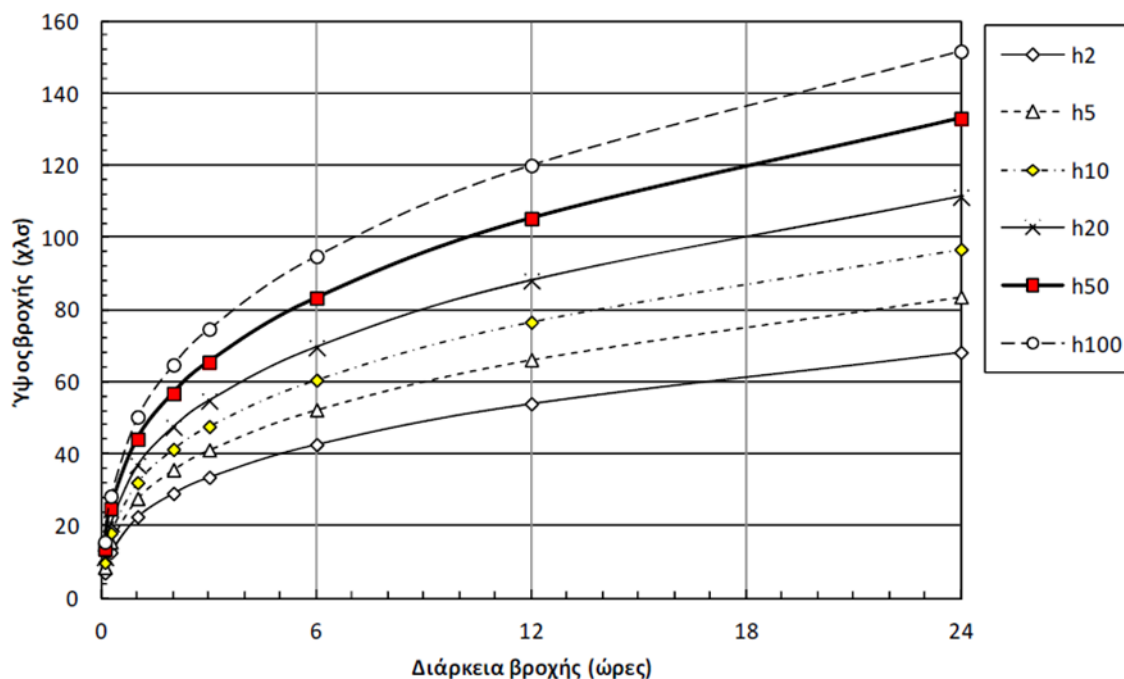


Εικόνα 4.10: Χάρτης αποτίμησης επιπτώσεων πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=100 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)

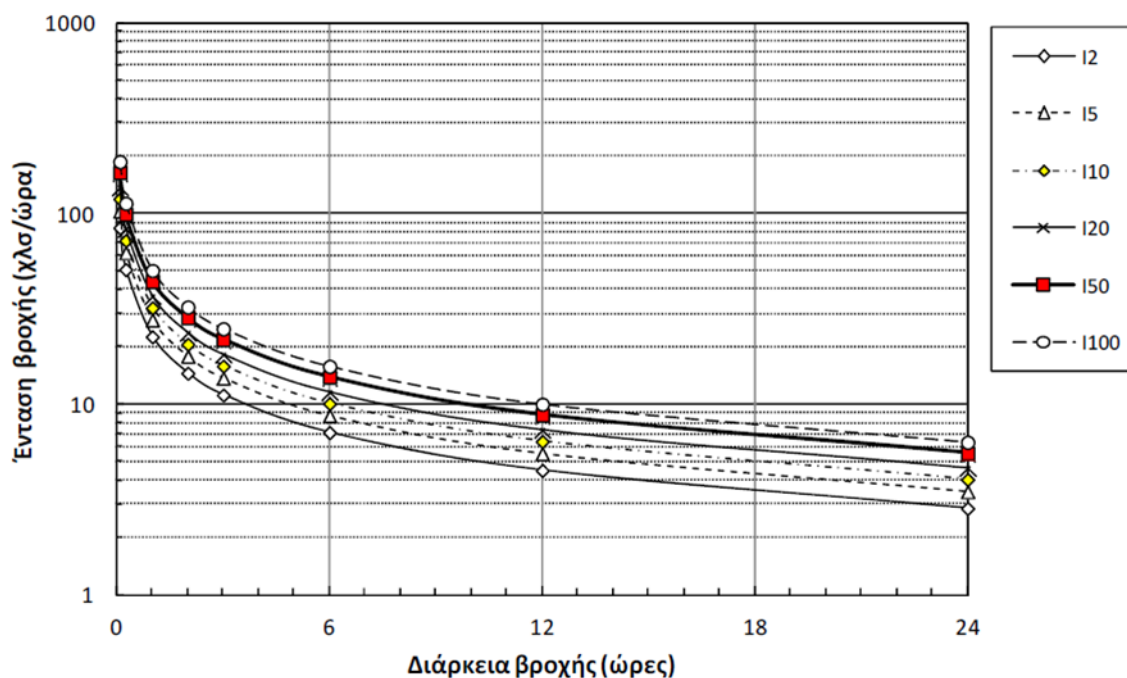


Εικόνα 4.11: Χάρτης αποτίμησης επιπτώσεων πλημμύρας ΥΔ Αττικής (T=1.000 έτη) (Ε.Ε.Υ., 2018)

Η παραπάνω μελέτη είναι πολύ λεπτομερής και μεταγενέστερη της Μ.Π.Ε. Βέβαια η δεύτερη εμπεριέχει στοιχεία που είναι στοχευμένα στο ρέμα Ραφήνας και όχι στο ΥΔ Αττικής οπότε κρίνεται απαραίτητο να αναφερθούν. Παρακάτω παρατίθενται γραφήματα και πίνακες που αφορούν περιόδους επαναφοράς από 2 έως 500 έτη:



Γράφημα 4.8: Ύψος βροχής συναρτήσει της διάρκειας βροχής για περιόδους επαναφοράς $T=2\sim100$ έτη (Μ.Π.Ε., 2018)



Γράφημα 4.9: Ένταση βροχής συναρτήσει της διάρκειας βροχής για περιόδους επαναφοράς $T=2\sim100$ έτη (Μ.Π.Ε., 2018)

Πίνακας 4.15: Ένταση βροχής συναρτήσει της διάρκειας βροχής για περιόδους επαναφοράς T=2~500 έτη (Μ.Π.Ε., 2018)

T (hr)	T (min)	I2	I5	I10	I20	I50	I100	I500
0.083	5	84.1	103.2	119.4	137.4	164.3	187.2	250.6
0.25	15	50.9	60.4	72.2	83.1	99.3	113.2	151.5
1	60	22.6	27.7	32.1	36.9	44.1	50.3	67.3
2	120	14.5	17.8	20.6	23.7	28.4	32.4	43.3
3	180	11.2	13.7	15.9	18.3	21.8	24.9	33.3
6	360	7.1	8.7	10.1	11.6	13.9	15.8	21.2
12	720	4.5	5.5	6.4	7.3	8.8	10.0	13.4
24	1440	2.8	3.5	4.0	4.6	5.5	6.3	8.5

Πίνακας 4.16: Ύψος βροχής συναρτήσει της διάρκειας βροχής για περιόδους επαναφοράς T=2~500 έτη (Μ.Π.Ε., 2018)

T (hr)	T (min)	I2	I5	I10	I20	I50	I100	I500
0.083	5	7.0	8.6	9.9	11.4	13.7	15.6	20.9
0.25	15	12.7	15.6	18.0	20.8	24.8	28.3	37.9
1	60	22.6	27.7	32.1	36.9	44.1	50.3	67.3
2	120	29.1	35.7	41.3	47.5	56.8	64.7	86.6
3	180	33.5	41.1	47.6	54.8	65.5	74.6	99.9
6	360	42.6	52.2	60.5	69.6	83.2	94.8	126.9
12	720	53.9	66.1	76.5	88.1	105.3	120.0	160.6
24	1440	68.2	83.6	96.7	111.3	133.1	151.6	203

Τα παραπάνω στοιχεία επιβεβαιώνουν την αύξηση των παροχών για περιόδους επαναφοράς μεγαλύτερες των 20 ετών. Η μεγάλης διάρκειας βροχοπτώσεις οξύνουν το πρόβλημα και θα προκαλούν μεγαλύτερες παροχές που είναι πιθανό να προκαλέσουν πλημμυρικά φαινόμενα κυρίως στο κατάντη μέρος του ρέματος.

4.6. Επιπτώσεις πλημμυρικών φαινομένων

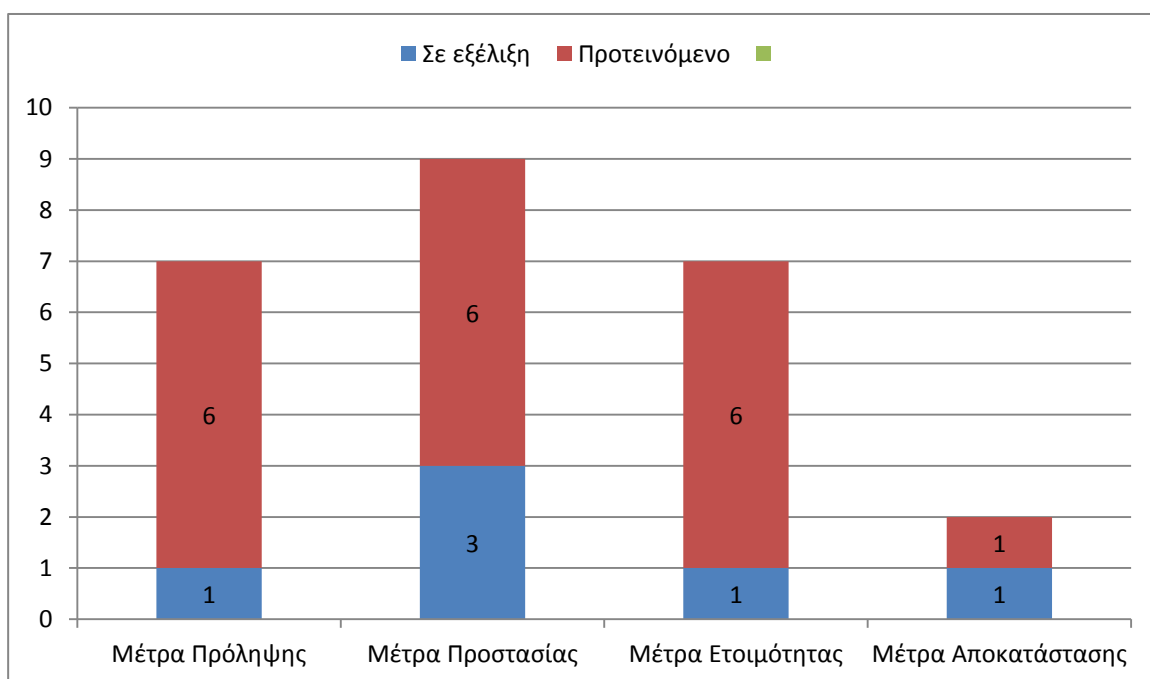
Στο πλαίσιο της Οδηγίας 2007/60/EK η περιοχή μελέτης ανήκει στις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας αν και πλημμύρες στην περιοχή υπήρχαν και πριν την νομοθέτηση της οδηγίας. Λόγο της ραγδαίας αστικοποίησης, της κλιματικής αλλαγής και των πυρκαγιών το ρέμα διαχρονικά πλημμυρίζει με σημαντικές συνέπειες για το περιβάλλον και την οικονομία της περιοχής. Ενδεικτικά το 1977 πέρα από τις υλικές ζημιές υπήρχαν και ανθρώπινα θύματα και το 1988 και 2013 οι πλημμύρες προκάλεσαν την καταστροφή τεχνικών έργων και γεφυρών θέτοντας σε άμεσο κίνδυνο και ανθρώπινες ζωές (kathimerini.gr, 2015).



Εικόνα 4.12: Επιπτώσεις της υπερχειλίσης του ρέματος στις 22 Φεβρουαρίου του 2013 (irafina.gr, 2017)

4.7. Υφιστάμενα μέτρα πρόληψης και ετοιμότητας που αφορούν την περιοχή

Στην περιοχή του ρέματος υπάρχουν δράσεις πρόληψης και ετοιμότητας αλλά είτε αφορούν γενικά το ΥΔ Αττικής, είτε δεν έχουν υλοποιηθεί και είναι προτεινόμενες. Στο γράφημα 4.5 παρατηρούμε πως για το ΥΔ Αττικής υπάρχουν πολλά προτεινόμενα μέτρα για την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων και λιγότερα σε εξέλιξη αναδεικνύονται την ανάγκη για την υλοποίηση στοχευόμενων δράσεων. Στον πίνακα 4.14 αναφέρονται οι υφιστάμενες δράσεις αντιμετώπισης πλημμυρικών φαινομένων στην περιοχή. Αναφέρονται μόνο τα μέτρα πρόληψης και ετοιμότητας καθώς αυτά σχετίζονται με τα ΣΕΠ. Παρατηρούμε πως οι περισσότερες δράσεις δεν έχουν υλοποιηθεί αλλά προτείνεται η υλοποίησή τους και πως έχει δοθεί μεγάλη βαρύτητα στην ενημέρωση και την εκπαίδευση φορέων και πολιτών. ΣΕΠ προβλέπεται μόνο για τον π. Κηφισό πράγμα που αναδεικνύει την ανάγκη ανάληψης πρωτοβουλιών από φορείς και ιδιώτες για την δημιουργία και λειτουργία αντίστοιχων συστημάτων σε άλλες παραποτάμιες περιοχές (Ε.Ε.Υ., 2018).



Γράφημα 4.10: Κατηγορίες μέτρων αντιμετώπισης πλημμυρικών φαινομένων για το ΥΔ Αττικής

Πίνακας 4.17: Μέτρα Πρόληψης και Ετοιμότητας για την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων

Όνομα Μέτρου	Φορείς υλοποίησης	Περιοχή εφαρμογής	Τύπος μέτρου	Στάδιο υλοποίησης	Συνοπτική περιγραφή
Ανάπτυξη Συστήματος Παρακολούθησης του Προγράμματος Μέτρων του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας	Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής, Διεύθυνση Υδάτων Αττικής	ΥΔ Αττικής	Πρόληψης (Μη δομική παρέμβαση)	Προτεινόμενο	Ανάπτυξη βάσης δεδομένων και ανάλυσης αυτών με σκοπό την παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών
Κατάρτιση γεωργών και κτηνοτρόφων σε πρακτικές μείωσης επιπτώσεων από τις πλημμύρες	Εθνικό Αγροτικό Δίκτυο - Πρόγραμμα Αγροτικής Ανάπτυξης 2014 - 2020	Περιοχή μελέτης (μεταξύ άλλων)	Πρόληψη (Εκπαίδευση/ ενημέρωση)	Σε εξέλιξη	Κατάρτιση αγροτών σε πρακτικές μείωσης των επιπτώσεων από τις πλημμύρες
Ανάπτυξη δράσεων για την αντιμετώπιση επιπτώσεων στους τομείς ύδρευσης και αποχέτευσης	Δήμοι, ΔΕΥΑ, ΕΥΔΑΠ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής, Περιφέρεια Αττικής	Περιοχή μελέτης (μεταξύ άλλων)	Πρόληψη (Τεχνικά μέτρα Αντιπλημμυρικής Προστασίας)	Προτεινόμενο	Εντοπισμός και καταγραφή υδρευτικών γεωτρήσεων και Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων για τη λήψη μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας
Αναδιάρθρωση και εκσυγχρονισμός δικτύου συλλογής μετεωρολογικών και υδρομετρικών δεδομένων	ΕΓΥ	ΥΔ Αττικής	Πρόληψη (Συμπλήρωση και βελτίωση πληροφοριών)	Προτεινόμενο	Μελέτη για την αναδιάρθρωση και εκσυγχρονισμό του υφιστάμενου δικτύου μετεωρολογικών και υδρομετρικών σταθμών
Δημιουργία εθνικού μητρώου τεχνικών δεδομένων αντιπλημμυρικών έργων	ΥΠΥΜΕ, Γενική Γραμματεία Υποδομών, Γενική δ/ση Υδραυλικών και Κτιριακών Υποδομών, ΔΑΕΕ	ΥΔ Αττικής	Πρόληψη (Συμπλήρωση και βελτίωση πληροφοριών)	Προτεινόμενο	Δημιουργία Εθνικού Μητρώου καταγραφής τεχνικών δεδομένων αντιπλημμυρικών έργων και έργων που επηρεάζουν την ροή των υδάτων
Παραγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DTM) πολύ υψηλής ακρίβειας	ΕΓΥ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής	Περιοχή μελέτης (μεταξύ άλλων)	Πρόληψη (Συμπλήρωση και βελτίωση πληροφοριών)	Προτεινόμενο	Παραγωγή ψηφιακού μοντέλου εδάφους πολύ υψηλής ανάλυσης και ακρίβειας για T=100
Δημιουργία Εθνικού Μητρώου Πλημμυρικών Συμβάντων (ΕΜΠΣ) και ανάπτυξη σχετικής διαδραστικής πλατφόρμας στο διαδίκτυο	ΕΓΥ	ΥΔ Αττικής	Πρόληψη (Συμπλήρωση και βελτίωση πληροφοριών)	Προτεινόμενο	Σχεδιασμός και ανάπτυξη ΕΜΠΣ που να καλύπτει τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ και σχετικής διαδραστικής πλατφόρμας στο διαδίκτυο

Επικαιροποίηση των Σχεδίων Έκτακτης Ανάγκης και κωδικοποίηση έκτακτων ενεργειών αντιμετώπισης πλημμύρας/ Κατάρτιση Μνημονίου Ενεργειών σε τοπικό επίπεδο	ΓΓΠΠ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής, Περιφέρεια Αττικής, Δήμοι	Περιοχή μελέτης (μεταξύ άλλων)	Ετοιμότητα (Μη δομικές παρεμβάσεις)	Σε εξέλιξη	Επικαιροποίηση και κατάρτιση Σχεδίου Έκτακτης Ανάγκης για την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων και Σχεδίου Δράσης – Μνημονίου Ενεργειών αντιμετώπισης κινδύνων από τα πλημμυρικά φαινόμενα
Εκστρατείες ευαισθητοποίησης κοινού, τοπικών αρχών και κοινοτήτων, έναντι πλημμυρικού κινδύνου	Υπουργείο Παιδείας, Γενική Γραμματεία Υποδομών, ΕΓΥ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής, Περιφέρεια Αττικής, Δήμοι, ΜΚΟ, Εθελοντικές Ομάδες Πολιτικής Προστασίας	ΥΔ Αττικής	Ετοιμότητα (Εκπαίδευση/ ενημέρωση)	Προτεινόμενο	Οργάνωση δράσεων ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης πολιτών και φορέων για τον πλημμυρικό κίνδυνο και προληπτικών μέτρων αντιμετώπισης επιπτώσεων
Ειδικές ρυθμίσεις για την αντιμετώπιση πλημμυρικών κινδύνων σε ιρλανδικές διαβάσεις	Φορείς λειτουργίας οδικού δικτύου, ΓΓΠΠ, ΕΛΑΣ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής, Περιφέρεια Αττικής, Δήμοι	ΥΔ Αττικής	Ετοιμότητα (Εκπαίδευση/ ενημέρωση)	Προτεινόμενο	Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού για τον περιορισμό ατυχημάτων κατά την εγκάρσια διέλευση οχημάτων σε ρέματα διάμεσου ιρλανδικών διαβάσεων κατά τη διάρκεια πλημμυρικών φαινομένων
Κωδικοποίηση Νομοθεσίας σε θέματα καθαρισμού και συντήρησης ρεμάτων – Κατάρτιση κανονισμού απαιτούμενων ενεργειών αποκατάστασης παροχευτικότητας κοίτης ρεμάτων, συντήρησης και διαχείρισης της παρόχθιας βλάστησης	ΥΠΕΝ, Υπουργείο Εσωτερικών, Υπουργείο Οικονομικών	ΥΔ Αττικής	Ετοιμότητα (Νομοθετικές/ διοικητικές ρυθμίσεις)	Προτεινόμενο	Κατάρτιση κανονισμού για τις περιοδικές ενέργειες καθαρισμού των υδατορεμάτων, συντήρησης και διαχείρισης της παρόχθιας βλάστησης
Ενίσχυση της τεχνικής, οργανωτικής και διοικητικής ικανότητας εμπλεκόμενων φορέων σε θέματα αντιπλημμυρικής προστασίας	ΕΓΥ, ΓΓΠΠ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής, Περιφέρεια Αττικής, Δήμοι, Φορείς Άμεσης Ανταπόκρισης (ΕΛΑΣ, ΠΣ κ.λπ.)	ΥΔ Αττικής	Ετοιμότητα (Εκπαίδευση/ ενημέρωση)	Προτεινόμενο	Ενίσχυση τεχνικής, οργανωτικής και διοικητικής ικανότητας των εμπλεκόμενων φορέων σε θέματα αντιπλημμυρικής προστασίας

Κεφάλαιο 5.

Αντιπλημμυρική θωράκιση ρέματος

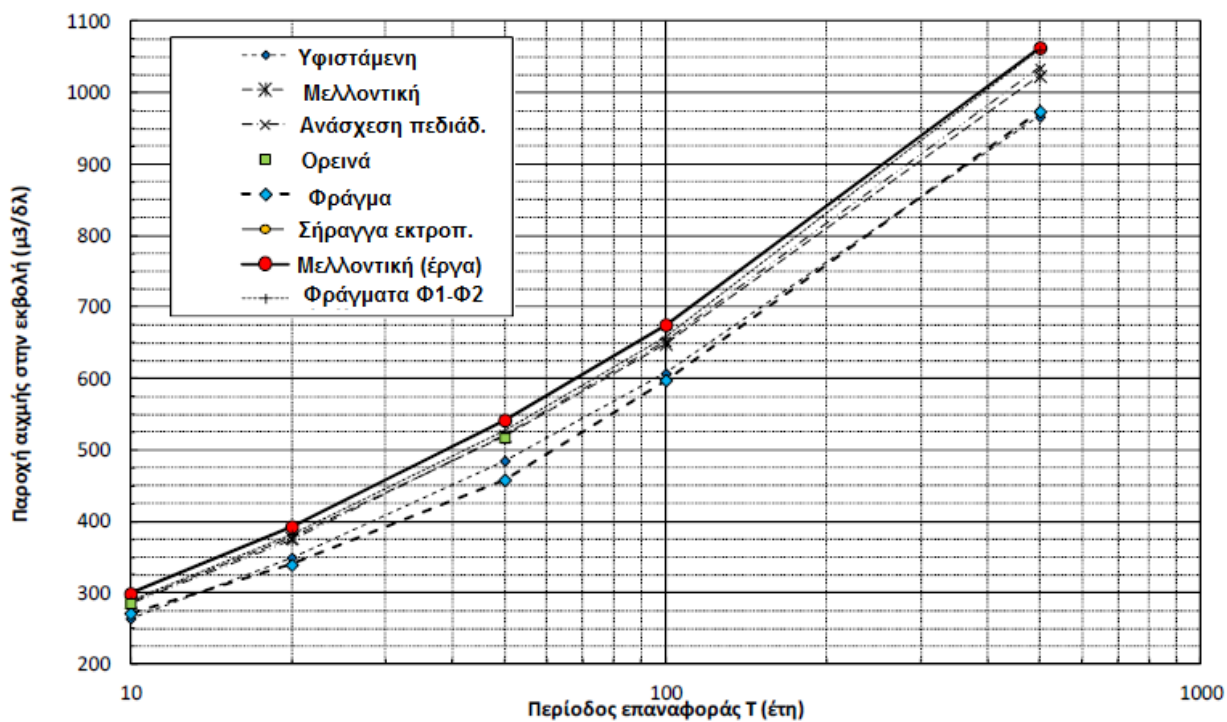
Σύμφωνα με την Μ.Π.Ε. προτείνονται τα παρακάτω έργα διευθέτησης του ρέματος (Μ.Π.Ε., 2018):

- Κατάντη τμήμα ρέματος Ραφήνας (από εκβολή – Χ.Θ. 4+400)
- Ανάντη τμήμα ρέματος Ραφήνας (4+400 – 14+997)
- Φράγμα ανάσχεσης πλημμυρών

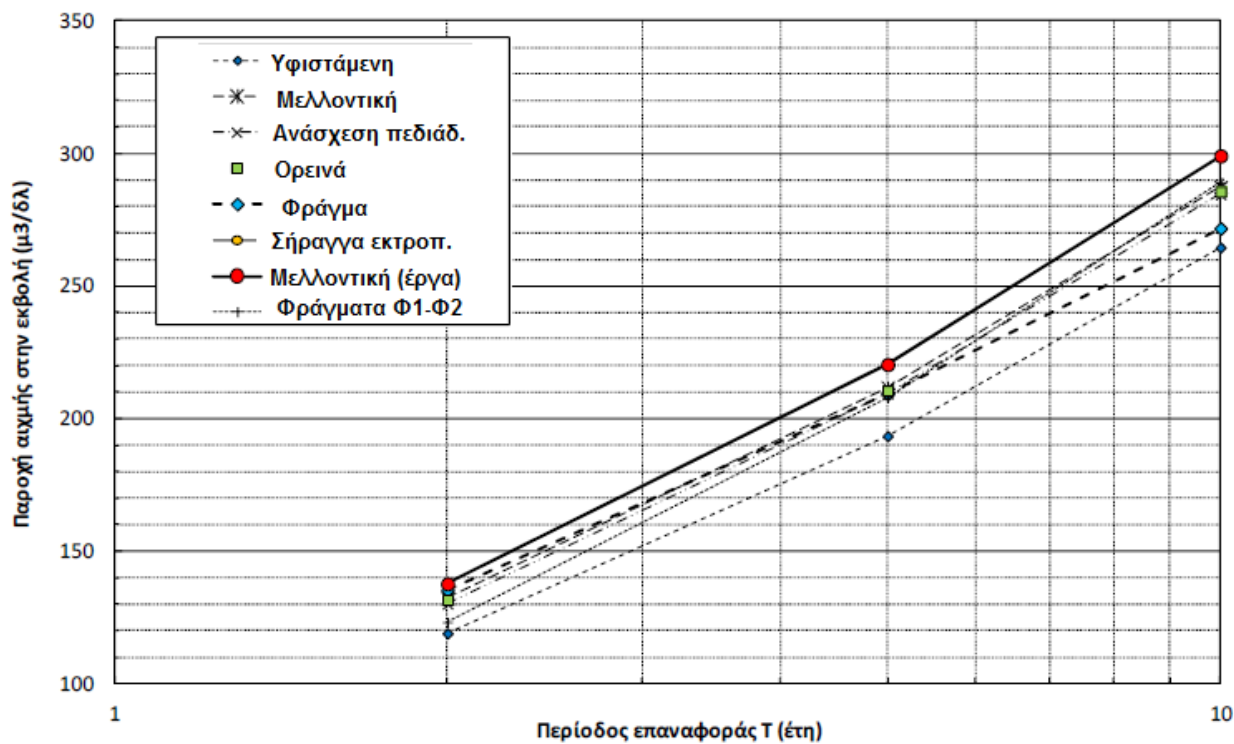
Τα δύο πρώτα έργα στα ανάντη και κατάντη τμήματα αφορούν την πρώτη φάση ενώ το φράγμα την δεύτερη φάση έργων αντιπλημμυρικής θωράκισης (Εικόνα 6.1). Στον Πίνακα 6.1 και στα διαγράμματα 6.1 – 6.2 παρατηρούμε τις εκτιμήσεις παροχών ανάλογα με την υλοποίηση ή μη των έργων - φάσεων αντιπλημμυρικής προστασίας. Στη συνέχεια γίνεται συνοπτική ανάλυση των τεχνικών προδιαγραφών των έργων καθώς και των αναμενόμενων αποτελεσμάτων λειτουργίας τους. Για περίοδο επαναφοράς 50 ετών ($T=50$) η παροχή με την υφιστάμενη κατάσταση εκτιμάται στα $485\text{m}^3/\text{s}$ και με έργα διευθέτησης (Α φάση) $542\text{m}^3/\text{s}$. Έτσι προκύπτει ανάγκη έργων ανάσχεσης περίπου $90\text{m}^3/\text{s}$. Και οι δύο φάσεις έργων προτείνεται να έχουν ολοκληρωθεί μέχρι το 2028 έτσι ώστε να προληφθούν οι επιπτώσεις των αναμενόμενων πλημμυρικών φαινομένων.

Πίνακας 5.1: Αποτελέσματα υπολογισμού παροχών και χρόνων αιχμής στην εκβολή με το υδρολογικό ομοίωμα για τα διάφορα σενάρια (Μ.Π.Ε., 2018)

Τ (έτη)	2	2	2	5	5	5	10	10	10	20	20	20	50	50	50	100	100	100	500	500	500
Σενάριο	Peak (m3/s)	Time of Peak	Volume (mm)	Peak (m3/s)	Time of Peak	Volume (mm)	Peak (m3/s)	Time of Peak	Volume (mm)	Peak (m3/s)	Time of Peak	Volume (mm)	Peak (m3/s)	Time of Peak	Volume (mm)	Peak (m3/s)	Time of Peak	Volume (mm)	Peak (m3/s)	Time of Peak	Volume (mm)
Αποτελέσματα βασικών σεναρίων για διάρκεια D=12 ώρες και αιχμή στο μέσον (50%)																					
Υφιστάμενη κατάσταση	119	7:48	13.25	193.4	7:38	20.54	264.5	7:33	27.42	349.5	7:30	35.65	484.9	7:27	48.69	607.2	7:26	60.43	966.5	7:28	94.79
Μελλοντική κατάσταση	132.3	7:46	14.23	211.8	7:38	21.78	287.3	7:33	28.86	377.2	7:30	37.3	519.9	7:28	50.59	648.4	7:27	62.53	1023.4	7:27	97.32
Μελλοντική με έργα	137.7	7:39	14.24	220.4	7:35	21.80	299.1	7:32	28.88	392.9	7:30	37.31	541.9	7:28	50.61	675.4	7:26	62.55	1063	7:24	97.35
Ανάσχεση στην πεδιάδα	131.1	7:41	14.24	209.5	7:30	21.79	284.5	7:27	28.87	374.5	7:32	37.3	520.2	7:33	50.6	651.6	7:31	62.54	1034.2	7:28	97.34
Φράγμα, στέψη υπερχ. +61,5	135.3	7:39	14.24	209.3	7:34	21.8	271.7	7:29	28.88	339.6	7:25	37.31	458.4	7:48	50.61	598.1	7:43	62.55	973.9	7:32	97.36
Σήραγγα εκτροπής D=6	137.6	7:40	14.24	220.3	7:36	21.8	298.9	7:33	28.88	392.6	7:31	37.31	541.5	7:29	50.61	674.9	7:27	62.55	1062.8	7:24	97.35
Φράγματα Φ1 – Φ3	123.2	7:49	14.24	207.9	7:50	21.8	289.1	7:39	28.88	382.3	7:33	37.31	527.4	7:29	50.61	658.2	7:36	62.55	1059.8	7:26	97.35
Ορεινά υδρονομικά έργα	131.7	7:46	14.25	210.6	7:41	21.8	285.6	7:38	28.88	-	-	-	517.4	7:33	50.61	-	-	-	-	-	-



Γράφημα 5.1: Μεταβολή της παροχής αιχμής στην εκβολή για τα διάφορα σενάρια συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς για T=10~1000 έτη (Μ.Π.Ε., 2018)



Γράφημα 5.2: Μεταβολή της παροχής αιχμής στην εκβολή για τα διάφορα σενάρια συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς για T= 1~10 έτη (Μ.Π.Ε., 2018)

5.1. Κατάντη τμήμα ρέματος Ραφήνας (Α Φάση)

Το συνολικό μήκος του τμήματος είναι περίπου 4,4 χιλιόμετρα. Αφορά κυρίως τις εκβολές του ρέματος τα κύρια έργα που θα εκπονηθούν αφορούν την συντήρηση υπαρχουσών έργων και την κατασκευή διατομών. Στο τμήμα αυτό περιλαμβάνονται και τα έργα διευθέτησης των συμβαλλόντων ρεμάτων Βαλανάρη, Μύλου, Αγίας Παρασκευής, Καλλιτεχνούπολης και Διασταύρωσης 1,2 και 3. Οι διατομές θα είναι ανοικτές τραπεζοειδής επενδυμένες με υλικά φιλικά προς το περιβάλλον/ λιθοπλήρωτα συρματοκιβώτια, με βαθμιδωτή διάταξη στα πρηνή (σκαλοπάτια με 0.5 μέτρα πάτημα/ 1 μέτρο ύψος). Ένας άλλος τύπος διατομών που θα κατασκευαστούν θα είναι ορθογώνιος με σκυρόδεμα και τοίχους αντιστήριξης αριστερά/ δεξιά. Στην περίπτωση που υπάρχει περιορισμένος χώρος για την κατασκευή των τοιχών αντιστήριξης προβλέπεται κατασκευή με πασσαλοστοιχία που απαιτεί μικρό εύρος κατάληψης λόγω απουσίας αναγκαίων εκσκαφών. Η παροχή σχεδιασμού του κατάντη διευθετούμενου τμήματος κυμαίνεται από περίπου 290m³/s (στο φράγμα) έως 458m³/s στις εκβολές.

5.2. Ανάντη τμήμα ρέματος Ραφήνας (Α Φάση)

Το συνολικό μήκος του τμήματος είναι περίπου 10,6 χιλιόμετρα. Και στο ανάντη τμήμα θα κατασκευαστούν διατομές τραπεζοειδούς και ορθογώνιου τύπου όπως περιγράφονται στην κατάντη. Βέβαια όπως και στην κατάντη ανάλογα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του σημείου κατασκευής της διατομής (πλάτος, ύψος κτλ) ο τύπος και το μέγεθος της διατομής μπορεί να διαφοροποιούνται. Σημαντικό έργο που προβλέπεται σε αυτή την φάση είναι και η λεκάνη συγκράτησης φερτών υλικών πριν το φράγμα όγκου ~30.000m³ με σκοπό να αποκλειστεί η μεγάλη στερεομεταφορά στις εκβολές.

5.3. Φράγμα ανάσχεσης πλημμύρων (Β Φάση)

Κύριος σκοπός κατασκευής του φράγματος είναι η ανάσχεση των πλημμύρων και η λειτουργία του βασίζεται στην αρχή ότι ο όγκος αποθήκευσης πρέπει να είναι πάντα διαθέσιμος για την ανάσχεση. Για $T \leq 20$ έτη η παροχή εισόδου ισούται με την παροχή εξόδου μέσω των αγωγών διόδευσης ενώ για $T > 20$ ετών λειτουργεί υπερχειλιστής. Στους Πίνακες 6.2 και 6.3 παρουσιάζονται συνοπτικά στοιχεία λειτουργίας του φράγματος, όπως υπολογίστηκαν από το υδρολογικό ομοίωμα με υπερχειλιστή μήκους 60 μέτρων με στέψη υπερχειλίστη στο +61,5 και εκροή από 10 σωλήνες Φ2,0 μέτρα. Ο υπερχειλιστής θα χρησιμοποιείται σε $T \geq 20$ έτη, ενώ για τις μικρότερες περιόδους θα λειτουργούν μόνο οι σωλήνες με μικρή ανάσχεση της παροχής. Ο υπερχειλιστής ακόμα εξασφαλίζει την βιωσιμότητα του φράγματος και την προστασία του σε ακραία πλημμυρικά φαινόμενα 12ωρης βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 1.000 ετών ($T=1.000$). Για περίοδο επαναφοράς 50 ετών το φράγμα εκτιμάται ότι μπορεί να μειώσει την παροχή στην εκβολή σε ~458m³/s.

Φράγμα			
Τύπος φράγματος	Ομογενές σώμα φράγματος (αργιλώδη – ιλυώδη αμμώδη υλικά λεκάνης κατάκλυσης)		
Ύψος φράγματος (από τη φυσική κοίτη του χειμάρρου στον άξονα)	m	10.5	
Μήκος στέψης	m	570	
Μέγιστο ύψος φράγματος (από θεμελίωση φράγματος)	m	15.5	
Πλάτος στέψης	m	8	

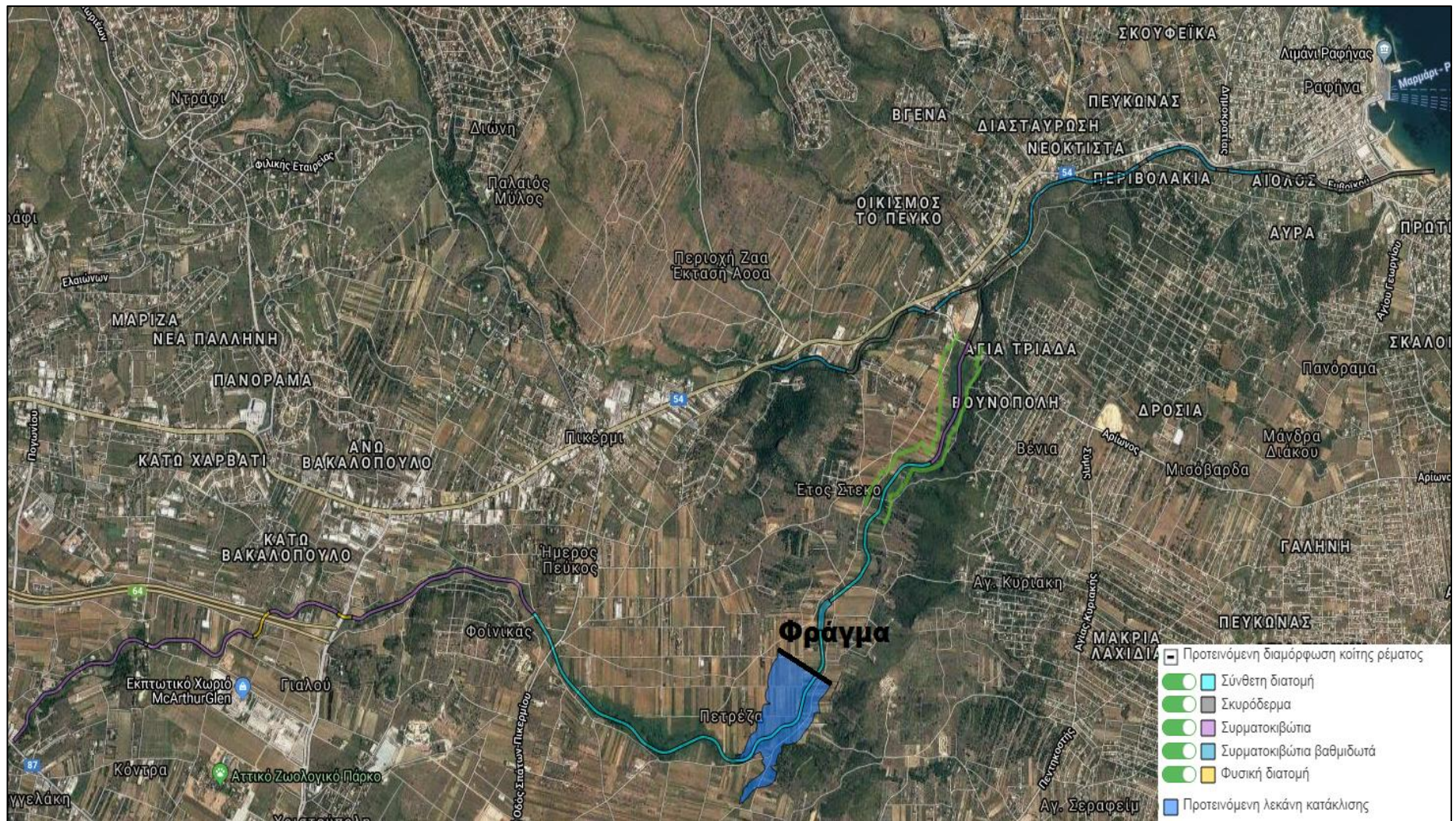
Ονομαστικό υψόμετρο στέψης φράγματος		+65.5
Συνολικός όγκος αναχώματος φράγματος	x103m3	191
Συνολικός όγκος ομογενούς υλικού	x103m3	173
Διαφραγματικός τοίχος (Δ/Τα) (εμβαδόν)	m ²	8100
Συναφή έργα		
Τύπος υπερχειλιστή ασφαλείας	Ελεύθερης υπερχειλίσης τύπου OGEE, πλευρικός	
Μήκος στέψης υπερχειλιστή L	m	60
Παροχή σχεδιασμού υπερχειλιστή	m ³ /sec	357
Στάθμη στέψης υπερχειλιστή		+61.5
Μέγιστη πλημμυρική στάθμη λίμνης (T=1000 έτη)		+63.85
Στάθμη λίμνης για την παροχή σχεδιασμού του υπερχειλιστή (T=500 έτη)		+63.47
Μήκος διώρυγας συλλογής καπάντη πλευρικού υπερχειλιστή	m	60
Διατομή ορθ. διώρυγας υπερχειλιστή	m	25
Μήκος ορθ. Διατομής διώρυγας υπερχειλιστή	m	153
Διατομή τρ. διώρυγας διατομής υπερχειλιστή	m	20/m=1
Μήκος τρ. Διατομής διώρυγας υπερχειλιστή	m	210
Αγωγός διόδευσης πλημμυρών/ διατομή	m	10x1.8x1.8
Διατομή τρ. διατομής διώρυγας διόδευσης	m	15/m=1
Μήκος τρ. Διατομής διώρυγας διόδευσης	m	132

Πίνακας 5.2: Συνοπτικά αποτελέσματα για τη λειτουργία του φράγματος για περίοδο επαναφοράς T= 2~500 έτη (Μ.Π.Ε., 2018)

Στέψη +61.5, L=60, 10Φ2.0							
T (έτη)	2	5	10	20	50	100	500
ΑΣΥ	+58.08	+59.14	+60.3	+61.6	+62.3	+62.7	+63.55
A _{max} (στρ)	25.25	53.25	92.85	154.61	194.24	221.36	301.67
Q _{max} inflow (m ³ /s)	76.35	122.29	166.06	218.45	301.79	376.6	594.75
Q _{max} spill (m ³ /s)	0	0	0	3.81	87.14	157.92	354.21
Q _{max} pipe (m ³ /s)	7.55	11.75	15.01	17.98	19.41	20.16	21.71
Q _{max} outflow (m ³ /s)	75.5	117.5	150.1	183.61	281.24	359.52	571.31
ΔQ (m ³ /s)	0.85	4.79	15.96	34.84	20.55	17.08	23.44
Q _{out} / Q _{in} (%)	98.9%	96.1%	90.04	84.1%	93.2%	95.5%	96.1%

Πίνακας 5.3: Συνοπτικά αποτελέσματα για το χρόνο κατάκλυσης (ώρες) ανά στάθμη και περίοδο επαναφοράς κατά τη λειτουργία του φράγματος (Μ.Π.Ε., 2018)

Επιφάνεια κατάκλυσης Α (εκτ)		Χρόνος κατάκλυσης (ώρες)						
	ΑΣΥ→	+58.08	+59.14	+60.3	+61.6	+62.3	+62.7	+63.55
	στάθμη	T=2	T=5	T=10	T=20	T=50	T=100	T=500
5	56.5	8.77	9.55	10.18	10.83	11.68	12.3	13.63
9	57	6.65	7.4	7.87	8.35	9.03	9.58	10.92
16	57.5	3.47	5.52	6.43	6.93	7.53	7.98	9.13
23	58	1.02	3.4	4.62	5.75	6.68	7.18	8.35
36	58.5		2.05	3.47	4.65	5.9	6.6	7.82
49	59		1.02	2.9	4.23	5.47	6.3	7.55
63.5	59.5			2.08	3.7	5.0	5.87	7.25
78	60			1.37	3.25	4.63	5.5	7.02
102.5	60.5				2.6	4.1	4.98	6.67
127	61				1.98	3.55	4.5	6.32
150	61.5				0.77	2.70	3.67	5.55
173	62					1.55	2.5	4.32
207.5	62.5						1.13	2.98
242	63							1.98
295.5	63.5							0.57



Εικόνα 5.1: Χάρτης αποτύπωσης έργων διεύθετης και αντιπλημμυρικής θωράκισης ρέματος Ραφήνας (mygis.gr, 2018)

Κεφάλαιο 6.

Το σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης πλημμυρικών φαινομένων του ρέματος

6.1. Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια έγινε εκτενής παρουσίαση της επικινδυνότητας εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων στο Μεγάλο Ρέμα Ραφήνας και ο χωρικός εντοπισμός τους. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτυχθούν οι βασικές πτυχές ενός ΣΕΠ που θα μπορούσε να εγκατασταθεί στο ρέμα μέχρι να ολοκληρωθούν τα έργα αντιπλημμυρικής θωράκισης (μέχρι το 2028).

6.2. Γνώση Κινδύνου

Η γνώση κινδύνου κρίνεται ικανοποιητική ως προς τους αρμόδιους δημόσιους φορείς αλλά όχι τόσο ικανοποιητική όσων αφορά τους πολίτες της περιοχής. Η ΓΓΠΠ, η Περιφέρεια αλλά και οι Δήμοι της περιοχής εκπονούν τεχνικές μελέτες και αποκτούν εμπειρία και γνώση για την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων. Βέβαια σε αυτό έχουν συνεισφέρει και οι πολλές πλημμύρες που έχουν πλήξει την Αττική τις τελευταίες δεκαετίες καθώς και η εναρμόνιση με τις Κοινοτικές Οδηγίες. Οι πολίτες αντίθετα δεν είναι ικανοποιητικά ενημερωμένοι, όχι τόσο για το φαινόμενο αυτό καθαυτό, αλλά για τον τρόπο αντιμετώπισης του και κυρίως για την αυτοπροστασία τους. Παρόλα τα πολλά ακραία πλημμυρικά φαινόμενα που έχουν πλήξει όλη την ελληνική επικράτεια δεν υπάρχει συντονισμένη εκπαίδευση και ενημέρωση των πολιτών για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων των φαινομένων και την πρόληψη.

6.3. Υπηρεσίες παρακολούθησης και προειδοποίησης

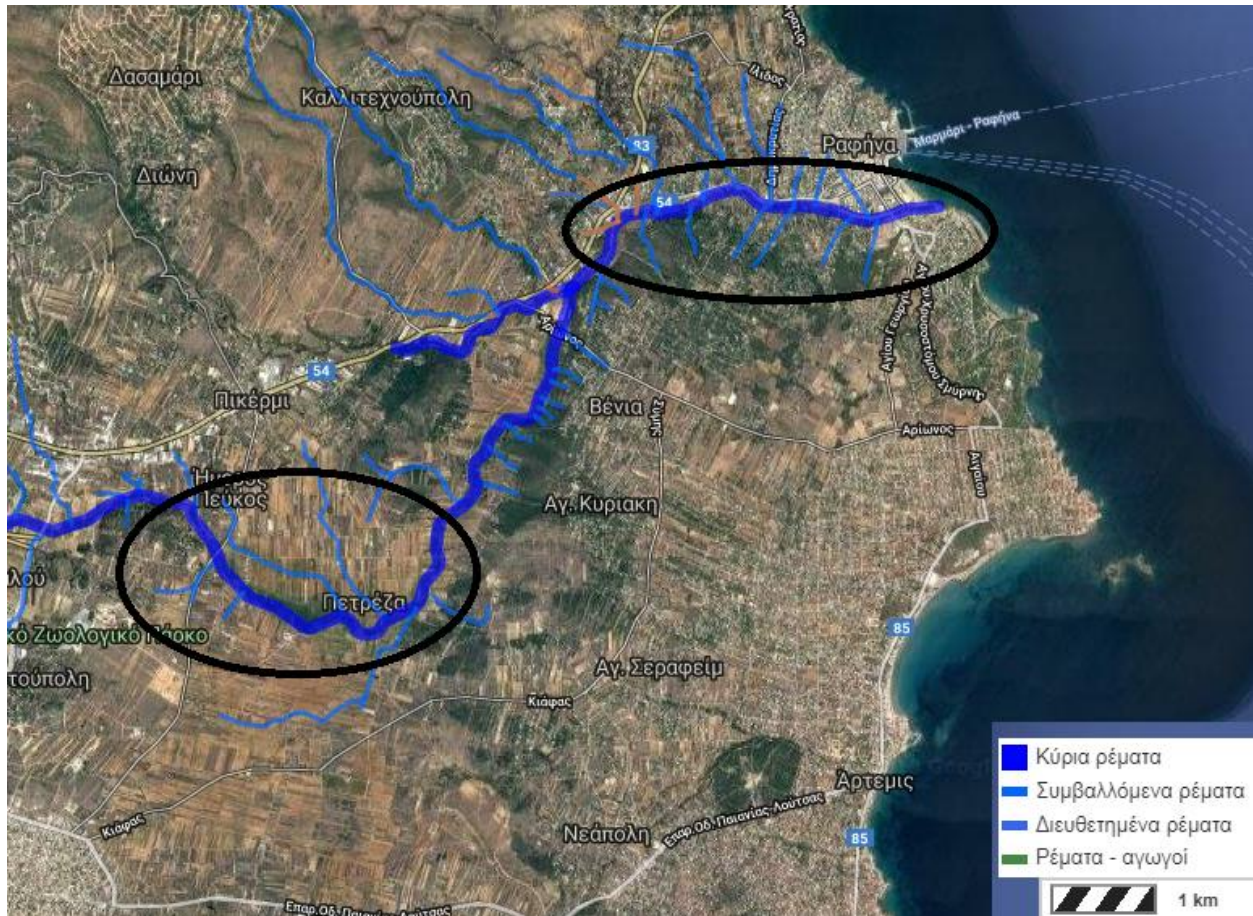
Για να είναι αποτελεσματική και έγκαιρη η προειδοποίηση φορέων και πολιτών είναι απαραίτητη η χρήση ενός ΣΕΠ. Τα πιο σύγχρονα συστήματα διαχείρισης φυσικών καταστροφών βασίζονται στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things), του οποίου τα μέρη όχι μόνο προλαμβάνουν φυσικές καταστροφές αλλά είναι επιχειρησιακά τόσο κατά την διάρκεια όσο και με την παρέλευση του φαινομένου. Με βάση τα συστήματα που υπάρχουν στην αγορά και εφαρμόζονται από φορείς του εξωτερικού μπορούμε να σχεδιάσουμε τα βασικά μέρη και στοιχεία ενός ΣΕΠ πλημμυρικών φαινομένων για το Μεγάλο Ρέμα Ραφήνας. Επιγραμματικά χωρίζεται στα παρακάτω:

- Αισθητήρες μέτρησης στάθμης ρέματος σε διάφορα σημεία υψηλής επικινδυνότητας
- Ασύρματη μετάδοση δεδομένων μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας (3G ή 4G)
- Επεξεργασία των δεδομένων από ειδικό λογισμικό και χρήση βάσης δεδομένων για την εκτίμηση εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων

- Έγκαιρη προειδοποίηση για πιθανότητα εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων

6.3.1. Αισθητήρες μέτρησης στάθμης

Η μέτρηση της στάθμης σε συνδυασμό με τα δεδομένα των βροχοπτώσεων θα εξάγουν δεδομένα για την έγκαιρη προειδοποίηση πλημμυρικών φαινομένων. Για παράδειγμα αν οι αισθητήρες εντοπίζουν υπερχειλίση του ρέματος σε συγκεκριμένα σημεία και ενώ έχει προηγηθεί βροχόπτωση συγκεκριμένων χιλιοστών θα μπορεί μελλοντικά να προειδοποιεί έγκαιρα για τον κίνδυνο όταν θα δέχεται την συγκεκριμένη τιμή βροχόπτωσης. Με βάση τα προβλεπόμενα αντιπλημμυρικά έργα καθώς και τις προβλέψεις για τις παροχές του ρέματος το κυριότερο σημείο που θα πρέπει να τοποθετηθούν αισθητήρες είναι το κατάντη τμήμα (εκβολές). Εξίσου σημαντικό είναι και το ανάντη τμήμα νότια του Πικερμίου καθώς εκτιμάται πως για περιόδους επαναφοράς μεγαλύτερες των 20 ετών θα εκδηλωθούν πλημμυρικά φαινόμενα (Εικόνα 6.1).



Εικόνα 6.1: Χάρτης απεικόνισης σημαντικών σημείων τοποθέτησης αισθητήρων μέτρησης στάθμης παροχής του ρέματος (mygis.gr, 2018)

Τα βασικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων, με βάση την υπάρχουσα τεχνολογία, είναι τα παρακάτω:

- Ασφάλεια και ακρίβεια στην συλλογή και μετάδοση των δεδομένων
- Χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης και αυτάρκεια (λειτουργία με φωτοβολταϊκά πάνελ)
- Ανθεκτικότητα σε ακραία καιρικά φαινόμενα



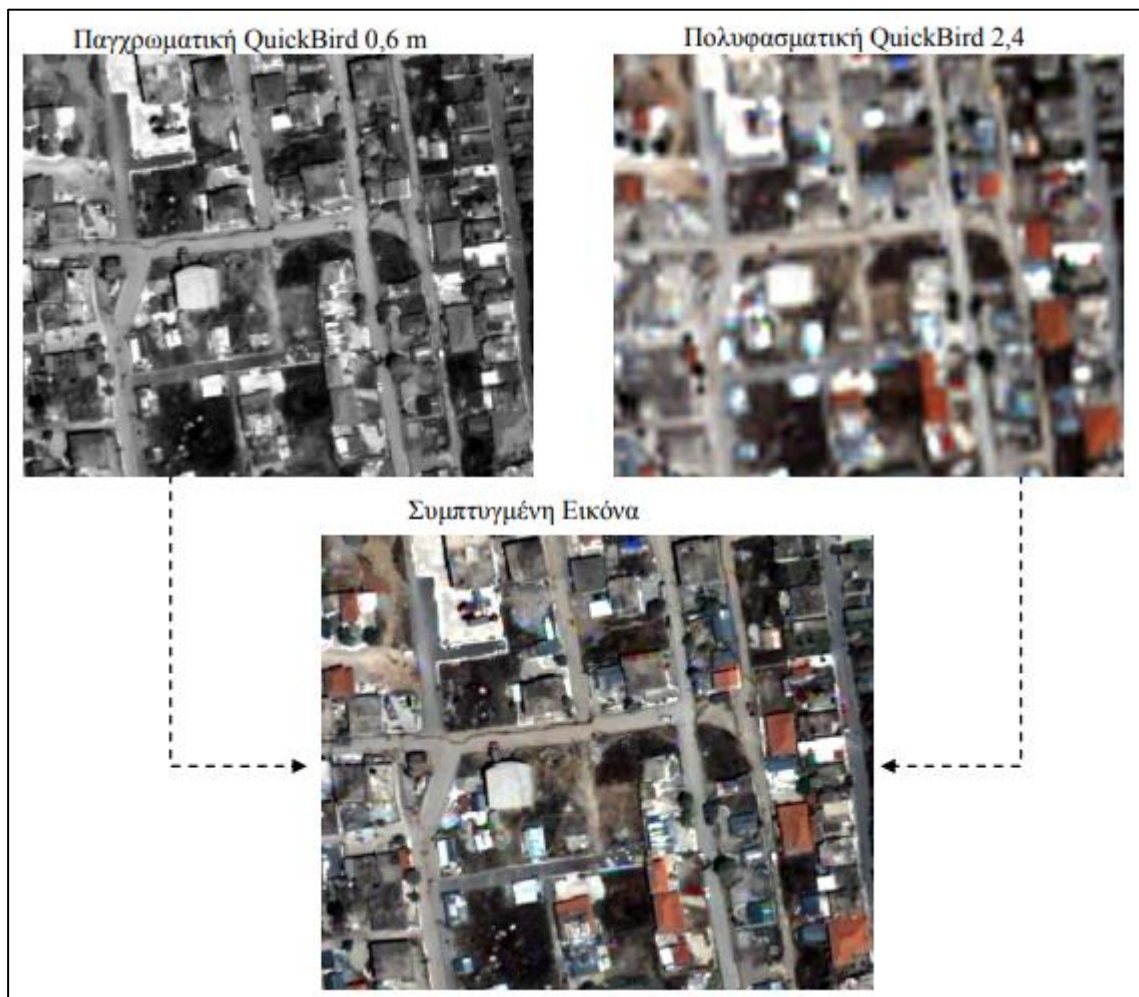
Εικόνα 6.2: Σταθμός μέτρησης στάθμης νερού CatchR (Novatorsolutions, 2020)

Για την καλύτερη χωροθέτηση των αισθητήρων και την πιθανή μετεγκατάσταση τους απαιτούνται τεχνολογίες παρακολούθησης των σημείων που υπάρχει επικινδυνότητα υπερχειλίσης. Η τοποθέτηση πολλών αισθητήρων προκαλεί πολλά προβλήματα (κυρίως κόστους) οπότε η στοχευμένη τοποθέτηση τους είναι αναγκαία. Οι λύσεις που προτείνονται είναι οι παρακάτω:

- Χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης (remote sensing)
- Χρήση Μη Επανδρωμένων Πτητικών Μέσων (Unmanned Aerial Vehicle ή drones)

6.3.2. Δεδομένα τηλεπισκόπησης

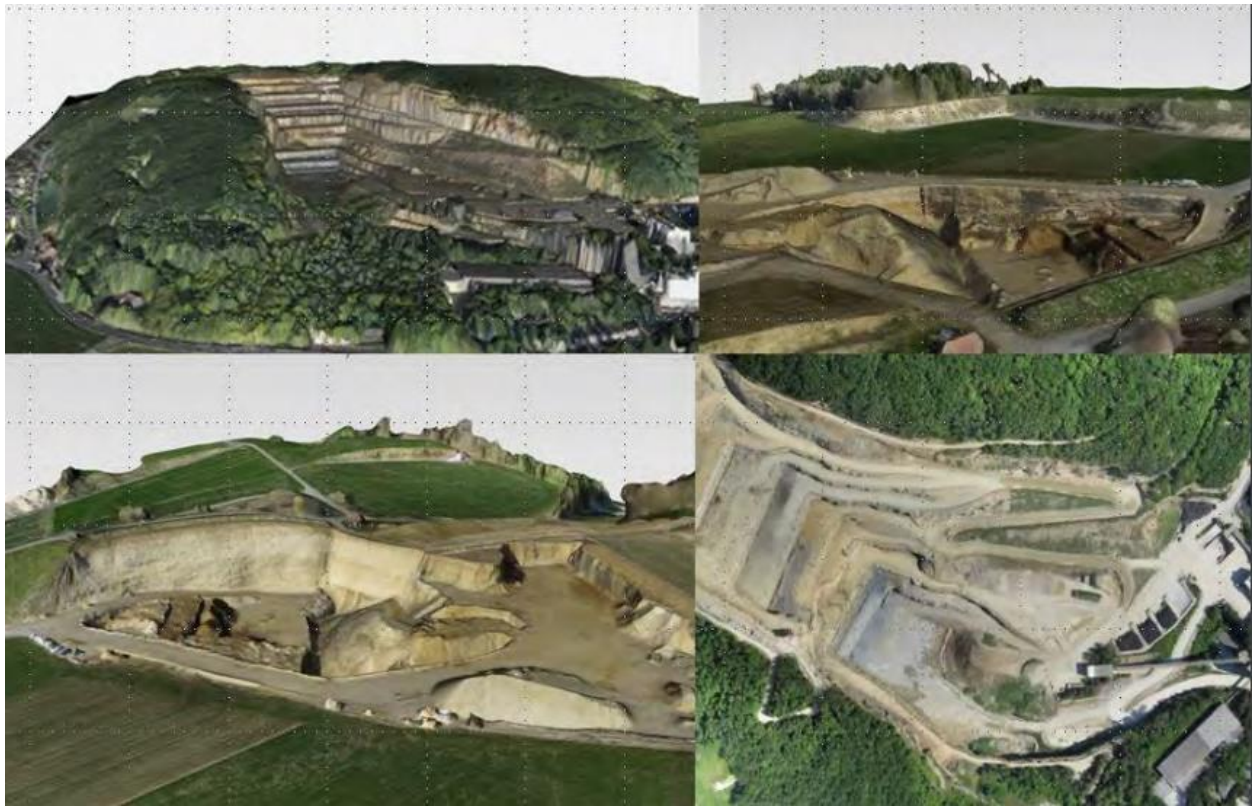
Η συλλογή δεδομένων τηλεπισκόπησης όπως αεροφωτογραφιών, δορυφορικών εικόνων κ.α. μετά την εκδήλωση ενός πλημμυρικού φαινομένου βοηθά στον εντοπισμό των σημείων που εμφανίζεται υπερχειλίση. Η τηλεπισκόπηση για την εκτίμηση της υγρασίας του εδάφους, με τη χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας με μήκη κύματος μεταξύ 0,4 και 2,5 μm , μετρά την ανακλώμενη ακτινοβολία του ήλιου από την επιφάνεια της Γης. Η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος μέτρησης είναι αυτή της θερμικής αδράνειας η οποία συνδυάζει απλότητα και ευκολία εφαρμογής επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα υψηλή ακρίβεια στην εκτίμηση της υγρασίας του εδάφους (Κάλλιπος, 2019). Τρεις δορυφόροι που θα μπορούσαν να παρέχουν τέτοια δεδομένα και έχουν κληθεί να παρακολουθήσουν πλημμυρικά φαινόμενα είναι οι ευρωπαϊκοί (European Space Agency) ERS-2 και ο προγενέστερος ERS-1 καθώς και ο Sentinel-2. Για να είναι ακριβή τα αποτελέσματα απαιτείται η χρήση της τεχνικής σύμπτυξης εικόνων όπου παγχρωματικές και πολυφασματικές εικόνες πρέπει να καταγράφονται σε κοντινές ημερομηνίες (Εικόνα 6.3) (Κ. Περάκης, 2015).



Εικόνα 6.3: Σύμπτυξη εικόνων QuickBird για τον εντοπισμό κατοικιών με κεραμοσκεπή (Κ. Περάκης, 2015)

6.3.3. Δεδομένα UAV

Ως προς τα UAV παρέχουν την δυνατότητα συλλογής στοιχείων από αέρος, επισκόπησης των καλύψεων που υπάρχουν και των μεταβολών που συντελούνται στην επιφάνεια του εδάφους. Την τελευταία μόλις δεκαετία χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των επιπτώσεων πλημμυρικών φαινομένων και γενικότερα για φυσικές καταστροφές. Παρέχουν υψηλής ακρίβειας αεροφωτογραφίες, με μεγαλύτερη αμεσότητα (σε αντίθεση με τις δορυφορικές) και με εδαφική κάλυψη ακόμα και δυσπρόσιτων περιοχών. Η επεξεργασία των αεροφωτογραφιών γίνεται από ειδικό λογισμικό (π.χ. Postflight Terra 3d) και παράγει ορθοφωτοχάρτες (Εικόνα 6.4) για την καλύτερη καταγραφή, διαχείριση και απεικόνιση των επιπτώσεων πλημμυρικών φαινομένων στο ρέμα Ραφήνας (Κ. Περάκης, 2015).



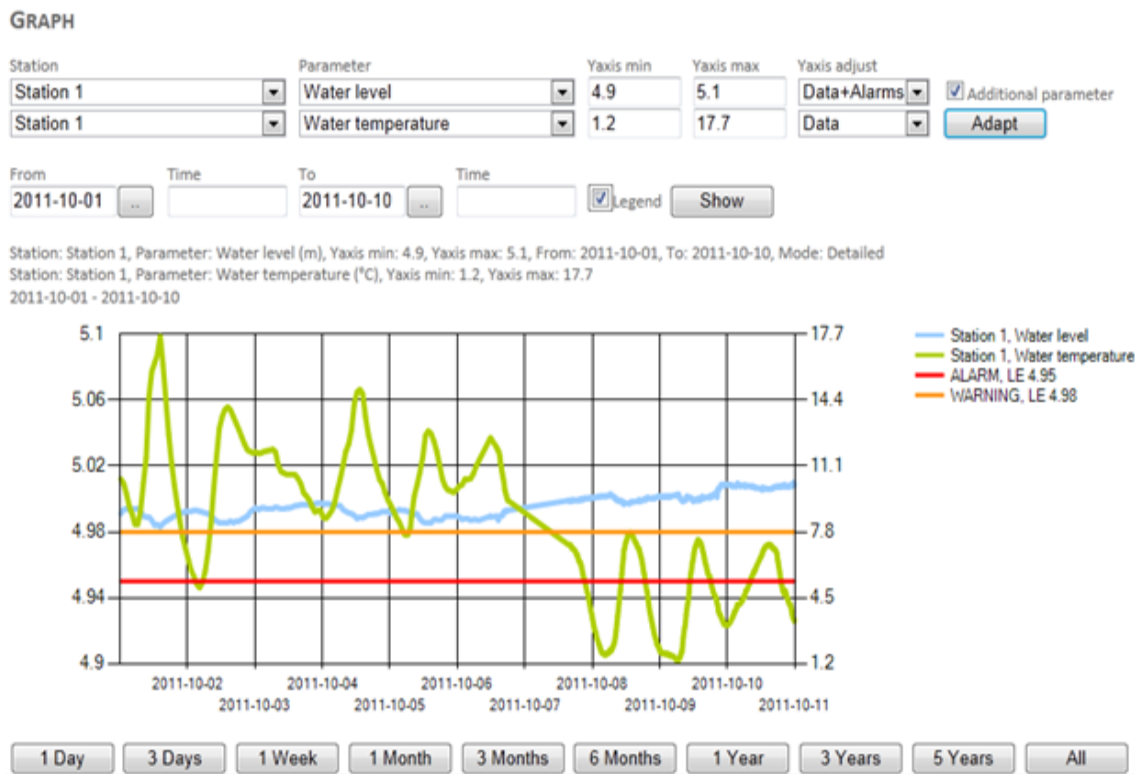
Εικόνα 6.4: Ψηφιοποιημένοι τρισδιάστατοι ορθοφωτοχάρτες (Aerial-Mapping, 2015)

6.3.4. Ασύρματη μετάδοση δεδομένων

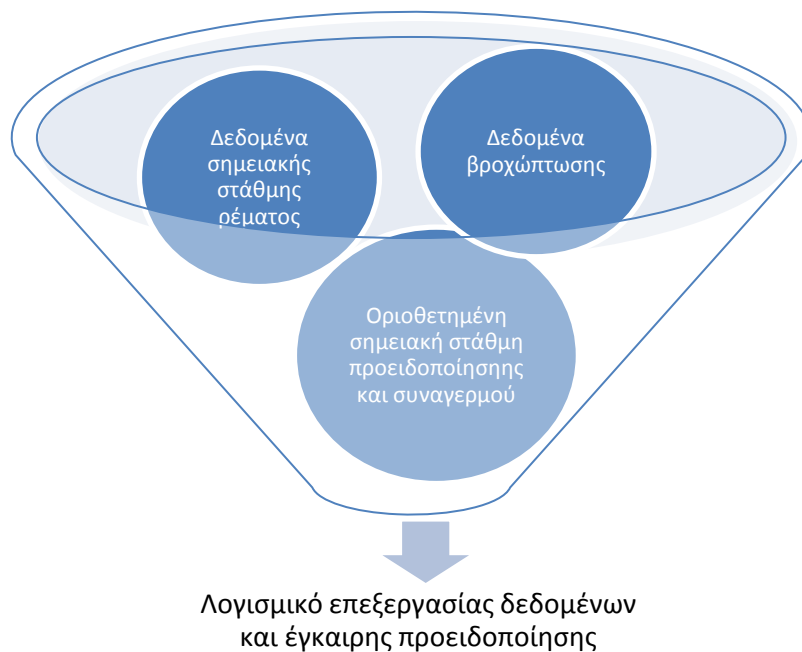
Τόσο τα δεδομένα των μετρητών καθώς και τα δεδομένα του λογισμικού είναι απαραίτητο να μεταδίδονται ασύρματα μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Η ενσύρματη μέθοδος θα είναι υψηλότερου κόστους σε χρόνο και χρήμα καθώς και ποιο ευάλωτη σε βλάβες. Ακόμα με την ασύρματη σύνδεση υπάρχει η δυνατότητα άμεσης αποστολής των δεδομένων σε τρίτους (π.χ. ερευνητικά ιδρύματα, πανεπιστήμια κτλ) με σκοπό την διάχυση των πληροφοριών και την περαιτέρω έρευνα για τα πλημμυρικά φαινόμενα του ρέματος. Συμπληρωματικά τα δεδομένα θα πρέπει να είναι διαθέσιμα σε όλους τους ενδιαφερόμενους διαδικτυακά (open data).

6.3.5. Επεξεργασία των δεδομένων από ειδικό λογισμικό και χρήση βάσης δεδομένων για την εκτίμηση εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων

Οι μετρητές θα παράγουν δεδομένα για την στάθμη του ρέματος σε διάφορα σημεία όλο το 24ωρο. Ακόμα για κάθε θέση μετρητή (σημείο ενδιαφέροντος) θα έχει ορισθεί εκ των προτέρων η στάθμη πάνω από την οποία προκαλείτε πλημμυρικό φαινόμενο. Ακόμα θα υπάρχουν δεδομένα από τις δορυφορικές εικόνες και τις ορθοφωτογραφίες. Τέλος θα εισάγονται και τα μετεωρολογικά δεδομένα της βροχόπτωσης. Ο συνδυασμός όλων αυτών των δεδομένων θα αυξάνει διαρκώς την ακρίβεια των αποτελεσμάτων και θα μειώνει την πιθανότητα λάθους. Όπως παρατηρούμε στο Γράφημα 6.1 το λογισμικό με βάση τα παραπάνω δεδομένα θα μπορεί να αποστέλλει μηνύματα προειδοποίησης αλλά και συναγερμού.



Γράφημα 6.1: Περιβάλλον λογισμικού έγκαιρης προειδοποίησης πλημμυρικών φαινομένων (Novatorsolutions, 2020)



Η ΓΓΠΠ είναι η πλέον αρμόδια για την λειτουργία και παρακολούθηση του συστήματος καθώς και η κατάλληλη για να αποφασίζει αν και πότε πρέπει να προειδοποιήσει τους αρμόδιους φορείς (Περιφέρεια, Δήμος) και τους πολίτες.

6.4. Διάδοση πληροφοριών και επικοινωνία

Από την στιγμή που θα υπάρχει κίνδυνος πλημμύρας είναι σημαντικό να φτάσει άμεσα η πληροφορία στους αρμόδιους φορείς και τους πολίτες. Προτείνεται η εγκατάσταση σειρήνων πολιτικής προστασίας στους οικισμούς πλησίον του ρέματος και ιδιαίτερα στην πόλη της

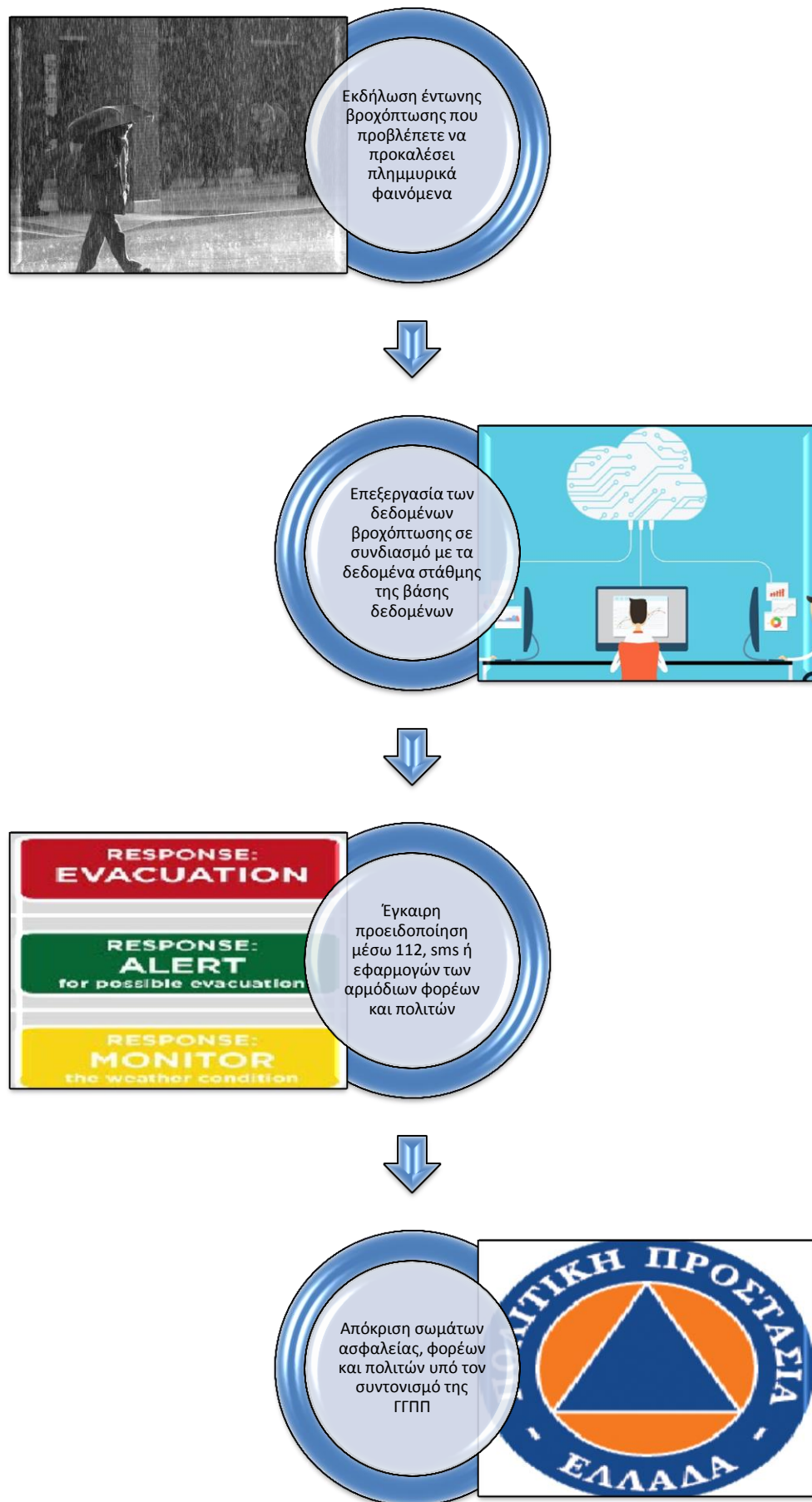
Ραφήνας για την άμεση προειδοποίηση των πολιτών σε περίπτωση ακραίας καταιγίδας. Ακόμα το συγκεκριμένο σύστημα θα πρέπει να είναι συνδεδεμένο με τον αριθμό έκτακτης ανάγκης 112 για την αποστολή άμεσων προειδοποιητικών μηνυμάτων προς τους πολίτες και τον Δήμο. Η πρόβλεψη πλημμυρικών φαινομένων με βάση τα μετεωρολογικά στοιχεία στις περισσότερες των περιπτώσεων θα γίνεται μία με δύο ημέρες πριν και έτσι η ΓΓΠΠ θα μπορεί να ενημερώσει έγκαιρα (κυρίως μέσω του αριθμού έκτακτης ανάγκης 112).

RED WARNING	 More than 30mm rain observed in 1 hour and expected to continue in the next 2 hours	 Serious flooding expected in low lying areas	RESPONSE: EVACUATION
GREEN WARNING	 15-30mm (intense) rain observed in 1 hour and expected to continue in the next 2 hours	 Flooding is threatening	RESPONSE: ALERT for possible evacuation
YELLOW WARNING	 7.5-15mm (heavy) rain observed in 1 hour and expected to continue in the next 2 hours	 Flooding is possible	RESPONSE: MONITOR the weather condition

Εικόνα 6.5: Ενδεικτικά επίπεδα συναγερμού και αντίστοιχα μέτρα που εφαρμόζονται (GMA, 2012)

6.5. Ικανότητα απόκρισης

Η ικανότητα απόκρισης φορέων και πολιτών είναι εξίσου σημαντική με τη διάδοση των πληροφοριών. Οι φορείς και κυρίως οι εκάστοτε υπηρεσίες και υπάλληλοι της Περιφέρειας και των Δήμων πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένοι και καταρτισμένοι για να αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις των πλημμυρών. Το ίδιο ισχύει και για τους πολίτες οι οποίοι πρέπει να ενημερωθούν σε τοπικό επίπεδο για τον κίνδυνο και για τις πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να έχουν στην υγεία και την περιουσία τους. Είναι σημαντική η εκπόνηση σχεδίου εκκένωσης οικισμών και κυρίως της πόλης της Ραφήνας καθώς και οι περιοδικές εκπαιδευτικές ασκήσεις εκκένωσης κτιρίων και του οδικού δικτύου. Σημαντικός είναι και ο ρόλος των σωμάτων ασφαλείας (Στρατός, Αστυνομία και Πυροσβεστική) και των νοσοκομείων. Ο συντονισμός όλων αυτών πρέπει να γίνεται από τη ΓΓΠΠ και να υπάρχουν εκπαιδευτικά προγράμματα, εκπόνηση σεναρίων και ασκήσεις συντονισμού των παραπάνω σωμάτων και φορέων.



Εικόνα 6.6: Σχηματική αναπαράσταση του ΣΕΠ για το ρέμα Ραφήνας

Κεφάλαιο 7.

Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια συνοπτική παρουσίαση των κύριων αποτελεσμάτων της μελέτης ανά τομέα που μελετήθηκε.

Πλημμύρες:

- Υπάρχουν διαφορετικά είδη πλημμύρων με διαφορετικά αίτια εκδήλωσης. Γίνεται κατανοητό πως κάθε είδους πλημμύρα χρήζει διαφορετικής αντιμετώπισης
- Είναι απαραίτητη η εναρμόνιση και εφαρμογή της Κοινοτικής Οδηγίας 2007/60/ΕΚ για την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων
- Αρμόδιοι φορείς αντιμετώπισης πλημμυρικών φαινομένων στην περιοχή μελέτης είναι η ΓΓΠΠ, η Περιφέρεια Αττικής και ο Δήμος Ραφήνας – Πικερμίου

Συστήματα Έγκαιρης Προειδοποίησης:

- Τα ΣΕΠ είναι ο καλύτερος τρόπος πρόληψης των καταστροφικών συνεπειών των φυσικών καταστροφών
- Αποτελούνται από άρρηκτα συνδεδεμένα μέρη τα οποία πρέπει όλα να είναι λειτουργικά για να είναι αποτελεσματικό το σύστημα
- Είναι απαραίτητη η χρήση τεχνολογιών αιχμής και άμεσης επικοινωνίας (IoT)
- Για να εκπληρώσει τον σκοπό του ένα ΣΕΠ είναι απαραίτητη η κατάλληλη εκπαίδευση και κατάρτιση τόσο των αρμόδιων φορέων όσο και των πολιτών

Μεγάλο Ρέμα Ραφήνας:

- Το ρέμα δεν είναι μόνιμης ροής αλλά έχει σημαντικές παροχές κάθε έτος την περίοδο από Οκτώβριο μέχρι και Μάρτιο
- Η κύρια κοίτη αλλά και οι παραπόταμοι διαρρέουν εντός οικιστικών περιοχών αλλά κυρίως μεταξύ γεωργικών εκτάσεων
- Το έδαφος της περιοχής σε πολλά σημεία χαρακτηρίζεται από υψηλή τρωτότητα και κυρίως στην περιοχή των εκβολών (πόλη Ραφήνας) που εμφανίζονται αλλουβιακές αποθέσεις
- Η αστική επέκταση λόγω της αστικοποίησης εντείνεται καθώς και η αύξηση του πληθυσμού της περιοχής

- Τα κύρια θέματα διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας είναι οι υψηλές πλημμυρικές παροχές, η μορφολογία, οι στενώσεις της κοίτης και η ανθρωπογενής κάλυψη της κοίτης για διάφορες χρήσεις
- Το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκάνης Απορροής και η Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων χαρακτηρίζουν την περιοχή ως Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων
- Έντονα πλημμυρικά φαινόμενα εμφανίζονται κυρίως σε περιόδους επαναφοράς μεγαλύτερες των 50 ετών (T=50) και κυρίως στο κατάντη τμήμα (εκβολές) του ρέματος
- Οι δυνητικές επιπτώσεις πλημμυρικών φαινομένων αποτιμάται πως θα είναι εντονότερες για την υγεία των κατοίκων και για τις υποδομές
- Τα περισσότερα μέτρα πρόληψης ή/ και ετοιμότητας αντιμετώπισης πλημμυρικών φαινομένων είναι προτεινόμενα

Αντιπλημμυρική θωράκιση ρέματος:

- Τα προτεινόμενα μέτρα αντιπλημμυρικής θωράκισης του ρέματος χωρίζονται σε δύο φάσεις
- Η πρώτη φάση αφορά έργα διευθέτησης του ρέματος με την κατασκευή διατομών σε άμεση προτεραιότητα
- Κατά τη δεύτερη φάση προβλέπεται η κατασκευή φράγματος με σκοπό τον καλύτερο έλεγχο των παροχών του ρέματος. Οι δύο φάσεις έχουν χρονικό ορίζοντα υλοποίησης μέχρι το 2028

Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης για το ρέμα Ραφήνας

- Φορέας υλοποίησης του συστήματος θα είναι η ΓΓΠΠ σε συνεργασία με την Περιφέρεια Αττικής και τους όμορους Δήμους
- Γνώση κινδύνου υπάρχει σε ικανοποιητικό βαθμό των αρμόδιων φορέων αλλά υπάρχει σημαντική έλλειψη ενημέρωσης και εκπαίδευσης των πολιτών
- Τα δεδομένα του ΣΕΠ θα προέρχονται από αισθητήρες μέτρησης στάθμης που θα εγκατασταθούν σε ευαίσθητα σημεία σε συνδυασμό με τα μετεωρολογικά δεδομένα μέτρησης των βροχοπτώσεων
- Απαραίτητη είναι η χρήση δορυφορικών εικόνων και ορθοφωτοχαρτών για την ακριβέστερη λειτουργία του ΣΕΠ
- Η ενημέρωση για την πιθανότητα εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων, με βάση τις μετεωρολογικές προβλέψεις, μπορεί να γίνει μια με δύο μέρες πριν την εκδήλωση
- Απαραίτητη είναι η σύνδεση του ΣΕΠ με τον αριθμό έκτακτης ανάγκης 112
- Για να είναι λειτουργικό το σύστημα και να εκπληρώσει τον σκοπό του είναι απαραίτητη η κατάλληλη εκπαίδευση και ενημέρωση πολιτών, φορέων και

σωμάτων ασφαλείας καθώς και οι συστηματικές ασκήσεις εκκένωσης κτιρίων και του οδικού δικτύου

Κεφάλαιο 8.

Συμπεράσματα - προτάσεις

8.1. Συμπεράσματα

Με βάση τις αναλύσεις των φυσικών και ανθρωπογενών χαρακτηριστικών του ρέματος Ραφήνας αναδείχθηκε η σημαντική επικινδυνότητα εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων. Εντοπίστηκαν συγκεκριμένα προτεινόμενα μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας που προτείνονται από την Μ.Π.Ε. Διευθέτησης – Οριοθέτησης για το ρέμα όπως η κατασκευή διατομών και φράγματος. Τα συγκεκριμένα μέτρα βέβαια έχουν χρονικό ορίζοντα 10ετίας οπότε εντοπίστηκε ένα “κενό” προστασίας μέχρι την υλοποίηση αυτών των έργων. Για να καλυφθεί αυτό το κενό προτείνεται ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης που με βάση την τρέχουσα τεχνολογία και τεχνογνωσία κρίνεται πως μπορεί να εγκατασταθεί άμεσα και να μειώσει σημαντικά τις επιπτώσεις πλημμυρικών φαινομένων στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.

Αναλυτικότερα ως προς την επικινδυνότητα εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων στο ρέμα Ραφήνας εντοπίστηκαν ιστορικά γεγονότα πλημμύρων που έπληξαν την περιοχή (1977, 1988 και 2013) με σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και σε τεχνικές υποδομές. Επιπροσθέτως τόσο η Μ.Π.Ε. Διευθέτησης – Οριοθέτησης για το ρέμα όσο και το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκάνης Απορροής για το ΥΔ Μεσογείων αναδεικνύουν την αυξανόμενη επικινδυνότητα εκδήλωσης πλημμύρων τις επόμενες δεκαετίες. Όμως οι παραπάνω προβλέψεις των μελετών δεν μπορούν να θεωρηθούν δεδομένες καθώς τόσο η κλιματική αλλαγή όσο και η αστική επέκταση είναι αστάθμητοι παράγοντες που αλλάζουν άρδην τα δεδομένα και τις προβλέψεις.

Η κατασκευή των διατομών θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον αλλά και στο αστικό και φυσικό τοπίο του ρέματος. Το προτεινόμενο φράγμα είναι αποτελεσματικότερη λύση και φιλικότερη προς το περιβάλλον. Μέτρα ετοιμότητας για την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων προτείνονται και από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκάνης Απορροής αλλά η συντριπτική πλειοψηφία δεν έχει υλοποιηθεί. Σε συνδυασμό με την Μ.Π.Ε. συμπεραίνουμε πως υπάρχει μια σημαντική έλλειψη αντιμετώπισης των πλημμυρικών επιπτώσεων που μπορεί να προκύψουν στο άμεσο μέλλον. Έτσι κρίνεται απαραίτητη η άμεση εγκατάσταση και λειτουργία ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης πλημμυρικών φαινομένων.

Το σύστημα αυτό προτείνεται να χρησιμοποιεί όλες τις καινοτόμες τεχνολογίες των τελευταίων αιτών όπως π.χ. drones και ειδικά λογισμικά για την έγκαιρη προειδοποίηση των αρμόδιων φορέων και των πολιτών. Απαραίτητη κρίνεται η χρήση μετρητών στάθμης για το ρέμα που σε συνδυασμό με τα δεδομένα βροχόπτωσης θα μπορούν να παράξουν ένα μοντέλο πρόβλεψης της εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων. Βέβαια είναι απαραίτητη και η κατάλληλη εκπαίδευση και ενημέρωση φορέων, πολιτών και σωμάτων ασφαλείας καθώς και η άρτια συνεργασία τους όπως και η πραγματοποίηση εκπαιδευτικών ασκήσεων (π.χ. εκκένωσης κτιρίων ή του οδικού δικτύου) για την αύξηση της επαγρύπνησης και του συντονισμού.

Είναι πολύ σημαντική η εκπόνηση μελετών όπως της παρούσης που εντοπίζουν κενά ετοιμότητας στην αντιμετώπιση και κυρίως στην πρόγνωση φυσικών καταστροφών. Τα κενά αυτά μπορούν πολλές φορές να καλυφθούν από ενδιάμεσες λύσεις μέχρι την πλήρη εφαρμογή των προβλεπόμενων τεχνικών έργων όπως στην περίπτωση του ρέματος Ραφήνας.

8.2. Προτάσεις

Οι παρακάτω προτάσεις αφορούν την άμεση κάλυψη του κενού ετοιμότητας αντιμετώπισης των επιπτώσεων πλημμυρικών φαινομένων που μπορεί να πλήξουν τις περιοχές που διέρχεται το ρέμα Ραφήνας:

- Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης. Το σύστημα που αναλύθηκε στην παρούσα μελέτη έχει κόστος εγκατάστασης περίπου 15.000€ και μπορεί να έχει άμεσα αποτελέσματα στην πρόγνωση και ετοιμότητα για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων πλημμυρών. Έτσι η εγκατάσταση του προτείνεται να γίνει άμεσα (εντός του 2020) με την απαραίτητη διαγωνιστική διαδικασία από την Περιφέρεια Αττικής, το Υπουργείο Περιβάλλοντος ή τον Δήμο Ραφήνας - Πικερμίου. Μέχρι να καταστεί λειτουργικό το σύστημα, προτείνεται η αύξηση της ικανότητας απόκρισης φορέων, σωμάτων ασφαλείας και πολιτών με την διοργάνωση σεμιναρίων, ημερίδων και άλλων ενημερωτικών δράσεων για την αύξηση της γνώσης των επιπτώσεων των πλημμυρών και της ενδεχόμενης αντίδρασης όταν αντιμετωπίζεται ένα πλημμυρικό φαινόμενο.
- Μέτρα ετοιμότητας. Προτείνεται η άμεση εφαρμογή των μέτρων ετοιμότητας που προτείνονται από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκάνης Απορροής και της Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και συγκεκριμένα:

Όνομα Μέτρου	Φορείς υλοποίησης	Τύπος μέτρου	Συνοπτική περιγραφή
Ανάπτυξη Συστήματος Παρακολούθησης του Προγράμματος Μέτρων του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας	Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής, Διεύθυνση Υδάτων Αττικής	Πρόληψη (Μη δομική παρέμβαση)	Ανάπτυξη βάσης δεδομένων και ανάλυσης αυτών με σκοπό την παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών
Ανάπτυξη δράσεων για την αντιμετώπιση επιπτώσεων στους τομείς ύδρευσης και αποχέτευσης	Δήμοι, ΔΕΥΑ, ΕΥΔΑΠ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής, Περιφέρεια Αττικής	Πρόληψη (Τεχνικά μέτρα Αντιπλημμυρικής Προστασίας)	Εντοπισμός και καταγραφή υδρευτικών γεωτρήσεων και Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων για τη λήψη μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας
Αναδιάρθρωση και εκσυγχρονισμός δικτύου συλλογής μετεωρολογικών και υδρομετρικών δεδομένων	ΕΓΥ	Πρόληψη (Συμπλήρωση και βελτίωση πληροφοριών)	Μελέτη για την αναδιάρθρωση και εκσυγχρονισμό του υφιστάμενου δικτύου μετεωρολογικών και υδρομετρικών σταθμών
Δημιουργία εθνικού μητρώου τεχνικών δεδομένων αντιπλημμυρικών έργων	ΥΠΥΜΕ, Γενική Γραμματεία Υποδομών, Γενική δ/ση Υδραυλικών και Κτιριακών Υποδομών, ΔΑΕΕ	Πρόληψη (Συμπλήρωση και βελτίωση πληροφοριών)	Δημιουργία Εθνικού Μητρώου καταγραφής τεχνικών δεδομένων αντιπλημμυρικών έργων και έργων που επηρεάζουν την ροή των υδάτων
Παραγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DTM) πολύ υψηλής ακρίβειας	ΕΓΥ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής	Πρόληψη (Συμπλήρωση και βελτίωση πληροφοριών)	Παραγωγή ψηφιακού μοντέλου εδάφους πολύ υψηλής ανάλυσης και ακρίβειας για T=100
Δημιουργία Εθνικού Μητρώου Πλημμυρικών Συμβάντων (ΕΜΠΣ) και ανάπτυξη σχετικής διαδραστικής πλατφόρμας στο διαδίκτυο	ΕΓΥ	Πρόληψη (Συμπλήρωση και βελτίωση πληροφοριών)	Σχεδιασμός και ανάπτυξη ΕΜΠΣ που να καλύπτει τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ και σχετικής διαδραστικής πλατφόρμας στο διαδίκτυο
Εκστρατείες ευαισθητοποίησης κοινού, τοπικών αρχών και κοινοτήτων, έναντι πλημμυρικού κινδύνου	Υπουργείο Παιδείας, Γενική Γραμματεία Υποδομών, ΕΓΥ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής, Περιφέρεια Αττικής, Δήμοι, ΜΚΟ, Εθελοντικές Ομάδες Πολιτικής Προστασίας	Ετοιμότητα (Εκπαίδευση/ ενημέρωση)	Οργάνωση δράσεων ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης πολιτών και φορέων για τον πλημμυρικό κίνδυνο και προληπτικών μέτρων αντιμετώπισης επιπτώσεων
Ειδικές ρυθμίσεις για την αντιμετώπιση πλημμυρικών κινδύνων σε ιρλανδικές διαβάσεις	Φορείς λειτουργίας οδικού δικτύου, ΓΓΠΠ, ΕΛΑΣ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής, Περιφέρεια Αττικής, Δήμοι	Ετοιμότητα (Εκπαίδευση/ ενημέρωση)	Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού για τον περιορισμό ατυχημάτων κατά την εγκάρσια διέλευση οχημάτων σε ρέματα διάμεσου ιρλανδικών διαβάσεων κατά τη διάρκεια πλημμυρικών φαινομένων
Κωδικοποίηση Νομοθεσίας σε θέματα καθαρισμού και συντήρησης ρεμάτων – Κατάρτιση κανονισμού απαιτούμενων ενεργειών αποκατάστασης παροχευτικότητας κοίτης ρεμάτων, συντήρησης και διαχείρισης της παρόχθιας βλάστησης	ΥΠΕΝ, Υπουργείο Εσωτερικών, Υπουργείο Οικονομικών	Ετοιμότητα (Νομοθετικές/ διοικητικές ρυθμίσεις)	Κατάρτιση κανονισμού για τις περιοδικές ενέργειες καθαρισμού των υδατορεμάτων, συντήρησης και διαχείρισης της παρόχθιας βλάστησης
Ενίσχυση της τεχνικής, οργανωτικής και διοικητικής ικανότητας εμπλεκόμενων φορέων σε θέματα αντιπλημμυρικής προστασίας	ΕΓΥ, ΓΓΠΠ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Αττικής, Περιφέρεια Αττικής, Δήμοι, Φορείς Άμεσης Ανταπόκρισης (ΕΛΑΣ, ΠΣ κ.λπ.)	Ετοιμότητα (Εκπαίδευση/ ενημέρωση)	Ενίσχυση τεχνικής, οργανωτικής και διοικητικής ικανότητας των εμπλεκόμενων φορέων σε θέματα αντιπλημμυρικής προστασίας

Πίνακας 8.1: Μέτρα πρόληψης πλημμυρικών φαινομένων

- Κατασκευή φράγματος ανάσχεσης πλημμυρών. Προτείνεται η δημιουργία φράγματος στο σημείο που προτείνει η Μ.Π.Ε. (100 m περίπου ανάντη της Ιεράς Μονής Αγ. Φιλοθέης επί του ρέματος Ραφήνας, κατάντη της συμβολής με το ρ. Σπάτων) σε βάθος 10ετίας (όπως προτείνεται) με κάποιες διαφοροποιήσεις που αφορούν την ικανότητα ανάσχεσης μεγαλύτερης ποσότητας νερού από την προτεινόμενη. Στον Πίνακα 8.2 γίνεται σύγκριση των προτεινόμενων τιμών της Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Διευθέτησης – Οριοθέτησης του ρέματος Ραφήνας και της παρούσης μελέτης. Για τον υπολογισμό των τιμών χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος (Stephens, 2010):

$$Q=k(H')^3$$

Όπου Q η παλαιά ροή και H' το μέγιστο ύψος αποθήκευσης νερού. Η Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων προτείνει στέψη φράγματος 10,5 μέτρων (από τη φυσική κοίτη του χειμάρρου στον άξονα) ενώ η συγκεκριμένη μελέτη προτείνει στέψη 11 μέτρων. Στον πίνακα υπάρχουν τα στοιχεία για το μέγιστο νερό που εισέρχεται (Q_{max inflow}) και εξέρχεται (Q_{max outflow}) από το φράγμα ανά δευτερόλεπτο, το πλεονάζον νερό που ρέει από τον υπερχειλιστή ανά δευτερόλεπτο (Q_{max spill}), την ποσότητα νερού που διοχετεύεται στον αγωγό διόδευσης ανά δευτερόλεπτο (Q_{max pipe}). Τα ΔQ και Q_{out}/Q_{in} (%) μας δείχνουν την αποτελεσματικότητα του φράγματος καθώς αυξάνονται οι παροχές όσο αυξάνεται η περίοδος επαναφοράς.

Πίνακας 8.2: Προτεινόμενες τιμές παροχών για το φράγμα στο ρέμα Ραφήνας

T (έτη)	2 (Μ.Π.Ε.)	2 (Προτεινόμενη τιμή)	5 (Μ.Π.Ε.)	5 (Προτεινόμενη τιμή)	10 (Μ.Π.Ε.)	10 (Προτεινόμενη τιμή)	20 (Μ.Π.Ε.)	20 (Προτεινόμενη τιμή)	50 (Μ.Π.Ε.)	50 (Προτεινόμενη τιμή)	100 (Μ.Π.Ε.)	100 (Προτεινόμενη τιμή)	500 (Μ.Π.Ε.)	500 (Προτεινόμενη τιμή)
Qmax inflow (m ³ /s)	76.35	87.78	122.29	140.6	166.06	190.93	218.45	251.16	301.79	346.98	376.6	433	594.75	683.82
Qmax spill (m ³ /s)	0	0	0	0	0	0	3.81	4.38	87.14	100.19	157.92	181.57	354.21	407.25
Qmax pipe (m ³ /s)	7.55	8.68	11.75	13.16	15.01	17.25	17.98	20.67	19.41	22.31	20.16	23.17	21.71	24.96
Qmax outflow (m ³ /s)	75.5	86.8	117.5	135.09	150.1	172.58	183.61	211.1	281.24	323.36	359.52	413.36	571.31	656.87
ΔQ (m ³ /s)	0.85	0.98	4.79	5.51	15.96	18.35	34.84	40.06	20.55	23.62	17.08	19.64	23.44	26.95
Qout/ Qin (%)	98.9%	98.9%	96.1%	96.5%	90.04	90.4%	84.1%	84.05%	93.2%	93.19%	95.5%	95.46%	96.1%	96.05%

Η Μ.Π.Ε. προβλέπει λειτουργία του υπερχειλιστή για περιόδους επαναφοράς μεγαλύτερες των 20 ετών ($T \geq 20$). Με τις προτεινόμενες τιμές το νερό θα παραμένει στον ταμιευτήρα για περιόδους επαναφοράς περίπου 30 ετών ($T=30$). Σε περίπτωση προώθησης της παραπάνω λύσης για την κατασκευή του φράγματος προτείνονται τα παρακάτω έργα για να αντιμετωπιστεί το υπερχειλίζον νερό (για $T \geq 30$) ή το νερό που θα απελευθερώνεται από το φράγμα. Στόχος των προτάσεων είναι το είναι όσο το δυνατό φιλικότερα προς το περιβάλλον και το τοπίο συμβάλλοντας παράλληλα στην αποτελεσματική αντιπλημμυρική θωράκιση του ρέματος.

- Κατασκευή υπόγειων σιράγγων εκτροπής των παροχών που θα μεταφέρουν το πλεονάζον νερό απευθείας στη θάλασσα. Για την υλοποίηση του συγκεκριμένου έργου απαιτείτε η εκπόνηση γεωλογικών και μηχανικών μελετών
- Ανάντη και κατάντη του φράγματος, κατασκευή εντοπισμένων έργων βελτίωσης της διατομής, περιορισμένα μόνο στα σημεία της κοίτης που το μοντέλο ροής δείχνει ότι δεν μπορεί να εξασφαλιστεί η ανάσχεση πλημμυρικών φαινομένων. Οι διατομές πρέπει να κατασκευαστούν με υλικά φιλικά προς το περιβάλλον και να μην επηρεάζουν το τοπίο

- Κατασκευή διατομών: Η Μ.Π.Ε. που έχει εκπονηθεί προτείνει εκτεταμένα έργα κατά μήκος της κοίτης, αναγκαία διότι δεν προβλέπεται κατά την 1η φάση η ύπαρξη του φράγματος ανάσχεσης. Η μελέτη μας, με την άμεση κατασκευή του φράγματος και δεδομένη την ικανότητα ανάσχεσης πλημμύρας για $T=30$, περιορίζει σημαντικά τα σημεία στα οποία απαιτείται τεχνική παρέμβαση διευθέτησης της κοίτης. Τα συγκεκριμένα βέβαια τεχνικά έργα της Μ.Π.Ε., πρέπει να εφαρμοστούν άμεσα και στο σύνολό τους, σε περίπτωση καθυστέρησης ή τελικής ακύρωσης της κατασκευής του φράγματος.

Βιβλιογραφία

1138B, Φ. (2009). Άρθρο 4.

2000/60/ΕΚ, Ο. (2000). Παράρτημα IV, σημείο vi.

2007/60/ΕΚ. (2007). Αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας.

Aerial-Mapping. (2015). *mapsoe.gr*.

Anderson. (2006).

Carrera, L. B. (2013). *Stakeholder oriented optimization of a Flood Warning System*. Darmstadt.

Carsell, K. P. (2004).

EEA. (2014). *Guidelines for filling and updating flood phenomena associated data*.

electronic-sirens.com. (2016).

EWC. (2006). *Developing Early Warning System: A Checklist*. Βόνη.

GMA. (2012). *gmanetwork.com*.

irafina.gr. (2017). Όταν το Μεγάλο Ρέμα έπνιξε τη Ραφήνα.

kathimerini.gr. (2015). Στο σημείο μηδέν και πάλι το ρέμα Ραφήνας.

msa.ypeka.gr. (n.d.).

mygis.gr. (2018).

Novatorsolutions. (2020). *novatorsolutions.com*.

Ranked. (2019). *Ranked - The worst floods in history*. Ανάκτηση 2020, από ranked.com.

Stephens, T. (2010). *Manual on small earth dams, A guide to siting, design and construction*. Ρώμη.

United-Nations. (2018). *Early Warning Systems*.

Werner M., R. B. (2011).

Wikipedia. (2019). *Wikipedia - Πλημμύρες στη Δυτική Αττική*.

Αντωνίου, Β. (2019). *Τεχνολογίες αιχμής - εργαλεία έρευνας και διαχείρισης, Καινοτόμα συστήματα συλλογής και διαχείρισης ψηφιακών δεδομένων*. Αθήνα.

Ε. Σκούρτσος, Χ. Κ. (2015). *Ο Πλανήτης Γη*.

Ε. Σκούρτσος, Χ. Κ. (2015). *Συστήματα του Γήινου Περιβάλλοντος και Φυσικοί Πόροι*.

Ε.Γ.Υ. (2018). Οδηγία 2007/60/ΕΚ.

Ε.Ε.Υ. (2018). *ΦΕΚ 2693/Β/2018*.

ΕΜΥ. (n.d.).

Κ. Περάκης, Ι. Φ. (2015). *Η Τηλεπισκόπηση σε 13 Ενότητες*.

Κάλλιπος. (2019). *Περιπτώσεις Εφαρμογής Τηλεπισκόπησης*.

Μ.Π.Ε. (2018). *Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Διευθέτησης - Οριοθέτησης Ρέματος Ραφήνας*. Αθήνα.

Τσούτσου, Χ. (n.d.). Διερεύνηση συνιστωσών στρατηγικού σχεδιασμού πράσινων δομών / οικολογικών διαδρόμων.