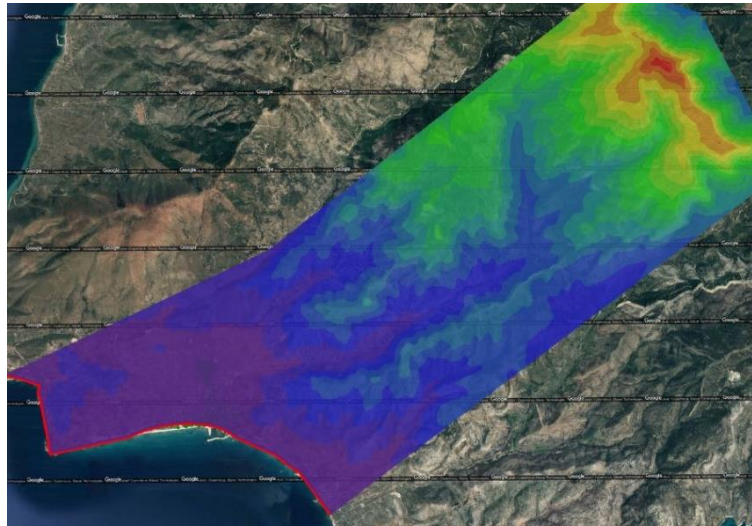




ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗ ΣΕΡΡΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Επιλογή θέσεων μικροφραγμάτων για την ανάσχεση πλημμυρικών φαινομένων στον αστικό χώρο, περιοχή μελέτης «το νησί της Θάσου».

ΖΑΛΟΥΜΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΝΤΟΥΡΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΣΕΡΡΕΣ | ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2023

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιλογή θέσεων μικροφραγμάτων για την ανάσχεση
πλημμυρικών φαινομένων στον αστικό χώρο, περιοχή
μελέτης «το νησί της Θάσου».

ΖΑΛΟΥΜΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΝΤΟΥΡΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Ζαλούμη Γεώργιου που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Στην οικογένειά μου



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ



ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ
ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΑ ΣΥΝΟΛΑ

ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ | ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗ | ΧΩΡΙΚΕΣ ΑΝΑΠΛΑΣΕΙΣ

Πρόλογος - Περίληψη

Πρόλογος

Η διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Επεμβάσεις σε Υφιστάμενα Κτίρια και Αστικά Σύνολα», του Διεθνές Πανεπιστημίου της Ελλάδος, της Σχολής Μηχανικών, του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών. Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ντούρο Κωνσταντίνο, για την συμβολή του και την καθοδήγησή του, με σκοπό την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ηλία Μουσουλή για την πολύτιμη βοήθειά του και την υποστήριξή του σε όλα τα θέματα που αφορούσαν το λογισμικό MIKE της DHI.

Περίληψη

Η γεωμορφολογία της χώρας μας συμβάλλει στην ανάπτυξη μεγάλου αριθμού ρεμάτων με μικρές σχετικά λεκάνες απορροής, έντονες κλίσεις, γρήγορη αποστράγγιση, με συνέπεια τη δημιουργία πλημμυρών κατά την εμφάνιση έντονων βροχοπτώσεων. Οι πλημμύρες θεωρούνται από τους πλέον συχνούς και καταστρεπτικούς τύπους φυσικών καταστροφών σε παγκόσμιο επίπεδο. Η έκθεση της ανθρώπινης ζωής και περιουσίας σε κίνδυνο, η καταστροφή έργων υποδομής, γεωργικών και κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων, η έντονη διάβρωση εδαφών και η μόλυνση υδατικών μαζών είναι μερικές από τις πιο σημαντικές επιπτώσεις τους. Οι καταστροφές αυτές οφείλονται κυρίως στις παρεμβάσεις που έχουν γίνει στις κοίτες και στα πρηνή των φυσικών ρεμάτων, στην πλημμελή συντήρηση ή και στην ανυπαρξία των τεχνικών έργων διευκόλυνσης απορροής όμβριων υδάτων, ενώ σημαντική είναι η έλλειψη ενόργανων δεδομένων κυρίως σε ότι αφορά στην συστηματική καταγραφή των απορροών των υδατορεμάτων.

Το νησί της Θάσου, τα τελευταία χρόνια πλήττεται από καταστροφικές πλημμύρες, με συνέπεια να προκύπτει η ανάγκη για δρομολόγηση συντονισμένων έργων, δράσεων πρόληψης και ετοιμότητας, που να συμβάλουν στην αντιμετώπιση τους. Αξιόλογη είναι η συνεισφορά της τεχνολογίας της τηλεπισκόπησης και της τεχνολογίας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στην εκτίμηση της επικινδυνότητας της περιοχής σε πλημμυρικά φαινόμενα και στον εντοπισμό των πλημμυρισμένων περιοχών.

Η προσομοίωση της πλημμύρας και η επιλογή των θέσεων κατασκευής των μικρών φραγμάτων για την αντιμετώπιση των φαινομένων και κατά προτεραιότητα σε περιοχή που έχει πληγεί από πρόσφατες δασικές πυρκαγιές έγινε με τη χρήση του λογισμικού MIKE 2022 και το MIKE ZERO. Με

την κατασκευή μικρών φραγμάτων στις κοίτες των ρεμάτων επιτυγχάνεται η ανακοπή της ροής του νερού και η αποθήκευσή του για μελλοντική χρήση (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, άρδευση, ύδρευση, κατάσβεση πυρκαγιών κτλ.). Για την επιλογή της θέσης ενός φράγματος βασικό κριτήριο αποτελεί η γεωμορφολογία της λεκάνης απορροής, η ύπαρξη των αναγκαίων ποσοτήτων νερού, η ευστάθεια των πρηνών, τα δημογραφικά στοιχεία της περιοχής κ.α.

Στόχος της εργασίας είναι η χωροθέτηση των μικρών φραγμάτων της νήσου Θάσος, του Ν. Καβάλας, της Π.Ε. Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, με τη χρήση των σύγχρονων τεχνολογιών των ΓΣΠ και λογισμικών όπως το MIKE της DHI, ώστε να αποθηκεύουν δεδομένα σε ηλεκτρονικές βάσεις, να δημιουργηθούν θεματικοί χάρτες και να εφαρμοστεί η μέθοδος των διαφόρων σεναρίων στην πρόληψη πλημμυρών.

Στο πλαίσιο της εργασίας και με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ - GIS), για την ανάπτυξη του μορφομετρικού μοντέλου (DEM) σε κλίμακα 1:50.000, προσδιορίστηκαν οι ισοΰψείς καμπύλες.

Η δημιουργία του θεματικού χάρτη με τις περιοχές που εμφανίζουν ευπάθεια στις πλημμύρες βασίστηκε στη μέθοδο της Πολύκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων (Multi Criteria Decision Analysis - MCDA) με την διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process - AHP), βασιζόμενη σε παράγοντες όπως είναι οι κλίσεις, η πυκνότητα του υδρολογικού δικτύου, οι χρήσεις γης του νησιού, το ιστορικό πλημμύρας και η πληθυσμιακή πυκνότητα. Ο κάθε παράγοντας βαθμονομήθηκε με διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας που ανάλογα επιδρά στο τελικό αποτέλεσμα.

Στη συνέχεια, επιλέχθηκε ο οικισμός Λιμεναρίων, Δ. Θάσου, όπου με τη χρήση των λογισμικού MIKE 2022 και MIKE ZERO της DHI, έγινε η μοντελοποίηση και η προσομοίωση πλημμύρας του ρέματος. Ακολούθησαν νέα σεναρία προσομοίωσης πλημμύρας με την κατασκευή φραγμάτων σε διάφορα σημεία του ρέματος.

Από την έρευνα αυτή, αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα με τα πιθανά σεναρία χωροθέτησης των μικρών φραγμάτων, με σκοπό τη διαχείριση και καταστολή των πλημμυρών από τις αρμόδιες αρχές.

Εν κατακλείδι, παρουσιάστηκε σύνοψη των κυριότερων συμπερασμάτων που προέκυψαν με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, σε ότι αφορά τόσο στην μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, όσο και στην αξιολόγηση των υπό μελέτη θέσεων.

Λέξεις Κλειδιά: Ανάσχεση, Αστικοποίηση, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Λεκάνες Απορροής, Μικρά Φράγματα, Πλημμυρικά Φαινόμενα, Πολυκριτηριακή Ανάλυση, Προσομοίωση, Σεναρία, Τηλεπισκόπηση, Τρωτότητα, MIKE 2022, MIKE ZERO.

Summary

The geomorphology of our country contributes to the development of many streams with relatively small catchments, steep slopes, rapid drainage resulting in the creation of floods during the occurrence of heavy rainfall. Floods are considered one of the most common and devastating types of natural disasters worldwide. Exposure of human life and property to danger, destruction of infrastructure, agricultural and livestock facilities, severe soil erosion and contamination of water bodies are some of the most significant consequences. These catastrophes are mainly due to the interventions that have been made in the riverbeds and the slopes of the natural streams, in the improper maintenance or in the absence of the technical works of facilitation of rainwater drainage.

The island of Thassos in recent years has been affected by catastrophic floods and thus arises the need for the launch of coordinated projects, prevention actions and preparedness to contribute to their response. The contribution of remote sensing technology and Geographic Information Systems (GIS) technology to the assessment of the risk of floods in the area, to the location of flooded areas and to the selection of construction sites for small dams to deal with the phenomena, preferably areas affected by recent forest fires. With the construction of small dams in the riverbeds, the flow of water will stop and stored for future use (electricity generation, irrigation, water supply, firefighting, etc.). The basic criterion for choosing the location of a dam is the geomorphology of the valley, the existence of the necessary quantities of water, the stability of the slopes, the demographic data of the area, etc.

The creation of the thematic map with the areas showing vulnerability to flooding was based on the Multi Criteria Decision Analysis (MCDA) method with the Analytic Hierarchy Process (AHP), based on factors such as slopes, the density of the hydrological network, the land uses of the island, the flood history and the population density. Each factor was calibrated with a different weighting factor that affects the result accordingly.

Then, the settlement of Limenaria, Thassos, was chosen, where with the use of DHI's MIKE 2022 and MIKE ZERO software, the modeling and simulation of flooding of the stream was done. New flood simulation scenarios followed with the construction of dams at various points in the stream.

From this research, the results were evaluated with the possible siting scenarios of the small dams, in order to manage and suppress the floods by the competent authorities.

In conclusion, a summary of the main conclusions that emerged from the completion of this work was presented, regarding both the methodology followed and the evaluation of the positions under study.

Keywords:

Deterrence, Floods, Geographic Information Systems, Remote Sensing, River Basins, Multi-Criteria Analysis, Scenarios, Small Dams

Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος - Περίληψη	2
Πρόλογος.....	2
Περίληψη	2
Summary	4
Πίνακας Περιεχομένων	5
Κατάλογος Σχημάτων	8
Κατάλογος Πινάκων	9
Κατάλογος Γραφημάτων	10
Κατάλογος Εικόνων	11
Κατάλογος Χαρτών.....	14
Κεφάλαιο 1	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	16
1.2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ – ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ	17
1.2.1 Φυσικές Καταστροφές - Γενικά	17
1.2.2 Πλημμύρες.....	19
1.3 Η ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....	32
1.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	33
Κεφάλαιο 2	
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	35
2.1 Σκοπός του Κεφαλαίου.....	35
2.2 Γενικά Στοιχεία	35
2.3 Επισκόπηση Περιοχής Μελέτης	35
2.3.1 Κλιματικά - Μετεωρολογικά χαρακτηριστικά	37
2.3.2 Γεωλογικές – Εδαφικές Συνθήκες.....	39
2.3.3 Κάλυψη Γης (CORINE LAND COVER 2000).....	43
2.3.4 Δασική Βλάστηση της Θάσου	45
2.3.5 Οικονομία Ν. Θάσου	47

2.4 Δασικές Πυρκαγιές στο νησί της Θάσου	52
2.5 Πλημμύρες στο νησί της Θάσου	55

Κεφάλαιο 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ	58
3.1 Εισαγωγή	58
3.2 Εφαρμογές εκτίμησης της τρωτότητας ως αποφασιστικός παράγοντας κινδύνου	59
3.3 Πολυκριτηριακή Ανάλυση στη λήψη Αποφάσεων.....	60
3.4 Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process – AHP).....	61
3.5 Μεθοδολογία εκτίμησης της τρωτότητας έναντι κινδύνου πλημμύρας στη νήσος Θάσος ...	62
3.5.1 Υλικά	62
3.5.2 Εντοπισμός των αποτελεσματικών παραγόντων – Μεταβλητές	63
3.5.3 Εφαρμογή της μεθόδου MCA σε περιβάλλον GIS για την αξιολόγηση της ευπάθειας των πλημμυρών στην περιοχή	64
• Χρήσεις Γης (Land Uses)	67
3.6 Αποτελέσματα	73
3.6.1 Χάρτης Τρωτότητας Πλημμύρας μέσω της Αναλυτικής Ιεράρχησης και Υπολογισμός των Συντελεστών Βαρύτητας	73

Κεφάλαιο 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΧΑΡΤΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΚΡΟΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ	79
4.1 Εισαγωγή	79
4.1.1 Τα αντιπλημμυρικά έργα.....	79
4.2 Μοντέλα προσομοίωσης πλημμύρας σε μια λεκάνη απορροής.....	81
4.3 MIKE +.....	81
4.4 Κατασκευή μοντέλου με τη χρήση του MIKE +	82
4.4.1 Υλικά και Μεθοδολογία	82
4.4.2 Κατασκευή Μοντέλου - Παράμετροι	85
4.4.3 Αποτελέσματα μετά την προσομοίωση του σεναρίου πλημμύρας.....	99
4.4.4 Προτάσεις	102
4.5 Προσομοίωση μοντέλου με τη τοποθέτηση μικροφραγμάτων σε διάφορες θέσεις της περιοχής μελέτης με τη χρήση του MIKE +	102
4.5.1 2D STRUCTURES – Κατασκευές	102
4.5.2 Τοποθέτηση μικροφραγμάτων- Weirs στο σενάριο.	104

4.6	Αποτελέσματα - Σύγκριση των δύο προσομοιώσεων.....	108
4.6.1	Αποτελέσματα	108
4.6.2	Σύγκριση των δύο προσομοιώσεων.....	111

Κεφάλαιο 5

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΡΕΜΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΙΣΤΟ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΛΙΜΕΝΑΡΙΩΝ ΘΑΣΟΥ		115
5.1	Εισαγωγή	115
5.2	Υλικά	115
5.3	Συμπεράσματα	120
5.4	Προτάσεις.....	120

Κεφάλαιο 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....		128
6.1	Γενικά.....	128
6.2	Συμπεράσματα	129
6.3	Προτάσεις.....	129

Βιβλιογραφικές αναφορές

Büchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thielen, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., and Nestmann, F., (2006). Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. Natural Hazards and Earth System Science 6(4): 485-503.	132
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Παράρτημα Α

Χάρτες	137
--------------	-----

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1 Σκαρίφημα τυπικού υδρογραφήματος και αντίστοιχου υετογραφήματος (Πηγή: Κουτσογιάννης κ.α., 1999)	24
Σχήμα 1.2 Στάδια Διαχείρισης Καταστροφών.....	27
Σχήμα 2.1 Υδρολιθολογία Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (GR12) (πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας).	42
Σχήμα 2.2 Χρήσεις γης του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας).	50
Σχήμα 2.3 Ιστορικά πλημμυρικά επεισόδια στη Θάσο και χρήσεις γης στην ευρύτερη περιοχή τους (πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας).....	56
Σχήμα 4.1 Αναπαράσταση γεωμετρίας αναχωμάτων στον χώρο (Πηγή: DHI, 2022)	103

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Ο συνολικός μόνιμος πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή του 2011 (πηγή: Δελτίο Τύπου, Ελληνική Στατιστική Αρχή, το 2012).	36
Πίνακας 2.2 Κλιματικά δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό της Θάσου για την περίοδο 1975 – 1997 (πηγή: Δασική Υπηρεσία, 2011).	38
Πίνακας 2.3 Η παραγωγή του ξύλου κατά τα έτη 1983-1994 και μετά την πυρκαγιά του 1993 (Μαρουγκλιάνης, 2011).	48
Πίνακας 2.4 Κατάσταση βοσκούντων ζώων, Πηγή: Καταστάσεις βόσκησης Δήμου Θάσου έτους 2008	49
Πίνακας 2.5 Νόμιμα Λατομεία στη Θάσο (Κοντός κ.α., 1997).	50
Πίνακας 2.6 Τουριστική ανάπτυξη Ν. Θάσου (Πατρίκου, 2007)	52
Πίνακας 2.7. Σημαντικές δασικές πυρκαγιές στη Θάσο κατά την περίοδο 1981-2016	53
Πίνακας 2.8 Πλημμύρες στον Δήμο Θάσου κατά τα έτη 2014 – 2020 (πηγή: ΥΠΕΝ – ίδια επεξεργασία)	56
Πίνακας 3.1 Ταξινόμηση παραγόντων σε κλάσεις κινδύνου	64
Πίνακας 3.2 Οι προτιμήσεις του χρήστη στις κατά ζεύγη συγκρίσεις.	75
Πίνακας 4.1 Συντελεστές Manning για κάθε χρήση γης κατά Corine 2000 (Πηγή: Μάρης Φώτης,	93

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1.1. Φυσικές καταστροφές σε κράτη μέλη του ΕΟΧ - ζημιγόνα συμβάντα, θάνατοι και ζημίες (1980-2011) (Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, Κλιματική αλλαγή, επιπτώσεις και τρωτότητα στην Ευρώπη 2012, Έκθεση βάσει δεικτών, Έκθεση ΕΟΧ αριθ. 12/2012).	17
Γράφημα 1.2. Φυσικές καταστροφές σε κράτη μέλη του ΕΟΧ (1980-2011) (Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, Κλιματική αλλαγή, επιπτώσεις και τρωτότητα στην Ευρώπη 2012, Έκθεση βάσει δεικτών, Έκθεση ΕΟΧ αριθ. 12/2012).	18
Γράφημα 1.3 Χρονική κατανομή των πλημμυρών μεταξύ 1881 και 2010 (Διακάκης κ.α., 2012)	26
Γράφημα 1.4 Χρονική κατανομή των ατυχημάτων από τις πλημμύρες μεταξύ 1881 και 2010 (Διακάκης κ.α., 2012).....	26
Γράφημα 2.1 Κλιματολογικό Γράφημα της Θάσου. Ο ξηρότερος μήνας είναι ο Αύγουστος με μέσο όρο βροχόπτωσης τα 12 χιλιοστά, ενώ οι περισσότερες βροχοπτώσεις εμφανίζονται το Δεκέμβριο, με μέσο όρο τα 75 χιλιοστά.....	37
Γράφημα 2.2 Γράφημα θερμοκρασίας. Ο θερμότερος μήνας του έτους είναι ο Ιούλιος με μέση θερμοκρασία 24,8 ° C ενώ τον Ιανουάριο η μέση θερμοκρασία είναι 5,8 ° C και είναι η χαμηλότερη μέση θερμοκρασία όλο το χρόνο.	37
Γράφημα 2.3 Ομβροθερμικό Διάγραμμα για την περίοδο 1975-1997 (πηγή: Δασική Υπηρεσία, 2011).	39
Γράφημα 2.4 Γράφημα βλάστησης στη Ν. Θάσο (%) μέσω των Γ.Σ.Π.....	45
Γράφημα 3.1 Γράφημα με τη βαρύτητα του κάθε κριτηρίου	76

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1. Πλημμύρα χωριού ανάντη (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο).....	20
Εικόνα 1.2. Πλημμύρα χωριού κατάντη (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο)	20
Εικόνα 1.3. Κύρια αίτια και τύποι πλημμυρών (Πηγή: ΥΠΕΚΑ, «Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνου», 2012).....	21
Εικόνα 1.4. Καμπύλη Συχνότητας Πλημμυρών (Πηγή: Λέκκας, 2000).....	23
Εικόνα 2.1 Η περιοχή μελέτης: Το νησί της Θάσου στην Ελλάδα.....	36
Εικόνα 2.2 Ο γεωλογικός χάρτης της Θάσου, του Ινστιτούτου Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών (Επιτρόπου κ.α., 1989).	40
Εικόνα 2.3 Δασική βλάστηση στη Θάσο, με επεξεργασία Γ.Σ.Π. και Corine 2000, στην κάτω δεξιά εικόνα: η συνολική δασική περιοχή που έχει καεί μέχρι του έτος 2.000 (Κοντός κ.α., 2006).....	44
Εικόνα 2.4 Δάσος με Μαύρη Πεύκη στην Θάσο.....	47
Εικόνα 2.5 Φωτογραφίες από κατοίκους της περιοχής με τα σημεία που έχει κοπεί το δάσος της μαύρης Πεύκης.	51
Εικόνα 2.6 Απεικόνιση καμένης έκτασης κατά τα έτη 1981-2002, (Κοντός κ.α., 2006)	54
Εικόνα 2.7 Έκταση της καταστροφής στη Θάσο το καλοκαίρι του 2016 (πηγή: https://greenagenda.gr).....	54
Εικόνα 2.8 Παναγία Θάσου, 22-11-2019, λόγω υπερχειλίσης ρέματος από έντονες βροχοπτώσεις (Πηγή: Διαδίκτυο, http://www.enikonomia.gr/timeliness/226294,eikones-katastrofis-apo-tis-plimmyres-sti-thaso-se-katastasi-ekta.html).....	57
Εικόνα 2.9 Ποταμιά Θάσου, 20-08-2020,	57
Εικόνα 3.1 Χάρτης πλημμυρικού κινδύνου & τρωτότητας (Kazakis et al., 2015).....	59
Εικόνα 3.2 Χάρτης εκτίμησης πλημμυρικής τρωτότητας (Blistanova et al., 2016).....	60
Εικόνα 3.3 Το ψηφιοποιημένο υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης και ο πίνακας χαρακτηριστικών (attribute table) με τα πρόσθετα πεδία.	65
Εικόνα 3.4 Ιεραρχική δομή δέντρου της δημιουργίας του χάρτη τρωτότητας πλημμύρας και τα κριτήρια που επιλέχθηκαν.	74
Εικόνα 3.5 Το τελικό αποτέλεσμα βαρύτητας μετά την κατά ζεύγη σύγκριση	76
Εικόνα 4.1 Αρχείο βαθυμετρίας με τη χρήση του MIKE ZERO.....	84
Εικόνα 4.2 Περιβάλλον εργασίας του MIKE 2022 και επιλογή μοντέλου μέσω της εντολής Model Type.....	85

Εικόνα 4.3 Λεπτομέρεια από τις διαθέσιμες επιλογές μοντέλων προσομοίωσης.....	86
Εικόνα 4.4 Πλέγμα διαφορών στο χ-γ επίπεδο (Πηγή: MIKE 21, Scientific Documentation2016)	88
Εικόνα 4.5 Εισαγωγή χάρτη της περιοχής μελέτης και εισαγωγή πεδίου ορισμού	89
Εικόνα 4.6 Η πύκνωση του πλέγματος (mesh) με βάση το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου Εδάφους.....	90
Εικόνα 4.7 Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου Εδάφους.....	90
Εικόνα 4.8 Εισαγωγή ψηφιοποιημένου αρχείου με τα κτίρια του οικισμού Λιμεναρίων Θάσου	91
Εικόνα 4.9 Συντελεστής mapping της λεκάνης απορροής Λιμεναρίων Θάσου, σενάριο 1 ^ο	92
Εικόνα 4.10 Προγνωστικός χάρτης, προϊόν του προγνωστικού μοντέλου υψηλής χωρικής ανάλυσης του meteo.gr (Πηγή: https://greenagenda.gr).....	96
Εικόνα 4.11 Προσομοίωση πλημμύρας – αρχή σεναρίου 12:00 π.μ.....	97
Εικόνα 4.12 Προσομοίωση πλημμύρας μετά από 13 λεπτά βροχόπτωσης	97
Εικόνα 4.13 Προσομοίωση πλημμύρας μετά από 1:30 ώρα βροχόπτωσης.....	98
Εικόνα 4.14 Λεπτομέρεια του παραπάνω χάρτη, όπου με έντονο κόκκινο χρώμα εμφανίζονται οι εστίες πλημμύρας στον αστικό ιστό.	98
Εικόνα 4.15 Προσομοίωση πλημμύρας μετά από 4 : 02 ώρες έντονης βροχόπτωσης	99
Εικόνα 4.16 Η πορεία της πλημμύρας κατά τη προσομοίωση, σύμφωνα με το 1 ^ο σενάριο.....	100
Εικόνα 4.17 Η θέση ενός φράγματος σε μορφή ψηφιοποιημένης γραμμής με αρχή και τέλος	104
Εικόνα 4.18 Επιλογή θέσεων υδατοφραγμάτων για το σενάριο της μελέτης.....	105
Εικόνα 4.19 Η θέση του υδροφράγματος από ανάντη προς κατάντη.....	106
Εικόνα 4.20 Τα φερτά υλικά στην περιοχή μελέτης για πιθανή κατασκευή φράγματος.....	107
Εικόνα 4.21 Ανάγλυφο της υπό μελέτης ευρύτερης περιοχής.....	107
Εικόνα 4.22 Σενάριο 2 ^ο , Προσομοίωση πλημμύρας με την προσθήκη μικρών φραγμάτων – ώρα 2:29 πμ....	108
Εικόνα 4.23 Λεπτομέρεια πλημμύρας μετά από 2:29 ώρες κατά το 2 ^ο σενάριο	108
Εικόνα 4.24 Λεπτομέρεια πλημμύρας μετά από 3:18 ώρες κατά το 2 ^ο σενάριο	109
Εικόνα 4.25 Λεπτομέρεια πλημμύρας μετά από 4 : 06 ώρες κατά το 2 ^ο σενάριο	109
Εικόνα 4.26 Σύγκριση των δύο προσομοιώσεων στην περιοχή γύρω από τα φράγματα (αριστερά το δεύτερο σενάριο και δεξιά το πρώτο σενάριο).....	111
Εικόνα 4.27 Προσομοίωση πλημμυρικού γεγονότος (επάνω εικόνα το 1 ^ο σενάριο – κάτω εικόνα το 2 ^ο σενάριο).....	112

Εικόνα 4.28 Σύγκριση χαρτών με τα μέγιστα βάθη νερού των πλημμυρισμένων περιοχών των δύο σεναρίων (επάνω ο χάρτης του 1 ^{ου} σεναρίου και κάτω ο χάρτης του δεύτερου σεναρίου).....	113
Εικόνα 4.29 Σύγκριση χαρτών μέγιστης ταχύτητας πλημμυρισμένων περιοχών των δύο σεναρίων (αριστερά ο χάρτης του 1 ^{ου} σεναρίου και δεξιά ο χάρτης του δεύτερου σεναρίου).....	114
Εικόνα 4.30 Σύγκριση χαρτών διάρκειας πλημμυρισμένων περιοχών των δύο σεναρίων (αριστερά ο χάρτης του 1 ^{ου} σεναρίου και δεξιά ο χάρτης του δεύτερου σεναρίου).....	114
Εικόνα 5.1 Drone DJI Mavic 2 pro	115
Εικόνα 5.2 Το σημείο εκβολής του ρέματος Λιμεναρίων Θάσου– Αύγουστος 2022.	116
Εικόνα 5.3 Πανοραμική εικόνα του οικισμού γύρω από την διευθετημένη κοίτη του ρέματος	116
Εικόνα 5.4 Το ρέμα που διαπερνά τον αστικό ιστό	117
Εικόνα 5.5 Το ρέμα είναι παράλληλα με τον δρόμο ενώ μέρος του ρέματος είναι δρόμος.....	117
Εικόνα 5.6 Παρκαρισμένα αμάξια στην κοίτη του ρέματος και σπίτια χτισμένα πολύ κοντά στο ρέμα.	118
Εικόνα 5.7 Η κατάσταση του ρέματος κοντά στον οικισμό	118
Εικόνα 5.8 Βιομηχανική ανάπτυξη πλησίον του ρέματος	119
Εικόνα 5.9 Σημείο ένωσης ρεμάτων.	119
Εικόνα 5.10 Οι πράσινες όχθες του Έλβα στη Δρέσδη (πηγή: https://www.dw.com)	121
Εικόνα 5.11 Πρόταση δημιουργίας πράσινων αναχωμάτων στο Δ.Δ. Λιμεναρίων.....	121
Εικόνα 5.12 Περσάτα πεζοδρόμια (Permeable pavements) (πηγή: Μάρης Φώτης)	122
Εικόνα 5.13 Διαπερατά πεζοδρόμια (πηγή: Μακρόπουλος, 2009)	122
Εικόνα 5.14 Διαπερατό πεζοδρόμιο (πηγή: https://cambridgepavers.com/pavingstones-permeable?locale=el)	123
Εικόνα 5.15 Διαπερατά πεζοδρόμια και κατασκευές πρασίνου	123
Εικόνα 5.16 Πρόταση τοποθέτησης πράσινων αναχωμάτων και διαπερατών πεζοδρομίων στην περιοχή μελέτης.	124
Εικόνα 5.17 Τάφροι απορροής με βλάστηση(πηγή: Μάρης Φώτης)	124
Εικόνα 5.18 Τεχνητές λεκάνες συγκράτησης όμβριων (detention ponds) (πηγή: Μάρης Φώτης)	125
Εικόνα 5.19 Τεχνητές λεκάνες συγκράτησης όμβριων (detention ponds) (πηγή: https://www.geomeletitiki.gr)	125
Εικόνα 5.20 Τεχνητοί υδροβιότοποι (πηγή: https://mackassand.com.au/products/applications/bio-retention/)	126

Εικόνα 5.21 Τεχνητοί υγροβιότοποι (πηγή: Μάρης Φώτης)	126
Εικόνα 5.22 Αρχιτεκτονική πρόταση πράσινης στέγης, (πηγή: https://www.design-district.gr/el/landscape-design-ideas)	127

Κατάλογος Χαρτών

Χάρτης 3.1 Θεματικός Χάρτης της κατά Strahler (1952) αρίθμησης – ταξινόμησης τριών ρεμάτων του νησιού, που εμφανίζουν συνεχή ροή κατά τους θερινούς μήνες.....	65
Χάρτης 3.2 Το υδρογραφικό δίκτυο της Ν. Θάσος	66
Χάρτης 3.3 Χάρτης πυκνότητας υδρογραφικού δικτύου (DensityoftheHydrographicalNetwork) -	67
Χάρτης 3.4 Χάρτης με τις χρήσεις γής μετά την ταξινόμηση (το ανοικτό πράσινο αντιστοιχεί στο νούμερο 4 της ταξινόμησης)	68
Χάρτης 3.5 Ο χάρτης με τις ισοϋψείς καμπύλες του νησιού, απαραίτητος για τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου εδάφους.	69
Χάρτης 3.6 Χάρτης κλίσεων εδάφους μετά την ταξινόμηση και ανάλογα με το βαθμό βαρύτητας	70
Χάρτης 3.7 Χάρτης με τα υψόμετρα της Ν. Θάσος.....	71
Χάρτης 3.8 Χάρτης υψομέτρων μετά την ταξινόμηση και ανάλογα με το βαθμό βαρύτητας.....	71
Χάρτης 3.9 Ο χάρτης με τις περιοχές που εμφανίζουν ιστορικό πλημμύρας.	72
Χάρτης 3.10 Ο χάρτης της πληθυσμιακής πυκνότητας, μετά την αναταξινόμηση και σύμφωνα με τις τιμές βάρους.....	73
Χάρτης 3.11 Χάρτης Τρωτότητας Πλημμύρας	78
Χάρτης 4.1 Δεδομένα πλέγματος για όλο το νησί της Θάσου.....	84
Χάρτης 4.2 Απεικόνιση του συντελεστή manning στο MIKE ZERO.....	92
Χάρτης 4.3 BoundaryConditions – Οριακές συνθήκες, δεδομένα βαθυμετρίας.....	95
Χάρτης 4.4 Το μέγιστο βάθος νερού σύμφωνα με το 1 ^ο σενάριο προσομοίωσης.....	101
Χάρτης 4.5 Η μέγιστη ταχύτητα του ρέματος – 1 ^ο σενάριο.....	101
Χάρτης 4.6 Οριακές τιμές διάρκειας βάθους πλημμύρας	102
Χάρτης 4.7 Το μέγιστο βάθος νερού σύμφωνα με το 2 ^ο σενάριο προσομοίωσης.....	110
Χάρτης 4.8 Η μέγιστη ταχύτητα του ρέματος – 2 ^ο σενάριο.....	110

Χάρτης 4.9 Οριακές τιμές διάρκειας βάρους πλημμύρας 2 ^{ου} σεναρίου	111
Χάρτης 9.1 Χρήσεις Γής Λιμένα (Μελέτη Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου Θάσου)	137
Χάρτης 9.2 Χρήσεις Γής Λιμενάρια (Μελέτη Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου Θάσου).....	138
Χάρτης 9.3 Χρήσεις Γής Σκάλας Ποταμιάς - Παναγίας (Μελέτη Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου Θάσου)	139
Χάρτης 9.4 Χρήσεις Γής Σκάλας Καλλιράχης (Μελέτη Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου Θάσου)	140

Κεφάλαιο 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι φυσικές καταστροφές υπήρχαν ανέκαθεν στην γεωλογική ιστορία σαν ακραία φυσικά φαινόμενα, οι επιπτώσεις των οποίων εξαρτώνται από το γενικό επίπεδο του πολιτισμού και την τεχνολογική ανάπτυξη του ανθρώπου. Η φυσική καταστροφή εμφανίζεται όταν ένα φυσικό φαινόμενο (σεισμός, ηφαιστειακή έκρηξη, πλημμύρα, καταιγίδα, ξηρασία, κλπ.) προκαλεί τρωτότητα και η ζημιά είναι τόσο μεγάλη που η πληγείσα περιοχή δε μπορεί να ανακάμψει με τη χρήση των δικών της πόρων. Συνεπάγεται, σημαντική αποδιοργάνωση της λειτουργίας της κοινωνίας, με ευρύτατες ανθρώπινες, υλικές ή περιβαλλοντικές απώλειες.

Οι πλημμύρες αποτελούν τους πλέον «κοινούς» κινδύνους, δεδομένης της εκτεταμένης γεωγραφικής διασποράς των ποτάμιων συστημάτων στο πρόσωπο της Γης. Σύμφωνα με τα δεδομένα που παραθέτει ο Parker (2000), καθιστά τις πλημμύρες ως τα πλέον συνήθη εναύσματα για την πρόκληση καταστροφών, κατά τη διάρκεια του δευτέρου μισού του 20ου αιώνα.

Οι αλληπάλληλες πλημμύρες σε διάφορα σημεία του πλανήτη έχουν προσανατολίσει ένα μεγάλο αριθμό επιστημόνων, πολλών κλάδων σε παγκόσμιο επίπεδο, στη συστηματική έρευνα του φαινομένου, που περιλαμβάνει την αναγνώριση, γεωγραφική οριοθέτηση, πιθανολογική εκτίμηση πρόληψη και διαχείριση και κατά συνέπεια την αντιμετώπιση.

Η επιστήμη της τηλεπισκόπησης σε συνδυασμό με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π./G.I.S.) εισήγαγαν νέες μεθόδους στη διαχείριση των φυσικών οικοσυστημάτων. Η χαρτογράφηση των παραγόντων που συμμετέχουν στην εκδήλωση ενός πλημμυρικού φαινομένου και η επεξεργασία όλων των δεδομένων μέσω της διαχείρισης γεωγραφικών πληροφοριών σε ελάχιστο χρόνο και με μικρό σχετικά κόστος παρέχει τη δυνατότητα καταγραφής όλων των μεταβολών που συμβαίνουν στο φυσικό περιβάλλον και επομένως διευκολύνουν την αντιμετώπιση ή την πρόβλεψη πιθανών προβλημάτων που απορρέουν από αυτές τις μεταβολές.

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε με αφορμή τις καταστροφικές πλημμύρες που έπληξαν το Νομό Καβάλας, στο νησί της Θάσου, τη τελευταία δεκαετία και κυρίως τα έτη 2019 και 2020.

Σκοπός της εργασίας είναι η αξιολόγηση της συνεισφοράς της τεχνολογίας της τηλεπισκόπησης και της τεχνολογίας Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών/ΓΣΠ στην καταγραφή πλημμυρικών φαινομένων, στην εκτίμηση της επικινδυνότητας της περιοχής σε πλημμυρικά φαινόμενα με την κατασκευή χαρτών τρωτότητας - επιδεκτικότητας και στην αντιμετώπιση των πλημμυρών με μηχανικές κατασκευές στα πλαίσια εφαρμογής ενός σχεδίου διαχείρισης των υδάτων.

Με την χρήση λογισμικών όπως το MIKE+ της DHI, επιτυγχάνεται η μοντελοποίηση - προσομοίωση σεναρίων αστικών και ποτάμιων πλημμυρών, που προσφέρουν ολοκληρωμένες λύσεις για διαχείριση του νερού με την λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων.

1.2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ – ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

1.2.1 Φυσικές Καταστροφές - Γενικά

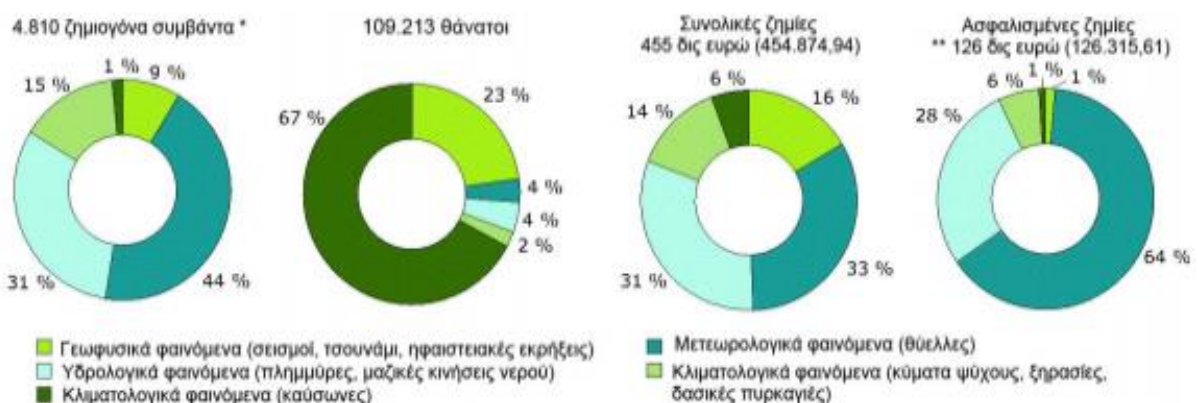
Ο όρος *καταστροφή* χρησιμοποιείται για να περιγράψει το σύνολο των αρνητικών αποτελεσμάτων μεγάλης κλίμακας, ως αποτέλεσμα της εκδήλωσης ενός φαινομένου. Χαρακτηρίζουμε ένα φαινόμενο καταστροφικό, όταν προκαλεί ευρείας κλίμακας είτε κοινωνικής είτε οικονομικής φύσεως απώλειες (Μακρόπουλος, 2006).

Ο όρος *φυσική καταστροφή* (Λέκκας, 2000) έχει ορισθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους ως:

- Τα στοιχεία εκείνα του φυσικού περιβάλλοντος που είναι βλαβερά για τον άνθρωπο και προκαλούνται από δυνάμεις ξένες και άγνωστες σε αυτόν.
- Η πιθανότητα εμφάνισης ενός δυνητικά καταστροφικού γεγονότος μέσα σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο και σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή.
- Μια φυσική ή ανθρωπογενής γεωλογική κατάσταση ή φαινόμενο κατά την οποία παρουσιάζεται πραγματικός ή δυνητικός κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή ή τις περιουσίες.

Μια φυσική καταστροφή προκαλεί απώλειες ζώων και περιουσιών, τραυματισμούς, προβλήματα υγείας, βλάβες στο φυσικό και στο κτισμένο περιβάλλον και στις περισσότερες περιπτώσεις αφήνει στο πέρασμά της οικονομικές και κοινωνικές απώλειες, των οποίων η σοβαρότητα και το μέγεθος εξαρτάται από την τρωτότητα, την προσαρμοστικότητα και την ικανότητα ανάκαμψης (Bankoff et al., 2004).

Γράφημα 1.1. Φυσικές καταστροφές σε κράτη μέλη του ΕΟΧ - ζημιογόνα συμβάντα, θάνατοι και ζημιές (1980-2011) (Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, Κλιματική αλλαγή, επιπτώσεις και τρωτότητα στην Ευρώπη 2012, Έκθεση βάσει δεικτών, Έκθεση ΕΟΧ αριθ. 12/2012).

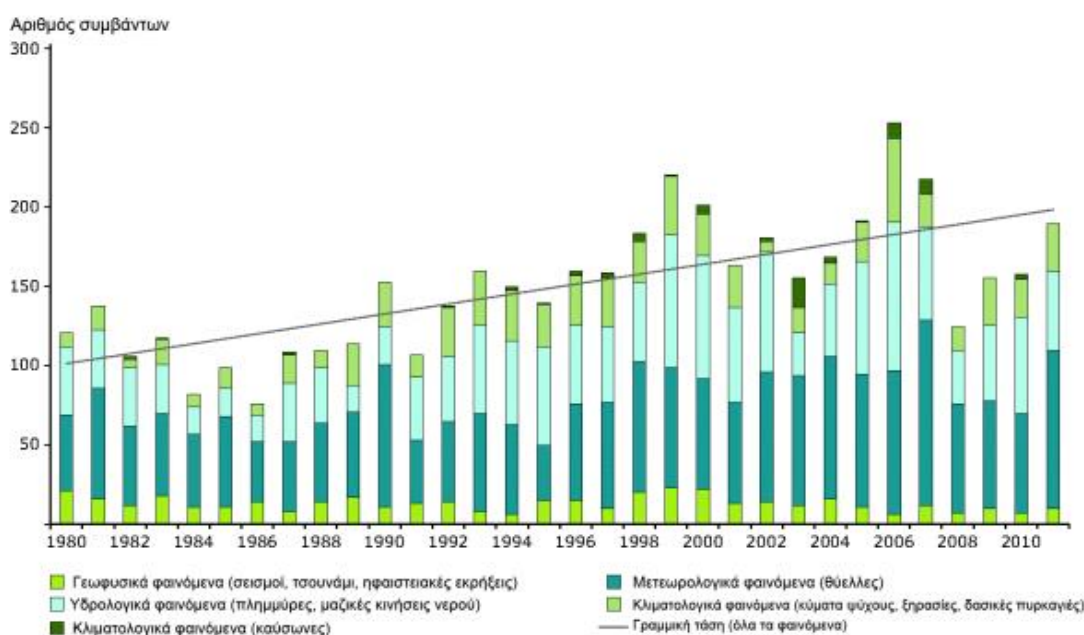


Συνήθως οι καταστροφές εκτιμώνται με μερικά ποσοτικά κριτήρια που αναφέρονται στους θανάτους και τις ζημιές που προκαλούνται (Γράφημα 1.1). Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές μεγάλη καταστροφή θεωρείται αυτή που προκαλεί τουλάχιστον 100 θανάτους ή, τουλάχιστον 100 τραυματισμούς ή, ζημιές τουλάχιστον 1 εκατομμυρίου δολαρίων (Παππά, 2012).

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization) και η παγκόσμια βάση δεδομένων για τις φυσικές καταστροφές EM-DAT (Emergency Events Database) ταξινομούν τις φυσικές καταστροφές στις εξής κατηγορίες (Γράφημα 1.2.2):

1. Γεωφυσικές, όπως οι σεισμοί, οι ηφαιστειακές εκρήξεις και οι κατολισθήσεις ξηρής μάζας
2. Υδρολογικές, όπως οι πλημμύρες και οι κατολισθήσεις υγρής μάζας (πχ. χιονοστιβάδες)
3. Μετεωρολογικές, όπως οι θύελλες και οι καταιγίδες
4. Κλιματολογικές, όπως οι ακραίες θερμοκρασίες, οι ξηρασίες και οι δασικές πυρκαγιές
5. Βιολογικές, όπως επιδημίες, που προκαλούνται από την έκθεση των ζώντων οργανισμών σε παθογόνους μικροοργανισμούς

Γράφημα 1.2. Φυσικές καταστροφές σε κράτη μέλη του ΕΟΧ (1980-2011) (Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, Κλιματική αλλαγή, επιπτώσεις και τρωτότητα στην Ευρώπη 2012, Έκθεση βάσει δεικτών, Έκθεση ΕΟΧ αριθ. 12/2012).



Για μια ολοκληρωμένη κατανόηση της έννοιας της καταστροφής είναι απαραίτητο να εξεταστούν ορισμένες έννοιες, όπως αυτές του κινδύνου, της επικινδυνότητας, της έκθεσης, της τρωτότητας και τις μεταξύ τους σχέσεις (Ραλλάτου, 2019). Ο κίνδυνος (risk) αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της ανθρώπινης ζωής, δεδομένου ότι δεν υπάρχει περιβάλλον εντελώς απαλλαγμένο από τον κίνδυνο. Η έννοια της επικινδυνότητας (hazard) είναι συναφής περιλαμβάνοντας όμως και το ενδεχόμενο να συμβεί στην πραγματικότητα ένας συγκεκριμένος κίνδυνος. Καθώς λοιπόν, ο κίνδυνος εκλαμβάνεται ως μια διαδικασία που εμπεριέχει το στοιχείο της απώλειας, αποτελώντας μια γενική μορφή απειλής (danger), η επικινδυνότητα συνιστά την πραγματική έκθεση (exposure) οποιουδήποτε στοιχείου που

έχει αξία για τον άνθρωπο σε κάποιον κίνδυνο, θεωρούμενη ως ένας συνδυασμός πιθανότητας και απώλειας (Smith, 1996).

Συνοψίζοντας, η διακινδύνευση αποτελεί το προϊόν του κινδύνου και της τρωτότητας. Ο κίνδυνος είναι το ενδεχομένως καταστροφικό φαινόμενο, ενώ η τρωτότητα, ο βαθμός της ευπάθειας σε ένα κίνδυνο. Η άρρηκτη σχέση μεταξύ των εννοιών περιγράφεται με την ακόλουθη εξίσωση 1.1:

$$R = H \times V \quad \text{Εξ. 1.1}$$

όπου R είναι ο κίνδυνος, H είναι η επικινδυνότητα και V είναι η τρωτότητα.

Ο κίνδυνος που προέρχεται από το περιβάλλον διακρίνεται σε κίνδυνο για τον άνθρωπο, για το ίδιο το περιβάλλον και τις υποδομές, και έχει άμεση σχέση με την πιθανότητα και την απώλεια (Ραλλάτου, 2019). Συνοψίζοντας και σύμφωνα με τον ορισμό της καταστροφής κατά UNISDR (2009), «Η καταστροφή είναι συνδυασμός επικινδυνότητων, συνθηκών τρωτότητας και ανικανότητας ή ανεπάρκειας των μέτρων που λαμβάνονται για τη μείωση των αρνητικών συνεπειών των καταστροφών (ή των κινδύνων). Μια επικινδυνότητα γίνεται καταστροφή, όταν συναντάται με συνθήκες τρωτότητας και όταν οι κοινότητες είναι ανίκανες να ανταπεξέλθουν με δικούς τους πόρους και δικές τους δυνατότητες».

1.2.2 Πλημμύρες

Πλημμύρα ονομάζεται η κατάσταση κατά την οποία οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στο σύστημα αποστράγγισης καλύπτονται από ποσότητες νερού για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ως ποτάμια πλημμύρα, θεωρείται η κατάσταση κατά την οποία η παροχέτευση των υδάτων ενός ποταμού (ή τμήματός του) δεν μπορεί να επιτευχθεί διαμέσου της κανονικής του κοίτης, με αποτέλεσμα το νερό να την υπερβεί και να εξαπλώνεται στα γειτονικά εδάφη (Strahler and Strahler, 2003). Ο «κατακλυσμός» χερσαίων εκτάσεων μπορεί να σημειωθεί τόσο σε παράκτιες, όσο και σε παρόχθιες εκτάσεις, ενώ οι γενεσιουργές αιτίες για τέτοια συμβάντα αποδίδονται σε ατμοσφαιρικά φαινόμενα, τεκτονικά φαινόμενα ή και στην ανθρώπινη παρέμβαση.

Οι περισσότερες πλημμύρες είναι αποτέλεσμα α) της συνολικής ποσότητας και κατανομής της βροχόπτωσης, β) της περατότητας του εδάφους και γ) της τοπογραφίας. Μερικές πλημμύρες προέρχονται από την τήξη των πάγων, την εισροή της θάλασσας σε παράκτιες περιοχές και από τη θραύση φραγμάτων.

Διακρίνονται δύο είδη πλημμυρών, στα ανάντη και στα κατόντη (Εικόνες 1.1, 1.2). Οι πλημμύρες στα ανάντη είναι στα υψηλά τμήματα της αποστράγγισης και γενικά είναι το αποτέλεσμα των έντονων βροχοπτώσεων μικρής διάρκειας πάνω από μια συγκεκριμένη μικρή περιοχή, ενώ οι πλημμύρες στα κατόντη καλύπτουν μια ευρεία περιοχή και είναι το αποτέλεσμα μακράς διάρκειας καταιγίδων που διαποτίζουν το έδαφος με αυξημένη επιφανειακή απορροή. Η ποσότητα και η ένταση της βροχόπτωσης καθορίζει το μέγεθος της πλημμύρας.



Εικόνα 1.1. Πλημμύρα χωριού ανάντη (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο)



Εικόνα 1.2. Πλημμύρα χωριού κατάντη (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο)

Στη διεθνή βιβλιογραφία, η διάκριση των πλημμυρών γίνεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, τα αίτια γένεσης του φαινομένου και τις συνέπειες μετά το γεγονός (Εικόνα 1.2). Ενδεικτικά διακρίνονται σε:

- Ποτάμιες Πλημμύρες – *river floods* (λόγω βροχοπτώσεων μεγάλης διάρκειας, λιώσιμο χιονιού, αστοχία αντιπλημμυρικών έργων)
- Παράκτιες Πλημμύρες – *coastal floods* (λόγω έντονων βροχοπτώσεων, ανύψωση θαλάσσιας στάθμης)
- Αιφνίδιες Πλημμύρες - *flashfloods* (λόγω έντονης ισχύος βροχοπτώσεων μικρής διάρκειας)
- Αστικές Πλημμύρες (λόγω έντονων βροχοπτώσεων σε αστικό περιβάλλον - αστοχία αντιπλημμυρικών έργων)
- Πλημμύρες Χειμάρρων (λόγω έντονων βροχοπτώσεων και αστάθεια πρανών)
- Πλημμύρες Λιμνών (αύξηση υδατικών αποθεμάτων)
- Πλημμύρες σχετικές με το υπεδαφικό νερό (υψηλή στάθμη υπεδαφικού νερού)



Εικόνα 1.3. Κύρια αίτια και τύποι πλημμυρών (Πηγή: ΥΠΕΚΑ, «Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνου», 2012)

Η συστηματική παρακολούθηση των πλημμυρών και η αξιολόγηση τους τόσο πριν εκδηλωθούν όσο και μετά, μας οδηγεί στην αποτελεσματική διαχείριση του φαινομένου με σκοπό την αντιμετώπιση σε σχέση με την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής, των ιδιοκτησιών αλλά και του περιβάλλοντος γενικότερα.

1.2.2.1. Επικινδυνότητα πλημμυρών

Η πιθανότητα εμφάνισης φυσικών φαινομένων σε συνάρτηση με την επίδραση που θα έχει στην ανθρώπινη κοινωνία καθορίζουν τον πλημμυρικό κίνδυνο. Πλημμυρική επικινδυνότητα ή διακινδύνευση (Flood Risk) είναι η δυνητική απειλή για τον άνθρωπο (Ραλλάτου, 2019), ή πιο συγκεκριμένα ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται μ' αυτή την πλημμύρα (Υπουργεία: Εσωτερικών, Οικονομικών, Ναυτιλίας, Περιβάλλοντος, Μεταφορών, 2010).

Κίνδυνος πλημμύρας (Flood Hazard) είναι η συνολική πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας σε ένα συγκεκριμένο χώρο (ποσοτικοποιούμενη μέσω του βάθους νερού, της ταχύτητας ροής ή άλλου χαρακτηριστικού υδρολογικού ή υδραυλικού μεγέθους) που αντιστοιχεί σε δεδομένη πιθανότητα υπέρβασης, και άρα ορίζεται ως πιθανή συνέπεια πρόκλησης απώλειας (Ραλλάτου, 2019).

Τρωτότητα έναντι πλημμύρας (Flood Vulnerability) είναι ο βαθμός επιδεκτικότητας δηλαδή το πόσο ευάλωτο είναι ένα σύστημα του φυσικού ή ανθρωπογενούς περιβάλλοντος σε έναν κίνδυνο πλημμύρας, καθώς επίσης σύμφωνα με τους (Wisner et al., 2004) και της ικανότητας του συστήματος αυτού στο να προβλέψει, να αντιμετωπίσει, να ανακάμψει και να αντισταθεί στις επιπτώσεις μίας καταστροφής.

Η εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας επιτυγχάνεται με τα χαρακτηριστικά του τόπου και το είδος της πλημμύρας.

Οι παράγοντες που ελέγχουν τις καταστροφές που προκαλούνται από πλημμύρες είναι οι ακόλουθοι:

1. Η χρήση γης της λεκάνης κατάκλισης.
2. Το μέγεθος (βάθος - ταχύτητα του νερού) και η συχνότητα της πλημμύρας.
3. Ο ρυθμός ανύψωσης και η διάρκεια της πλημμύρας.
4. Η εποχή.
5. Το βάρος ιζημάτων που αποτίθενται.
6. Η αποτελεσματικότητα της πρόβλεψης, της προειδοποίησης και των συστημάτων εκτάκτου ανάγκης.

Οι επιδράσεις των πλημμυρών μπορεί να είναι άμεσες, που προκαλούνται από την πλημμύρα, ή έμμεσες. Έχουμε άμεσες επιδράσεις όταν συνοδεύονται από τραυματισμούς και θανάτους, καταστροφές που προκαλούνται από την ταχύτητα των ρεμάτων και των ιζημάτων στα αγροκτήματα, σίτια, κτίρια, μέσα μεταφοράς, γέφυρες, δρόμους κ.α., διάβρωση και απόθεση των ιζημάτων στις αγροτικές και αστικές περιοχές, που μπορεί να επιφέρει απώλεια σημαντικού εδάφους και βλάστησης.

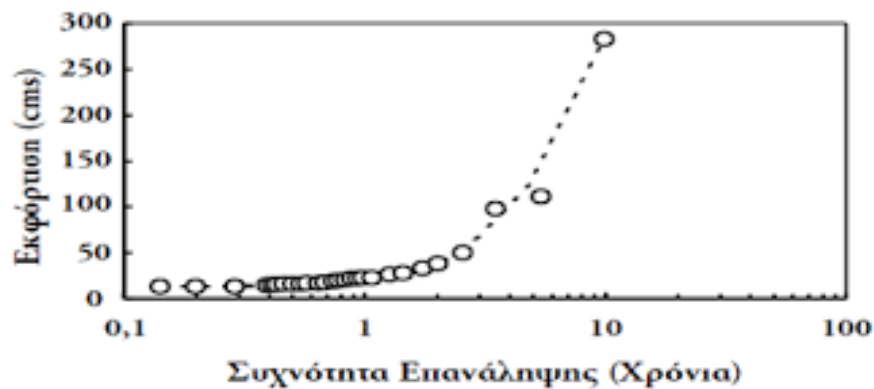
Οι έμμεσες επιδράσεις περιλαμβάνουν: μικρής διάρκειας μόλυνση των ποταμών, πείνα, αρρώστιες και απομάκρυνση των κατοίκων ενώ, επιπρόσθετα, μπορεί να εκδηλωθούν φωτιές από βραχυκύκλωμα ή από κομμένους αγωγούς αερίων (Λέκκας, 2000).

Οι επιπτώσεις των πλημμυρών εξαρτώνται από τρεις κύριους παράγοντες:

- 1) Τα αντιπλημμυρικά έργα (ανεπαρκής αποστράγγιση, ανάπτυξη τεχνικών έργων πρόληψης)
- 2) Την αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος (δασικές πυρκαγιές, σταδιακή μεταβολή βλάστησης, ερημοποίηση)
- 3) Την ανθρώπινη δραστηριότητα (επέκταση αστικού ιστού, αποδάσωση τμημάτων της λεκάνης απορροής, ευθυγράμμιση του ρου των ποταμών, εξάλειψη φυσικών πεδίων κατάκλισης, οικοδόμηση κτιρίων και κατασκευών, μεταβολές χρήσης γης κ.α.)

1.2.2.2. Μέγεθος και συχνότητα πλημμυρών

Το μέγεθος της πλημμύρας σχετίζεται με την ποσότητα και την ένταση της βροχόπτωσης (συνολικό ύψος, ένταση, διάρκεια) (Alcantara – Ayala & Goudie, 2010). Οι καταστροφικές πλημμύρες, είναι αποτέλεσμα σπάνιων, μεγάλων και έντονων καταιγίδων. Οι μικρότερες πλημμύρες δημιουργούνται από λιγότερο έντονες καταιγίδες. Όλες οι ροές, που μπορούν να μετρηθούν ή να υπολογιστούν από σταθμούς μέτρησης ρεμάτων είναι δυνατόν να καταταγούν ανάλογα με το ποσό της εκφόρτισής τους (m^3/s) (Εικόνα 1.4). Μια πλημμύρα μπορεί να προβλεφθεί από μια καμπύλη εκφόρτισης - συχνότητας.



Εικόνα 1.4. Καμπύλη Συχνότητας Πλημμυρών (Πηγή: Λέκκας, 2000)

Όσο περισσότερο αυξάνει το χρονικό διάστημα καταγραφής των πλημμυρών, τόσο πιο ακριβής γίνεται η πρόγνωσή τους. Η πρόγνωση μιας πλημμύρας γίνεται με στατιστικές μεθόδους και επομένως εμπεριέχει ένα ποσοστό τύχης. Θεωρητικά, μια πλημμύρα 25 χρόνων θα συμβεί συνολικά μια φορά κάθε 25 χρόνια, χωρίς αυτό να αποκλείει και την εμφάνιση δύο πλημμυρών με περίοδο επανάληψης 25 χρόνια στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Μια πλημμύρα με εκ φόρτιση ίση ή μεγαλύτερη του $283 \text{ m}^3/\text{s}$, πρέπει να αναμένεται περίπου κάθε 10 χρόνια. Μελέτες πολλών ρεμάτων και ποταμών έδειξαν ότι οι κοίτες διαμορφώνονται και διατηρούνται από ροές με περίοδο επανάληψης 1,5 με 2 χρόνια. Επομένως, αναμένεται η ανύψωση της στάθμης ενός ρέματος και στην συνέχεια η κατάκλιση τμήματος της κοιλάδας του με νερό και ιζήματα, περίπου μία φορά το χρόνο.

Στο αστικό περιβάλλον, η χρήση γης από τον άνθρωπο έχει αυξήσει τόσο το μέγεθος όσο και τη συχνότητα των πλημμυρών σε λεκάνες με μικρή αποστράγγιση. Η αύξηση της συχνότητας των πλημμυρών, είναι συνάρτηση του ποσοστού της αδιαπέρατης επιφάνειας (στέγες, πεζοδρόμια και τσιμέντο) και της περιοχής με δίκτυο αποχέτευσης. Οι υπόνομοι είναι σημαντικοί στην αστική περιοχή, γιατί επιτρέπουν τη γρήγορη επιφανειακή απορροή των αδιαπέρατων επιφανειών στις κοίτες των ρευμάτων. Γενικά, η αστικοποίηση αυξάνει την επιφανειακή απορροή και κατά επέκταση, τον κίνδυνο πλημμύρας (Λέκκας, 2000).

1.2.2.3. Αστικοποίηση και πλημμύρες

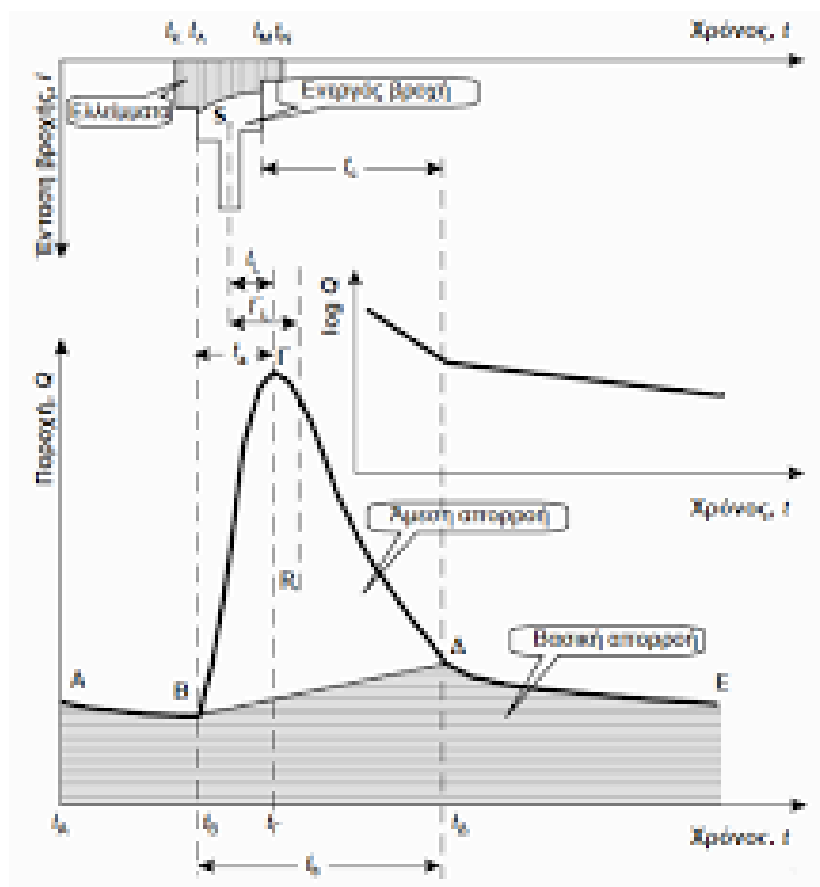
Ο όρος αστικοποίηση αποτελεί μια σύνθετη έννοια, η οποία αναφέρεται όχι μόνο στην μετατροπή του φυσικού περιβάλλοντος σε δομημένο, αλλά και στον τρόπο ζωής και επίδρασης των κατοίκων σε αυτό. Η αστικοποίηση είναι μια διαδικασία με φυσικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές διαστάσεις.

Στις σύγχρονες κοινωνίες, το φυσικό περιβάλλον και κυρίως η βλάστηση αντικαθίστανται όλο και πιο συχνά από αδιαπέρατα υλικά (άσφαλτος, τσιμέντο) για να ικανοποιηθούν οι συνεχώς αυξανόμενες ανθρώπινες ανάγκες. Απόρροια του φαινομένου αυτού είναι η μείωση της διείσδυσης του νερού στο έδαφος, της αποθηκευτικής ικανότητας, η μειωμένη εξατμισοδιαπνοή και η μεγαλύτερη απορροή. Προκαλείται διάβρωση των εδαφών λόγω της εντατικής δόμησης, ενώ μεγάλοι όγκοι ιζημάτων συσσωρεύονται στα ρέματα και τα ποτάμια. Η στάθμη του νερού αυξάνεται καθώς εμποδίζεται η πλευρική εξάπλωση των ποταμών και οι περιοχές στα κατάντη δέχονται περισσότερο νερό σε μικρό

χρονικό διάστημα. Μόνιμες κατασκευές, όπως οι γέφυρες μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα, αφού εμποδίζεται η ροή του νερού με αποτέλεσμα την αύξηση της στάθμης του νερού στα ανάντη.

Με τις έντονες αδιαπέρατες επιφάνειες των αστικών περιοχών, η υδρολογία πλημμυρών επηρεάζεται άμεσα λόγω αλλαγής του χρόνου συγκέντρωσης και του όγκου της πλημμύρας. Η έκταση του φαινομένου αλλαγής των χαρακτηριστικών της πλημμύρας εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την φύση της επιφάνειας γης που μετατρέπεται σε αστική γη, από τον σχεδιασμό του αστικού υδρολογικού συστήματος αποχέτευσης και από τις κλιματικές συνθήκες (Μαραγκουδάκη κ.α., 2005).

Η αστικοποίηση επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο υδρογράφημα. Το υδρογράφημα μιας αστικοποιημένης περιοχής, παρουσιάζει μεγαλύτερη αιχμή παροχής (Q_{max}), μικρότερο χρόνο συγκέντρωσης και αυξημένο συνολικό πλημμυρικό όγκο σε σχέση με το υδρογράφημα της ίδιας περιοχής πριν οποιασδήποτε αστική ανάπτυξη, για δεδομένη βροχοπτώση. (Σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1 Σκαρίφημα τυπικού υδρογραφήματος και αντίστοιχου υετογραφήματος (Πηγή: Κουτσογιάννης κ.α., 1999)

Κάθε μορφής αστικοποίηση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των ζημιών σε περίπτωση πλημμύρας, την αύξηση του κόστους της γης λόγω πολεοδομικής και χωροταξικής ανάπτυξης, αλλά και την μείωση της αξίας της ίδιας της γης.

1.2.2.4. Πλημμύρες στον Ελλαδικό χώρο

Υπάρχουν πολυάριθμες αναφορές για την εκδήλωση μεγάλων πλημμυρών που έπληξαν τον Ελληνικό χώρο προκαλώντας σημαντικότερες καταστροφές. Η πλημμυρική επικινδυνότητα έχει μειωθεί σε μεγάλες πεδινές εκτάσεις λόγω της δυνατότητας κατασκευής μεγάλων προστατευτικών έργων, όπως

σήραγγες αποστράγγισης κ.α., εντούτοις έχει αυξηθεί κατά πολύ μέσα ή στα όρια των οικιστικών περιοχών καθώς η αστικοποίηση σπάνια συνδυάστηκε με τα απαραίτητα προστατευτικά έργα, όπως βελτιώσεις καναλιών και δίκτυα αποστράγγισης καταιγίδων .

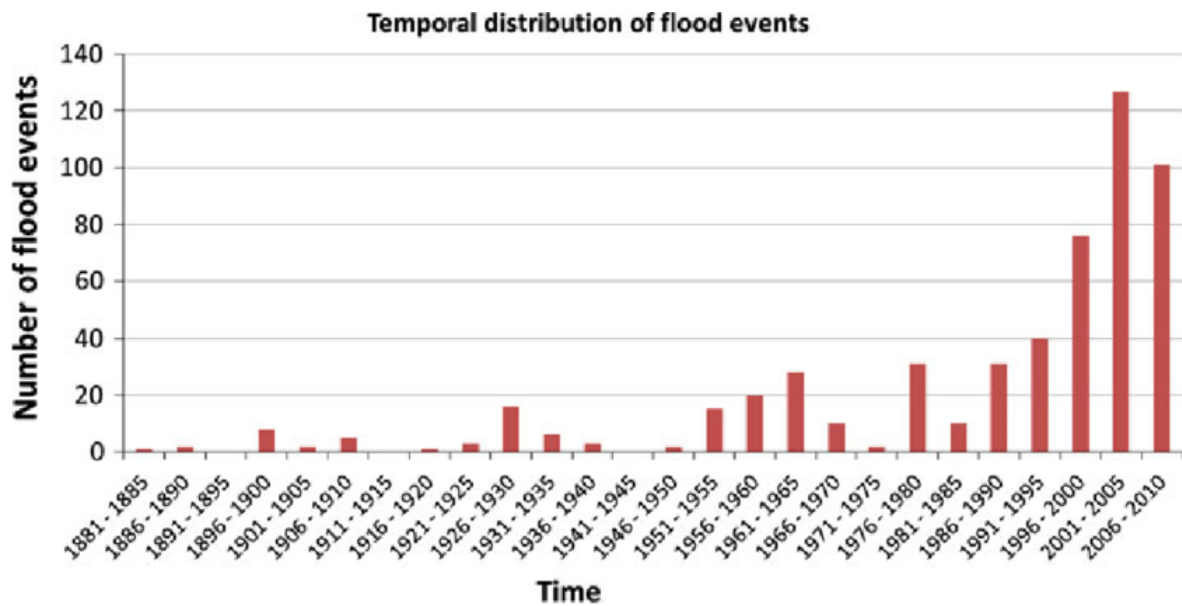
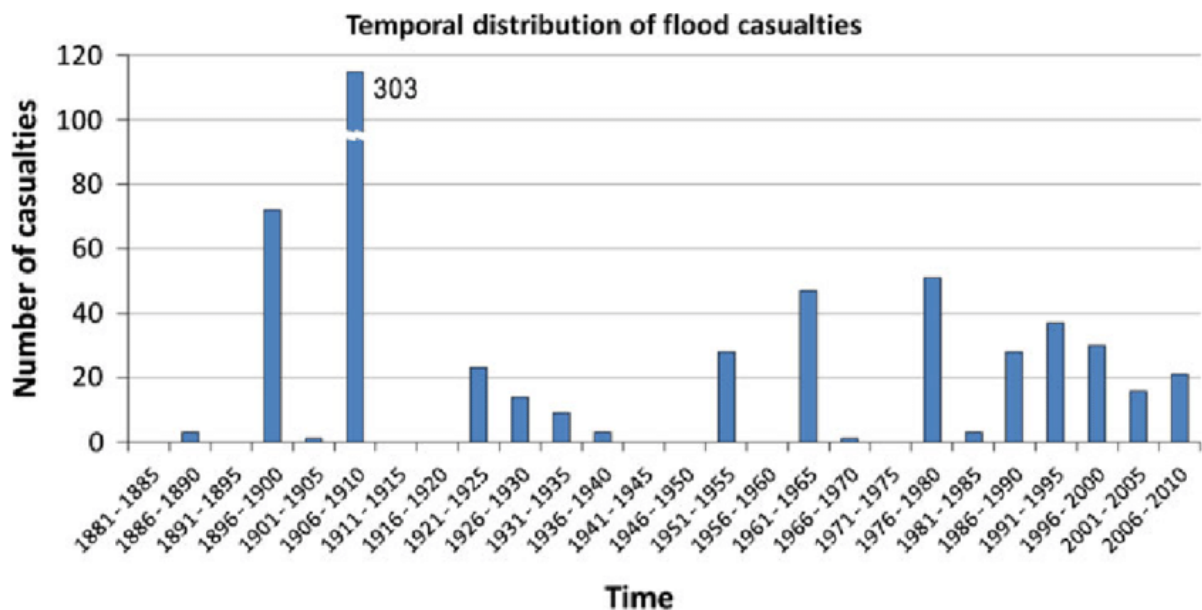
Η ορογραφία της οροσειράς της Πίνδου παίζει σημαντικό ρόλο στα καθεστώτα βροχόπτωσης και απορροής στην Ελλάδα. Έτσι, οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις υπερβαίνουν τα 1800 mm στις ορεινές περιοχές της Δυτικής Ελλάδας ενώ στις ανατολικές περιοχές της χώρας μπορεί να είναι τόσο χαμηλές όσο 300 mm. Ωστόσο, δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στις μέγιστες βροχοπτώσεις και την πιθανότητα ακραίων πλημμυρών μεταξύ ανατολής και δύσης.

Σύμφωνα με τη διεθνή βάση EM-DAT (The International Disaster Database), από το 1900 έως σήμερα οι φυσικές καταστροφές με τις οποίες έχει έρθει αντιμέτωπη η Ελλάδα και έχουν προκαλέσει τους περισσότερους θανάτους έχουν προκληθεί από σεισμούς, πυρκαγιές, πλημμύρες και πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Κατά την περίοδο 1928 - 2019, 2.624 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους από κάποια φυσική καταστροφή. Συγκεκριμένα, 1.010 θάνατοι προκλήθηκαν από σεισμούς, 253 από καταιγίδες και πλημμύρες, 1129 από ακραίες θερμοκρασίες, και 232 από πυρκαγιές (Μακρόπουλος, 2003).

Η αποψίλωση και η αστικοποίηση συμβάλλουν σημαντικά στη γένεση των πλημμυρών. Η αποψίλωση των δασών, που σχετίζεται επίσης με τη διάβρωση του εδάφους, είναι ένα σημαντικό πρόβλημα στην Ελλάδα. Σήμερα μόνο το 18% του εδάφους της Ελλάδας καλύπτεται από δάση, ενώ στις αρχές του 19ου αιώνα ήταν περισσότερο από 40%. Η αποψίλωση των δασών προκλήθηκε κυρίως από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως πυρκαγιές, παράνομη αποκατάσταση γης, βοσκότοπους κ.λπ. Η συνεχής επέκταση των κατοικήσιμων περιοχών και άλλων παρεμβάσεων έχουν ως αποτέλεσμα η επιφάνεια του εδάφους αφενός μεν να στεγανοποιείται αφετέρου σε πεδινές περιοχές να υπάρχουν καθιζήσεις.

Η Αθήνα είναι το πιο αστικό τμήμα της Ελλάδας με 4 εκατομμύρια κατοίκους. Αυτή η περιοχή υπέστη τις περισσότερες ζημιές από πλημμύρες στην Ελλάδα τα τελευταία 100 χρόνια. Σημαντικοί λόγοι για πλημμύρες σε αυτήν την περιοχή είναι ανθρωπογενείς, με ρέματα που μετατρέπονται σε δρόμους, κτίρια που κατασκευάζονται πάνω από παλιές κοίτες ρεμάτων, χωρίς προτεραιότητα σε έργα προστασίας από πλημμύρες και δίκτυο αποχέτευσης καταιγίδων (το οποίο εξακολουθεί να είναι πρωτόγονο). Η πλημμύρα της 21-22 Οκτωβρίου 1994 ήταν μια από τις πιο σοβαρές πλημμύρες των τελευταίων 30-40 ετών, με 11 θύματα.

Τα ποσοστά θνησιμότητας από πλημμύρες στην Ελλάδα παραμένουν χαμηλότερα σε σχέση με άλλες χώρες της Ευρώπης και της Ανατολικής Μεσογείου, ωστόσο υπάρχει μια αρκετά ισχυρή ανοδική τάση και στην Ελλάδα, τόσο στους ετήσιους θανάτους, όσο και στο πλήθος των θανάτων ανά περιστατικό πλημμύρας (Γράφημα 1.3, 1.4) .

Γράφημα 1.3 Χρονική κατανομή των πλημμυρών μεταξύ 1881 και 2010 (Διακάκης κ.α., 2012)**Γράφημα 1.4** Χρονική κατανομή των ατυχημάτων από τις πλημμύρες μεταξύ 1881 και 2010 (Διακάκης κ.α., 2012)

Αντίθετα, σε άλλες χώρες αυξάνεται μεν σταδιακά ο αριθμός των περιστατικών, αλλά τείνει να μειώνεται ο αριθμός των θυμάτων ανά πλημμύρα. Αυτό προκύπτει από μια νέα διεθνή επιστημονική έρευνα με τη συμμετοχή επιστημόνων του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΙΕΠΒΑ/ΕΑΑ).

Στο χώρο της Μεσογείου καταγράφονται ιδιαίτερες συνθήκες στο καθεστώς των πλημμυρών δεδομένης της επίδρασης του κλίματος, των ιδιαίτερων γεωλογικών, γεωμορφολογικών και κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών της περιοχής. Οι περισσότερες υδρολογικές λεκάνες των παραλίων της Μεσογείου είναι επιδεκτικές σε αιφνίδιες πλημμύρες (flashfloods) οι οποίες αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά καταστροφικά φαινόμενα στην περιοχή και στον Ελληνικό χώρο (Ανδρεαδάκης, Φουντούλης, 2007).

Η χαρτογράφηση των παραγόντων που συμμετέχουν στην εκδήλωση ενός πλημμυρικού φαινομένου είναι μία πρώτη ενέργεια για τη μείωση του κινδύνου. Στη συνέχεια, η επεξεργασία όλων των δεδομένων μέσω ενός ηλεκτρονικού συστήματος διαχείρισης γεωγραφικών πληροφοριών θα υποδείξει τις επικίνδυνες περιοχές στα πλαίσια εφαρμογής ενός σχεδίου χρήσης γης.

1.2.2.5. Προληπτικά, ρυθμιστικά μέτρα, σχεδιασμός και διαχείριση πλημμυρικού κινδύνου σε αστικές περιοχές

Η διαχείριση των καταστροφών περιλαμβάνει διάφορα στάδια όπως είναι, η εκτίμηση, η κατάλληλη απόκριση και η αποκατάσταση (Σχήμα 1.2) . Πιο συγκεκριμένα :

1. Σχεδιασμός, πρόληψη και προετοιμασία πριν την καταστροφή (π.χ. κατασκευή έργων, τυποποίηση χρήσεων γης, κατάρτιση σχεδίων εκκένωσης, ενημέρωση πολιτών κ.α.)
2. Απόκριση (π.χ. άμεση αντίδραση των πολιτών και παροχή βοήθειας στους πληγέντες)
3. Αποκατάσταση, Ανακατασκευή (π.χ. παροχή προμηθειών, επανακατοίκηση περιοχής, έργα αποκατάστασης)



Σχήμα 1.2 Στάδια Διαχείρισης Καταστροφών

Με τον όρο πρόληψη νοείται η ολοκληρωτική αποφυγή μιας καταστροφής που μπορεί να προκληθεί από επικίνδυνα φαινόμενα ή συμβάντα. Η πρόληψη βασίζεται στη μείωση της πιθανότητας να προκληθούν επιπτώσεις από ένα εν δυνάμει καταστροφικό συμβάν ή διαδικασία. Συνίσταται στην υλοποίηση δράσεων πριν την καταστροφή προκειμένου να μειωθούν σημαντικά οι επιπτώσεις των κινδύνων, ώστε να παραμείνουν σε επίπεδα που η κοινωνία μπορεί να διαχειριστεί με ίδια μέσα και χωρίς έξωθεν βοήθεια.

Για τη διαχείριση της πλημμυρικής διακινδύνευσης αξιοποιείται ένα μεγάλο σύνολο συνδυασμένων μέτρων σε επίπεδο πρόληψης, διαχείρισης έκτακτης ανάγκης και αποκατάστασης . Ακρογωνιαίο λίθο

της προστασίας από πλημμύρες αποτελεί η πρόληψη. Η γενική στρατηγική πρόληψης πλημμυρών βασίζεται σε τρεις λέξεις-κλειδιά: κατακράτηση, αποθήκευση και αποστράγγιση.

Ο σχεδιασμός διαχείρισης κινδύνου πλημμύρας αξιοποιεί ένα σύνολο συμπληρωματικών δράσεων και αναλυτικότερα:

■ Εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας και χαρτογράφηση της πλημμυρικής λεκάνης.

Απαιτείται να υπολογιστεί η πιθανότητα να συμβεί ένα ακραίο συμβάν και να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις που αυτό θα έχει. Τα στοιχεία παρουσιάζονται κατάλληλα σε χάρτες. Για να χαρτογραφηθεί η περιοχή, που αναμένεται να πλημμυρίσει, χρειάζεται να επιλεγεί, κατ' αρχήν, μια πλημμύρα «σχεδιασμού» που αντιστοιχεί π.χ. σε περίοδο επανάληψης 100, 50 ή 25 χρόνια. Το μέγεθος αυτό είναι στατιστικό και εκφράζει το αποδεκτό επίπεδο κινδύνου. Είναι φανερό ότι ο σχεδιασμός για πλημμύρα 100 ετών αντιστοιχεί σε υψηλότερο επίπεδο ασφάλειας από αυτόν των 25 ετών.

Με την χαρτογράφηση των περιοχών πλημμυρικής επικινδυνότητας, αποθηκεύουμε πληροφορίες για την λεκάνη κατάκλισης και τις χρησιμοποιούμε για τον σχεδιασμό χρήσης γης. Η χαρτογράφηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με την χρησιμοποίηση των αεροφωτογραφιών που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια των πλημμυρών ή μπορούν να υπολογιστούν από την υψηλή στάθμη του νερού και από τις αποθέσεις των πλημμυρών στην λεκάνη κατάκλισης, που μετρήθηκαν στην ύπαιθρο μετά την υποχώρηση του νερού.

Για την εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας σημαντικό ρόλο παίζει η μελέτη των εδαφών και της βλάστησης της υπό μελέτης περιοχής. Τα εδάφη στις λεκάνες κατάκλισης είναι συνήθως διαφορετικά από τα εδάφη στα ανάντη, και συγκεκριμένα εδάφη μπορούν να συσχετιστούν με πλημμύρα γνωστής συχνότητας. Ο τύπος της βλάστησης διευκολύνει την εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας, καθώς υπάρχει μία ζώνωση της βλάστησης στις ποτάμιες κοιλάδες, που μπορεί να συσχετιστεί με ζώνες πλημμύρας. Κάποιοι τύποι δέντρων με ρηχές ρίζες απαιτούν άφθονη τροφοδοσία νερού και επωφελούνται από συχνή κατάκλιση. Συνήθως, τα δέντρα αυτά βρίσκονται δίπλα στις όχθες ρεμάτων, τα οποία πλημμυρίζουν. Άλλα είδη δέντρων περιορίζονται σε καλής αποστράγγισης εδάφη, χωρίς συχνές ή παρατεταμένες πλημμύρες. Η χρήση της βλάστησης, μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες μεθόδους εκτίμησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας όπως, δεδομένα από δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες, ιστορικές καταγραφές και στοιχεία της λεκάνης κατάκλισης.

■ Διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας στην πλημμυρική λεκάνη

Κατασκευαστικά Έργα με στόχο να εμποδίσουν το νερό να φτάσει σε μια περιοχή. Τα έργα αυτά απαιτούν τη διάθεση σημαντικών οικονομικών πόρων και μελετώνται για πλημμύρα συγκεκριμένων χαρακτηριστικών και δεν παρέχουν πλήρη προστασία έναντι οποιασδήποτε πλημμύρας:

- Διευθέτηση ρεμάτων
- Διαμόρφωση της λεκάνης κατάκλισης για την αντιμετώπιση μιας πλημμύρας έτσι ώστε να καταστεί όσο το δυνατόν πιο ωφέλιμη η χρήση της.
- Φυσικά εμπόδια στην υψηλή στάθμη του νερού με την κατασκευή αναχωμάτων και τοίχων.
- Δεξαμενές για αποθήκευση νερού και απελευθέρωσή του με ασφαλείς ρυθμούς.
- Συστήματα επί τόπου κράτησης του νερού των καταϊγίδων ή δημιουργία λεκανών συγκράτησης.

- Γρήγορη απομάκρυνση του νερού διαμορφώνοντας την κοίτη, δηλαδή το μέγεθός της.
- Έργα διοχέτευσης των νερών της πλημμύρας στις γύρω περιοχές.
- Κατασκευή γεφυρών και οδών διαφυγής σε περίπτωση πλημμύρας

Μη Κατασκευαστικά Μέτρα που είναι κυρίως δράσεις που στοχεύουν σε πιο κατάλληλη χρήση και διαχείριση της γης, ώστε να μετριαστεί ο κίνδυνος πλημμύρας:

- Φύτευση των παραποτάμιων πρανών, προκειμένου να βελτιωθεί η ικανότητα συγκράτησης του νερού των βροχοπτώσεων
- Παροχή αποζημιώσεων και κινήτρων για τη μετεγκατάσταση νοικοκυριών και επιχειρήσεων από περιοχές μεγάλης πλημμυρικής επικινδυνότητας σε ασφαλέστερες θέσεις.
- Ευαισθητοποίηση και ενημέρωση του πληθυσμού σε θέματα προστασίας από πλημμύρες.

■ Σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης και ετοιμότητα.

Η διαχείριση της έκτακτης κατάστασης αποτελεί κρίσιμο στοιχείο μετά την πλημμύρα. Η απόκριση σε μια προειδοποίηση πρέπει να είναι άμεση και καθολική. Όταν οι τοπικές δυνατότητες δεν επαρκούν, χρειάζεται να υπάρχει ήδη ένας μηχανισμός, ώστε να αξιοποιηθούν έξωθεν δυνάμεις από τα άλλα διοικητικά επίπεδα ή ακόμη και από το εξωτερικό. Κλειδιά για την αποτελεσματική απόκριση αποτελούν ο προηγούμενος σχεδιασμός, η ικανότητα γρήγορης κινητοποίησης επαρκών πόρων και δυναμικού, και οι περιοδικές ασκήσεις, ώστε να επισημαίνονται αδυναμίες και προβλήματα.

■ Συστήματα πρόγνωσης και προειδοποίησης.

Τα συστήματα πρόγνωσης και προειδοποίησης στοχεύουν σε έγκαιρη και ακριβή πρόβλεψη της πλημμύρας, που να επιτρέπει τη λήψη μιας σειράς μέτρων προστασίας. Για να έχουν τα επιθυμητά αποτελέσματα πρέπει να συνδυάζονται αποτελεσματικά τρία στοιχεία: πρόγνωση, προειδοποίηση, διαχείριση της έκτακτης κατάστασης. Η επικοινωνία συνιστά κομβικό παράγοντα επιτυχίας.

1.2.2.6. Οδηγία για τις πλημμύρες

Η Ευρωπαϊκή Ένωση για να ανταποκριθεί στην αυξανόμενη συχνότητα των πλημμυρών ενέκρινε το 2007 την Οδηγία 2007/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, που τέθηκε σε ισχύ στις 26 Νοεμβρίου 2007.

Η Οδηγία αυτή συμπληρώνει την Οδηγία πλαισίου για τα νερά 2000/60/ΕΚ, όσον αφορά στη διαχείριση του πλημμυρικού κινδύνου. Ο βασικός στόχος της οδηγίας 2007/60/ΕΚ είναι να βοηθήσει τα Κράτη Μέλη στην πρόληψη, τον περιορισμό και την αντιμετώπιση των πλημμυρών. Με την Οδηγία δημιουργείται το ευρωπαϊκό πλαίσιο για τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, το οποίο επεκτείνει και συντονίζεται στενά με την Οδηγία Πλαίσιο (2000/60/ΕΚ) για τα νερά. Η νέα Οδηγία προβλέπει στο πλαίσιο μιας προσέγγισης μακροπρόθεσμου σχεδιασμού, μια διαδικασία διαχείρισης του κινδύνου πλημμυρών, η οποία υλοποιείται σε τρία στάδια (Γιαννόπουλος κ.α., 2008).

Σύμφωνα με το Κεφάλαιο II της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ, το πρώτο στάδιο είναι μια προκαταρκτική αξιολόγηση των κινδύνων πλημμύρας στις λεκάνες απορροής ποταμών και στις αντίστοιχες παράκτιες ζώνες και προσδιορισμός των περιοχών όπου υπάρχουν δυνητικά σοβαροί κίνδυνοι πλημμύρας (Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου). Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει χάρτες των περιοχών σε κατάλληλη κλίμακα, με απεικόνιση ορίων των λεκανών και των υπολεκανών απορροής ποταμών, αλλά και περιγραφή των τοπογραφικών χαρακτηριστικών και των χρήσεων γης. Γίνεται περιγραφή

των πλημμυρών, οι οποίες είχαν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στις ανθρώπινες ζωές, στις οικονομικές δραστηριότητες και στο περιβάλλον.

Το δεύτερο στάδιο (Κεφάλαιο III, Οδηγία 2007/60/ΕΚ) περιλαμβάνει την εκπόνηση χαρτών κινδύνου πλημμύρας και χαρτών επικινδυνότητας σε κατάλληλη κλίμακά για περιοχές (λεκάνες) που μπορεί να πλημμυρίσουν σύμφωνα με τα σενάρια χαμηλής, μέσης ή υψηλής πιθανότητας. Για κάθε σενάριο υπολογίζεται η έκταση που κατακλύζεται, το βάθος νερού και αναλόγως η ταχύτητα ή η παροχή υδάτων. Οι χάρτες επικινδυνότητας περιγράφουν τις δυνητικές αρνητικές συνέπειες για κάθε σενάριο πλημμύρας, όπως ο αριθμός κατοίκων που ενδέχεται να πληγούν, ο τύπος οικονομικής δραστηριότητας στην περιοχή, οι εγκαταστάσεις και οι πηγές ρύπανσης.

Στο τρίτο στάδιο (Κεφάλαιο IV, Οδηγία 2007/60/ΕΚ), τα κράτη μέλη πρέπει να εκπονήσουν συντονισμένα σχέδια διαχείρισης της επικινδυνότητας. Τα σχέδια αυτά περιλαμβάνουν μέτρα μείωσης της πιθανότητας πλημμύρας και των συνεπειών της με απαγορεύσεις σε μη αιεφόρες πρακτικές ως προς τις χρήσεις γης. Επίσης, θα πρέπει να προβλέπουν τρόπους θωράκισης των περιοχών από το ενδεχόμενο πλημμύρας και μείωσης των δυνητικών επιπτώσεων, αλλά και την προετοιμασία του πληθυσμού για το ενδεχόμενο πλημμύρας. Τέλος, οι εκτιμήσεις επικινδυνότητας για πλημμυρικά φαινόμενα θα επανεξετάζονται και θα αναπροσαρμόζονται αναλόγως των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής καθώς και της έντασης και της συχνότητας των πλημμυρικών φαινομένων μακροπρόθεσμα (Κουγιουμτζίδου Κ., 2011).

1.2.2.7. Εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ στην Ελλάδα

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ) και την ειδική Γραμματεία Υδάτων στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ στην Ελλάδα έχουν ολοκληρωθεί οι ακόλουθες δράσεις:

- Ολοκληρώθηκε και υποβλήθηκε στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) η Έκθεση Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας (Μάρτιος 2012).
- Ολοκληρώθηκε ο Προσδιορισμός των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας στα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας και υποβλήθηκε στην Ε.Ε. επικαιροποίηση της Έκθεσης Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας (Νοέμβριος 2012).
- Επικαιροποιήθηκε η Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας για τη λεκάνη απορροής του π. Έβρου (Νοέμβριος 2014).
- Ολοκληρώθηκαν και υποβλήθηκαν στην Ε.Ε. οι Χάρτες Επικινδυνότητας και Κινδύνων Πλημμύρας για τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της Χώρας (Μάρτιος 2017)
- Ολοκληρώθηκαν, εγκρίθηκαν από την Εθνική Επιτροπή Υδάτων και υποβλήθηκαν στην Ε.Ε. τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας όλων των Υδατικών Διαμερισμάτων της χώρας μεταξύ των οποίων και ένα ειδικό Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας για τη λεκάνη απορροής του π. Έβρου (Ιούλιος 2018), που περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας, των Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας, των Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας και τα Προγράμματα Μέτρων για την αντιμετώπιση των Κινδύνων Πλημμύρας.

1.2.2.8. Βασικό Εθνικό Πλαίσιο Διαχείρισης Υδάτων

Η Οδηγία - Πλαίσιο και το Εθνικό θεσμικό πλαίσιο για την προστασία και τη διαχείριση των υδάτων, αποτελούν το θεσμικό εργαλείο για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της:

1. Ανεπάρκειας νερού
2. Περιβαλλοντικής υποβάθμισης
3. Πολυδιάσπασης αρμοδιοτήτων εποπτείας χρήσεων νερού σε διάφορες Υπηρεσίες

Το Εθνικό θεσμικό πλαίσιο για την προστασία και τη διαχείριση των υδάτων:

- Ν.3199/2003/ΦΕΚ 280 Α/9-12-2003

«Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000»

- ΠΔ 51/2007/ΦΕΚ 54Β/8-3-2007

«Καθορισμός μέτρων και διαδικασία για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60».

- ΚΥΑ 146896/2014/ΦΕΚ 2878/27-10-2014

«Κατηγορίες αδειών χρήσης και εκτέλεσης έργων αξιοποίησης των υδάτων. Διαδικασία και όροι έκδοσης των αδειών, περιεχόμενο και διάρκεια ισχύος τους και άλλες συναφείς διατάξεις» (αντικατέστησε την ΚΥΑ 43504/ΦΕΚ 1784 Β/20-12-2005).

- ΚΥΑ 39626/ΦΕΚ 2075/25-9-2009

«Καθορισμός μέτρων για την προστασία των υπόγειων νερών από την ρύπανση και την υποβάθμιση σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2006/118/ΕΚ».

- ΚΥΑ 51354/ΦΕΚ 1909Β/8-12-2010

«Καθορισμός προτύπων ποιότητας περιβάλλοντος για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/105/ΕΚ».

- ΚΥΑ 140384/ΦΕΚ 2017Β/9-9-2011

Ορισμός Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων με καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των φορέων που υποχρεούνται στην λειτουργία τους, κατά το άρθρο 4, παράγραφος 4 του Ν. 3199/2003 (Α' 280).

Οι βασικές επιδιώξεις του θεσμικού πλαισίου διαχείρισης των υδάτων είναι να προβλέπει μετρήσεις της ποιότητας, της ποσότητας και της οικολογικής κατάστασης των υδάτων, με βάση τις οποίες αξιολογεί την κατάσταση των υδατικών συστημάτων ώστε να καθοριστούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας και αναβάθμισής τους στα πλαίσια των σχεδίων διαχείρισης για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, με σκοπό την επίτευξη της καλής κατάστασης των υδατικών συστημάτων και τη διασφάλιση της βιωσιμότητάς τους.

1.3 Η ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ένα τεράστιο ενδιαφέρον στην εφαρμογή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στον τρόπο διαχείρισης και προστασίας του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος. Το αυξημένο ενδιαφέρον, σε μεγάλο βαθμό, είναι η απάντηση στην αυξανόμενη ευαισθησία του κοινού για την ποιότητα και τη προστασία του περιβάλλοντος. Η τεχνολογία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών έχει την ικανότητα να συλλαμβάνει, να αποθηκεύει, να επεξεργάζεται, να αναλύει και να οπτικοποιεί τα διαφορετικά σύνολα δεδομένων με γεωγραφική αναφορά. Τα δορυφορικά συστήματα απεικόνισης υψηλής χωρικής και φασματικής διακριτικής ανάλυσης, σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη χρήση Συστημάτων Παγκόσμιας Πλοήγησης και Εντοπισμού (G.P.S.) υψηλής ακρίβειας και τα βελτιωμένα συστήματα επεξεργασίας ψηφιακών εικόνων, προσφέρουν μεγάλες δυνατότητες στο έργο της απογραφής όλων εκείνων των στοιχείων, φαινομένων και γεγονότων που συγκροτούν το φυσικό και κοινωνικοοικονομικό χώρο μιας περιοχής. Ο συνδυασμός των παραπάνω πληροφοριών με άλλες βάσεις δεδομένων που προέρχονται από επίγειους ελέγχους, περιβαλλοντικές πληροφορίες και κοινωνικοοικονομικά μοντέλα προσφέρει πολύτιμα αποτελέσματα όσον αφορά τις χρήσεις γης, το σχεδιασμό του χώρου, την έρευνα και την προστασία του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου εμφανίζονται σε μεγάλη έκταση ομοιόμορφα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) συνδυάζουν τις πληροφορίες από τις δορυφορικές μετρήσεις και τους επίγειους ελέγχους, καθώς και τις υπόλοιπες χωρικά ενταγμένες πληροφορίες με σκοπό την απόκτηση ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών μιας περιοχής και με απώτερο στόχο τον μελλοντικό περιβαλλοντικό σχεδιασμό αυτής. Οι πληροφορίες αυτές αποδίδουν με ένα πλήρη, ακριβή, διαρκή και αξιόπιστο τρόπο την υφιστάμενη κατάσταση και την εξέλιξη της περιοχής με την πάροδο του χρόνου, καθώς και τις δυνατότητες και τους αντικειμενικούς περιορισμούς που παρουσιάζει ως προς την ανάπτυξή της.

Σκοπός των Γ.Σ.Π. είναι να διαχειρίζονται ένα μεγάλο όγκο δεδομένων, όπως είναι οι φυσικές, χημικές, βιολογικές, περιβαλλοντικές, πολιτιστικές, δημογραφικές, οικονομικές και χωροταξικές πληροφορίες μιας περιοχής. Συνεπώς, αποτελούν το καταλληλότερο και πολυτιμότερο μεθοδολογικό εργαλείο στην επίλυση των ποικίλων χωρικών προβλημάτων που αφορούν μια σειρά επιστημών, οι οποίες σχετίζονται με τα παραπάνω δεδομένα, όπως η Γεωλογία, η Κοινωνιολογία, η Τοπογραφία, η Χαρτογραφία, η Χωροταξία και Πολεοδομία, οι Ιατρικές επιστήμες, η Γεωγραφία, η Υδρολογία, αλλά και γενικότερα κάθε λογής επιστήμη, στην οποία η έννοια του «χωρικού στοιχείου» ή καλύτερα του «γεωγραφικού χώρου» συσχετίζεται άμεσα ή έμμεσα με αυτήν. Οι χρήστες τους έχουν πρόσβαση στις απαραίτητες πληροφορίες, προκειμένου να διαμορφώσουν τα κατάλληλα σενάρια για την επίλυση ενός προβλήματος, τα αποτελέσματα του οποίου θα έχουν τη δυνατότητα να τα αναπαραστήσουν με τη βοήθεια χαρτών. Αποτελούν ένα σημαντικότατο μηχανισμό για την παρακολούθηση και επίλυση χωρικών ζητημάτων μέσω της οργάνωσης, της διαχείρισης και του μετασχηματισμού μεγάλου όγκου στοιχείων κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η πληροφορία να είναι προσιτή προς όλους τους χρήστες.

Είναι ευρέως γνωστό ότι για να επιτευχθεί η προστασία του περιβάλλοντος, απαιτείται η απόκτηση στοιχείων σε πραγματικό χρόνο, καθώς και η εξαγωγή πληροφοριών σε μορφή, η οποία θα είναι κατανοητή και άμεσα επεξεργάσιμη από το χρήστη. Έτσι λοιπόν η Τηλεπισκόπηση και τα Γ.Σ.Π. αποτελούν δύο βασικά εργαλεία για την πραγματοποίηση των στόχων αυτών, καθώς και για τη

διερεύνηση νέων μεθόδων και τεχνικών παρακολούθησης του περιβάλλοντος, καθώς στηρίζονται στην ανάλυση και επεξεργασία δορυφορικών και επίγειων χωρικών δεδομένων. Συμπερασματικά με την χρήση της Τηλεπισκόπησης και των Γ.Σ.Π επιτυγχάνουμε:

1. Ευκολότερη προσέγγιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων μιας περιοχής, ιδίως εκείνων που η προσπελασιμότητά τους καθίσταται δύσκολη, ώστε να επιτευχθούν οι απαραίτητοι επίγειοι έλεγχοι.
2. Σύγκριση δεδομένων μεταξύ διαφορετικών περιοχών.
3. Ταυτοποίηση και διαφοροποίηση των φυσιογραφικών στοιχείων μιας περιοχής.
4. Μελέτη των δυναμικών φαινομένων, μέσω της δυνατότητας λήψεων από τους δορυφόρους, προκειμένου να πραγματοποιούνται διαχρονικές συγκρίσεις και να καταγράφονται φαινόμενα σε συνεχή βάση.
5. Λήψη εικόνων από πολλές ζώνες, προκειμένου να ανιχνευθούν όλες οι διαφορές μεταξύ των βιοφυσικών στοιχείων.
6. Οι καλύψεις γης και οι σταδιακές μεταβολές τους.
7. Καταγραφή της περιεχόμενης υγρασίας στο έδαφος και στη βλάστηση.
8. Καταγραφή των δασών.
9. Η περιεκτικότητα και η κίνηση των υδάτινων μαζών.
10. Η επιφανειακή τραχύτητα του εδάφους.
11. Οι θερμικές ανωμαλίες των εδαφών, των υδάτινων μαζών και των φυσικών αποδεκτών.
12. Οι συνέπειες μιας δασικής πυρκαγιάς.
13. Η σχέση και η αλληλεπίδραση της ξηράς και της θάλασσας με την ακτογραμμή.
14. Η υποβάθμιση των εδαφών και κυρίως η διάβρωση, η αποσάθρωση και οι αποθέσεις.
15. Η απόρριψη ρυπαντών στους υδάτινους αποδέκτες, όπως τα βιολογικά απόβλητα και οι πετρελαιοκηλίδες.
16. Οι συνέπειες μιας φυσικής καταστροφής, όπως η έκρηξη ενός ηφαιστείου, ένας σεισμός, μια πλημμύρα ή μια ξηρασία.
17. Η διαφορετική περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε σωματία, αέρια κτλ. (Συλλαίος Ν., 2000).

Η φωτοερμηνευτική - τηλεπισκοπική μεθοδολογία δίνει τη δυνατότητα στον άνθρωπο να διαμορφώσει ή ακόμη και να αναπτύξει την περιβαλλοντική του παιδεία, καθώς και να εξοικειωθεί με τα προβλήματα του περιβάλλοντος και τις πολιτικές προσαρτήσεις του (Τάτσης, 2007).

1.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η έντονη αστικοποίηση σε συνδυασμό με την καταπάτηση των πεδιάδων κατάκλυσης και την αλλοίωση των χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής, συνεπάγεται επιπτώσεις τόσο στον άνθρωπο

όσο και επί των ιδιοκτησιών του. Η έγκαιρη ενημέρωση και προειδοποίηση, η παρουσία μοντέλων πρόβλεψης βροχόπτωσης και απορροής, με μια πολιτική σχεδιασμού χρήσεων γης, μπορούν να οδηγήσουν σε συνθήκες αυξημένης ετοιμότητας και απόκρισης. Η άμεση αποτύπωση των εκτάσεων που κατακλύζονται, μπορούν να συνδράμουν στην αποτίμηση των απωλειών και στην γνωστοποίηση και χαρτογράφηση περιοχών υψηλού κινδύνου λόγω του γεγονότος επαναφοράς τέτοιων ακραίων επεισοδίων με σχετικά γνωστές αντίστοιχες περιόδους. Έτσι λοιπόν, σκόπιμο είναι να εξετάζεται η διαχρονική μεταβολή του πλημμυρικού εύρους, ώστε να αποδίδεται αυτή η κατανομή στον χώρο και στον χρόνο, προς την κατεύθυνση, τόσο ειδικά της κατά περίπτωση αποτίμησης της καταστροφής, όσο και του γενικότερου μετριασμού (Μισθος, 2009.)

Με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών εξάγονται θεματικοί χάρτες με τις περιοχές που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη επικινδυνότητα πλημμύρας εξασφαλίζοντας:

- Τεχνικά έργα για την ομαλή ροή του νερού.
- Μοντέλα προσομοίωσης πλημμύρας.
- Χαρτογράφηση των διαδρομών εκκένωσης με τη χρήση εικόνων που έχουν ληφθεί.
- Εάν υπάρχει η δυνατότητα πρόβλεψης καιρού, τότε οι τοπικοί παράγοντες μπορούν να λάβουν τις κατάλληλες αποφάσεις – διαχείριση βάσει των διαθέσιμων χαρτών και τοποθεσιών.

Η χρήση των Γ.Σ.Π μπορεί να βοηθήσει στο σχεδιασμό, τη βαθμονόμηση, την τροποποίηση και τη σύγκριση των δημιουργούντων μοντέλων (Singh et al., 1996).

Δημιουργείται ένα σύστημα Πολλαπλών υποστήριξης Κριτηρίων Ανάλυσης Αποφάσεων (MCDA). Η ΠΚΑΑ είναι ένα ισχυρό εργαλείο για προχωρημένους με σκοπό τον έλεγχο και τη λήψη αποφάσεων. Έτσι, το σύστημα συνδυάζει σε πραγματικό χρόνο, τα διαθέσιμα χωρικά χαρακτηριστικά, με όλες τις άλλες σημαντικές πληροφορίες, που συμβάλουν στην απόφαση για τη λήψη των πιο κατάλληλων μέτρων για την άμεση αντιμετώπιση των αιφνίδιων πλημμυρών.

Κεφάλαιο 2

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Σκοπός του Κεφαλαίου

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, όπως είναι τα οικονομικά, δημογραφικά, γεωγραφικά, γεωλογικά, κλιματολογικά, υδρολογικά και τα είδη της δασικής βλάστησης. Έμφαση δίνεται στις επανειλημμένες πυρκαγιές που έπληξαν το νησί κατά τη διάρκεια των τριάντα τελευταίων χρόνων και που αποτελεί έναν από τους κύριους λόγους εμφάνισης χειμαρρωδών πλημμυρών. Τα περισσότερα βιβλιογραφικά δεδομένα έχουν ληφθεί από τα σχέδια διαχείρισης του Δασαρχείου της Θάσου.

2.2 Γενικά Στοιχεία

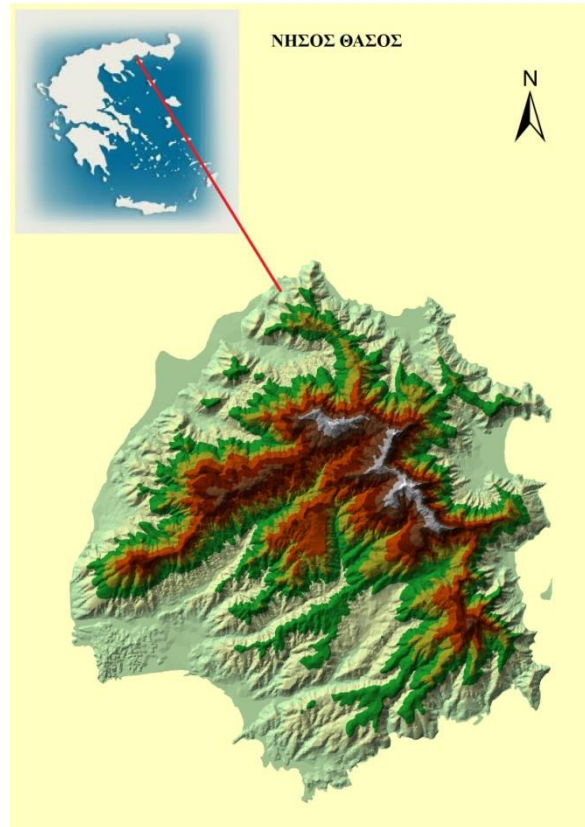
Η περιοχή μελέτης είναι το νησί της Θάσου, που βρίσκεται στη Βόρεια Ελλάδα, απέναντι από τις ακτές της Ανατολικής Μακεδονίας. Διοικητικά η Θάσος υπάγεται στην περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, ενώ εμπεριέχεται, μαζί με τις νησίδες που την περιβάλλουν, στον ομώνυμο δήμο και στην ομώνυμη περιφερειακή ενότητα. Έδρα του νησιού είναι ο Λιμένας. Είναι μία από τις 74 περιφερειακές ενότητες της χώρας και μία από τις έξι της Περιφέρειες Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Συστάθηκε το 2011 με την εφαρμογή του Προγράμματος «Καλλικράτης» και περιλαμβάνει κυρίως τη νήσο Θάσο, αλλά και τη νησίδα Κοίνουρα. Αποτελεί την μοναδική νησιωτική περιφερειακή ενότητα της Μακεδονίας και της Βορείου Ελλάδας γενικότερα. Αρμόδια για τα θέματα της Περιφερειακής Ενότητας Θάσου είναι η Περιφερειακή Ενότητα Καβάλας

2.3 Επισκόπηση Περιοχής Μελέτης

Η Θάσος είναι το βορειότερο ελληνικό νησί και το 12^ο μεγαλύτερο σε έκταση. Η επιφάνεια που καταλαμβάνει είναι 378,84 τετραγωνικά χιλιόμετρα, ενώ η περίμετρος του είναι περίπου 102 χιλιόμετρα. Μια απόσταση δεκαοχτώ ναυτικών μιλίων είναι αυτή που το χωρίζει από την Καβάλα και μόλις έξι ναυτικά μίλια από την Κεραμωτή. Εκτείνεται Ανατολικά από 24°30' έως 24°48' και Βόρεια 40°33' έως 40°49'. Το σχήμα του νησιού είναι σχεδόν στρογγυλό και έχει μήκος από βορρά προς νότο 24 χιλιόμετρα και πλάτος 19 χιλιόμετρα. Στην Θάσο δεν υπάρχουν υδατορέματα μόνιμης ροής, μόνο στο δυτικό τμήμα υπάρχουν κάποια υδατορέματα χειμαρρώδους ροής, όπως ο Διπόταμος, το Πλατανόρεμα, ο Λάκκος Μαριών, κ.α. Το έδαφος είναι ορεινό, αλλά δεν είναι ιδιαίτερα στιβαρό και αυξάνεται σταδιακά από την ακτή προς το κέντρο. Η ψηλότερη κορυφή του είναι το Υψάριο, με υψόμετρο 1.203 m (Εικόνα 2.1).

Η συνεχής αύξηση της οικονομικής ανάπτυξης του νησιού, λόγω του τουρισμού, έχει αλλάξει τον τρόπο ζωής, το πολιτιστικό και το πνευματικό επίπεδο της κοινωνίας. Στο νησί αυτό, δεν παρατηρείται

το φαινόμενο της μετανάστευσης που εμφανίζεται στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια, παρά το γεγονός ότι όλες οι πηγές παραγωγής του νησιού δεν έχουν εκμεταλλευτεί σωστά. Ο συνολικός μόνιμος πληθυσμός είναι 13.770 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2011 (Δελτίο Τύπου, Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2012) (Πίνακας 2.1).



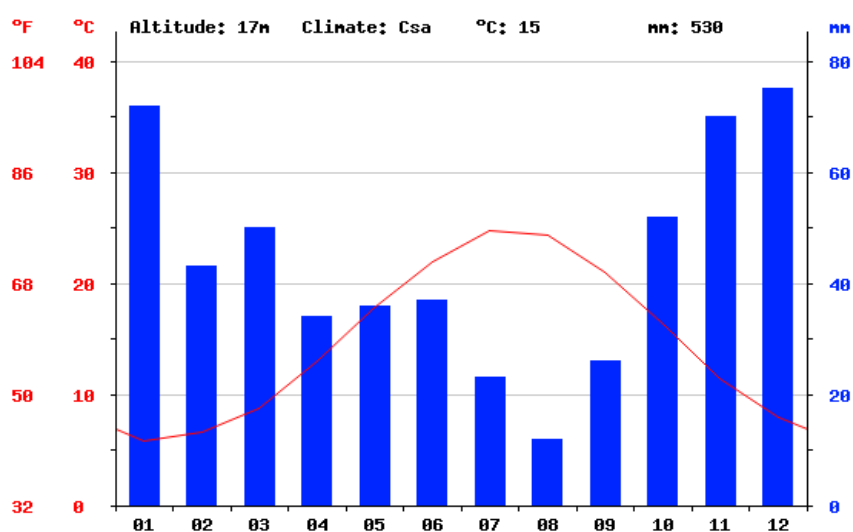
Εικόνα 2.1 Η περιοχή μελέτης: Το νησί της Θάσου στην Ελλάδα

Πίνακας 2.1 Ο συνολικός μόνιμος πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή του 2011 (πηγή: Δελτίο Τύπου, Ελληνική Στατιστική Αρχή, το 2012).

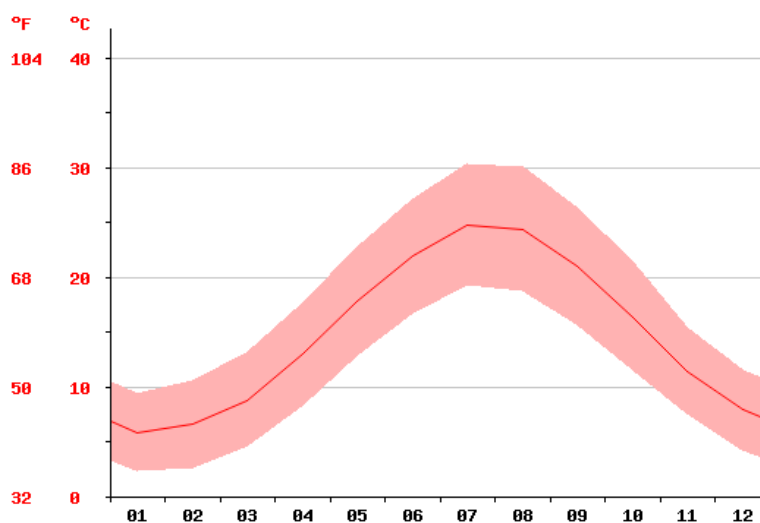
<i>ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ</i>	<i>ΚΑΤΟΙΚΟΙ</i>
Δημοτική Κοινότητα Θάσου	3.240
Δημοτική Κοινότητα Λιμεναρίων	2.480
Δημοτική Κοινότητα Θεολόγου	1.762
Δημοτική Κοινότητα Πρίνου	1.423
Δημοτική Κοινότητα Ποταμιάς	1.384
Δημοτική Κοινότητα Καλλιράχης	1.018
Τοπική Κοινότητα Παναγίας	802
Τοπική Κοινότητα Ραχωνίου	729
Τοπική Κοινότητα Μαριών	537
Τοπική Κοινότητα Σωτήρος	395
Σύνολο	13.770

2.3.1 Κλιματικά - Μετεωρολογικά χαρακτηριστικά

Το κλίμα του νησιού της Θάσου διαφέρει από τα άλλα νησιά του Αιγαίου που μαστίζονται από τους βόρειους ανέμους με μικρές βροχοπτώσεις. Το νησί δέχεται νοτιότερους και σπάνια βόρειους ανέμους ήπιας έντασης, ενώ το βόρειο τμήμα του νησιού, λαμβάνει μια διπλάσια ποσότητα βροχόπτωσης από το νότιο. Χαρακτηρίζεται ως έντονα μεσογειακό, κατά μήκος της παραλιακής γραμμής και ως ήπιο μεσογειακό, στην ενδοχώρα. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι περίπου 15.8°C και η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι περίπου 770 χιλιοστά (Γράφημα 2.1, 2.2). Ως εκ τούτου, το κλίμα είναι ζεστό και εύκρατο και το χειμώνα υπάρχουν πολύ περισσότερες βροχοπτώσεις στη Θάσο από ότι το καλοκαίρι.



Γράφημα 2.1 Κλιματολογικό Γράφημα της Θάσου. Ο ξηρότερος μήνας είναι ο Αύγουστος με μέσο όρο βροχόπτωσης τα 12 χιλιοστά, ενώ οι περισσότερες βροχοπτώσεις εμφανίζονται το Δεκέμβριο, με μέσο όρο τα 75 χιλιοστά.



Γράφημα 2.2 Γράφημα θερμοκρασίας. Ο θερμότερος μήνας του έτους είναι ο Ιούλιος με μέση θερμοκρασία 24,8 °C ενώ τον Ιανουάριο η μέση θερμοκρασία είναι 5,8 °C και είναι η χαμηλότερη μέση θερμοκρασία όλο το χρόνο.

Η καταγραφή των μετεωρολογικών παραμέτρων είναι εξαιρετικά χρήσιμη για την πρόληψη, τον έλεγχο και την διαχείριση των αιφνίδιων πλημμυρών.

Για τον προσδιορισμό του τοπικού κλίματος και σύμφωνα με τα στοιχεία του Μετεωρολογικού Σταθμού (Μ.Σ.) της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) που λειτούργησε μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990 και βρισκόταν στο χώρο του Δασαρχείου, με υπερθαλάσσιο ύψος σταθμού τα τρία (3) μέτρα και με μικρή απόσταση από τη θάλασσα, παρατηρούμε (Πίνακας 2.2):

1. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα είναι 15,5°C
2. Η μέση θερμοκρασία του αέρα του θερμότερου μήνα είναι 25,8°C
3. Ο μέσος όρος της θερμοκρασίας του αέρα του ψυχρότερου μήνα είναι 6,2° C
4. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι 29,6°C
5. Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα είναι 2,1°C
6. Η μέση θερμοκρασία βλαστικής περιόδου είναι 19,5° C.

Πίνακας 2.2 Κλιματικά δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό της Θάσου για την περίοδο 1975 – 1997 (πηγή: Δασική Υπηρεσία, 2011).

ΜΗΝΕΣ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΜΕΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΜΕΣΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	6,2	9	2,1
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6,7	9,9	2,2
ΜΑΡΤΙΟΣ	9,5	12,7	4,5
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13,8	17,4	8,1
ΜΑΙΟΣ	18,9	22,6	12,3
ΙΟΥΝΙΟΣ	23,5	27,2	16,5
ΙΟΥΛΙΟΣ	25,8	29,6	18,8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	25,2	29,3	18,6
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	21,3	25,7	15,3
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	16,3	20	11,3
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	11,2	14,1	6,9
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7,7	10,3	3,6

Σύμφωνα με το Ομβροθερμικό Διάγραμμα για την περίοδο 1975 – 1997, παρατηρούμε τα εξής (Γράφημα 2.3):

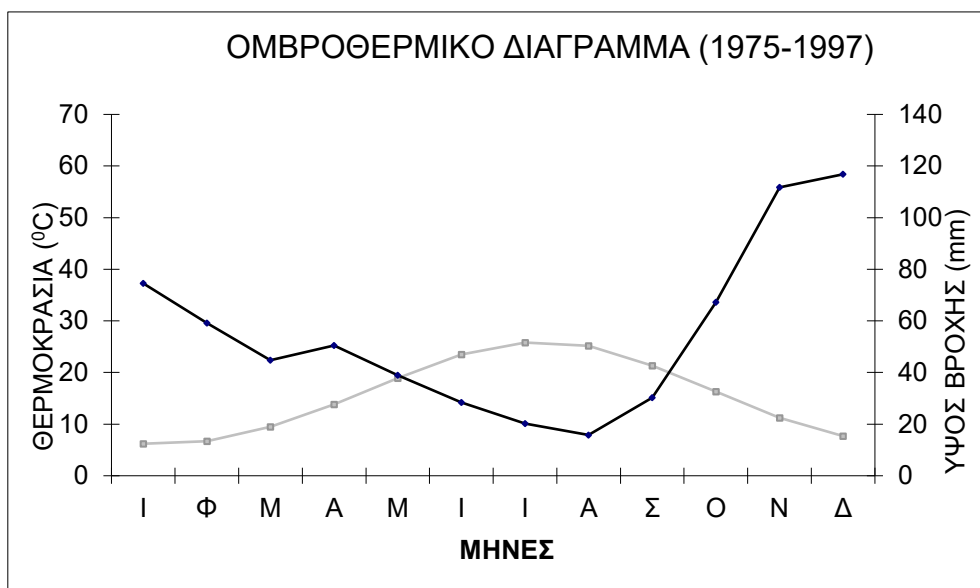
α) Μήνας αιχμής είναι ο Αύγουστος με μέσο ύψος υετού τα 15,8 mm και μέση θερμοκρασία 25,2° C. Οι δυο αυτοί παράμετροι έχουν δυσμενή επίδραση στην αυξητική πορεία των δασοπονικών ειδών και στην εξέλιξη των νεοφύτων.

β) Η περίοδος ανάπτυξης όμβριων υδάτων ανήλθε σε 363,1 χιλιοστά, επαρκή για την κανονική ανάπτυξη των δασικών ειδών και τη δημιουργία πολύξυλων συστάδων. Η άνιση όμως κατανομή

δημιουργεί προβλήματα έλλειψης υγρασίας κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, όπως εμφανίζεται στο κλιματικό διάγραμμα.

γ) Κατά τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Ιανουάριο εμφανίζεται σχεδόν το μισό του συνόλου των κατακρημνισμάτων, το οποίο σχεδόν ολόκληρο χάνεται για τη δασοπονική βλάστηση, λόγω του ότι το έδαφος είναι ήδη κορεσμένο και σχεδόν το ύψος των ριπτόντων κατακρημνισμάτων απορρέει επιφανειακά ή υπόγεια.

δ) Ο αριθμός ημερών του χιονιού είναι μικρός και δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αυξητική πορεία ούτε την βαθιά διήθηση, φέρει όμως πολλές φορές ζημιές στις νέες συστάδες.

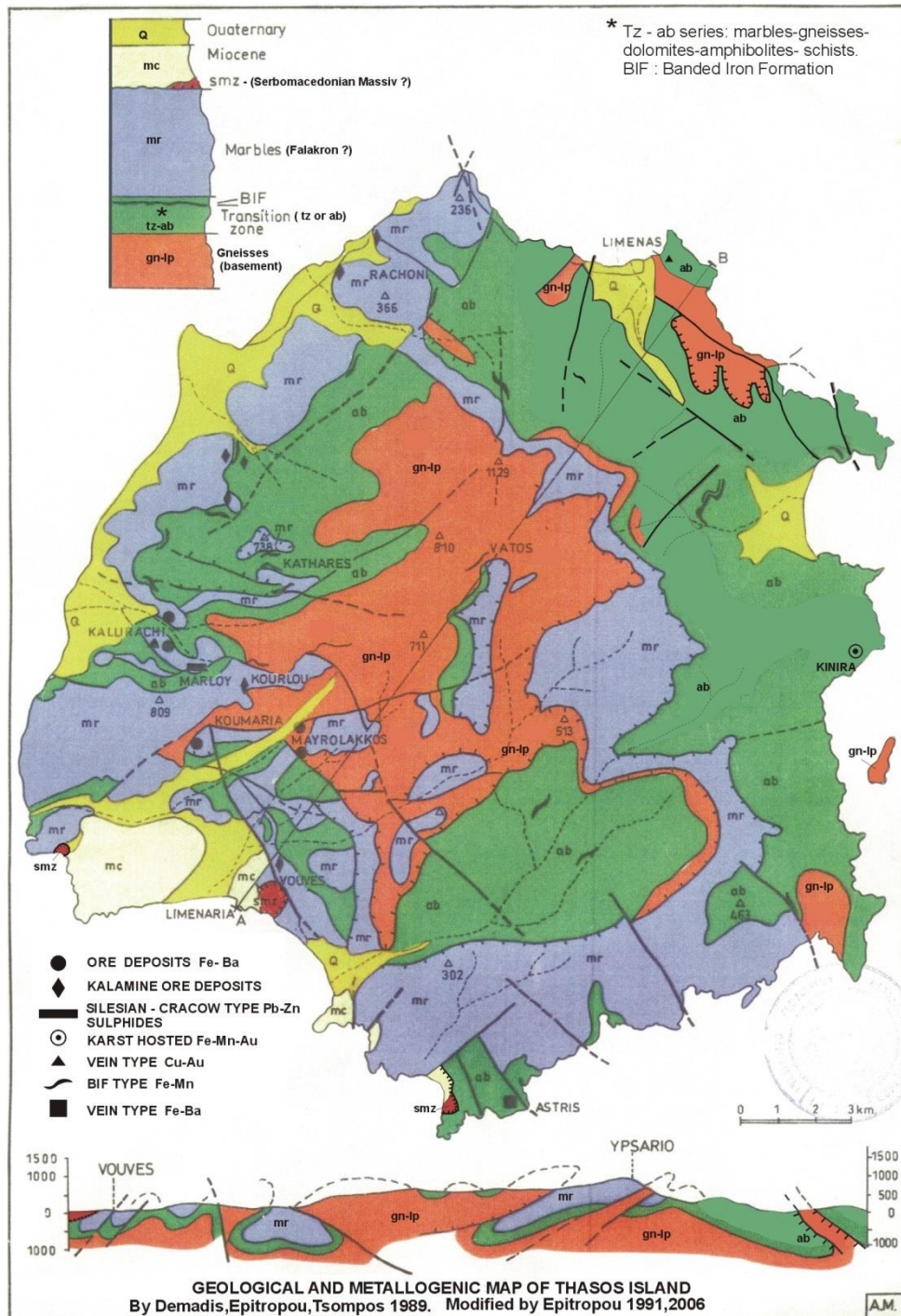


Γράφημα 2.3 Ομβροθερμικό Διάγραμμα για την περίοδο 1975-1997 (πηγή: Δασική Υπηρεσία, 2011).

Αν και το κλίμα του νησιού είναι μεσογειακό, από τις τοπογραφικές συνθήκες και την έκθεση του νησιού στον ήλιο σε σχέση με τον ορίζοντα, παρουσιάζονται διαφορές στο τοπικό κλίμα της Βόρειας Θάσου με αυτό της Νότιας Θάσου. Το τοπικό κλίμα της Βόρειας Θάσου εμφανίζει σχετικά υψηλή υγρασία και το μικρόκλίμά είναι κατάλληλο για την αναγέννηση και την ανάπτυξη των δασικών ειδών. Το τοπικό κλίμα της Νότιας Θάσου παρουσιάζει υψηλές θερμοκρασίες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες με ξηροθερμικές συνθήκες με αποτέλεσμα την αβέβαιη φυσική αναγέννηση του δάσους. Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται τον Αύγουστο είναι ο κύριος λόγος για τη συχνή εμφάνιση των πυρκαγιών στη Νότια πλευρά του νησιού.

2.3.2 Γεωλογικές – Εδαφικές Συνθήκες

Το νησί της Θάσου, σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας του Ινστιτούτου Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) είναι ένα μέρος του ορεινού όγκου της Ροδόπης. Σύμφωνα με τη Διαχειριστική Μελέτη του Δασαρχείου της Θάσου, τα πετρώματα που επικρατούν είναι κυρίως τα κρυσταλλοσχιστώδη και εκρηξιγενή πετρώματα της Προπαλαιοζωικής περιόδου και σχηματισμοί του Μεσοζωικού αιώνος, όπως οι μεταμορφωμένοι ασβεστόλιθοι και κατά τόπους νεότερα στρώματα απόθεσης της Νεογενούς, Τριτογενούς και Τεταρτογενούς περιόδου (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.2 Ο γεωλογικός χάρτης της Θάσου, του Ινστιτούτου Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών (Επιτρόπου κ.α., 1989).

Συγκεκριμένα στη Θάσο και ειδικότερα στην ορεινότερη περιοχή που καλύπτει κυρίως η δασική βλάστηση, επικρατούν οι συμπαγείς ημιμεταμορφωμένοι ασβεστόλιθοι και ακολουθούν οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι καθώς και οι από μάρμαρο. Ακολουθούν εμφανιζόμενα κατά μικρούς ή ευρύτερους τόπους τα σχιστολιθικά πετρώματα, τα μαρμαρυγιακά, τα κεραστολιθικά και σπανιότερα δε ο γρανίτης. Χαμηλότερα και στις ηπιότερης κλίσης περιοχές επικρατούν τα νεότερα στρώματα αποθέσεων είτε από λίμνες, είτε από ρηγές θάλασσες προσφάτων γεωλογικών εποχών, από μάργες άμμου και κροκαλοπαγών όλων των υπερκειμένων πετρωμάτων.

Ο σχηματισμός των μαρμάρων εμφανίζεται στο μεγαλύτερο τμήμα του νησιού έντονα ρωγματωμένος και καρστικοποιημένος. Επίσης τα μεταμορφωμένα πετρώματα λόγω έντονης τεκτονικής δραστηριότητας χαρακτηρίζονται από μεγάλο αριθμό διακλάσεων, ρωγματώσεων και άλλων ασυνεχειών. Τα ιζηματογενή πετρώματα βρίσκονται στην περιφέρεια του νησιού και καλύπτουν μικρή έκταση. Το πάχος τους κυμαίνεται από 25m έως περίπου 100m. Τα πετρώματα αυτά διακρίνονται, α) σε νεογενείς σχηματισμούς που αποτελούνται στη βάση τους από λατυποκροκαλοπαγή με μαργαϊκό συνδετικό υλικό και στην οροφή τους από αδρόκοκκους ψαμμίτες και β) σε τεταρτογενείς σχηματισμούς που καταλαμβάνουν τις ευρύτερες κοίτες των χειμάρρων ή την παράκτια ζώνη και αποτελούνται από κροκάλες, λατύπες, άμμους και χαλίκια με εναλλαγές από αργιλικά και ιλυώδη υλικά.

Οι υδρογεωλογικές ενότητες του νησιού κατατάσσονται κυρίως στις εξής σχηματισμούς: (α) μεταμορφωμένα πετρώματα (εκτός τα μάρμαρα), (β) μάρμαρα και (γ) ιζηματογενή πετρώματα (σε λοφώδεις και ημι-ορεινές περιοχές των παράκτιων τμημάτων) (Τζεβελέκης κ.α., 2011).

Το δυναμικό των υπόγειων υδάτων των μεταμορφωμένων πετρωμάτων (εκτός από τα μάρμαρα) είναι μάλλον περιορισμένο, με την πλειοψηφία των υπογείων υδάτων (πηγών) που υπάρχουν σε αυτές τις περιοχές να έχουν παροχή από 8-18 m³/h (Τζεβελέκης κ.α., 2011). Η παροχή των ορεινών πηγών είναι τις περισσότερες φορές περίπου 2m³/h, με ετήσιες διακυμάνσεις που ανταποκρίνονται στην ετήσια βροχόπτωση (Διαμαντής και Τζεβελέκης, 1992). Οι κύριοι αγωγοί του υδροφόρου ορίζοντα του νησιού είναι τα μάρμαρα, στα σημεία που είναι καρστικοποιημένα, εφοδιάζοντας με νερό άριστης ποιότητας και ποσότητα αρκετή για την προμήθεια του τοπικού πληθυσμού (μέσω των υπογείων υδάτων και πηγών) (Τζεβελέκης κ.α., 2011).

Αναπτύσσονται κοκκώδη υδροφόρα συστήματα κυρίως στα παράκτια πεδινά τμήματα, όπου συναντώνται χαλαρές τεταρτογενείς αποθέσεις ποταμοχειμαρρώδους προέλευσης. Η τροφοδοσία τους επιτυγχάνεται κυρίως από τις διηθήσεις των νερών των χειμάρρων κατά την έξοδο τους από την ορεινή ζώνη αλλά και κατά τη διαδρομή τους στην περιοχή των προσχώσεων. Επίσης ένα μικρό τμήμα της τροφοδοσίας τους, εξασφαλίζεται από τα κατεισδύοντα νερά της βροχής και από πλευρικές μεταγγίσεις.

Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (GR12) υπάρχουν τα Καρστικά Υδροφόρα Συστήματα και τα Ρωγματικά υδροφόρα συστήματα. Στο γεωλογικό υπόβαθρο της Θάσου αναπτύσσεται τόσο το καρστικό υδροφόρο σύστημα εντός των σχηματισμών των μαρμάρων ο οποίος εμφανίζεται στο μεγαλύτερο τμήμα του έντονα ρωγματωμένος και καρστικοποιημένος όσο και το Ρωγματικό υδροφόρο σύστημα. Τα ρωγματικά συστήματα αναπτύσσονται σε αρκετές ορεινές περιοχές της Θάσου καθώς δομούνται από μεταμορφωμένα πετρώματα (αμφιβολίτες, αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους και μάρμαρα με ενστρώσεις σχιστόλιθων) ενώ κατά τόπους εντοπίζονται και ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί (ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, άργιλοι, ρυολιθικές – ανδειςτικές - δακτινικές λάβες, τόφφους, τοφφίτες και ανδειςίτες). Μολονότι, τα μεταμορφωμένα και ηφαιστειακά πετρώματα χαρακτηρίζονται από μικρή υδροπερατότητα, αναπτύσσονται ευνοϊκότερες συνθήκες υδροφορίας λόγω της κατά τόπους εμφάνισης μαρμάρων τα οποία έχουν συνήθως μικρό πάχος με μεγάλο βαθμό καρστικοποίησης. Η έντονη τεκτονική καταπόνηση των μεταμορφωμένων πετρωμάτων η οποία εκδηλώνεται με ένα μεγάλο δίκτυο ασυνεχειών και ρωγματώσεων, έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη τοπικά ικανοποιητικής υδροφορίας. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που

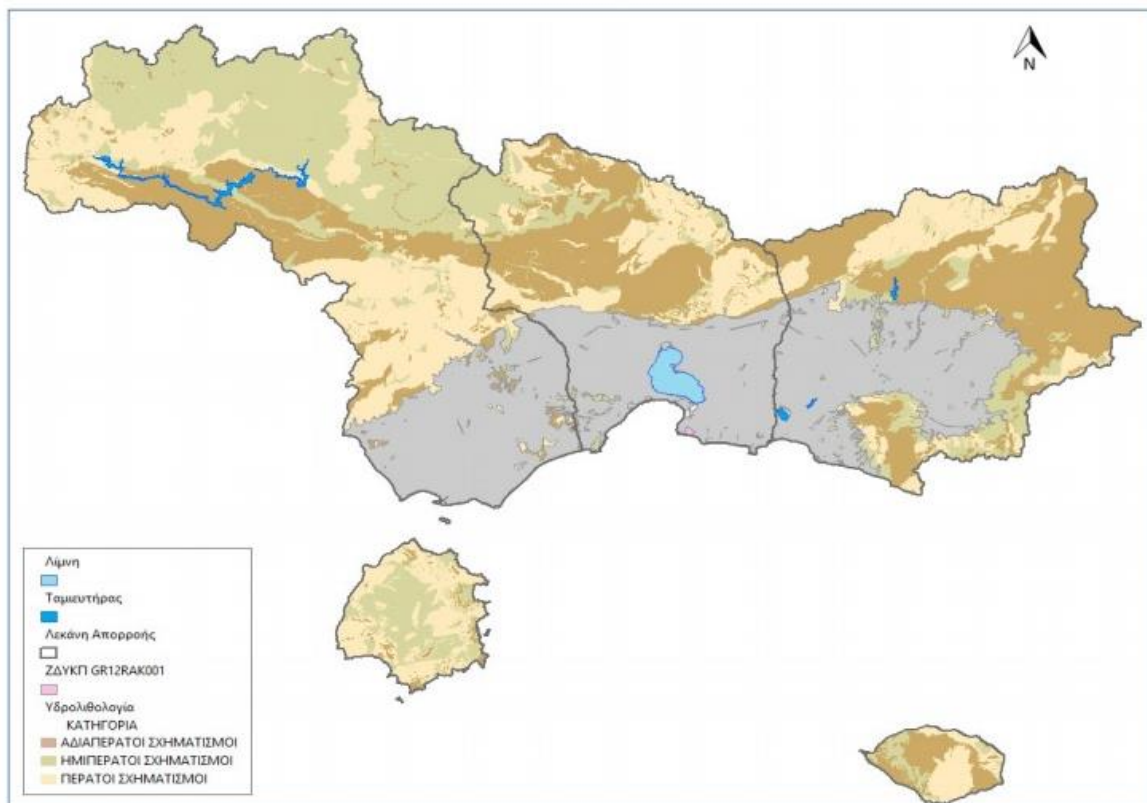
δομούν τις περιοχές του ΥΔ Θράκης σύμφωνα με τα υδρολιθολογικά χαρακτηριστικά τους διακρίνονται σε περατούς, ημιπερατούς και αδιαπέρατους σχηματισμούς.

Στους *περατούς σχηματισμούς* εντάσσονται οι ποτάμιες κυρίως αποθέσεις που απαντώνται κατά μήκος των αξόνων αποστράγγισης των ορεινών περιοχών και παρουσιάζουν μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση και τα σύγχρονα ριπίδια που απαντώνται στα κράσπεδα των πεδινών εκτάσεων υπό μορφή ασύνδετων λατυποκροκαλοπαγών. Γενικά οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται από υψηλό πορώδες, με συντελεστή κατείσδυσης 10-15%.

Στην κατηγορία των *ημιπερατών ρωγματικών σχηματισμών* κατατάσσονται ιζηματογενείς και ηφαιστειακοί ρωγματώδεις σχηματισμοί, μικρής έκτασης ή μέτριας δυναμικότητας. Στην ίδια κατηγορία εντάσσονται τα ρωγματώδη μεταμορφωμένα και πυριγενή πετρώματα της περιοχής, τα οποία καταλαμβάνουν μικρή έκταση και η υδροφορία τους χαρακτηρίζεται από μικρή δυναμικότητα.

Ως *αδιαπέρατοι σχηματισμοί* ταξινομούνται μεταμορφωμένα και πυριγενή πετρώματα. Στην ίδια κατηγορία εντάσσονται τα ηφαιστειακά πετρώματα και οι ηφαιστειοίζηματογενείς σχηματισμοί. Στους σχηματισμούς αυτούς η κατείσδυση των νερών είναι μικρή με αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής απορροής και την ανάπτυξη χειμάρρων οι οποίοι εν συνεχεία στις κατάντη πεδινές περιοχές της λεκάνης διαρρέουν εκτάσεις με τεταρτογενείς αποθέσεις.

Στο παρακάτω Σχήμα 2.1 παρουσιάζεται ο υδρογεωλογικός χάρτης του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (GR12) , κατά το οποίο η Θάσος παρουσιάζει κυρίως περατούς και ημιπερατούς σχηματισμούς.



Σχήμα 2.1 Υδρολιθολογία Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (GR12) (πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας).

Το νησί φημίζεται για τις πολλές πηγές νερού στα δάση, όχι μόνο για την ικανοποιητική παροχή του νερού, αλλά και για την ποιότητα του νερού. Πηγές που βρίσκονται στις περιοχές της ορεινής ζώνης είναι η κύρια πηγή ύδρευσης της Θάσου, ενώ κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, όταν η παροχή τους είναι περιορισμένη λόγω των περιορισμένων βροχοπτώσεων, οι ανάγκες ύδρευσης (κυρίως των παράκτιων οικισμών που είναι ιδιαίτερα τουριστικές) υποστηρίζονται από τις γεωτρήσεις (Τζεβελέκης κ.α., 2011). Και οι δύο πηγές, γεωτρήσεις και πηγές ύδρευσης ανέρχονται στα 25.158 m³ / ημέρα (74% λιγότερο από την παροχή νερού το χειμώνα). Συγκεκριμένα, τον Αύγουστο, τον μήνα της τουριστικής αιχμής, μόνο 4 από τα 10 Δημοτικά Διαμερίσματα, δείχνουν πλεόνασμα νερού. Κατά τη χειμερινή περίοδο, υπάρχει μια υπέρβαση των διαθέσιμων υδάτινων πόρων για όλους τους οικισμούς του νησιού, με ημερήσια τιμή προσφοράς 96.228 m³ (Τζεβελέκης κ.α., 2011).

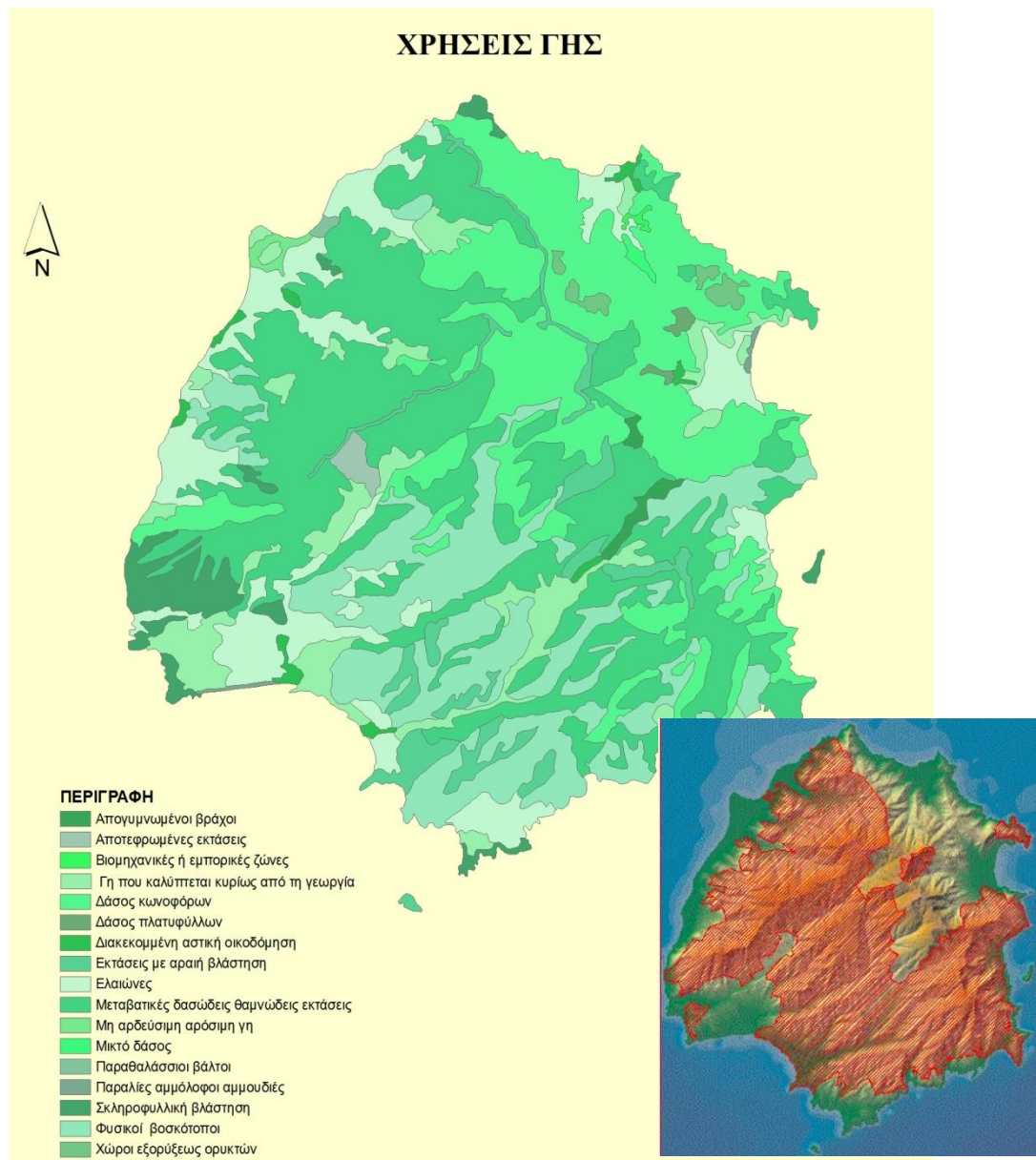
Το έδαφος αυτόχθων, είναι προϊόν αποσάθρωσης των ανωτέρων πετρολογικών διαπλάσεων. Το βάθος του εδάφους κυμαίνεται ευρέως και εξαρτάται από το βασικό υπόστρωμα της τοπογραφικής διαμόρφωσης και του βαθμού φυτοκάλυψης. Γενικώς επικρατούν τα αβαθή και σκελετικά εδάφη, εξ αιτίας των κλίσεων που υπάρχουν και της κατά καιρούς απογύμνωσης των εδαφών από πυρκαγιές και στη συνέχεια απόπλυση και παράσυρση των υλικών του εδάφους προς τα κάτω. Η μηχανική σύσταση του εδάφους, εξαρτώμενη όπως είναι από τον βαθμό αποσάθρωσης των πετρωμάτων και συνισταμένης δράσης των συντελεστών της εδαφογέννεσης, χαρακτηρίζονται σαν αδρομερές.

Δυστυχώς, πολλές απώλειες νερού παρατηρούνται λόγω της έλλειψης υποδομών και την απουσία οποιουδήποτε σχεδίου διαχείρισης για τη χρήση του νερού από τις αρμόδιες αρχές. Η άρδευση των καλλιεργειών ελιάς, η οποία κυριαρχεί στο νησί γίνεται μέσω της λειτουργίας ιδιωτικών και δημοτικών γεωτρήσεων. Πολλές από αυτές δεν είναι αδειοδοτημένες και υπάρχει εκτεταμένο το φαινόμενο της υπεράντλησης, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση γεωτρήσεων άρδευσης εμφανίζεται στις δημοτικές τοπικές κοινότητες Ραχωνίου, Πρίνου, Σωτήρα και Καλλιράχης, όπου λόγω της ιδιαίτερα αυξανόμενης ζήτησης νερού παρουσιάζονται φαινόμενα αύξησης της αγωγιμότητας του νερού και της εισχώρησης του θαλάσσιου ύδατος στον υδροφόρο ορίζοντα. Για την αντιμετώπιση του παραπάνω φαινομένου απαιτείται:

- Η καταγραφή όλων των γεωτρήσεων και η εκπόνηση μελέτης διαχείρισης της άρδευσης
- Η εκπόνηση μελετών για την αντικατάσταση των πεπαλαιωμένων δικτύων
- Η αντικατάσταση της διαδικασίας ποτίσματος με κατάκλυση, με αυτή της χρήσης σταγονιδίων
- Η δημιουργία έργων αποταμίευσης υδάτων από τα ρέματα του νησιού και ιδίως του ρέματος των Μαριών
- Οριοθέτηση, διευθέτηση των ρεμάτων

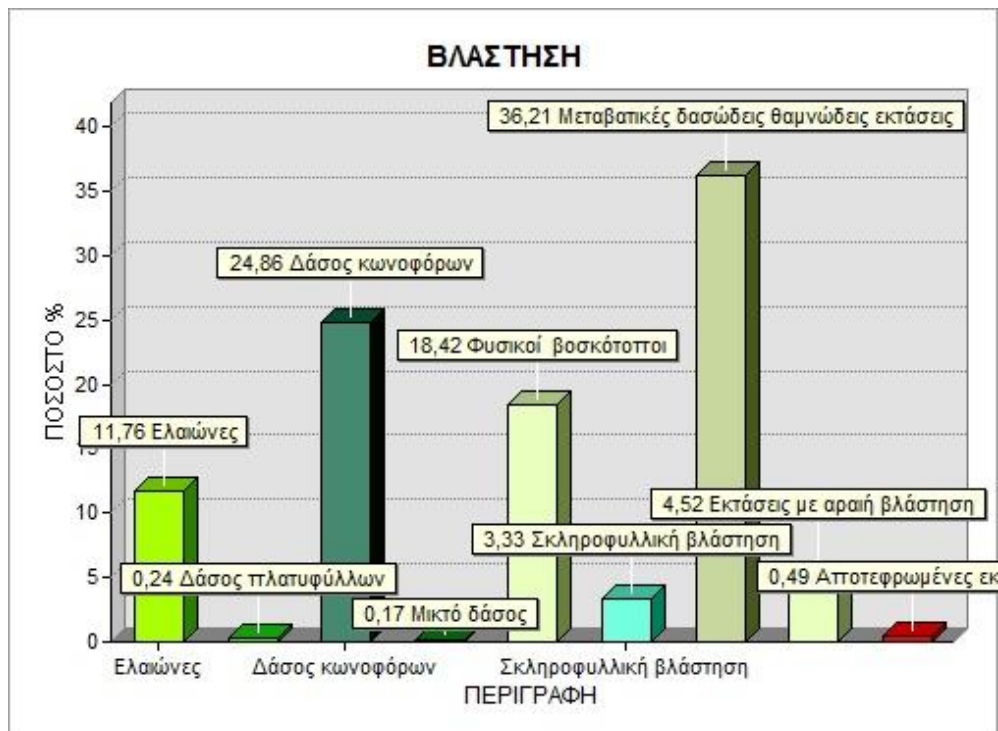
2.3.3 Κάλυψη Γης (CORINE LAND COVER 2000)

Η κάλυψη γης στην περιοχή μελέτης δίνεται από το πρόγραμμα CORINE LAND COVER 2000. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα, χρησιμοποιώντας κοινή μεθοδολογία, παρέχει τυποποιημένη μελέτη με θέμα την Κάλυψη Γης περί το έτος 2000. Σύμφωνα με τα στοιχεία του προγράμματος, δημιουργήθηκε θεματικός χάρτης δασικής βλάστησης του νησιού και έγινε σύγκριση της υπάρχουσας βλάστησης με τις πυρκαγιές που έπληξαν την περιοχή τα τελευταία χρόνια (Εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3 Δασική βλάστηση στη Θάσο, με επεξεργασία Γ.Σ.Π. και Corine 2000, στην κάτω δεξιά εικόνα: η συνολική δασική περιοχή που έχει καεί μέχρι του έτος 2.000 (Κοντός κ.α., 2006).

Σύμφωνα με τον παραπάνω θεματικό χάρτη που έγινε με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και του Corine 2000, η βλάστηση με κωνοφόρα δάση εμφανίζεται στο βορειοανατολικό τμήμα του νησιού, ενώ στο βορειοδυτικό τμήμα εμφανίζεται η μεταβατική θαμνώδης βλάστηση που είναι συνέπεια των πυρκαγιών που έπληξαν την περιοχή και της αναδάσωσης που ακολούθησε (Γράφημα 2.4).



Γράφημα 2.4 Γράφημα βλάστησης στη Ν. Θάσο (%) μέσω των Γ.Σ.Π..

Πριν από την δασική πυρκαγιά του 1984, τα δάση και οι δασικές εκτάσεις κάλυπταν το 47,5% του νησιού, καθιστώντας τα δάση το κυρίαρχο τύπο κάλυψης γης εκείνη την εποχή. Μετά από τις πυρκαγιές του 1984 και του 1985, τα δάση και οι δασικές εκτάσεις κάλυπταν το 37,95% του νησιού. Σήμερα, ως αποτέλεσμα των πυρκαγιών, τη παράνομη υλοτόμηση, την εντατική βόσκηση και την κακή διαχείριση, το εναπομείναν δάσος έχει μια χωρική έκταση περίπου 2.000 εκτάρια στο βόρειο και ανατολικό τμήμα του νησιού (Γήτας κ.α., 2007).

Οι πυρκαγιές διατάραξαν τον δασικό χαρακτήρα του νησιού αλλά το νησί σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί σήμερα υποβαθμισμένο από της συγκεκριμένες φωτιές. Τα μεγαλύτερα τμήματα των σημερινών δασών είναι προϊόντα φυσικής αναγέννησης, με συνέπεια η φυσική αναγέννηση που ακολούθησε να προσδίδει έναν ιδιαίτερο φυσικό χαρακτήρα στις διαπλάσεις βλάστησης στο νησί. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι υπάρχει σχετικά μεγάλη ποικιλία δασικών μορφών στο νησί ακόμη και οικοτόποι προτεραιότητας με Μαύρη Πεύκη και σπάνιες συστάδες άρκευθου (ειδικά το πολύ σπάνιο *Juniperus excelsa*), ελάτης, αριάς, κουμαριάς, δρυών, πλατάνου, κ.α..

2.3.4 Δασική Βλάστηση της Θάσου

Η Θάσος χαρακτηρίζεται από πλούσια βλάστηση, με κυρίαρχα είδη την Πεύκη (*Pinus* sp.), τα πλατάνια (*Platanus* sp.) και τις ελιές (*Olea* sp.), ενώ απαντώνται και βότανα και αρωματικά φυτά όπως το χαμομήλι (*Chamomilla* sp.) και η ρίγανη (*Origanum* sp.). Στη νότια πλευρά κυριαρχούν οι γυμνές απότομες βραχώδεις ακρογιαλιές με τους ελαιώνες και τους αραιούς θαμνότοπους, οι οποίοι στα χαμηλότερα υψόμετρα αποτελούνται από αείφυλλα, σκληρόφυλλα και πλατύφυλλα είδη που παρατηρούνται σε μεγάλη έκταση στο νησί. Κυριότερα είδη είναι η κουμαριά (*Arbutus unedo*), το πουρνάρι (*Quercus* sp.), η κουτσουπιά (*Cercis siliquastrum*), τα σπάρτα (*Spartium junceum*), το φιλλίκι (*Phillyrea media*), τα ρείκια (*Erica* sp.), οι βελανιδιές (*Quercus* sp.), οι τσικουδιές και τα σχίνα (*Pistacia* sp.), οι φούσκες (*Colutea* sp.), οι λυγαριές (*Vitex agnus castus*) κλπ.

Σύμφωνα με το Δασαρχείο της Θάσου (Μαρουγκλιάνης, 2011), υπάρχει η εξής δασική βλάστηση ανάλογα με τις υψομετρικές ζώνες:

- Σε υψόμετρα που κυμαίνονται από το επίπεδο της θάλασσας 0-300 μέτρα: Ευμεσογειακή ζώνη βλάστησης (*Quercetalia ilicis*) παραλιακή, λοφώδης, η οποία χαρακτηρίζεται από το παραθαλάσσιο ξηροθερμικό κλίμα του νησιού, με κύριο δασικό είδος την τραχεία Πεύκη (*Pinus brutia*) και η οποία περιλαμβάνει δύο υποζώνες:

α) Υποζώνη *Oleo Ceratonion*, η οποία εμφανίζεται στο νότιο, ζεστό και ξηρό μέρος του νησιού και περιλαμβάνει τον αυξητικό χώρο του *Oleo lentiscetum*. Στον αυξητικό αυτό χώρο υπήρχαν θαυμάσιες συστάδες τραχείας πεύκης, οι οποίες καταστράφηκαν από τις καταστροφικές πυρκαγιές. Σήμερα κυριαρχούν θαμνώνες από *Pistacia lentiscus*, *Erica manipuliflora*, *Myrtus communis*, *Olea europea*, *Quercus coccifera*, *Lonicera etrusca*, *Rosa sempervirens*, *Phillyrea latifolia* και *Rubia peregrina*.

β) Υποζώνη *Quercionilicis*, η οποία λαμβάνει χώρα στο υγρό βόρειο τμήμα του νησιού. Στην περιοχή αυτή υπάρχουν αμιγείς συστάδες τραχείας Πεύκης (εκτός από το βόρειο-δυτικό τμήμα του νησιού που κάηκε στην πυρκαγιά του 1989). Στη νότιες εκθέσεις και στις άγονες τοποθεσίες κάτω από τις συστάδες της τραχείας Πεύκης κυριαρχείται από *Erica arborea* και *Erica manipuliflora*, ενώ στις βόρειες, υγρές εκθέσεις και σε καλύτερα εδάφη, κυριαρχείται από *Quercus ilex*, *Arbutus unedo*, *Phillyrea latifolia* και *Fraxinus ornus*.

Η τραχεία Πεύκη είναι ένα δέντρο με μεγάλη οικολογική και οικονομική σημασία για την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου και αναπτύσσεται ταχύτατα σε καλά φωτισμένες συνθήκες και είναι επαρκώς προσαρμοσμένο στα άγονα εδάφη και στα ξηρά κλίματα. Η γεωγραφική εμβέλεια του *P. Brutia* Ten. subsp. *brutia* εκτείνεται στα ελληνικά νησιά του Αιγαίου, από την Τουρκία στο Λίβανο και στο Βόρειο Ιράκ (Σπανός κ.α., 2000).

- Σε υψόμετρα που κυμαίνονται από το επίπεδο της θάλασσας 300-800 μέτρα: Παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης (*Quercetalia rubescentis*), λοφώδης υποορεινή, που είναι συνέχεια της προηγούμενης ζώνης σε υψόμετρο 300 – 800 m στη νότια Θάσο και 200 – 600 m στη βόρεια Θάσο. Στη ζώνη αυτή το κλίμα γίνεται ηπειρωτικότερο με περισσότερες βροχοπτώσεις και περιλαμβάνει μία υποζώνη.

α) την υποζώνη *Ostrygo-carpinion*, η οποία περιλαμβάνει τον αυξητικό χώρο του *Coccifera – carpinetum*, με κύριο είδος την τραχεία πεύκη και λίγες συστάδες *Carpinus orientalis*. Ο πλούσιος υπόροφος αποτελείται από *Quercus coccifera* (πουρνάρι) και οφείλεται στην μεγάλη αντοχή του πρίνου στη βροσκή, στις πυρκαγιές και στις ανθρωπογενείς επεμβάσεις.

- Σε υψόμετρα που κυμαίνονται από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι τα 800 μέτρα:

Ζώνη δασών Οξυάς – Ελάτης και παραμεσογειακών κωνοφόρων (*Fagetalia*) ορεινή – υπαλπική. Η ζώνη αυτή βρίσκεται στο εσωτερικό του νησιού και χαρακτηρίζεται από υγρόφιλη μεσευρωπαϊκή βλάστηση και κυριαρχείται από συστάδες μαύρης πεύκης (*Pinus nigra*) (Εικόνα 2.3.4). Σκόπιμη είναι η διάκριση της τάξης (*Pinetalia nigrae*), η οποία χαρακτηρίζεται από την εξάπλωση της μαύρης Πεύκης, τόσο στο γεωγραφικό χώρο εξάπλωσης της οξυάς και ελάτης, όσο και στο χώρο της ζώνης *Quercetalia rubescentis* (σε μίξη με την τραχεία Πεύκη). Στον αυξητικό χώρο *Abietum borisii – Regis* της ζώνης αυτής απαντάται η υβριδογενής ελάτη, σε μικρή έκταση στις υψηλές θέσεις της περιοχής Ποταμιάς.



Εικόνα2.4 Δάσος με Μαύρη Πεύκη στην Θάσο.

2.3.5 Οικονομία Ν. Θάσου

Η οικονομία του νησιού στηρίζεται στον πρωτογενή τομέα, στον ορυκτό πλούτο, στον δευτερογενή τομέα και στην τουριστική ανάπτυξη που έχει ανοδική πορεία τα τελευταία χρόνια.

2.3.5.1. Πρωτογενής Τομέας – Ορυκτός Πλούτος

Ένα μεγάλο μέρος της επικράτειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελείται από αγροτικές περιοχές και κατά συνέπεια, ιδιαίτερη προσοχή δίνεται σε μια ευρωπαϊκή πολιτική για την αγροτική ανάπτυξη. Οι κάτοικοι ασχολούνται κυρίως με τη γεωργία, την κτηνοτροφία, την μελισσοκομία, την αλιεία και εποχιακά (τρεις με τέσσερις μήνες το έτος) με τον τουρισμό. Το κυριότερο είδος που καλλιεργείται είναι η ελιά και ακολουθούν τα κηπευτικά και τα αμπέλια.

Καθώς η ορεινή γεωργία έχει μειωθεί στο νησί, παρατηρείται αναγέννηση και ανάκαμψη της δασικής βλάστησης σε πρώην αναβαθμίδες και σε άλλες πρώην ανοιχτές ή καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Ωστόσο, παρά την εγκατάλειψη παραδοσιακών επαγγελμάτων και την μείωση των αιγοπροβάτων υπάρχουν ακόμη στο νησί και εκτεταμένες περιοχές με χαμηλή και πυκνή θαμνώδη βλάστηση ακόμη και χαρακτηριστικές Αιγαιακές διαπλάσεις φρυγάνων και ποολίβαδα πλούσια σε διαφορετικούς οικότοπους. Οι ανοιχτές εκτάσεις που δημιούργησαν οι πυρκαγιές και η βόσκηση ή ξύλευση κατά το παρελθόν είναι εξαιρετικά πολύτιμες για την χερσαία βιοποικιλότητα του νησιού. Αυτές οι ανοιχτές εκτάσεις, οι θαμνώνες, ορεινοί ερεικώνες, φτεριάδες, ορεινά λιβάδια, λειμώνες και βραχώδεις θαμνότοποι είναι εξαιρετικά σημαντικοί και πρέπει να διατηρηθούν στον ίδιο βαθμό που πρέπει να προστατεύονται τα φυσικά δάση (Ζόγκαρης κ.α., 2011).

Στο παρελθόν, η προσοχή επικεντρώθηκε στην πρωτογενή παραγωγική λειτουργία των δασών, προκειμένου να τονωθεί η οικονομική πρόοδος των αγροτικών περιοχών. Επί του παρόντος, ο ρόλος

της δασοκομίας αλλάζει σταδιακά, με αυξανόμενη προσοχή στην οικολογία και τις υπηρεσίες αναψυχής (Elands et al., 2001). Τα δασικά οικοσυστήματα συμβάλλουν στην οικονομία του νησιού με μια σειρά από τρόπους (Μαρουγκλιάνης, 2011):

Παραγωγή ξύλου: πριν την εμφάνιση των συνεχόμενων πυρκαγιών που έπληξαν το νησί, η παραγωγή ξυλείας από τα δημόσια δάση συνέβαλαν σημαντικά στην οικονομία του νησιού και έδωσαν ένα μεγάλο εισόδημα στους κατοίκους της περιοχής. Στις τοπικές κοινότητες των Μαριών και του Θεολόγου είχαν δημιουργηθεί δασικοί συνεταιρισμοί εργασίας, που σήμερα είναι ανενεργοί. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου δημιουργήθηκε ο Αγροτικός Δασικός Συνεταιρισμός Υλοτόμων Ν. Θάσου, με έδρα το Δημοτικό Διαμέρισμα Λιμεναρίων (Πίνακας 2.3).

Πίνακας 2.3 Η παραγωγή του ξύλου κατά τα έτη 1983-1994 και μετά την πυρκαγιά του 1993 (Μαρουγκλιάνης, 2011).

ΕΤΟΣ	ΜΑΥΡΗ ΠΕΥΚΗ					ΤΡΑΧΕΙΑ ΠΕΥΚΗ				
	ΔΕΗ Κ.Μ.	ΟΤΕ Κ.Μ.	Χονδρή Στρογ. Κ.Μ.	Λεπτή Στρογ. Κ.Μ.	Βιομηχ. Χ.Κ.Μ.	ΟΤΕ Κ.Μ.	Χονδρή Στρογ. Κ.Μ.	Λεπτή Στρογ. Κ.Μ.	Έμφλοια Στρογ. Κ.Μ.	Βιομηχ. Χ.Κ.Μ.
1983	15,77	12,49	61,16	14,85	1341,09	22,82	755,30	196,75	390,88	1296,67
1984	40,00	30,90	198,06	11,77		550,10	2638,67	88,75	2254,52	11459,47
1985	2619,48	775,43	3140,18	1,84		2324,23	5022,05		3146,42	36354,26
1986	732,33	201,90	1670,07			68,43	937,24		4182,66	76171,71
1987			33,65	7,24			92,59		348,69	31671,42
1988	284,63	81,08	596,63	22,03			12,18	0,11		
1990	1294,12	501,29	141,66	1,87						
1991	210,75	31,16	152,39	3,40						
1994	683,65	138,55	397,20	20,66						

Μελισσοκομία: Η παραγωγή μελιού οφείλεται στο έντομο *Monophlebus hellenicus* (*Marchalina Hellenica*), που παρασιτεί στην Τραχεία Πεύκη και είναι άμεσα εξαρτώμενο από τις ανθρώπινες επεμβάσεις σε αυτό το είδος της Πεύκης. Υπάρχει ο Σύλλογος Μελισσοκόμων Θάσου που εδρεύει στον Πρίνο και που λειτουργεί από το 1976, με τη διανομή των προϊόντων μελιού σε όλη την Ελλάδα. Σύμφωνα με τα στοιχεία του τμήματος μελισσοκομίας της Δ/σης Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής οι μελισσοκόμοι της Θάσου κατά το έτος 2021 ανέρχονται περίπου σε 340 άτομα με αριθμό κατεχομένων κυψελών τις 51.000. Αυτό σημαίνει ότι το νησί παράγει 1.275.000 κιλά μέλι. Στην Π.Ε. Καβάλας οι ενεργοί μελισσοκόμοι αριθμούνται περίπου στα 800 άτομα μαζί με την Θάσο και ο συνολικός αριθμός κατεχομένων κυψελών μόνο για την Π.Ε Καβάλας χωρίς την Θάσο είναι 32.765 μελισσοσμήνη.

Κτηνοτροφία: Με την εμφάνιση του τουρισμού από τη μία οι κάτοικοι εγκατέλειψαν τα ζώα που άκμασαν στο νησί. Από την άλλη τα τελευταία χρόνια, λόγω της οικονομικής κρίσης, υπάρχει μια στροφή προς τη γεωργία και τις αγροτικές επιχειρήσεις εξαιτίας των μεγάλων επιδοτήσεων από το κράτος και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Μετά από τις μεγάλες πυρκαγιές, η βοσκοϊκανότητα των δασικών περιοχών αυξήθηκε. Ο αριθμός των βοσκούντων ζώων στη Θάσο παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα: (Πίνακας 2.4).

Πίνακας 2.4 Κατάσταση βοσκούντων ζώων, Πηγή: Καταστάσεις βόσκησης Δήμου Θάσου έτους 2008

ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΡΟΒΑΤΑ	ΓΙΔΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ
ΜΑΡΙΩΝ	3079	3188	6267
ΛΙΜΕΝΑΡΙΩΝ	7774	4845	12619
ΘΕΟΛΟΓΟΥ	10122	9223	19345
ΣΥΝΟΛΟ			38231

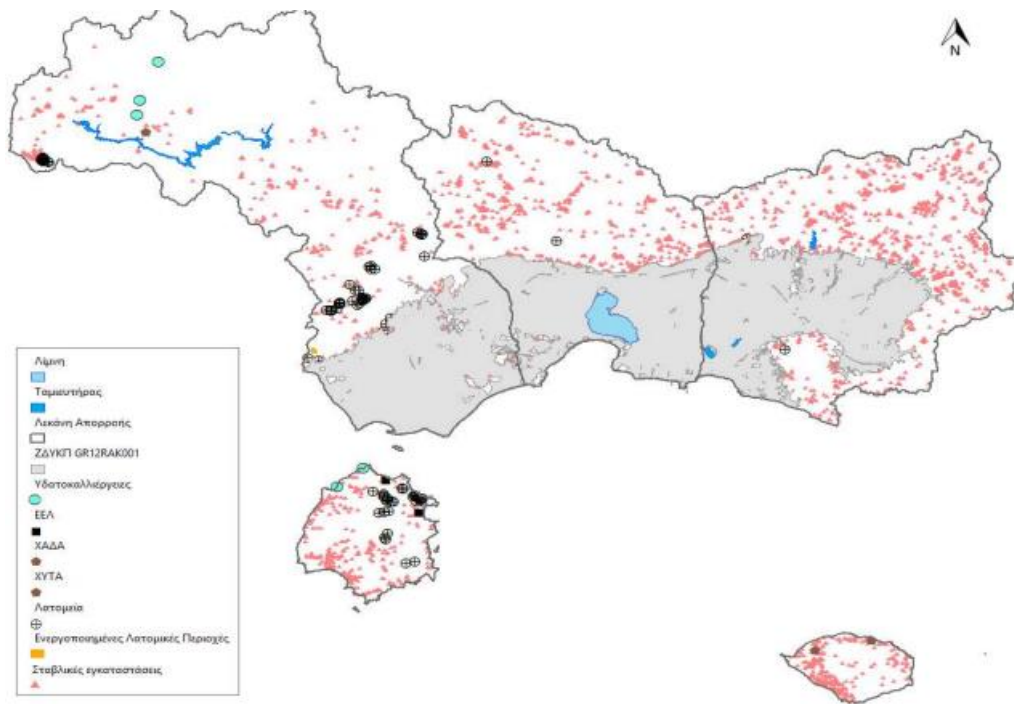
Υδατοκαλλιέργειες: Εντός της νήσου εντοπίζεται μία (1) υδατοκαλλιέργεια που αφορά σε καλλιέργεια τσιπούρας, λαβρακιού και μία(1) που αφορά σε καλλιέργεια ευρύαλων ψαριών. Εντοπίζεται στις ακτές της Θάσου, στην Τ.Κ. Ραχωνίου.

Λατομεία Μαρμάρου: Εντός των ορίων του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης, απαντώνται ογδόντα έξι (86) λατομεία. Από αυτά: Τα εβδομήντα οχτώ (78) είναι λατομεία Μαρμάρων, τα επτά (7) είναι λατομεία Βιομηχανικών ορυκτών, το ένα (1) είναι λατομείο σχιστολιθικών πλακών και υπάρχουν δύο (2) ενεργές Λατομικές περιοχές Αδρανών Υλικών, οι οποίες υπάγονται στην Π.Ε. Καβάλας (Λ.Π. Ξηρό και Λιγαριές). Τα περισσότερα λατομεία βρίσκονται στην βορειανατολική πλευρά του νησιού (Σχήμα 2.2), όπου το τμήμα αυτό περιλαμβάνει την πρωτεύουσα και το κύριο λιμάνι του νησιού.

Η Θάσος είναι τουριστικό νησί και η οπτική επίπτωση των λατομείων μπορεί να υποβαθμίσει την αισθητική εντύπωση που λαμβάνουν οι επισκέπτες. Τα λατομεία θα πρέπει να δώσουν προτεραιότητα στην αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος ώστε να μειωθούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος μπορεί να μην είναι μη αναστρέψιμη. Ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα των λατομείων είναι ο οπτικός αντίκτυπος. Η φυσική μορφή γης μεταβάλλεται μόνιμα, η αρχική βλάστηση καταστρέφεται και το έδαφος που επικαλύπτει το μάρμαρο αφαιρείται ως υπερφορτωμένο. Ως εκ τούτου, η εξόρυξη μαρμάρου έχει και οικολογικές επιπτώσεις που συνδέονται με την καταστροφή της βλάστησης και τις δυσμενείς συνθήκες για τη φυσική αποκατάσταση των εγκαταλελειμμένων κοιλωμάτων λατομείων.

Το λευκό μάρμαρο της Θάσου έχει ζήτηση από την αρχαιότητα. Το πρώτο λατομείο άνοιξε το 1962 με την ίδρυση ενός λατομείου στην περιοχή Βλαχούδι της Θάσου, και στη συνέχεια, λόγω της υψηλής ζήτησης, επεκτάθηκε σε ολόκληρο το νησί (Πίνακας 2.5). Οι επιχειρήσεις εξόρυξης μαρμάρου εγκαταστάθηκαν στο νησί αυθαίρετα μετά το κλείσιμο των λατομείων της Πεντέλης από το 1979.

Το μάρμαρο Θάσου συγκαταλέγεται στα μάρμαρα με κορυφαία ποιότητα και χρησιμοποιείται για οικοδομικούς και καλλιτεχνικούς σκοπούς σε ολόκληρο τον κόσμο λόγω του ολόλευκου χρώματος του και της εξαιρετικής ποιότητάς του.



Σχήμα 2.2 Χρήσεις γης του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας).

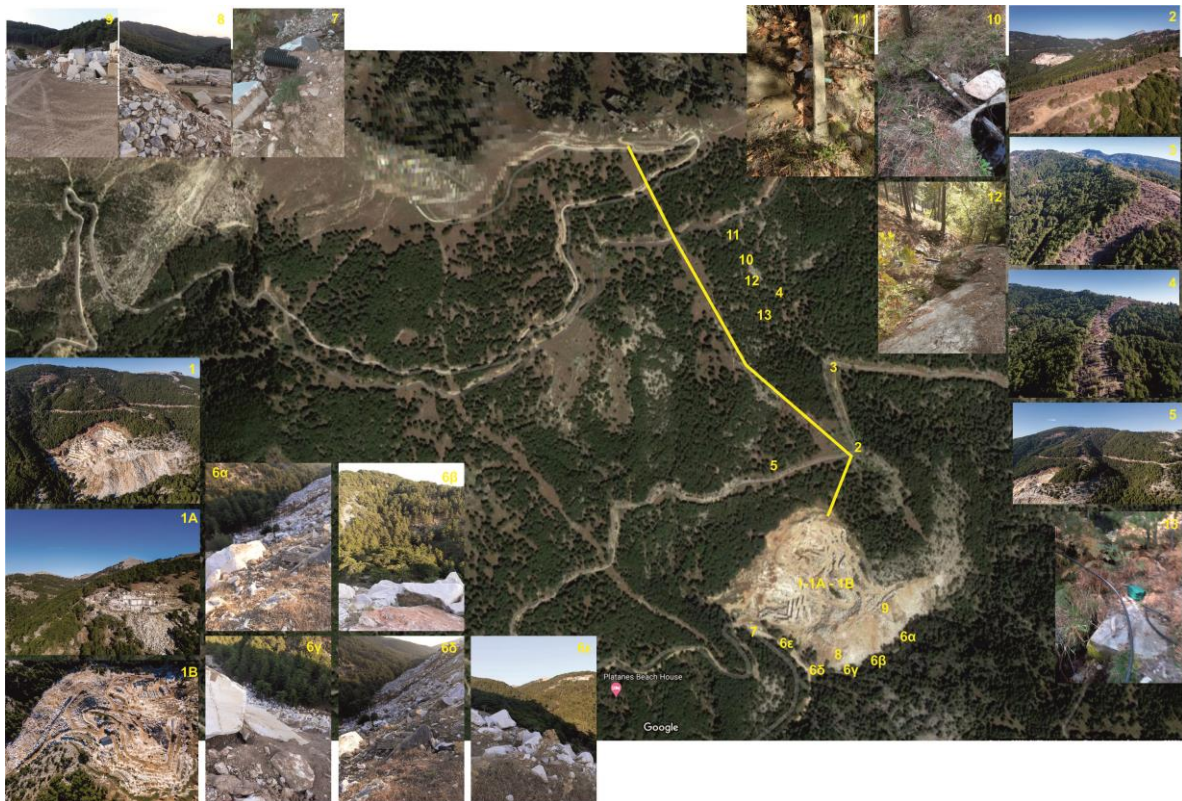
Πίνακας 2.5 Νόμιμα Λατομεία στη Θάσο (Κοντός κ.α., 1997).

ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΔΑΣΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	ΣΧΟΛΙΑ
1 ΜΑΡΜΑΡΑ ΘΑΣΟΥ ΑΕ	ΘΑΣΟΣ	ΒΛΑΧΟΥΔΙ	56.335	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2 ΛΑΣΚΑΡΙΔΗΣ Ν & ΣΙΑ Ο.Ε	ΘΑΣΟΣ	ΒΛΑΧΟΥΔΙ	99.544	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3 ΧΑΡΙΤΟΠΟΥΛΟΣ Δ.	ΘΑΣΟΣ	ΜΟΥΡΓΕΝΑ	28.000	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
4 ΤΣΑΤΣΙΡΑΜΟΣ	ΠΑΝΑΓΙΑ	ΣΑΛΙΑΡΑ	20.280	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
5 ΠΑΣΧΑΛΗΣ	ΠΑΝΑΓΙΑ	ΣΑΛΙΑΡΑ	28.370	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6 ΜΑΡΜΑΡΑ ΜΟΣΧΟΥ	ΠΑΝΑΓΙΑ	ΣΑΛΙΑΡΑ	15.079	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
7 ΜΑΡΜΑΡΑ ΘΑΣΟΥ (Φιλυπτιδης)	ΠΑΝΑΓΙΑ	ΣΑΛΙΑΡΑ	27.870	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
8 ΛΕΥΚΑ ΜΑΡΜΑΡΑ	ΠΑΝΑΓΙΑ	ΣΑΛΙΑΡΑ	37.747	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
9 ΙΚΤΙΝΟΣ ΕΛΛΑΣ	ΠΑΝΑΓΙΑ	ΣΑΛΙΑΡΑ	29.940	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
10 ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ	ΠΑΝΑΓΙΑ	ΣΑΛΙΑΡΑ	24.801	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11 ΜΠΛΕΤΑΣ Ε.	ΠΑΝΑΓΙΑ	ΣΑΛΙΑΡΑ	20.007	ΑΝΕΝΕΡΓΟ
12 ΣΚΑΡΗΣ ΜΑΡΜΑΡΑ	ΠΑΝΑΓΙΑ	ΣΑΛΙΑΡΑ	66.612	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
13 ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΜΑΡΜΑΡΑ	ΠΑΝΑΓΙΑ	ΞΗΡΟΥΛΑ	51.772	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
14 ΚΑΒΑΛΑΣ ΜΑΡΜΑΡΑ	ΠΑΝΑΓΙΑ	ΣΑΛΙΑΡΑ	28.646	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
15 ΒΑΛΚΑΝ Α.Ε.	ΠΡΙΝΟΣ	ΨΙΤΤΑΚΙ	95.808	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
16 ΦΟΥΦΑΣ Ν.	ΘΕΟΛΟΓΟΣ	ΔΡΥΜΟΝΑΡΙ	38.000	ΑΝΕΝΕΡΓΟ
17 ΛΑΣΚΑΡΙΔΗΣ Ν. & ΣΙΑ	ΘΕΟΛΟΓΟΣ	ΣΤΑΒΡΟΛΑΓΚΑΔΟ	33.462	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
18 ΤΟΥΛΙΣ Δ.	ΛΙΜΕΝΑΡΙΑ	ΨΙΤΤΑΚΙ	42.869	ΑΝΕΝΕΡΓΟ
19 ΛΟΡΕΝΤΖΟΣ&ΣΙΑ	ΛΙΜΕΝΑΡΙΑ	ΜΑΚΡΥΡΑΧΗ	31.255	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
20 ΧΟΥΤΑΣ Α.	ΛΙΜΕΝΑΡΙΑ	ΜΑΚΡΥΡΑΧΗ	76.247	ΑΝΕΝΕΡΓΟ
ΣΥΝΟΛΟ			852.644	

Αν και τα λατομεία του νησιού απασχολούν περισσότερους από πεντακόσιους εργαζόμενους όλο το χρόνο και η παραγωγή μαρμάρου ξεπέρασε τα 50.000 m³ ογκομαρμάρων από 3.500 m³ που ήταν το 1978, η προσφορά στην οικονομία του νησιού δεν είναι τόσο μεγάλη για να αντισταθμίσει την περιβαλλοντική καταστροφή που επιφέρουν. Η συνεχής ανάπτυξη των λατομείων οδηγεί σε καταστροφή των δασών, του εδάφους, την ρύπανση των υδάτων και την εξαφάνιση απειλούμενων ειδών της χλωρίδας και της πανίδας. Τα εγκαταλελειμμένα λατομεία δημιουργούν σοβαρό αισθητικό πρόβλημα στο φυσικό περιβάλλον του νησιού και κατ'επέκταση στην οικονομία του νησιού που βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στον τουρισμό.

Η ίδρυση των λατομείων στη Θάσο έλαβε χώρα κυρίως σε περιοχές που προηγουμένως καλύπτονταν από δάση, και πιο συγκεκριμένα, ημι-φυσικά δάση κωνοφόρων με Τραχεία Πεύκη (*Pinus Brutia*) και Μαύρη Πεύκη (*Pinus Nigra*) που αντιπροσωπεύουν τους τύπους κωνοφόρων δασών του νησιού. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι περιοχές όπου εκτείνονται τα λατομεία δεν έχουν πληγεί από δασικές πυρκαγιές (Γήτας κ.α., 2007). Υπάρχουν έντονες αντιδράσεις των κατοίκων του νησιού για την αδειοδότηση τριών νέων λατομείων που σημαίνει τη καταστροφή ενός εκατομμυρίου τετραγωνικών μέτρων περίπου παρθένου δάσους μαύρης Πεύκης (Εικόνα 2.5). Ήδη εγκρίθηκε η εξόρυξη μαρμάρου σε 3 εκτάσεις στην περιοχή της Σαλιάρας 134.000 τ.μ.

Στόχος των αρμόδιων αρχών πρέπει να αποτελεί η βιώσιμη εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου, με ανασυγκρότηση και βελτιστοποίηση των μεθόδων εξόρυξης του μαρμάρου, και παράλληλα η βελτίωση της αποτελεσματικότητας στο επίπεδο της προστασίας και αποκατάστασης του περιβάλλοντος και του τοπίου. Οι μεταλλευτικές δραστηριότητες που εμφανίζονται πρέπει να υποστηρίζονται με την προϋπόθεση περιβαλλοντικά συμβατών όρων αλλά και εφόσον βρίσκονται σε συμφωνία με την αναπτυξιακή φυσιογνωμία της περιοχής.



Εικόνα 2.5 Φωτογραφίες από κατοίκους της περιοχής με τα σημεία που έχει κοπεί το δάσος της μαύρης Πεύκης.

2.3.5.2. Δευτερογενής Τομέας

Ο δευτερογενής τομέας περιλαμβάνει βιοτεχνίες, εργαστήρια και οικοδομική δραστηριότητα που συγκεντρώνεται στην ευρύτερη τουριστική περιοχή του νησιού αλλά και σε άλλες περιοχές του νησιού. Στο νησί αναπτύσσονται μεταποιητικές επιχειρήσεις όπως: (18) Ελαιτριβεία, (1) Μελισσοκομικός Συνεταιρισμός, (1) Οινοποιείο με παραγωγή – εμφιάλωση οίνου, Παραγωγή και διάθεση παραδοσιακών γλυκών, ποτών, ζυμαρικών, Τυροκομείο, Παραγωγή – εμφιάλωση ούζου Αποστακτήριο (Τσιπουράδικο), Αρτοποιεία, Εργαστήρια Ζαχαροπλαστικής, Ξυλουργία, κ.α.

2.3.5.3. Τριτογενής Τομέας – Τουρισμός

Ο τριτογενής τομέας περιλαμβάνει τον τουρισμό και τις υπηρεσίες εξυπηρέτησης αυτού καθώς και άλλες υπηρεσίες. Ο τουρισμός στο νησί της Θάσου εμφανίστηκε το 1960. Την συγκεκριμένη περίοδο οι τουριστικές υποδομές στο νησί ήταν ελάχιστες έως ανύπαρκτες, ωστόσο οι επισκέπτες αυξάνονται συνεχώς και μετά το 1965 ξεκινά επίσημα η τουριστική ανάπτυξη για το νησί. Οι κάτοικοι βλέπουν το εισόδημα τους να αυξάνεται και ξεκινά η κατασκευή τουριστικών μονάδων εκτοξεύοντας την αξία της γης στα ύψη (Πατρίκου, 2017). Αναπτύσσονται οι πρώτες επιχειρήσεις γύρω από τον τουρισμό και εκείνη την εποχή η Θάσος εντάσσεται στο πρόγραμμα Ξενία του ΕΟΤ και το ξενοδοχείο κατασκευάζεται στη πρωτεύουσα του νησιού (Παγκάλου, 2013).

Σε ότι αφορά τον τουρισμό της Θάσου σήμερα το μεγαλύτερο κομμάτι των τουριστών που επισκέπτονται το νησί προέρχεται από τα Βαλκάνια ενώ σε μικρότερο ποσοστό εντοπίζονται τουρίστες από Αγγλία, Γερμάνια και άλλες Ευρωπαϊκές χώρες. Έτσι σύμφωνα με έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε από το Δήμο Καβάλας το ποσοστό των τουριστών από τις Βαλκανικές χώρες φτάνει το 48%. Τέλος, η Θάσος είναι η περιοχή με το μεγαλύτερο ποσοστό επισκεπτών στο νομό (<http://www.kavalagreece.gr/>) (Πίνακας 2.6).

Πίνακας 2.6 Τουριστική ανάπτυξη Ν. Θάσου (Πατρίκου, 2007)

ΈΤΗ	ΑΦΙΞΕΙΣ ΗΜΕΛΑΠΩΝ ΣΕ ΧΙΛ.	ΑΦΙΞΕΙΣ ΑΛΛΟΔΑΠΩΝ ΣΕ ΧΙΛ.	ΣΥΝΟΛΟ
2014	21.927	97.993	119.920
2013	23.924	88.679	112.603
2012	23.137	71.271	94.408
2011	31.028	65.567	96.595
2010	35.582	56.746	92.328
2009	39.705	60.817	100.522
2008	36.174	57.236	93.410
2007	34.616	49.372	83.988
2006	30.531	38.334	68,865
2005	34.883	38.322	73.205

Προκειμένου ένας προορισμός να συνεχίσει να αναπτύσσεται τουριστικά σημαντικό είναι οι υποδομές, οι παροχές, οι προσφερόμενες υπηρεσίες κ.α. να διαχειρίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υποβαθμίζουν το περιβάλλον. Έτσι η βιώσιμη τουριστική ανάπτυξη μπορεί να διακριθεί ανάλογα με την ποιότητα των υπηρεσιών που προσφέρονται στους επισκέπτες, σε σχέση με το βαθμό βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου της κοινωνίας, ανάλογα με τη συντήρηση και διάσωση των φυσικών και πολιτιστικών πόρων και ανάλογα με τη εξισορρόπηση των προσδοκιών μεταξύ κατοίκων και τουριστών (Keyser, 2002).

2.4 Δασικές Πυρκαγιές στο νησί της Θάσου

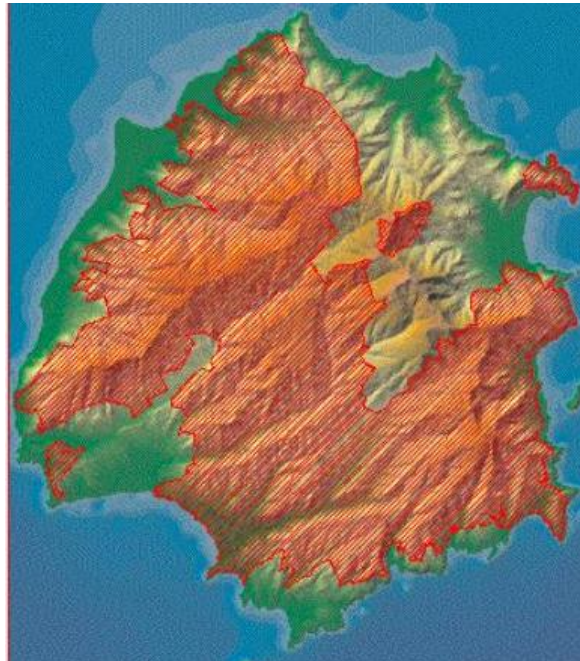
Από το έτος 1984 και μετά, η Θάσος έχει υποστεί μια σειρά από μεγάλες δασικές πυρκαγιές στο εσωτερικό του νησιού. Τα δάση αποτελούσαν το 74% της έκτασης του νησιού, με 287.750 στρέμματα,

ενώ τα έτη 1984 -2000 αλληπάλληλες πυρκαγιές έπληξαν το νησί με αποτέλεσμα η δασική έκταση να ανέρθει σε 28.000 στρέμματα (Εικόνες 2.6, 2.7).

Συνέπειες από αυτές τις πυρκαγιές είναι η καύση μεγάλων ποσοτήτων ξυλώδους όγκου, η υποβάθμιση του εδάφους και η απογύμνωση του με κίνδυνο την ερημοποίηση. Το 75% της περιοχής που κήκε αποτελούνταν από κωνοφόρα δάση. Το δάσος των κωνοφόρων ήταν η κύρια κάλυψη της ζώνης που επλήγη. Μετά τις πυρκαγιές, η αναγέννηση επανάφερε τις περιοχές αυτές, κατά ένα μέρος, ενώ παρατηρείται η εμφάνιση ειδών βλάστησης, όπως είναι οι μικροί θάμνοι ή οι χορτολιβαδικές εκτάσεις. Στις περιοχές όπου υπήρξε αποτυχία της αναγέννησης του δάσους, το έδαφος διαβρώθηκε και υπάρχει κίνδυνος υποβάθμισης και μόνιμης απώλειας της βλάστησης. Το μέγεθος της καμένης περιοχής παρουσιάζεται με περισσότερες λεπτομέρειες στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.7. Σημαντικές δασικές πυρκαγιές στη Θάσο κατά την περίοδο 1981-2016

ΕΤΟΣ	ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΔΑΣΙΚΗ ΘΕΣΗ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ)
1981	Θεολόγος	Σκαλιά	23,629
1984	Θεολόγος	Σκαλιά	16.690,00
1985	Μαριές - Θεολόγος - Λιμενάρια	Φουρνί	104.050,00
1986	Θεολόγος	Μπάμπουρας	1.020,00
1986	Μαριές	Πεύκος	1
1986	Θεολόγος	Έλυπας	1,5
1997	Θεολόγος	Μανταλούδι	1
1997	Θεολόγος	Υψάριο	1
1997	Λιμενάρια	Παλατάκι	1
1997	Θεολόγος	Κλεισίδι - Αλυκή	1
1998	Θεολόγος	Μπάμπουρας	1.174,33
1999	Θεολόγος	Πρίνος	58
1999	Θεολόγος	Σταυρί	3
1999	Θεολόγος	Βίγλα	5
1999	Θεολόγος	Βίγλα	23
2000	Θεολόγος	ΚαθερόΜανταλούδι	350
2000	Θεολόγος	Σταυρί	2
2000	Θεολόγος	Σταυρί	1
2000	Θεολόγος	ΚαθερόΜανταλούδι	350
2001	Θεολόγος	Ποτός	1
2001	Θεολόγος	Μανταλούδι	2
2002	Θεολόγος	Θυμωνιά	2
2013			5.5
2016	Θεολόγος Μαριές Πρίνος		68700
	Σύνολοσημαντικότερων πυρκαγιών		192.465,959



Εικόνα 2.6 Απεικόνιση καμένης έκτασης κατά τα έτη 1981-2002, (Κοντός κ.α., 2006)



Εικόνα 2.7 Έκταση της καταστροφής στη Θάσο το καλοκαίρι του 2016 (πηγή: <https://greenagenda.gr>)

2.5 Πλημμύρες στο νησί της Θάσου

Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζονται πολύ ακραία καιρικά φαινόμενα, με καταρρακτώδεις βροχοπτώσεις σε μεγάλη και μικρή διάρκεια. Παρασύρονται μεγάλες ποσότητες φερτών υλικών κι εδάφους καθώς και δέντρα εκατοντάδων ετών, προκαλώντας πλημμυρικά φαινόμενα και σοβαρότατες ζημιές στο οδικό δίκτυο και στις κοίτες των ρεμάτων οι οποίες κλείνουν. Στα παραπάνω συντελούν οι κλίσεις και η έλλειψη βλάστησης στο βουνό, λόγω των συνεχόμενων πυρκαγιών και η αστικοποίηση. Πολλά ρέματα έχουν απαλειφθεί από αναδασμούς και δόμηση, οι κοίτες τους έχουν μετατραπεί σε δρόμους ή έχουν περιοριστεί από την παρακείμενη και εντός αυτών δόμηση.

Από την έντονη καλοκαιρινή καταιγίδα το βράδυ της Παρασκευής 01/08/2014 προκλήθηκαν σοβαρά προβλήματα ακόμη και σε σπίτια στον οικισμό της Καλλιράχης (περιοχή Κλίσμα). Η έντονη βροχόπτωση που ξεκίνησε τα ξημερώματα της 03/09/2014 δημιούργησε προβλήματα σε περιοχές στη δυτική πλευρά του νησιού στις περιοχές Λιμενάρια, Μαριές, Καλλιράχη. Ειδικότερα στην Τοπική Κοινότητα Λιμεναρίων, τα ορμητικά ρέματα που σχηματίστηκαν, παρέσυραν στη θάλασσα σταθμευμένα αυτοκίνητα, ενώ έκλεισε και ένα τμήμα της περιμετρικής οδού του οικισμού. Επίσης, πλημμύρισαν πολλά υπόγεια, ενώ προβλήματα υπήρξαν και σε άλλα τμήματα του οδικού δικτύου του νησιού από τις φερτές ύλες που κατέβασε η βροχή.

Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι η Πυροσβεστική Υπηρεσία Θάσου εξέδωσε 98 δελτία ζημιών για μαγαζιά και σπίτια, ενώ δέχθηκε 65 κλήσεις και έγιναν 35 αντλήσεις νερών. Μετά την πυρκαγιά στην περιοχή της Καλλιράχης και Μαριών το καλοκαίρι του 2013, κατά την οποία κάηκαν πάνω από 7 km² δάσους, σε συνδυασμό με την ελλιπή οριοθέτηση των ρεμάτων και τις ανθρώπινες παρεμβάσεις σε αυτές (αναδασμοί, απαλοιφή κοιτών, δόμηση σε κοίτες), η περιοχή πλημμυρίζει όποτε εκδηλώνονται έντονες βροχές. Τα ορμητικά νερά των χειμάρρων προκαλούν τεράστια μεταφορά λάσπης και λουπών φερτών υλικών, τα οποία καταλήγουν στην παραλιακή ζώνη, κλείνοντας το εθνικό οδικό δίκτυο. Βόρεια από το χωριό Μαριές υπάρχει φράγμα το οποίο εδώ και 20-25 χρόνια δεν λειτουργεί λόγω φερτών. Λόγω της μεγάλης φωτιάς τη δεκαετία του '80 κατέβηκαν μπάζα μέσα στο φράγμα και στα προ-φράγματα, με αποτέλεσμα να παραμένει ανενεργό (Υπ. Περ/ντος και Ενέργειας).

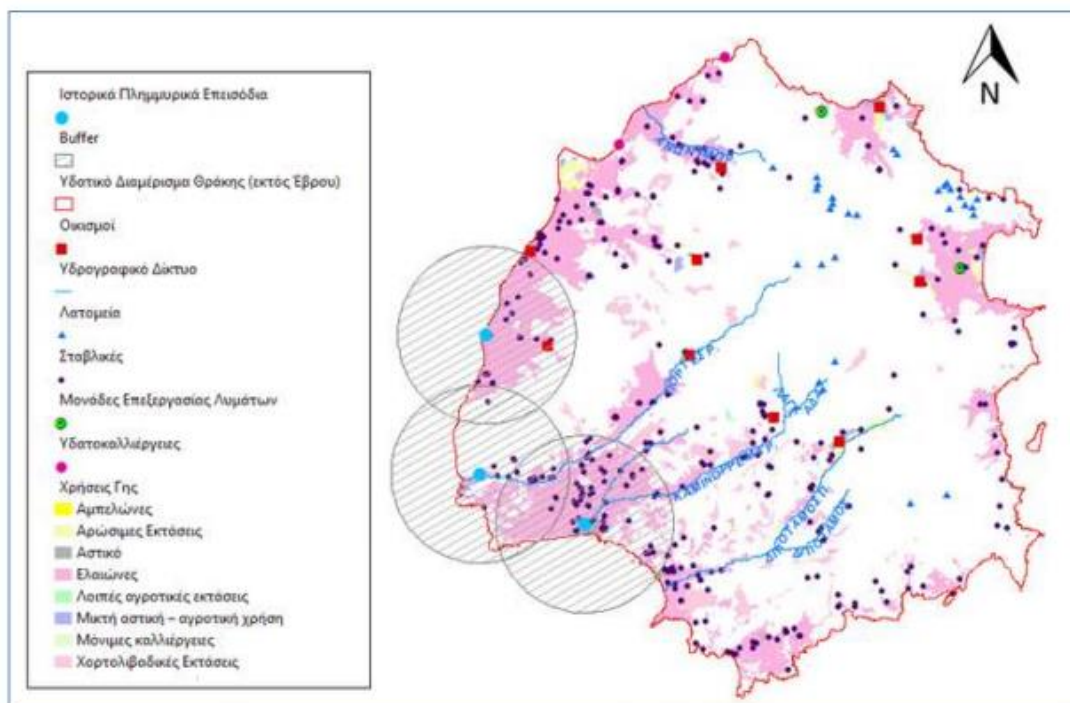
Συγκεκριμένα, στις 22 Νοεμβρίου 2019 και 20 Αυγούστου του 2020 και μετά την πυρκαγιά του 2016 ξαναέγιναν πλημμύρες και μεγάλες καταστροφές, ευτυχώς χωρίς ανθρώπινα θύματα. Η Πυροσβεστική δέχτηκε 10 κλήσεις για αντλήσεις υδάτων και παροχή βοήθειας στην περιοχή Λιμενάρια, ενώ στη Σκάλα Μαριών χρειάστηκε η συνδρομή της πυροσβεστικής για να απομακρυνθούν 4 άτομα που είχαν εγκλωβιστεί σε αυτοκίνητο λόγω των υδάτων. Η κακοκαιρία ήταν τόσο ισχυρή που μέσα σε λίγα λεπτά όλοι οι δρόμοι στις νοτιοδυτικές περιοχές του νησιού μετατράπηκαν σε ποτάμια, ενώ μια κατοικία και ένα εμπορικό κατάστημα καταστράφηκαν ολοσχερώς όταν τα ορμητικά νερά πέρασαν μέσα από τα κτίσματα. Οι χείμαρροι που σχηματίστηκαν μετάφεραν πολλές φερτές ύλες κλαδιά και κορμούς δέντρων.

Αναλυτικότερα, τα πλημμυρικά επεισόδια που παρατηρήθηκαν κατά τα έτη 2014 - 2020 παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα:

Πίνακας 2.8 Πλημμύρες στον Δήμο Θάσου κατά τα έτη 2014 – 2020 (πηγή: ΥΠΕΝ – ίδια επεξεργασία)

Τοποθεσία Πλημμύρας	Όνομασία Πλημμύρας	Ημερομηνία Πλημμυρικού γεγονότος	Σημαντικότητα
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΚΑΛΛΙΡΑΧΗ 04.08.2014	04.08.2014	Μεσαία
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΚΑΛΛΙΡΑΧΗ 03.09.2014	03.09.2014	Μεσαία
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΜΑΡΙΕΣ 03.09.2014	03.09.2014	Μεσαία
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΛΙΜΕΝΑΡΙΑ 03.09.2014	03.09.2014	Μεσαία
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΠΡΙΝΟΣ 26.09.2017	26.09.2017	Μικρή
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΛΙΜΕΝΑΡΙΑ 26.03.2018	26.03.2018	Μικρή
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΛΙΜΕΝΑΡΙΑ 22.11.2019	22.11.2019	Μεσαία
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΠΑΝΑΓΙΑ 22.11.2019	22.11.2019	Μεσαία
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΠΟΤΟΣ 22.11.2019	22.11.2019	Μεσαία
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΛΙΜΕΝΑΡΙΑ 20.08.2020	20.08.2020	Μεσαία
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΜΑΡΙΕΣ 20.08.2020	20.08.2020	Μεσαία
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΛΙΜΕΝΑΡΙΑ 09/07/2022	08/07/2022	Μεσαία
Ν.ΚΑΒΑΛΑΣ, Δ. ΘΑΣΟΥ	ΠΟΤΑΜΙΑ 20.08.20	20.08.2020	Μεσαία

Οι θέσεις των ιστορικών πλημμυρικών συμβάντων και οι χρήσεις γης στην ευρύτερη περιοχή τους παρουσιάζονται στο παρακάτω Σχήμα:

**Σχήμα 2.3** Ιστορικά πλημμυρικά επεισόδια στη Θάσο και χρήσεις γης στην ευρύτερη περιοχή τους (πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας).

Ακολουθως παρατίθεται φωτογραφικό υλικό από διάφορα πλημμυρικά συμβάντα.



Εικόνα 2.8 Παναγία Θάσου, 22-11-2019, λόγω υπερχείλισης ρέματος από έντονες βροχοπτώσεις (Πηγή: Διαδίκτυο, <http://www.enikonomia.gr/timeliness/226294,eikones-katastrofis-apo-tis-plimmyres-sti-thaso-se-katastasi-ekta.html>)



Εικόνα 2.9 Ποταμιά Θάσου, 20-08-2020,

(Πηγή: Διαδίκτυο, <https://www.offsite.com.cy/eidiseis/ellada/ellada-thasos-plimmyres-apo-ishyri-brohoptosi>)

Κεφάλαιο 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

3.1 Εισαγωγή

Η ενότητα αυτή, παρέχει μια περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία ενός χάρτη εκτίμησης τρωτότητας έναντι της πλημμύρας ώστε να προσδιοριστούν οι περιοχές που είναι πιο ευάλωτες σε πλημμυρικό κίνδυνο. Η εκτίμηση της τρωτότητας είναι το θεμελιώδες στοιχείο ενός συστήματος έγκαιρης πολιτικής εγρήγορσης τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο (Σαπουντζάκη, κ.α., 2015).

Η εκτίμηση της τρωτότητας εκφράζεται με έναν δείκτη. Είναι ένας σχετικός αριθμός που δείχνει το επίπεδο της τρωτότητας έναντι της πλημμύρας, όπως αυτός καθορίζεται από το συνδυασμό συγκεκριμένων παραμέτρων. Επιτρέπει τη σύγκριση του κινδύνου καταστροφών και των ενδεχόμενων επιπτώσεων του μεταξύ ποικίλων περιοχών που εκτίθενται σε πλημμύρες. Οι δείκτες που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς διαφέρουν ως προς τις παραμέτρους στις οποίες βασίζονται και τον τρόπο υπολογισμού τους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός της διαφορετικής αξιολόγησης των καταστάσεων και των στοιχείων που επηρεάζουν την τρωτότητα έναντι της πλημμύρας σε μια περιοχή.

Σημαντικό χαρακτηριστικό του δείκτη τρωτότητας πλημμύρας είναι η διάρκεια εκτίμησης του κινδύνου, «βραχυχρόνια εκτίμηση και μακροχρόνια εκτίμηση». Η βραχυχρόνια εκτίμηση του κινδύνου βασίζεται σε παράγοντες που αλλάζουν σχετικά γρήγορα ακόμα και κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η μακροχρόνια εκτίμηση βασίζεται σε στατικούς παράγοντες που δεν μεταβάλλονται σημαντικά στο χρόνο.

Μια περιοχή είναι περισσότερο ευάλωτη στην τρωτότητα όταν βρίσκεται σε χαμηλότερα υψόμετρα σε σχέση με το χώρο, όταν γειτνιάζει περισσότερο με υδατικούς αποδέκτες και όταν γειτνιάζει περισσότερο ή είναι κατάντη μεγάλων ταμιευτήρων ή αγωγών μεταφοράς νερού.

Ο υπολογισμός του δείκτη τρωτότητας έναντι της πλημμύρας στην περιοχή μελέτης πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και βασίστηκε στους παράγοντες μακροχρόνιας εκτίμησης. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της πολυκριτηριακής προσέγγισης σε περιβάλλον GIS επεξεργάζοντας παράγοντες υδρολογίας, γεωλογίας, φυσιογεωγραφίας και οι μεταβλητές σταθμίστηκαν ως προς την βαρύτητά τους, με βάση την διαδικασία της Αναλυτικής Ιεράρχησης και συνδυάστηκαν σε μια εξίσωση.

3.2 Εφαρμογές εκτίμησης της τρωτότητας ως αποφασιστικός παράγοντας κινδύνου

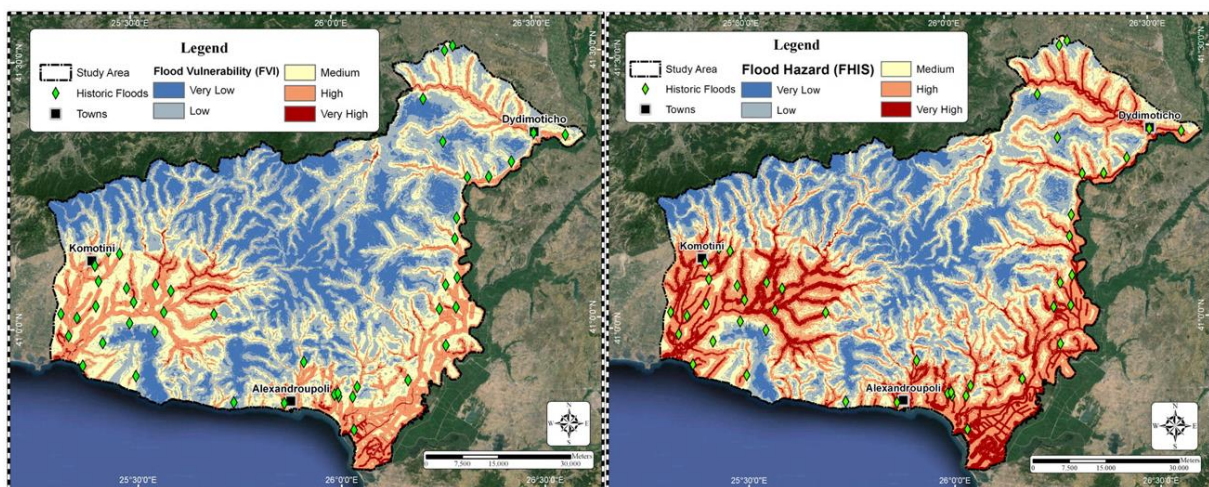
Η χρήση της έννοιας της τρωτότητας συνδέεται με ένα ευρύ φάσμα απειλών και αντιξοοτήτων, κοινωνικών, οικονομικών, θεσμικών και οικολογικών/περιβαλλοντικών αλλά και με τις αλληλεπιδράσεις τους. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η τρωτότητα αναδεικνύεται ως ο αποφασιστικός παράγοντας των απωλειών των καταστροφών και ο σπουδαιότερος συντελεστής της διαχείρισης κινδύνων.

Για την εκτίμηση της τρωτότητας έναντι πλημμύρας είναι διαθέσιμος ένας μεγάλος αριθμός από διαφορετικές μεθοδολογίες.

Σύμφωνα με τους Yalcin & Akyurek (2004) η διαδικασία εκτίμησης της τρωτότητας θα πρέπει να αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα:

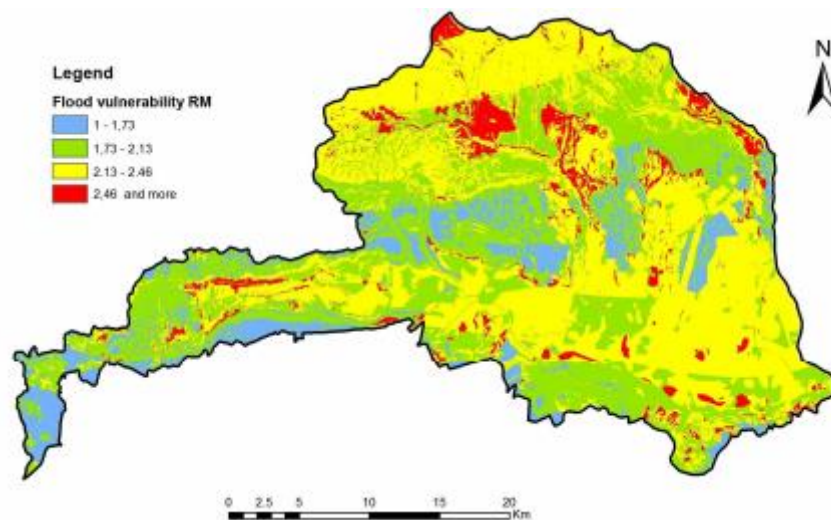
1. Στην επιλογή των παραγόντων και τον προσδιορισμό της σημασίας τους και του τρόπου με τον οποίο συνδέονται με τρωτότητα.
2. Στην παραγωγή χαρτών για κάθε παράγοντα μέσα από την επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων μέσω εργαλείων GIS.
3. Στη χαρτογραφική μοντελοποίηση με τον καθορισμό των ευπαθών περιοχών χρησιμοποιώντας διάφορες προσεγγίσεις πολυκριτηριακής ανάλυσης.
4. Στην ανάλυση της τρωτότητας καταδεικνύοντας την επίδραση διαφορετικών κριτηρίων βάρους στο χωρικό μοντέλο των ευπαθών περιοχών.

Οι Kazakis et al. (2015) μελετούν τα πλημμυρικά φαινόμενα μελετώντας παράγοντες τρωτότητας και κινδύνου στους νομούς Έβρου και Ροδόπης. Για τον υπολογισμό των δεικτών που αποτυπώνουν το βαθμό κινδύνου και τρωτότητας των περιοχών επιλέγονται υδρογεωλογικοί και μετεωρολογικοί παράγοντες (ένταση βροχόπτωσης, κλίση, έδαφος κ.α.) οι οποίοι συσχετίζονται μέσω της Αναλυτικής Ιεραρχικής Μεθόδου (ΑΗΡ) και αποτυπώνονται χωρικά σε περιβάλλον GIS.



Εικόνα 3.1 Χάρτης πλημμυρικού κινδύνου & τρωτότητας (Kazakis et al., 2015).

Σύμφωνα με την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε από τους Blistanova et al. (2016) γίνεται μια προσπάθεια προσδιορισμού των περιοχών οι οποίες είναι πιο ευάλωτες σε πλημμυρικό κίνδυνο στη λεκάνη του ποταμού Bodna της Σλοβακίας. Με εφαρμογή πολυκριτηριακής προσέγγισης σε περιβάλλον GIS επεξεργάζονται παράγοντες υδρολογίας, γεωλογίας, φυσιογεωγραφίας και υπολογίζεται ο βαθμός πλημμυρικού κινδύνου στις περιοχές της λεκάνης.



Εικόνα 3.2 Χάρτης εκτίμησης πλημμυρικής τρωτότητας (Blistanova et al., 2016)

3.3 Πολυκριτηριακή Ανάλυση στη λήψη Αποφάσεων

Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση (Multi Criteria Decision Analysis - MCDA), είναι μία μέθοδος γεω - επεξεργασίας που παρέχει τη δυνατότητα αξιολόγησης, ιεράρχησης και ανάλυσης πολλαπλών, πολλές φορές και αντικρουόμενων περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών κριτηρίων. Εμφανίστηκε στη δεκαετία του 1960 ως εργαλείο λήψης αποφάσεων.

Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων έχει ως κύριο στόχο την επίλυση ενός σύνθετου προβλήματος λαμβάνοντας υπόψη πολλαπλούς παράγοντες – κριτήρια που επηρεάζουν την αποδοτικότητα της λύσης ανάλογα με την βαρύτητά τους. Η εισαγωγή πολλών κριτηρίων καθιστά το αποτέλεσμα του προβλήματος πιο ρεαλιστικό και πιο αξιόπιστο.

Τα πλεονεκτήματα της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης είναι η ευελιξία, η δυνατότητα αναπαράστασης πολυδιάστατων προβλημάτων και η δυνατότητα διαφορετικής επίδρασης των παραγόντων στο τελικό αποτέλεσμα. Είναι κατάλληλη για την αξιολόγηση μη μετρήσιμων μεγεθών όπως είναι οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

Βασικό μειονέκτημα είναι ότι τις περισσότερες φορές οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων αποφασίζονται από ένα άτομο ή φορέα με αποτέλεσμα να μην έχουμε την βέλτιστη λύση αλλά μια συμβιβαστική. Ο ενδιαφερόμενος παίρνει μέρος στην διαδικασία λήψης απόφασης, ο οποίος είναι αυτός που αξιολογεί και μεταβάλλει τα κριτήρια έτσι ώστε να επιτευχθεί ο κύριος στόχος του προβλήματος, ενώ εκφράζει τις υποκειμενικές του προτιμήσεις. Σε μια κατάσταση όπου

περιλαμβάνονται πολλαπλά κριτήρια επιλογής ή λήψης μιας απόφασης, μπορεί να προκύψει σύγχυση, εάν δεν ακολουθείται μια λογική και καλά δομημένη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Κουτσόπουλος και Ανδρουλάκης, 2005).

Η λήψη απόφασης για την επίλυση ενός προβλήματος Πολυκριτηριακής Ανάλυσης περιέχει στόχους (Objectives), ιδιότητες ή και τα δύο. Κατά την ανάλυση των στόχων, πρέπει να οριστούν για τον καθένα τους κάποιες χαρακτηριστικές ιδιότητες – χαρακτηριστικά (Attributes).

Οι Πολυκριτηριακές Μέθοδοι Ανάλυσης περιλαμβάνουν τις εξής μεθόδους:

- Απλές Μέθοδοι Διακριτής Ανάλυσης (Βαρύνουσα Άθροιση – Weighted Summation)
- Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process – AHP)
- Μέθοδος Delfi
- Πολυπαραμετρική θεωρία χρησιμότητας (Multi Attribute Utility Theory – MAUT)

Στη παρούσα εργασία, για την επιλογή των κριτηρίων και τον υπολογισμό των συντελεστών βαρύτητας επιλέχθηκε η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης – AHP.

3.4 Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process – AHP)

Η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process – AHP) αποτελεί ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων. Αναπτύχθηκε στο Wharton School of Business από τον Thomas Saaty στα τέλη της δεκαετίας του 1970. Η μέθοδος είναι μια από τις πιο εφαρμοσμένες τεχνικές ανάλυσης πολύπλοκων αποφάσεων.

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Saaty η κλίμακα συγκρίσεων αποτελείται από εννέα επίπεδα από το 1 έως το 9. Αυτά μπορεί να είναι αριθμητικά, λεκτικά ή γραφικά. Η μέθοδος επιτρέπει την ιεραρχική δομή των κριτηρίων με επικέντρωση σε συγκεκριμένα κριτήρια και υποκριτήρια για την κατανομή των βαρών. Η μονάδα σηματοδοτεί ότι τα κριτήρια είναι ίσης σημαντικότητας ενώ το 9 σημαίνει ότι το κριτήριο είναι σημαντικότερο από το συγκρινόμενο. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ένα από τα πλεονεκτήματά της είναι η δυνατότητα να αξιολογήσει ποσοτικά και ποιοτικά κριτήρια και εναλλακτικές λύσεις για την ίδια κλίμακα προτίμησης των εννέα επιπέδων (Ishizaka και Labib, 2009).

Η μέθοδος στηρίζεται σε τέσσερα βήματα: α) την ιεραρχική ανάλυση του προβλήματος, δηλαδή το στάδιο δόμησης του προβλήματος, β) την συλλογή προτιμήσεων από τον χρήστη σχετικά με τα στοιχεία δόμησης, γ) τον υπολογισμό των βαρών και δ) την σύνθεση των προτεραιοτήτων και την ανάλυση του αποτελέσματος. Στα δύο πρώτα στάδια συμμετέχει ο χρήστης ενώ τα δύο τελευταία είναι υπολογιστικά.

Στην κορυφή της ιεραρχικής δομής, που είναι δομή δένδρου, βρίσκεται ο απώτερος στόχος που πρέπει να επιτευχθεί με συντελεστή βαρύτητας 1 ή 100. Ακολουθούν οι επιμέρους υποστόχοι δηλαδή οι παράμετροι – κριτήρια, που επηρεάζουν την επίτευξη του στόχου και κάτω από κάθε παράμετρο τοποθετούνται μεταβλητές που επηρεάζουν την παράμετρο.

Μετά τη δημιουργία της δομής του δέντρου, πραγματοποιούνται συγκρίσεις κατά ζεύγη μεταξύ των παραμέτρων και στη συνέχεια για κάθε παράμετρο με τις μεταβλητές που επηρεάζουν την παράμετρο. Αυτό εκτελείται διαδοχικά σε κάθε επίπεδο του δένδρου. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα την εκτίμηση της σχετικής βαρύτητας των παραμέτρων.

Η πράξη σύνθεσης των βαρών είναι αποτέλεσμα των πράξεων πολλαπλασιασμού μεταξύ των πινάκων βαρών από το κατώτερο ιεραρχικό επίπεδο προς το ανώτερο. Η μέθοδος υλοποιείται σε τρία επίπεδα:

- Δημιουργία μήτρας δυαδικών συγκρίσεων (pair wise comparison matrix)
- Υπολογισμός βαρών παραμέτρων
- Εκτίμηση του ποσοστού συνέπειας (consistency ratio)

Στη συνέχεια στο περιβάλλον εργασίας των Γ.Σ.Π., συνδυάζονται χωρικά οι παράμετροι με βάση το μέγεθός τους και τους συντελεστές βαρύτητας που αντιστοιχούν, εφαρμόζοντας τεχνικές χωρικής ανάλυσης με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$S(\text{στόχος}) = \sum W_i X_i \quad \text{Εξ. 3.1}$$

Όπου: S = η σύνθετη τιμή του στόχου

W = το μέγεθος του κάθε παράγοντα

X = ο συντελεστής βαρύτητας ως προς τον στόχο

i = ο αριθμός των παραγόντων που διαμορφώνουν τον στόχο

3.5 Μεθοδολογία εκτίμησης της τρωτότητας έναντι κινδύνου πλημμύρας στη νήσος Θάσος

Σε αυτή τη μελέτη, εφαρμόζονται δύο φάσεις για την εκτίμηση της τρωτότητας των πλημμυρών στις λεκάνες απορροής των ρεμάτων του νησιού της Θάσου:

1. Εντοπισμός των αποτελεσματικών παραγόντων που προκαλούν πλημμύρες - τις πιθανές φυσικές πηγές πλημμυρών και
2. Εφαρμογή της μεθόδου MCA σε περιβάλλον GIS για την αξιολόγηση της ευπάθειας των πλημμυρών στην περιοχή.

3.5.1 Υλικά

Ως αναφορά χρησιμοποιήθηκε ένας τοπογραφικός χάρτης του νησιού της Θάσου, της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού σε κλίμακα 1: 50.000. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για τη χωρική ανάλυση και την απεικόνιση των χαρτογραφικών πληροφοριών ήταν το Desktop GIS-ArcView 9.3 της ESRI.

Η συλλογή των χαρτογραφικών δεδομένων μπορεί να επιτευχθεί με μια σειρά από εναλλακτικές διαδικασίες: σωζόμενοι χάρτες σε ψηφιακή μορφή ή σάρωση, φωτογραμμετρία ή τις επίγειες μετρήσεις, όπως είναι η τοπογράφηση. Οι απαιτήσεις στην ακρίβεια και το επίπεδο της λεπτομερής αναπαράστασης αυτών των δεδομένων εξαρτάται από το αντικείμενο (Βακάλης κ.α., 2004).

Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα ArcGis 9.3, γεωαναφέρθηκε ο τοπογραφικός χάρτης και ψηφιοποιήθηκαν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες που περιέχονται στο χάρτη. Αποτέλεσμα ήταν η

δημιουργία μιας βάσης δεδομένων που περιέχει τα στρώματα – πληροφορίες (layers): των λεκανών απορροής, του υδρογραφικού δικτύου, του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, της κατανομής των κλίσεων, τις χρήσεις γης, βροχοπτώσεις, πληθυσμιακά δεδομένα κ.α. Οι χρήσεις γης προήλθαν από τον Οργανισμό Κτηματολογίου και Χαρτογραφείας Ελλάδας (ΟΚΧΕ) και συντάχθηκαν στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Corine Land Cover.

3.5.2 Εντοπισμός των αποτελεσματικών παραγόντων – Μεταβλητές

Η αναγνώριση των παραγόντων οι οποίοι επιδρούν στην τρωτότητα έναντι κινδύνου πλημμύρας αποτελεί το σημαντικότερο βήμα στη δομή του μοντέλου με την μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Γι' αυτό το λόγο, με ιδιαίτερη προσοχή και κατόπιν έρευνας της βιβλιογραφίας, πραγματοποιήθηκε η επιλογή των παραγόντων (Πίνακας 3.1) με στόχο την μεγαλύτερη αξιοπιστία του τελικού θεματικού χάρτη. Σε κάθε παράγοντα αναλύθηκε ο τρόπος επίδρασής του στην τρωτότητα έναντι της πλημμύρας και βαθμονομήθηκε με συντελεστή βαρύτητας σύμφωνα με την επιρροή του σε κλίμακα από ένα έως τέσσερα.

Για κάθε αριθμητικό παράγοντα δημιουργήθηκαν οι εξής 4 διαφορετικές κλάσεις κινδύνου με βάση μέθοδο Jenk's Natural Breaks: υψηλή, μέτρια, χαμηλή και πολύ χαμηλή. Η ταξινόμηση των μη αριθμητικών παραγόντων (χρήσεις γης) εξαρτήθηκε από την επίδραση του παράγοντα στην διαδικασία της πλημμύρας. Είναι εμφανές ότι η περιορισμένη κάλυψη γης υποδηλώνει πολύ υψηλό κίνδυνο πλημμύρας.

Στη συνέχεια, ο κάθε παράγοντας χαρτογραφήθηκε στο περιβάλλον των Γ.Σ.Π. σε μορφή grid με μέγεθος pixel 20X20m. Τέλος, συνδυάστηκαν χωρικά οι παράγοντες με βάση τους συντελεστές βαρύτητας που τους δόθηκαν και εφαρμόστηκαν οι τεχνικές χωρικής ανάλυσης με την βοήθεια των Γ.Σ.Π. και των υπολογιστικών εξισώσεων.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για τη χαρτογραφική απεικόνιση της πλημμυρικής τρωτότητας είναι: Συσσώρευση ροής στο υδρογραφικό δίκτυο, η κλίση, οι χρήσεις γης, υψόμετρο, ιστορικό πλημμύρας, πληθυσμιακή πυκνότητα (Πίνακας 3.1).

Πίνακας 3.1 Ταξινόμηση παραγόντων σε κλάσεις κινδύνου

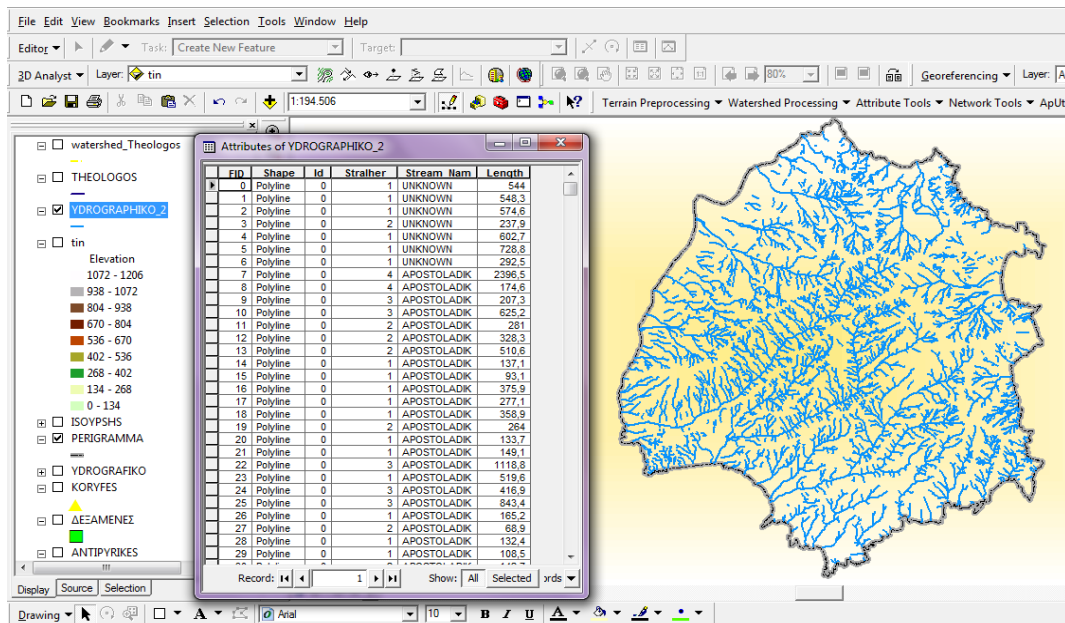
	Ταξινόμηση παραγόντων	Τιμές (Risk Value)	Κατηγορία Κινδύνου – Επίδραση Class Name - Effect
Πυκνότητα Υδρογραφικού Δικτύου (Density of the Hydrographical Network) Συσσώρευση ροής	0 - 15 m	4	Πολύ Υψηλή-Very High
	15 – 30 m	3	Υψηλή - High
	30 - 45 m	2	Μέτρια - Moderate
	> 45 m	1	Χαμηλή - Low
Χρήσεις Γης (Land Uses)	Πυκνή Δόμηση	4	Πολύ Υψηλή-Very High
	Αραιή δόμηση	3	Υψηλή - High
	Καλλιέργειες	2	Μέτρια - Moderate
	Δάση	1	Χαμηλή - Low
Κλίση (Slope)	0-10	4	Πολύ Υψηλή-Very High
	10-20	3	Υψηλή - High
	20-30	2	Μέτρια - Moderate
	30-40	1	Χαμηλή - Low
Υψόμετρο	0-300	4	Πολύ Υψηλή-Very High
	300-600	3	Υψηλή - High
	600-900	2	Μέτρια - Moderate
	900-1200	1	Χαμηλή - Low
Ιστορικό πλημμύρας	3-5	4	Πολύ Υψηλή-Very High
	2	3	Υψηλή - High
	1	2	Μέτρια - Moderate
	0	1	Χαμηλή - Low
Πληθυσμιακή Πυκνότητα – Αστικοποίηση (κάτοικός / τ.μ.)	60-136	4	Πολύ Υψηλή-Very High
	45-60	3	Υψηλή - High
	15-45	2	Μέτρια - Moderate
	13-15	1	Χαμηλή - Low

3.5.3 Εφαρμογή της μεθόδου MCA σε περιβάλλον GIS για την αξιολόγηση της ευπάθειας των πλημμυρών στην περιοχή

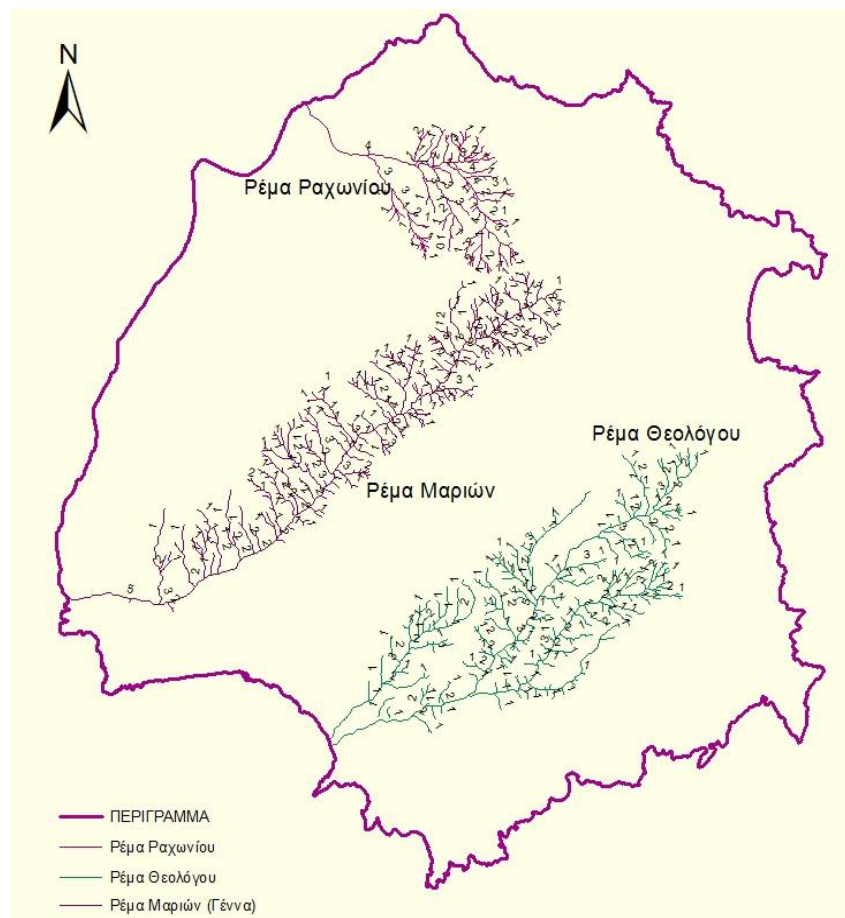
- Πυκνότητα Υδρογραφικού Δικτύου (Density Of the Hydrographical Network) - Συσσώρευση ροής

Αρχικά έγινε η ψηφιοποίηση των ρεμάτων του νησιού για να δημιουργηθεί η κατάλληλη βάση δεδομένων, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μελλοντική χρήση από τις εμπλεκόμενες υπηρεσίες. Ο πίνακας των χαρακτηριστικών των δεδομένων περιέχει πληροφορίες για κάθε ρέμα, όπως: την αρίθμηση κατά Strahler των ρεμάτων, τα μήκη των ρεμάτων που υπολογίζονται κατά μήκος

της λεκάνης απορροής ως μια ευθεία γραμμή μεταξύ των Χ, Υ συντεταγμένων (Εικόνα 3.3, Χάρτης 3.1).



Εικόνα 3.3 Το ψηφιοποιημένο υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης και ο πίνακας χαρακτηριστικών (attribute table) με τα πρόσθετα πεδία.



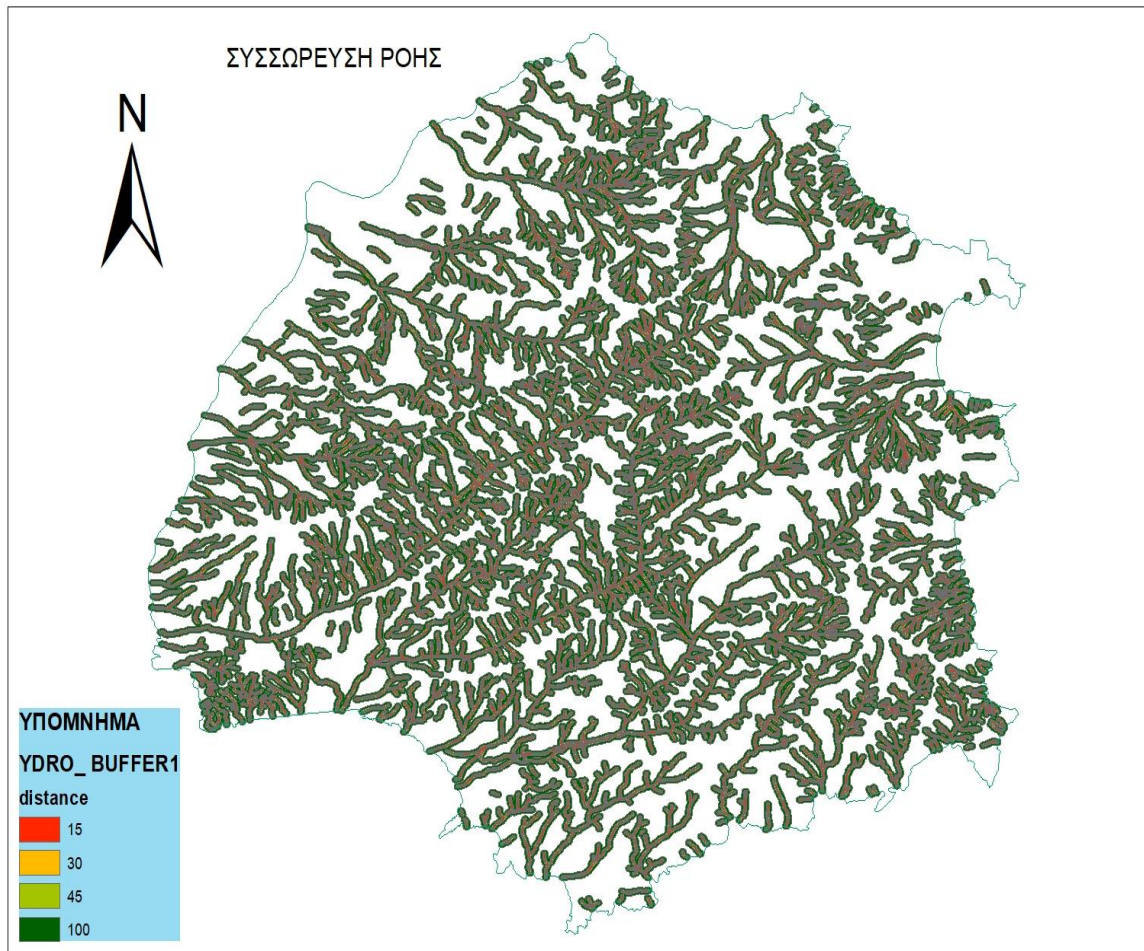
Χάρτης 3.1 Θεματικός Χάρτης της κατά Strahler (1952) αρίθμησης – ταξινόμησης τριών ρεμάτων του νησιού, που εμφανίζουν συνεχή ροή κατά τους θερινούς μήνες.



Χάρτης 3.2 Το υδρογραφικό δίκτυο της Ν. Θάσος

Σχετικά με τη συσσώρευση ροής η ένταση της παραμέτρου παρατηρείται κοντά στους κύριους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου, καθιστώντας τρωτές τις περιοχές εκατέρωθεν αυτών. Προσδιορίστηκαν οι ζώνες επιρροής ανάλογα με την απόσταση από τα ρέματα, καθώς η κάθε ζώνη έχει τη δική της τιμή.

Χρησιμοποιήθηκε η εντολή "Multiple Ring Buffer" με την οποία προσδιορίστηκαν οι ζώνες επιρροής ή Buffer Zones, ανάλογα με την επίδραση του κάθε παράγοντα στην πλημμυρική τρωτότητα. Η εντολή " Multiple Ring Buffer " δημιουργεί μία νέα πληροφορία - κατηγορία με ζώνες επιρροής, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο αποστάσεων επιρροής (μενού βοήθειας ArcGIS). Το νέο επίπεδο πληροφορίας (layer) είναι δυνατόν να δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας την βαρύτητα του παράγοντα με βάση την απόσταση, ή ως ένα σύνολο μεμονωμένων τιμών (μενού βοήθειας ArcGIS). Έτσι, δημιουργήθηκαν οι ζώνες επιρροής και η κάθε ζώνη έχει πλέον τη δική της βαρύτητα επιρροής. Στη συνέχεια, ορίστηκαν οι τιμές για κάθε ζώνη, δημιουργώντας ένα νέο πεδίο στον πίνακα χαρακτηριστικών και σύμφωνα με την επίδρασή τους δίνουμε το ποσοστό βάρους. Μέσα από την εντολή "Spatial Analyst" έγινε η μετατροπή των αρχείων από τη μορφή «vector» σε «raster» και επίσης έγινε αναταξινόμηση στις τέσσερις κατηγορίες τιμών: χαμηλή, μέτρια, υψηλή και πολύ υψηλή (Χάρτης 3.3).



Χάρτης 3.3 Χάρτης πυκνότητας υδρογραφικού δικτύου (Density of the Hydrographical Network) - Συσσωρευση ροής με ζώνες επιρροής ή Buffer Zones

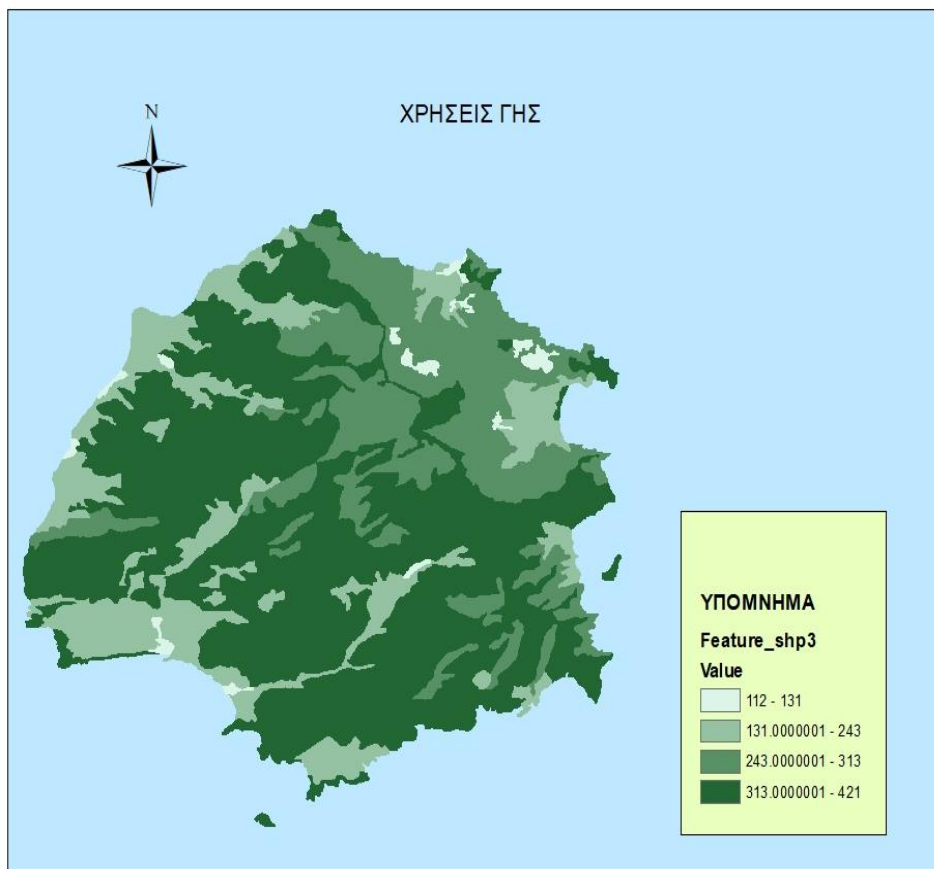
- **Χρήσεις Γης (Land Uses)**

Σχετικά με την παράμετρο των χρήσεων γης η πλειοψηφία των μεγάλων Δημοτικών Διαμερισμάτων του νησιού και κυρίως στα Δ. Διαμερίσματα των Λιμεναρίων, Λιμένα, Καλλιράχης, Ποταμιάς παρουσιάζουν πολύ υψηλό και υψηλό βαθμό τρωτότητας, αφού καλύπτονται από δομημένη επιφάνεια και υπάρχουν αρκετές εκβολές ρεμάτων.

Είναι σημαντική η δημιουργία ενός χάρτη χρήσεων γης της περιοχής μελέτης, με σκοπό την κατάταξη των χρήσεων γης σε ζώνες διαφόρων κατηγοριών. Ο χάρτης αυτός παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στην ένταση των πλημμυρών. Πιο συγκεκριμένα, τα είδη των χρήσεων γης μπορούν να επηρεάσουν την συμπεριφορά της πλημμύρας ανάλογα με την κατανομή τους. Όσο πιο ομοιόμορφη και συνεχόμενη είναι η βλάστηση σε μία περιοχή, τόσο μικρότερης έντασης πλημμύρα θα έχουμε, ενώ όσο πιο πολλές διακοπές της βλάστησης έχουμε, τόσο μεγαλύτερης έντασης πλημμύρες έχουμε.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στο επίπεδο των χρήσεων γης είναι ως εξής: Χωρίστηκαν οι χρήσεις γης σε τέσσερις κατηγορίες (Πίνακας 3.1), ανάλογα με την επικινδυνότητά τους για την εμφάνιση πλημμύρας και στη συνέχεια προστέθηκε ένα νέο πεδίο στον πίνακα των χαρακτηριστικών (attribute table).

Για κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες, δόθηκε ένας συντελεστής βαρύτητας, ανάλογος με την επικινδυνότητα έναρξης πλημμύρας (Χάρτης 3.4). Μέσα από την εντολή "Spatial Analyst" έγινε η μετατροπή των αρχείων από διανυσματική (vector) σε ψηφιδωτή μορφή (raster).

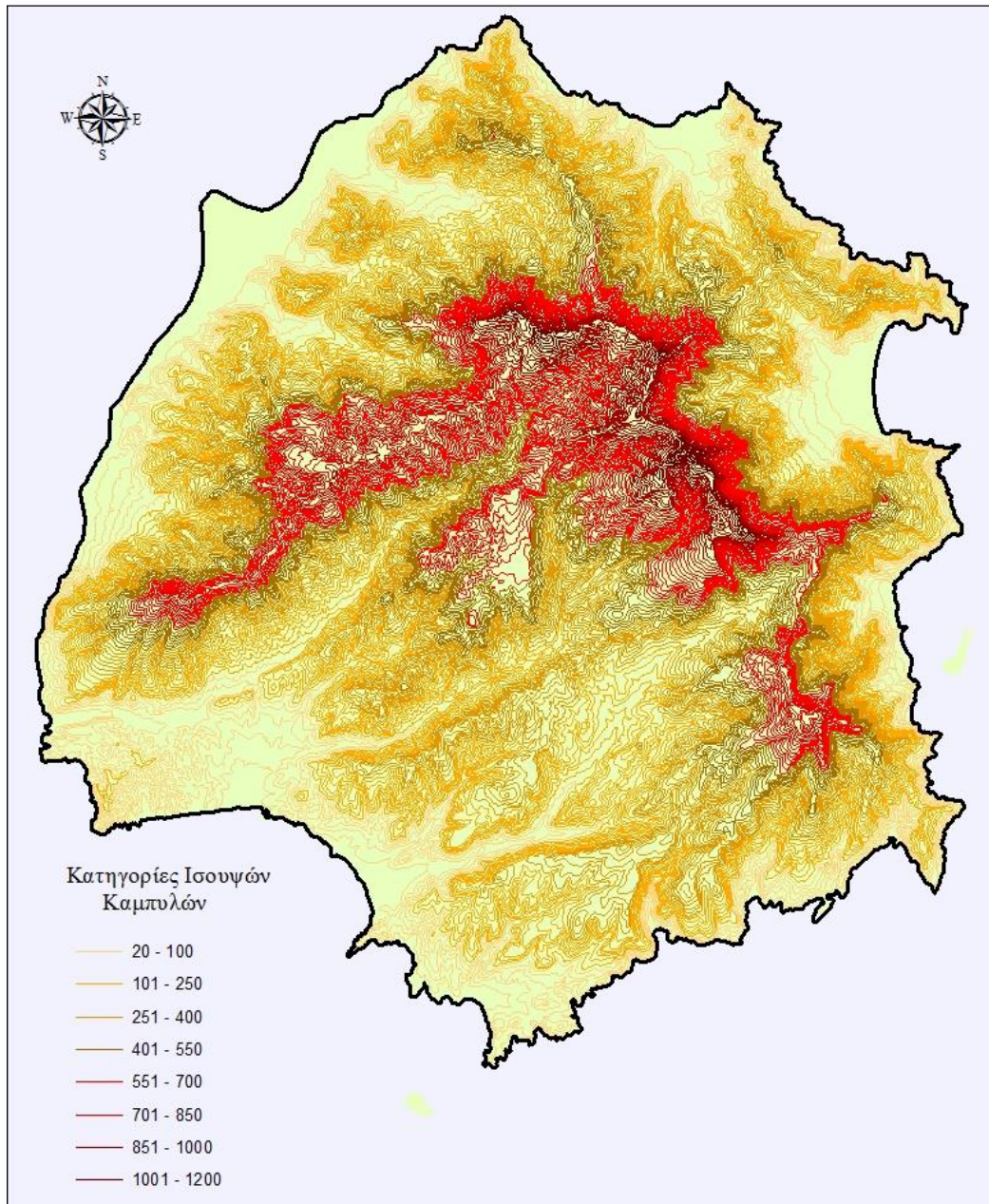


Χάρτης 3.4 Χάρτης με τις χρήσεις γης μετά την ταξινόμηση (το ανοικτό πράσινο αντιστοιχεί στο νούμερο 4 της ταξινόμησης)

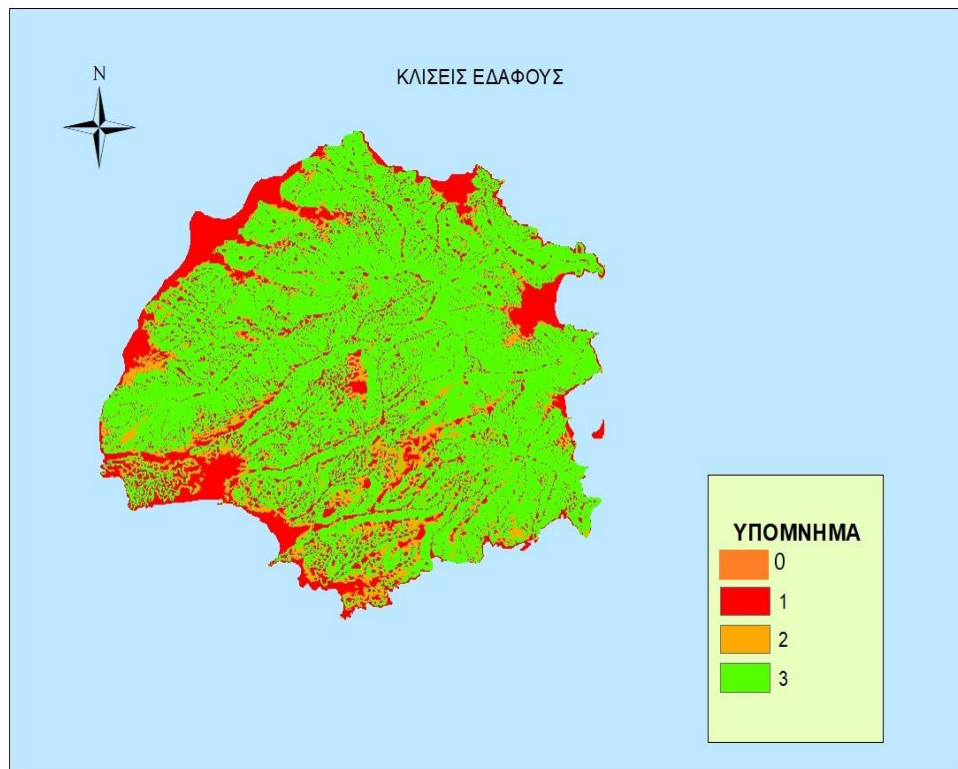
- **Κλίση (Slope)**

Η κλίση μιας περιοχής είναι μια βασική παράμετρος που είναι απαραίτητη σε κάθε σύστημα χαρτογράφησης πλημμυρικής τρωτότητας. Για την παρασκευή του χάρτη κλίσεων, έγινε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (Digital Elevation Model – D.E.M) του νησιού. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους, έγινε μετά τη ψηφιοποίηση των ισοψών καμπύλων, με ισοδιάσταση 20 μέτρων και μέσω του προγράμματος ArcView (Χάρτης 3.4).

Όσο μικρότερη είναι η κλίση μιας περιοχής τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος της εμφάνισης πλημμύρας. Έγινε αναταξινόμηση της κλίσης σε τέσσερις κατηγορίες, από την εντολή 3D Analyst, ανάλογα με το ποσοστό κλίσης (Χάρτης 3.5).



Χάρτης 3.5 Ο χάρτης με τις ισοψείς καμπύλες του νησιού, απαραίτητος για τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου εδάφους.

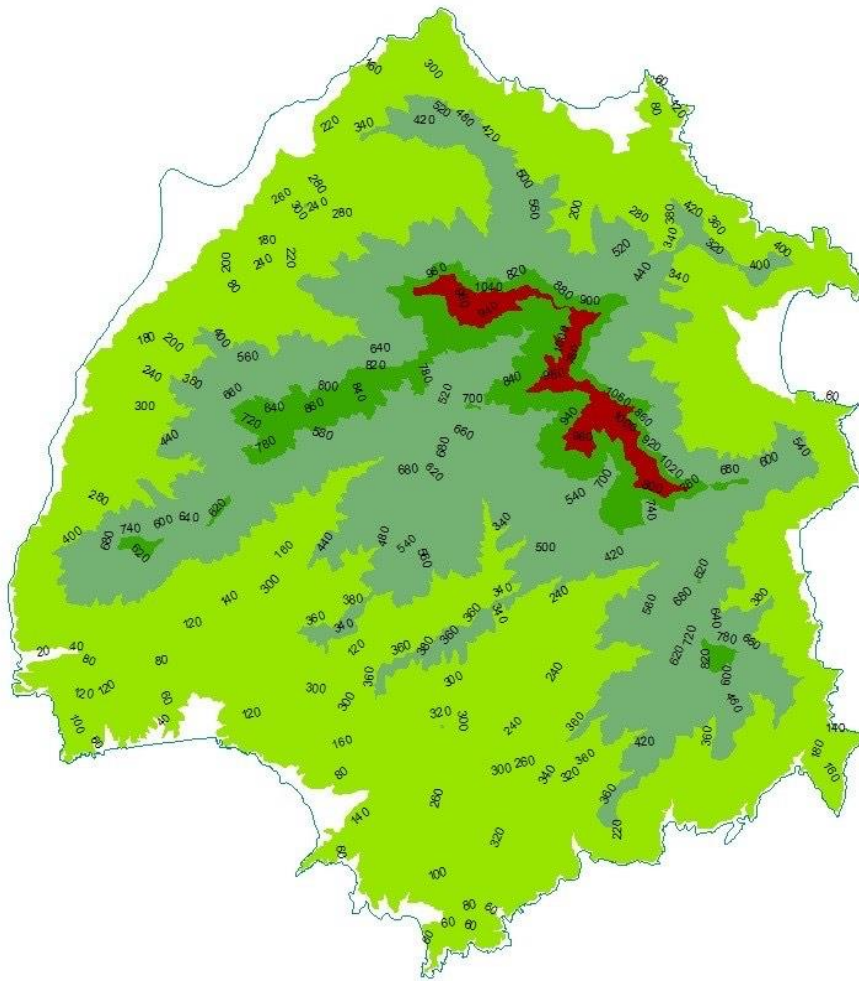


Χάρτης 3.6 Χάρτης κλίσεων εδάφους μετά την ταξινόμηση και ανάλογα με το βαθμό βαρύτητας

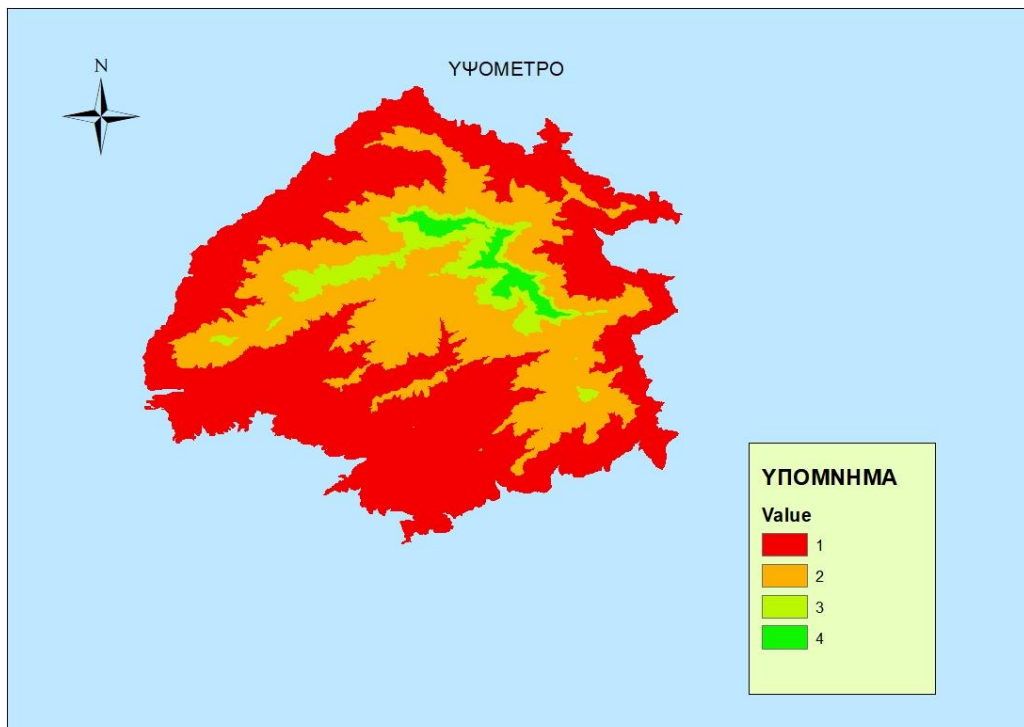
- **Υψόμετρο**

Σχετικά με την παράμετρο του υψόμετρου, το νησί παρουσιάζει υψηλά επίπεδα τρωτότητας αφού στην πλειοψηφία του εμφανίζει χαμηλό υψόμετρο. Ανάλογα με τα υψόμετρα του νησιού έγινε ταξινόμηση σε τέσσερις κατηγορίες και βαθμονομήθηκε ανάλογα με την επικινδυνότητά τους για την εμφάνιση μεγάλης έντασης πλημμύρα (Χάρτες 3.7, 3.8).

Όπως ήδη αναφέρθηκε μια περιοχή είναι περισσότερο ευάλωτη στην τρωτότητα όταν βρίσκεται σε χαμηλότερα υψόμετρα σε σχέση με το χώρο, όταν γειτνιάζει περισσότερο με υδατικούς αποδέκτες και όταν γειτνιάζει περισσότερο ή είναι κατόντη μεγάλων ταμειυτήρων ή αγωγών μεταφοράς νερού. Παρατηρείται ότι οι πλημμύρες είναι πιο εκτεταμένες στις πιο πεδινές περιοχές και σε κοντινή απόσταση από την κοίτη του ποταμού, όπως και κοντά στις εκβολές του.



Χάρτης 3.7 Χάρτης με τα υψόμετρα της Ν. Θάσος

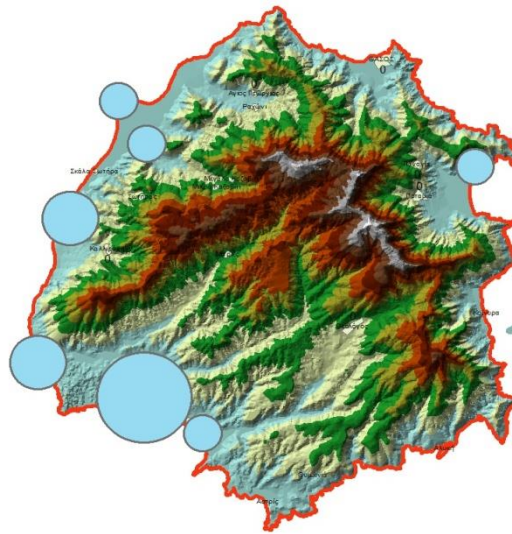


Χάρτης 3.8 Χάρτης υψομέτρων μετά την ταξινόμηση και ανάλογα με το βαθμό βαρύτητας

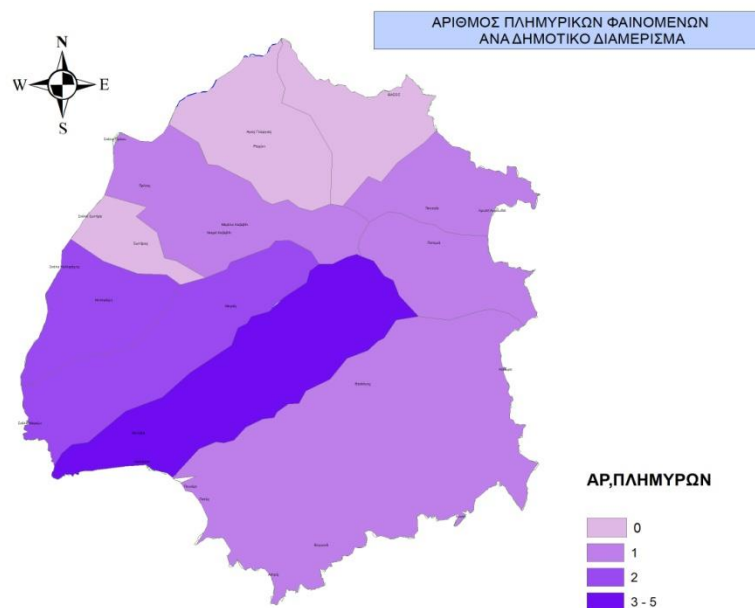
- **Ιστορικό πλημμύρας**

Η μελέτη των ιστορικών γεγονότων πλημμύρας αποτελεί σύμφωνα με τη βιβλιογραφία την καλύτερη διαθέσιμη πληροφορία σχετικά με τη χωρική αποτύπωση της επιμονής του προβλήματος, δίνοντας παράλληλα και μια εικόνα πιθανού μελλοντικού κινδύνου (Yusuf et al, 2009, Forte et al, 2005). Για την παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τα μεγάλης έντασης γεγονότα πλημμύρας, την περίοδο 2014-2022 (Χάρτης 3.9). Τα δεδομένα αποτελούν στοιχεία έρευνας στο διαδίκτυο και βιβλιογραφικών αναφορών.

Αρχικά έγινε ψηφιοποίηση των περιοχών με ιστορικό πλημμύρας τα τελευταία 10 χρόνια. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε στο attribute table ένα πεδίο με τα πλημμυρικά φαινόμενα ανά Δημοτικό Διαμέρισμα. Η επαναταξινόμηση πραγματοποιήθηκε ανάλογα με τις περιοχές και τον αριθμό συχνότητας εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων στις τέσσερις κατηγορίες τιμών (Χάρτης 3.10).



Χάρτης 3.9 Ο χάρτης με τις περιοχές που εμφανίζουν ιστορικό πλημμύρας.

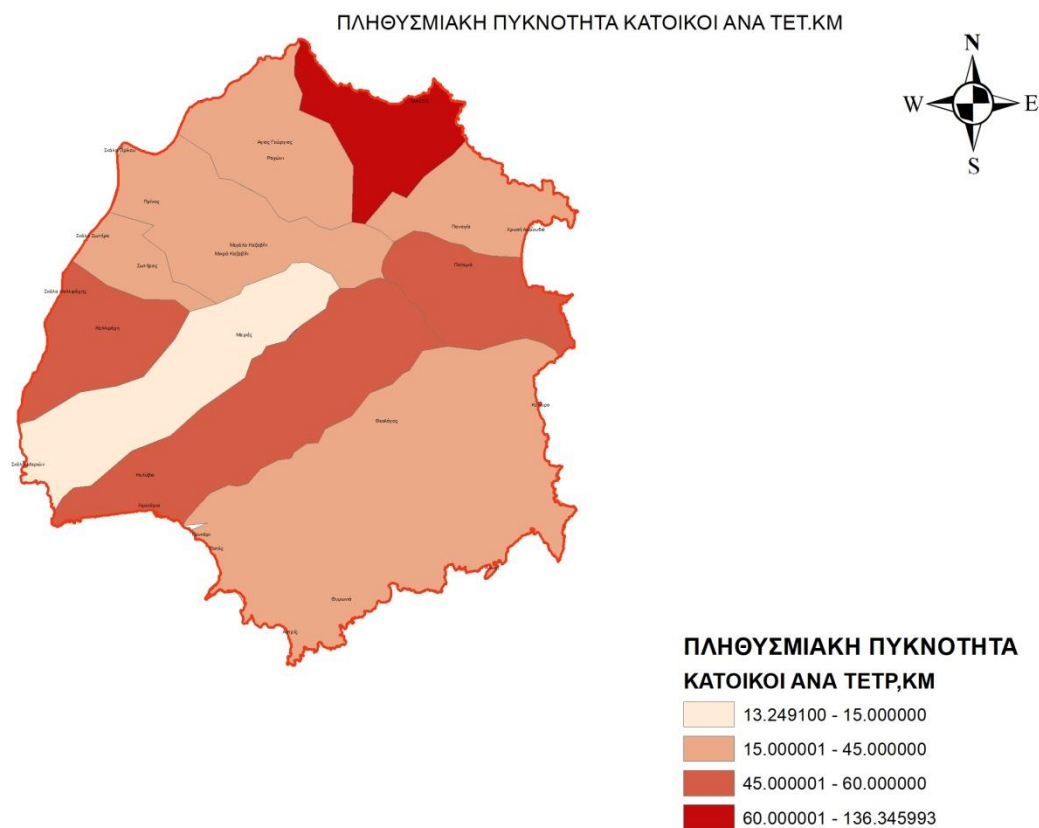


Χάρτης 3.10 Πλημμυρικά φαινόμενα ανά Δημοτικό Διαμέρισμα

• Πληθυσμιακή Πυκνότητα – Αστικοποίηση

Η πληθυσμιακή πυκνότητα καταδεικνύει υψηλό επίπεδο έκθεσης σε έναν κίνδυνο πλημμύρας. Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα του πληθυσμού, τόσο μεγαλύτερη είναι η ευπάθεια απέναντι στον κίνδυνο (Gu et al. , 2018; Rubio et al, 2019; Behanzin et al, 2015).

Η πληθυσμιακή πυκνότητα είναι ο λόγος του πληθυσμού ανά μονάδα έκτασης. Τα πληθυσμιακά δεδομένα σε επίπεδο δήμου, ανακτήθηκαν από την απογραφή 2011 της Ελληνικής στατιστικής και η έκταση του κάθε δήμου (σε Ha) από τα εργαλεία υπολογισμού του εμβαδού στο ArcGIS. Στη μελέτη μας χρησιμοποιήθηκε βαθμονόμηση για ελαφρώς μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα από την πραγματική, καθώς υπολογίστηκε ότι κατά την τουριστική περίοδο η ο πληθυσμός εμφανίζει αύξηση 30% περίπου με τους τουρίστες που διαμένουν προσωρινά στα τουριστικά καταλύματα (Χάρτης 3.11).



Χάρτης 3.11 Ο χάρτης της πληθυσμιακής πυκνότητας.

3.6 Αποτελέσματα

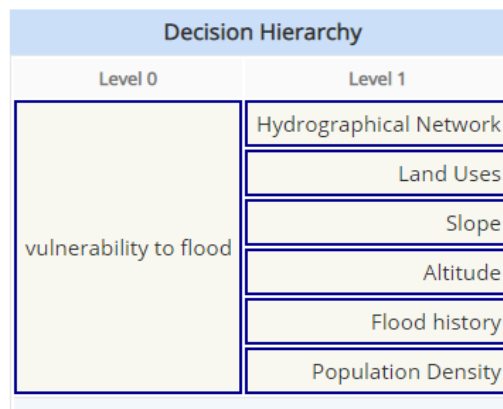
3.6.1 Χάρτης Τρωτότητας Πλημμύρας μέσω της Αναλυτικής Ιεράρχησης και Υπολογισμός των Συντελεστών Βαρύτητας

Το πρώτο στάδιο στην μεθοδολογία της Αναλυτικής Ιεράρχησης αποτελεί ίσως το πιο καθοριστικό στάδιο ως προς την ποιότητα και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που προκύπτουν. Ο επιδιωκόμενος στόχος (goal) του υπό μελέτη προβλήματος, αναλύεται σε υποστόχους, οι οποίοι

αναλύονται στα πρότυπα μιας ιεραρχικής δομής (δομή δένδρου). Τα ανώτερα επίπεδα αναφέρονται σε κριτήρια που επηρεάζουν τον στόχο και όσο κατεβαίνει η δομή προς τα κάτω, τα κριτήρια αυτά αναλύονται όλο και περισσότερο. Ο βαθμός λεπτομέρειας που δίνεται στην ιεραρχική δομή κατά την ανάλυση του προβλήματος εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του προβλήματος καθώς και από την αντικειμενικότητα του χρήστη.

Στη μελέτη αυτή, στόχος είναι η δημιουργία του χάρτη τρωτότητας πλημμύρας και υποστόχοι είναι οι παράμετροι που επηρεάζουν την εμφάνιση πλημμύρας σε μια περιοχή. Η κάθε παράμετρος αναλύεται όλο και περισσότερο σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν κατά την μεθοδολογία. Στην εικόνα που ακολουθεί αποτυπώνεται η ιεραρχική δομή έξι επιπέδων (Εικόνα 3.4), που ακολουθήθηκε με την χρήση του λογισμικού AHP-OS, <https://bpmsg.com/ahp/>.

1 (6) hierarchy level(s), 6 (100) hierarchy leafs, 1 (50) hierarchy node(s), 104 (6000) hierarchy characters.



Hierarchy Definition Text

vulnerability to flood:Hydrographical Network, Land Uses, Slope, Altitude, Flood history, Population Density;

AHP Project Menu

Εικόνα 3.4 Ιεραρχική δομή δέντρου της δημιουργίας του χάρτη τρωτότητας πλημμύρας και τα κριτήρια που επιλέχθηκαν.

Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται η συλλογή των προτιμήσεων από τον χρήστη σχετικά με τα στοιχεία δόμησης. Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε επίπεδο της ιεραρχικής δομής, γίνονται συγκρίσεις κατά ζεύγη, ως προς το βαθμό επιρροής του ενός έναντι του άλλου, σε σχέση με το κριτήριο του ανωτέρου επιπέδου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία πινάκων με τις κατά ζεύγη συγκρίσεις, που ο αριθμός τους είναι ίσος με το πλήθος των κόμβων του δένδρου.

Για την δημιουργία των πινάκων των κατά ζεύγη συγκρίσεων, ο χρήστης αποφασίζει τη διαβάθμιση για κάθε συγκρινόμενο ζεύγος στοιχείων X και Y ως εξής:

I : το X είναι ισοδύναμο με το Y

WP : το X είναι ασθενέστερο από το Y (weak preference)

SP: το X είναι πιο ισχυρό από το Y (strong preference)

DP: το X είναι πολύ ισχυρότερο από το Y (very strong preference)

AP: X έναντι στο Y είναι απόλυτο (absolute preference)

Σύμφωνα με τον Saaty : $R = \{ I, WP, SP, DP, AP \}$ και αντιστοιχίζονται στη αριθμητική κλίμακα 1, 3, 5, 7 και 9. Βέβαια είναι δυνατή και η χρησιμοποίηση ενδιάμεσων τιμών, που εκφράζουν τις ενδιάμεσες προτιμήσεις.

Σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη στις κατά ζεύγη συγκρίσεις δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας που συμπληρώνεται με τιμές α_{ij} :

Πίνακας 3.2 Οι προτιμήσεις του χρήστη στις κατά ζεύγη συγκρίσεις.

vulnerability to flood - Χάρτης Τρωτότητας Πλημμύρας	Hydrographical Network - Υδρογραφικό Δίκτυο 1	Land uses – Χρήσεις Γης 2	Slope- Κλίση 3	Altitude – Υψόμετρο 4	Flood History – Ιστορικό πλημμύρας 5	Population Density Πυκνότητα Πληθυσμού 6
Hydrographical Network - Υδρογραφικό Δίκτυο	α_{11}	α_{12}	α_{13}	α_{14}	α_{15}	α_{16}
Land uses – Χρήσεις Γης	α_{21}	α_{22}	α_{23}	α_{24}	α_{25}	α_{26}
Slope- Κλίση	α_{31}	α_{32}	α_{33}	α_{34}	α_{35}	α_{36}
Altitude – Υψόμετρο	α_{41}	α_{42}	α_{43}	α_{44}	α_{45}	α_{46}
Flood History – Ιστορικό πλημμύρας	α_{51}	α_{52}	α_{53}	α_{54}	α_{55}	α_{56}
Population Density – Πυκνότητα Πληθυσμού	α_{61}	α_{62}	α_{63}	α_{64}	α_{65}	α_{66}

$\alpha_{11} = 1$ (τα στοιχεία συγκρίνονται με τον εαυτό τους)

$\alpha_{12} > 1$ όταν το στοιχείο 1 είναι ισχυρότερο έναντι του 2

$\alpha_{12} < 1$ όταν το 1 είναι ασθενέστερο από το 2

$\alpha_{12} = 1/\alpha_{21}$ για κάθε i, j

Οι τιμές αυτές εκφράζουν πόσες φορές είναι πιο σημαντικό το ένα στοιχείο από το άλλο.

Στο τρίτο στάδιο, που είναι καθαρά υπολογιστικό, υπολογίζονται για κάθε πίνακα συγκρίσεων τα σχετικά βάρη (W) των συγκρινόμενων κριτηρίων σε σχέση με τον απώτερο στόχο. Στο περιβάλλον του AHP-OS, μετά τις ανά ζεύγη συγκρίσεις προέκυψε η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου (Εικόνα 3.6, Γράφημα 3.1), η οποία στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί υπολογιστικά μέσω των ΓΣΠ.

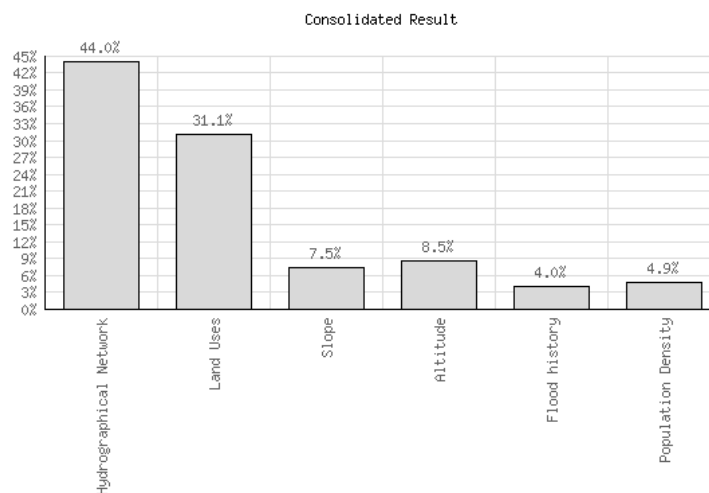
Project: vulnerability to flood

Project description

Decision Hierarchy		
Level 0	Level 1	Glb Prio.
vulnerability to flood AHP	Hydrographical Network 0.440	44.0%
	Land Uses 0.311	31.1%
	Slope 0.075	7.5%
	Altitude 0.085	8.5%
	Flood history 0.040	4.0%
	Population Density 0.049	4.9%
		1.0

Εικόνα 3.5 Το τελικό αποτέλεσμα βαρύτητας μετά την κατά ζεύγη σύγκριση

Consolidated Global Priorities



Breakdown by Nodes

[Details](#) Node: vulnerability to flood - CR: 9.2%

Γράφημα 3.1 Γράφημα με τη βαρύτητα του κάθε κριτηρίου

Παρατηρώντας το Γράφημα 3.1, βλέπουμε ότι υπάρχει ο δείκτης ασυνέπειας Inconsistency=9.2% ο οποίος πρέπει να έχει τιμή μικρότερη ή ίση με το 10% για να είναι αποδεκτή η βαρύτητα που έχει δοθεί στο κάθε κριτήριο. Σε αντίθετη περίπτωση ο χρήστης θα πρέπει να ξανά εξετάσει την δομή της ιεραρχίας και τις προτιμήσεις που έθεσε.

Στη συνέχεια και με βάση τα αποτελέσματα της αναλυτικής ιεράρχησης, όλοι οι παραγόμενοι χάρτες συνδυάστηκαν χωρικά, εφαρμόζοντας τεχνικές χωρικής ανάλυσης, δίνοντας τον κατάλληλο συντελεστή βάρους για κάθε χάρτη και με σκοπό την παραγωγή του θεματικού χάρτη που απεικονίζει

τις περιοχές με τρωτότητα έναντι της πλημμύρας. Από τους έξι παράγοντες δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση στη πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου και στη συνέχεια στα υπόλοιπα στοιχεία.

Αυτό επιτεύχθηκε με την βοήθεια των ΓΣΠ και με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$FR = \sum W_j X_j \quad \text{Εξ. 3.2}$$

Όπου FR: η επικινδυνότητα πλημμύρας

W: το μέγεθος της κάθε μεταβλητής

X: το βάρος του κριτηρίου

i: ο αριθμός των κριτηρίων που επιδρούν στο χάρτη κινδύνου πλημμύρας

Στο περιβάλλον ΓΣΠ και μέσω της εντολής Raster Calculator:

$$VtF = (0,44*Y\Delta + 0,311*ΧΓ + 0,075*Κ + 0,085*Υ + 0,040*ΙΠ + 0,049*ΠΠ)$$

Όταν FRM = Χάρτης επικινδυνότητας πλημμύρας,

YΔ = Χάρτης Υδρογραφικού Δικτύου,

ΧΓ = Χάρτης Χρήσεων Γης,

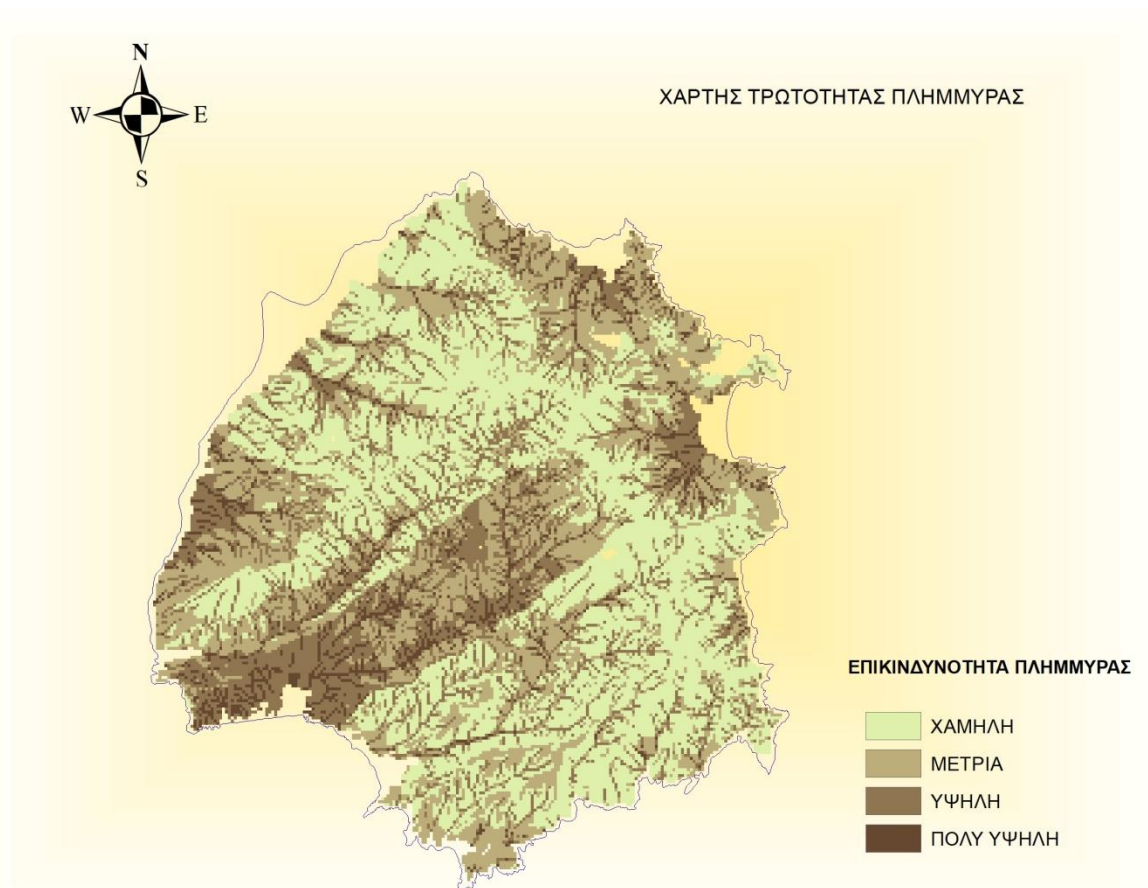
Κ = Χάρτης Κλίσεων

Υ = Χάρτης Υψόμετρου

ΙΠ = Ιστορικό πλημμύρας

ΠΠ = Πυκνότητα Πληθυσμού

Αξιολογώντας τον χάρτη που ακολουθεί, εμφανίζεται η κατάταξη των περιοχών όσον αφορά το επίπεδο τρωτότητας σε πλημμυρικά φαινόμενα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ένα σημαντικό ποσοστό του νησιού εμφανίζει πολύ υψηλή πλημμυρική τρωτότητα. Παρατηρείται ότι ο κίνδυνος εμφάνισης πλημμυρών βρίσκεται στις περιοχές που έχουν γίνει οι περισσότερες δασικές πυρκαγιές, υπάρχει αύξηση πληθυσμιακής πυκνότητας και κατά συνέπεια συνεχής αστικός ιστός, ενώ παράλληλα εμφανίζουν χαμηλές κλίσεις και υψόμετρα. Αυτό επιβεβαιώνει την αξιοπιστία του μοντέλου που αναπτύχθηκε, πραγματοποιώντας μία σύγκριση του τελικού χάρτη με τις περιοχές που εμφανίζουν ιστορικά τα περισσότερα γεγονότα πλημμύρας.



Χάρτης 3.12 Χάρτης Τρωτότητας Πλημμύρας

Αξιολογώντας τον τελικό χάρτη, παρατηρείται ότι πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας βρίσκεται στις περιοχές που έχει παρατηρηθεί στατιστικά τα τελευταία χρόνια, μια αύξηση των δασικών πυρκαγιών.

Η περιοχή του οικισμού Δασυλλίου του Όρμου Πρίνου, της Δημοτικής Κοινότητας Πρίνου, καταδεικνύει ότι πλημμυρικά φαινόμενα προϋπήρχαν και οι φερτές ύλες διαμόρφωσαν τη «γλώσσα» του Δασυλλίου (Μαρουγκλιάνης κ.α., 2018).

Πρόσφατα και μετά την πυρκαγιά του 1989, στις συγκεκριμένες περιοχές και μετά από έντονη βροχόπτωση το Νοέμβρη του 1989, έκαναν εμφάνιση έντονα πλημμυρικά φαινόμενα, με μεταφορά φερτών υλικών και πρόσχωση της κοίτης των χειμάρρων. Αποτέλεσμα αυτών ήταν η εναπόθεση χοντρόκοκκου υλικού στα ανάντη και λεπτόκοκκου υλικού στα κατόντη. Οι περιοχές των ελαιοκτημάτων ανάντη της Εθνικής Οδού (ΕΟ 69) «Λιμένα - Λιμεναρίων», είχαν κατακλυστεί από «ιλύ», όπως αναφέρεται στην τοπική διάλεκτο, δηλαδή από λάσπη (Μαρουγκλιάνης κ.α., 2018).

Αυτό επιβεβαιώνει την αξιοπιστία του μοντέλου που έχει αναπτυχθεί, πραγματοποιώντας μία σύγκριση του τελικού χάρτη τρωτότητας πλημμύρας με τον χάρτη των περιοχών που έχουν καεί τα τελευταία 20 χρόνια.

Κεφάλαιο 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΧΑΡΤΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΚΡΟΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Η ενότητα αυτή, παρέχει μια περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία ενός χάρτη χωροθέτησης μικροφραγμάτων με σκοπό την ανάσχεση των πλημμυρικών φαινομένων στον αστικό χώρο της νήσου Θάσος. Αναλυτικότερα, παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για το στήσιμο του υδρολογικού μοντέλου της περιοχής ενδιαφέροντος, αρχικά σε περιβάλλον ArcMap και έπειτα στα λογισμικά Mike Zero και Mike 22.

Όπως αναφέρθηκε εκτενώς στα προηγούμενα κεφάλαια, οι πλημμύρες συνιστούν απειλή για την ανθρώπινη υγεία, την πολιτιστική κληρονομιά, την οικονομία και το περιβάλλον. Ο κίνδυνος πλημμύρας και οι ζημιές που προκαλούνται τείνουν να αυξηθούν στο μέλλον, ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, της κακοδιαχείρισης των ποτάμιων συστημάτων, των κατασκευών σε περιοχές που απειλούνται από πλημμύρες και της αύξησης του πληθυσμού και των κατοικιών στις εν λόγω περιοχές.

4.1.1 Τα αντιπλημμυρικά έργα

Τα αντιπλημμυρικά έργα έχουν ως κύριο στόχο την προστασία του ανθρώπου και του περιβάλλοντός του από την υπερχειλίση των οχθών των χειμάρρων και των ποταμών. Ο κίνδυνος της πλημμύρας απειλεί κυρίως την καλλιεργημένη γη, τις οδούς κυκλοφορίας και τους οικισμούς. Ο περιορισμός του κινδύνου της πλημμύρας μπορεί να επιτευχθεί μέσω:

- της ανάσχεσης (συγκράτησης) της,
- της περαιτέρω διοχέτευσης της πλημμύρας
- και των μέτρων στις περιοχές που πλημμυρίζουν

Το χαρακτηριστικότερο τεχνικό έργο για την ανάσχεση της πλημμύρας είναι η δεξαμενή (λεκάνη) ή ο ταμιευτήρας, ενώ για τη διοχέτευση της πλημμύρας το ανάχωμα.

Στα περισσότερα αντιπλημμυρικά έργα, η κατασκευή των φραγμάτων ομαλοποίησε τις παροχές στις εκβολές του ποταμού και αυτό δημιούργησε την εσφαλμένη εντύπωση ότι δεν υπήρχαν πλέον πρόβλημα πλημμυρών. Αυτό οδήγησε στη χρήση των παρόχθιων περιοχών, με αποτέλεσμα τα

τεχνικά έργα να μην μπορούν να εξαλείψουν τις επιπτώσεις των πλημμυρών και πρέπει να συνοδεύονται από διάφορες πολιτικές και δράσεις όπως:

1. Έλεγχος των χρήσεων σε ρέματα και πλημμυρικά πεδία
2. Κανονιστικές διατάξεις για τη μείωση της εκροής όμβριων σε επίπεδο οικοδομικού κανονισμού
3. Καθορισμός αρμοδιοτήτων διαχείρισης και συντήρησης των έργων στα διάφορα επίπεδα διοίκησης
4. Εκπαίδευση των πολιτών ώστε να: (α) γνωρίζουν τους φυσικούς κινδύνους που πηγάζουν από το φυσικό περιβάλλον όπου κινούνται, (β) παρεμβαίνουν προληπτικά και σε ατομικό επίπεδο στο περιβάλλον τους και (γ) συμμετέχουν στη μετρίαση των επιδράσεων των φυσικών καταστροφών και στην παροχή πρώτων βοηθειών (Μάμασης, 2019).

4.1.1.1. Τα αντιπλημμυρικά έργα στο νησί της Θάσου

Όπως ήδη έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 2, ενότητα 2.4, οι δασικές πυρκαγιές στο Νησί της Θάσου είναι εκτεταμένες τα τελευταία 30 χρόνια. Συνολικά καταστράφηκαν περίπου 85.000 στρέμματα δασικών και μη δασικών εκτάσεων. Συνέπειες από αυτές τις πυρκαγιές ήταν η καύση μεγάλων ποσοτήτων ξυλώδους όγκου, η υποβάθμιση του εδάφους και η απογύμνωση του με τον κίνδυνο της ερημοποίησης. Σε επίπεδο λεκάνης απορροής, η σοβαρότερη επίπτωση από τις αλληπάλληλες πυρκαγιές είναι η αλλαγή των μηχανισμών μετατροπής της βροχής σε απορροή στο υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης, με τη δημιουργία πολύ δυσμενών συνθηκών, που οδηγούν στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων. Πιο συγκεκριμένα μερικές από αυτές τις δυσμενείς συνθήκες είναι:

- A) Καταστροφή της βλάστησης με δημιουργία υδρόφοβου στρώματος εντός του εδάφους από καύση οργανικής ουσίας.
- B) Αύξηση ύψους βροχής.
- Γ) Καύση επιφανειακών φυτικών υπολειμμάτων και μείωση συγκράτησης βροχής.
- Δ) Μείωση ταχύτητας διήθησης βροχής
- E) Αύξηση επιφανειακής απορροής και μείωση της αντίστασης του εδάφους.
- Z) Εδαφική διάβρωση με αύξηση της υδατοστερεοπαροχής προς τα κατόντη και τις κοίτες των ρεμάτων.
- H) Διάβρωση πυθμένα και πρηνών κοίτης με υπερχείλιση στα πεδινά.

Για όλους αυτούς τους λόγους, η λήψη μέτρων και η κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων αποτελούν επιτακτική και άμεση ανάγκη.

Κατά καιρούς, σε όλες τις πληγείσες περιοχές, έγιναν προσπάθειες να σχεδιαστούν και να εκτελεστούν αντιδιαβρωτικά και αντιπλημμυρικά έργα, προκειμένου να προστατευθούν οι περιοχές από ενδεχόμενα πλημμυρικά φαινόμενα. Σύμφωνα με το Δασαρχείο της Θάσου, ως αντιδιαβρωτικά έργα κατασκευάστηκαν περίπου εκατό έξι (106) χιλιόμετρα κορμοδεμάτων και ως αντιπλημμυρικά έργα κατασκευάστηκαν συνολικά εξήντα τέσσερα (64) φράγματα ανοίγματος 4, 5 και 6 μέτρων. Κάποια έργα κατασκευάστηκαν στην πεδινή κοίτη και στην προστασία των οικισμών από τους

χειμαρρους, τα οποία αποσκοπούσαν στην απρόσκοπτη διέλευση νερού και φερτών υλικών, με απώτερο προορισμό τη θάλασσα.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η εύρεση των κατάλληλων θέσεων κατασκευής έργων οριστικής αποτροπής χειμαρρικών και πλημμυρικών φαινομένων στην έξοδο των λεκανών απορροής, καθώς έργα αντιπλημμυρικής προστασίας δεν εκτελέστηκαν στην περιοχή της μελέτης, μετά την πυρκαγιά του 1989.

Αρχικά, έγινε προσομοίωση ενός πλημμυρικού γεγονότος στην λεκάνη απορροής των Λιμεναρίων Θάσου. Στη συνέχεια, επαναλήφθηκε η προσομοίωση του μοντέλου, με τοποθέτηση φραγμάτων σε διαφορές θέσεις, προκειμένου μέσω της προσομοίωσης να βρεθούν ενδεικτικές θέσεις ταμιευτήρων που θα εμφανίζουν μείωση πλημμύρας στην ευρύτερη περιοχή.

4.2 Μοντέλα προσομοίωσης πλημμύρας σε μια λεκάνη απορροής

Τα μοντέλα προσομοίωσης πλημμυρών βοηθούν στον προσδιορισμό της θέσης και έκτασης των πλημμυρισμένων περιοχών καθώς και στην μελέτη της υδραυλικής συμπεριφοράς μιας λεκάνης απορροής σε πραγματικό χρόνο και σε συνθήκες μόνιμης ή μη μόνιμης ροής.

Τα στάδια μοντελοποίησης μια περιοχής περιλαμβάνουν:

1. Τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους
2. Τον προσδιορισμό των συνθηκών ροής
3. Υδραυλική προσομοίωση - Σενάριο
4. Αποτελέσματα
5. Έλεγχος αποτελεσμάτων

Τα τελευταία χρόνια έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετά λογισμικά για την εξαγωγή υδραυλικής προσομοίωσης. Τα πιο γνωστά είναι το HEC – RAS, το FLO 2D, το LISFLOOD –FK και το MIKE PLUS (MIKE 2D22 ΚΑΙ MIKE ZERO).

4.3 MIKE +

Το Mike +, που περιλαμβάνει το MIKE 2D22 και το MIKEZERO, είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα μοντελοποίησης σεναρίων αστικών και ποτάμιων πλημμυρών. Προσφέρει μια πλήρη σειρά ολοκληρωμένων λύσεων λογισμικού για συστήματα νερού, που ο πυρήνας τους περιλαμβάνει ένα ευέλικτο και επεκτάσιμο εργαλείο διαχείρισης μοντέλων. Η πλατφόρμα MIKE+ επιτρέπει την ολιστική διαχείριση του νερού με την λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων.

Η μοντελοποίηση επιτυγχάνεται μέσω των εξής μεθόδων:

- Elliptic mild slopes waves (EMS)
- Parabolic mild sloped waves (PMS)

- Non – cohesive sediment transport (ST)
- Businessq waves (BW)
- Spectral waves (SW)
- Flow models (FM)

Με τη χρήση του MIKE+ έχουμε τη δυνατότητα: α) δημιουργίας ευέλικτων προσομοιώσεων πλημμύρας, β) συνδυασμό των προβλέψεων για πλημμύρες με δεδομένα υψομέτρου χρησιμοποιώντας τη μοντελοποίηση «2D Overland», για να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις των ακραίων καιρικών φαινομένων στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Πιο αναλυτικά υπάρχει η δυνατότητα αξιολόγησης:

- Πώς οι κατασκευές των αναχωμάτων μπορούν να επηρεάσουν τις πλημμυρικές πεδιάδες
- Πώς εξαπλώνονται οι πλημμύρες στις πόλεις
- Πώς οι ακραίες καταιγίδες δημιουργούν πλημμυρικά φαινόμενα

Για το μοντέλο μας επιλέχθηκε η μέθοδος 2D Overland στο MIKE+ που επιτρέπει:

- Δισδιάστατη μοντελοποίηση ροών ελεύθερης επιφάνειας
- Μοντελοποίηση 2D χερσαίων συστημάτων για ολοκληρωμένη ανάλυση επιφανειακής ροής

4.4 Κατασκευή μοντέλου με τη χρήση του MIKE +

4.4.1 Υλικά και Μεθοδολογία

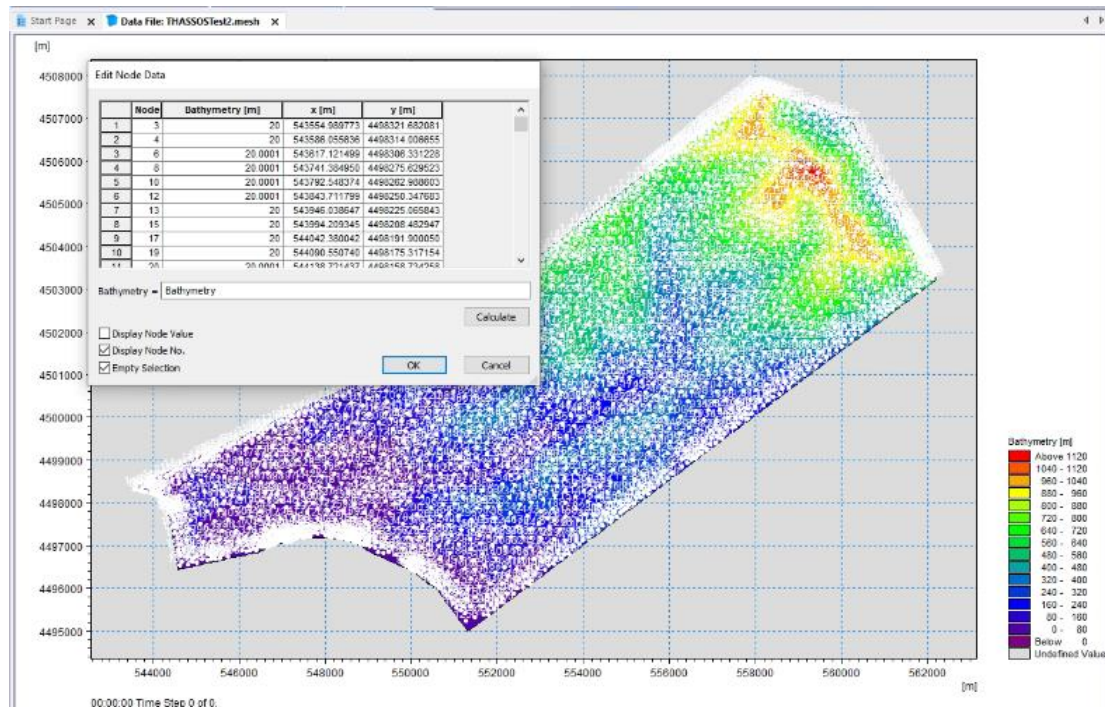
Για την προσομοίωση της πλημμύρας και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων ακολουθήθηκαν συνοπτικά τα παρακάτω βήματα:

1. Η επιλογή της περιοχής προσομοίωσης
2. Ψηφιοποίηση της περιοχής μελέτης σε περιβάλλον ArcGIS με τη χρήση των δεδομένων των τοπογραφικών χαρτών της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (κλίμακα ανάλυσης 1:5000).
3. Δημιουργία ενός γραμμικού διανυσματικού αρχείου (polyline shapfile) της τοπογραφίας της περιοχής μελέτης με χρήση λεπτομερούς κλίμακας ανάλυσης.
4. Το γραμμικό διανυσματικό αρχείο (polyline shapfile) υψομέτρων μετατράπηκε σε σημειακό διανυσματικό αρχείο (point shapfile). Το MIKE 22 παράγει δεδομένα παρεμβολής με ακτίνα (search radius) 5 m για το μοντέλο με κελί διάστασης 5 m x 5 m, ενώ για το κελί διάστασης 10 m x 10 m παράγει δεδομένα παρεμβολής με ακτίνα (search radius) 10 m.
5. Δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους - DEM (Digital Elevation Model) της περιοχής μελέτης.
6. Μετατροπή των πληροφοριών του DEM σε αρχείο κειμένου συμβατό με το λογισμικό MikeZero.
7. Συμπλήρωση του Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου της περιοχής ψηφιοποιώντας τα κτίρια και το οδικό δίκτυο πάνω σε αυτό

8. Προσθήκη πληροφορίας υψομέτρου στα ψηφιοποιημένα αρχεία.
9. Δημιουργία του πλέγματος (mesh) μέσω της εργαλειοθήκης του Mike Zero.
10. Δημιουργία πολύγωνων αναπαράστασης των κτιρίων της περιοχής μελέτης εξαιρώντας τα από το πλέγμα της περιοχής μελέτης.
11. Λεπτομερής σχεδιασμός του πλέγματος περίξ των κτιρίων, ώστε αυτά να μην συμπεριλαμβάνονται στην περιοχή ενδιαφέροντος.
12. Εισαγωγή οριακών συνθηκών (boundary conditions) στην περιοχή μελέτης.
13. Ανάλυση ευαισθησίας στην περιοχή μελέτης βάσει διαφορετικών προσεγγίσεων του συντελεστή Manning.
14. Εισαγωγή του πλημμυρογραφήματος στο λογισμικό Mike Zero επιλέγοντας:
 - Start Time: 1/1/2022 00:00π.μ.
 - End Time: 1/1/2022 04:00 π.μ.
15. 2D προσομοίωση πλημμύρας.
16. Εξαγωγή αποτελεσμάτων.
17. Επεξεργασία των αποτελεσμάτων, τοποθέτηση φραγμάτων, ξανά προσομοίωση πλημμύρας και σχεδιασμός τελικών χαρτών παρουσίασης των αποτελεσμάτων.
18. Επεξεργασία των αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων.
19. Αναζήτηση και απόδοση τρόπων αντιμετώπισης πλημμυρικών φαινομένων.

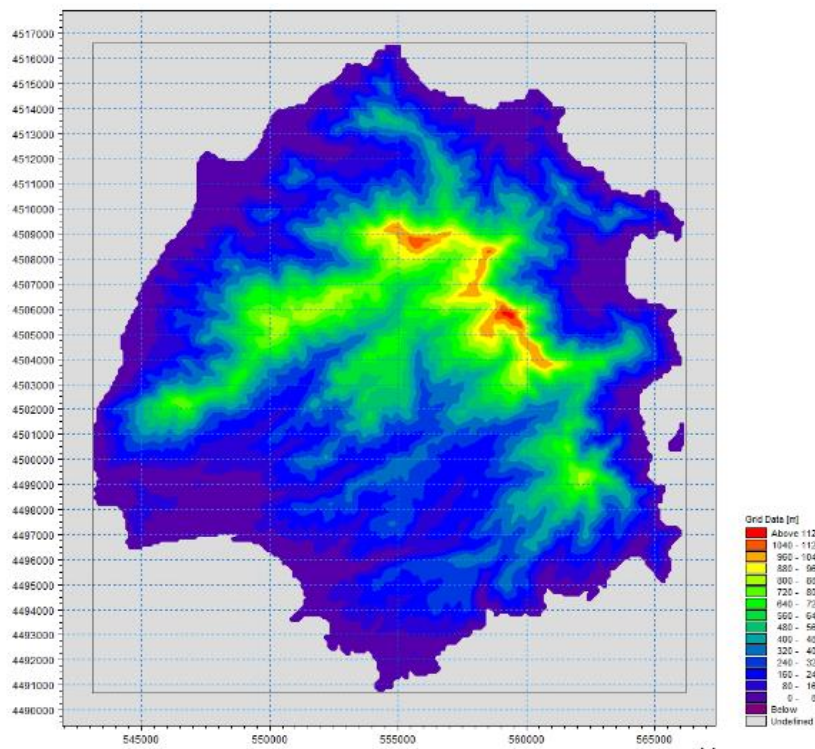
Πριν ξεκινήσει η δημιουργία του μοντέλου στο MIKE 2022, είναι απαραίτητη η χρήση του MIKE ZERO για τη δημιουργία του αρχείου της βαθυμετρίας, που είναι το πιο σημαντικό δεδομένο εισόδου σε μία δισδιάστατη μοντελοποίηση (Büchele et al., 2006; MIKE 21 Scientific Documentation 2011; Penning - Rowsell et al., 2005) (Εικόνα 4.1). Χρησιμοποιήθηκαν τα τοπογραφικά δεδομένα του ψηφιακού μοντέλου εδάφους το οποίο είχε δημιουργηθεί σε περιβάλλον ArcGIS δηλαδή το αρχείο με τη μορφή ascii raster. Τα τοπογραφικά δεδομένα μας δίνουν το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής και κατά συνέπεια της πλημμυρικής κοίτης ενός ποτάμιου συστήματος.

Στη συνέχεια από το μενού Tools του MIKE Zero toolbox > GIS δημιουργήθηκε το DEM με επέκταση Grd2Mike.



Εικόνα 4.1 Αρχείο βαθυμετρίας με τη χρήση του MIKE ZERO

Δημιουργία του πλέγματος: Το αρχείο του πλέγματος περιλαμβάνει πληροφορίες για τη γεωγραφική θέση και το βάθος του νερού σε κάθε σημείο του κόμβου στο πλέγμα, καθώς επίσης και πληροφορίες σχετικά με την σύνδεση του εκάστοτε κόμβου με τα τριγωνικά ή τετραγωνικά στοιχεία της γειτονικής περιοχής (Χάρτης 4.1). Για την δημιουργία του πλέγματος στο MikeZero απαιτούνται ως είσοδοι το περίγραμμα της περιοχής και τα αντίστοιχα δεδομένα σκέδασης, που αντιπροσωπεύουν την βαθυμετρία (Ραπτάκη, 2019).



Χάρτης 4.1 Δεδομένα πλέγματος για όλο το νησί της Θάσου

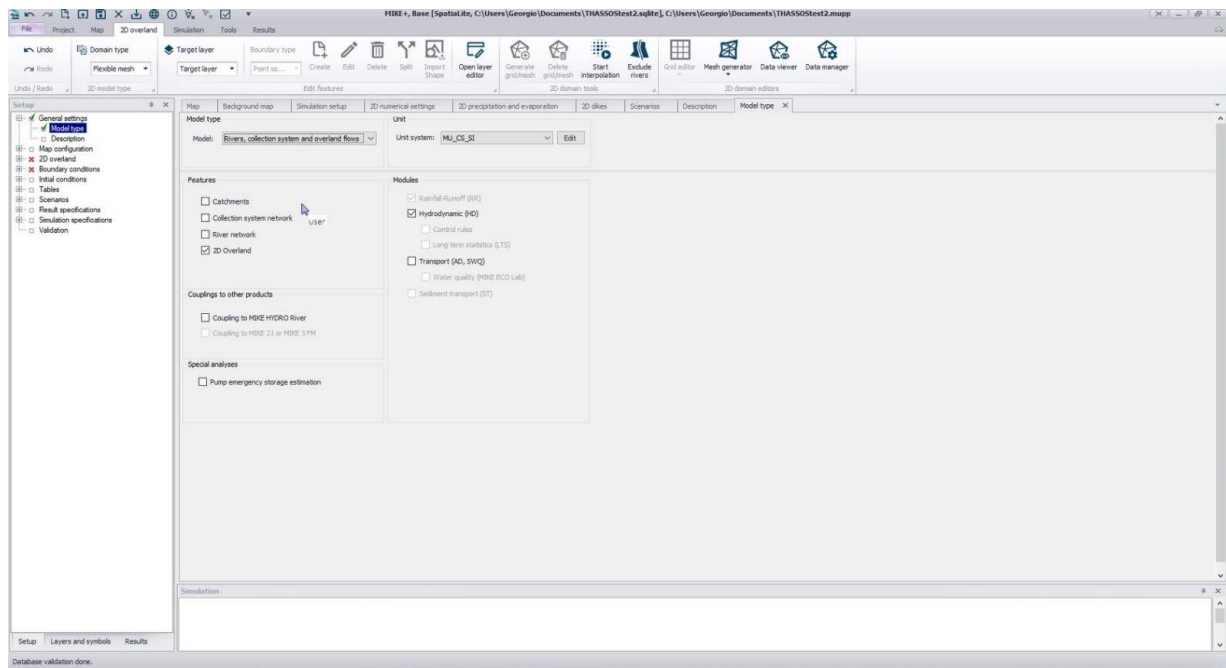
4.4.2 Κατασκευή Μοντέλου - Παράμετροι

Με την εισαγωγή μας στο πρόγραμμα του MIKE 2022 της DHI μέσω του Model Type επιλέγουμε μία ή περισσότερες λειτουργίες που προσφέρει το πρόγραμμα ανάλογα με το μοντέλο που θέλουμε να τρέξουμε. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι:

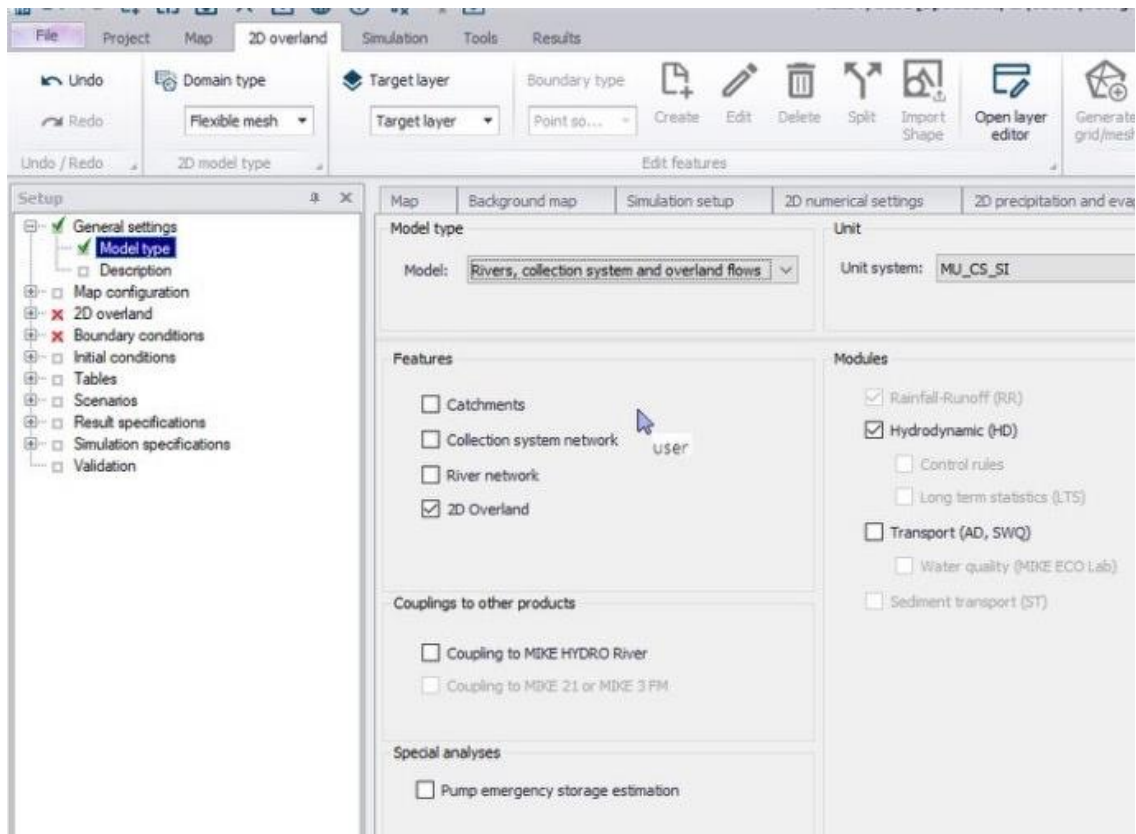
- Λεκάνες απορροής (Catchments)
- Δίκτυο συστήματος συλλογής (Collection system network)
- Δίκτυο ποταμών (River network)
- 2D δισδιάστατο μοντέλο εδάφους (2D overland)

Οι λεκάνες απορροής μπορούν να επιλεγούν τόσο με το σύστημα συλλογής νερού όσο και με τα δίκτυα ποταμών. Το σύστημα συλλογής νερού και τα δίκτυα ποταμών μπορούν επίσης να συνδεθούν μαζί.

Στη παρούσα εργασία επιλέγουμε το 2D overland, όπου αυτόματα ενεργοποιούνται οι συνδέσεις μεταξύ των διαφόρων χαρακτηριστικών του δικτύου συλλογής νερού σύμφωνα με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και το υδρολογικό δίκτυο (Εικόνες 4.2, 4.3).



Εικόνα 4.2 Περιβάλλον εργασίας του MIKE 2022 και επιλογή μοντέλου μέσω της εντολής Model Type.



Εικόνα 4.3 Λεπτομέρεια από τις διαθέσιμες επιλογές μοντέλων προσομοίωσης

Το 2D Overland επιτρέπει την προσομοίωση των ροών και της στάθμης του νερού σε 2D χερσαίες επιφάνειες, καθώς και την υδροδυναμική σύζευξη με το δίκτυο συστήματος συλλογής SWMM5 για μια ολοκληρωμένη μοντελοποίηση πλημμύρας.

Παράλληλα, στα χαρακτηριστικά (Features) επιλέγουμε την Υδροδυναμική - Hydrodynamic (HD), η οποία προσομοιώνει τις ροές νερού που συλλέγονται στα δίκτυα του συστήματος, στα δίκτυα των ποταμών ή και στο δισδιάστατο μοντέλο εδάφους, ανάλογα με τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά. Η μονάδα HD περιλαμβάνει τις δύο υπό ενόττητες ελέγχου (ισχύουν μόνο για το σύστημα συλλογής και τα δίκτυα ποταμών) και τα μακροπρόθεσμα στατιστικά στοιχεία (LTS), που ισχύουν μόνο για το δίκτυο του συστήματος συλλογής.

4.4.2.1. MIKE 22 Hydrodynamic Module

Το MIKE Hydrodynamic Module βασίζεται στην προσέγγιση της περιοχής μελέτης με την μέθοδο της ευελιξίας του πλέγματος (flexible mesh). Η τριγωνική κατασκευή του πλέγματος καθιστά δυνατή την ευελιξία στην ανάλυση σε όλη την περιοχή μελέτης, παρέχοντας την δυνατότητα στον χρήστη να στοχεύει σε περιοχές όπου χρειάζονται περισσότερες λεπτομέρειες, όπως για παράδειγμα μια μικρή περιοχή με έντονες υψομετρικές διαφορές, μειώνοντας παράλληλα τον υπολογιστικό χρόνο. Το μοντέλο βασίζεται στην δισδιάστατη επίλυση των εξισώσεων Navier - Stokes που βασίζονται στις παραδοχές του Boussinesq και της υδροστατικής πίεσης (Ραπτάκη, 2019). Οι διακυμάνσεις της ροής και του βάθους νερού υπολογίζονται με χρήση των ακόλουθων εξισώσεων, της διατήρησης της μάζας και της ορμής:

$$\partial z \partial t + \partial p \partial x + \partial q \partial y = \partial d \partial t \quad \text{Εξ. 4.1}$$

$$\partial p \partial t + \partial (p2h) \partial x + \partial (pqh) \partial y + gh \partial z \partial x + gp \sqrt{p2 + q^2 C2 * h^2} - 1\rho w * [\partial (htxx) \partial x + \partial (htxy) \partial y] - \Omega q - fVVx + h\rho w \partial (pa) \partial x = 0 \quad \text{Εξ. 4.2}$$

$$\partial q \partial t + \partial (q2h) \partial y + \partial (pqh) \partial x + gh \partial z \partial y + gp \sqrt{p2 + q^2 C2 * h^2} - 1\rho w * [\partial (htyy) \partial y + \partial (htxy) \partial x] + \Omega p - fVVy + h\rho w \partial (pa) \partial y = 0 \quad \text{Εξ. 4.3}$$

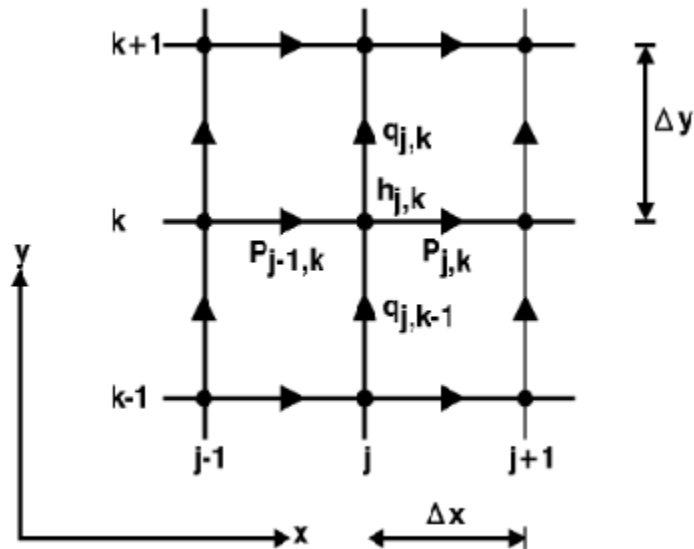
Όπου: $h(x,y,t)$:

$d(x,y,t)$:	μεταβολή του βάθους νερού (m)
$z(x,y,t)$:	υψόμετρο της επιφάνειας (m)
$p, q(x,y,t)$:	πυκνότητα ροής ($m^3/s/m$) στον άξονα x και στον άξονα $y = (uh, vh)$; (u, v) = μέση ταχύτητα βάθους νερού στον άξονα x και y αντίστοιχα
$C(x,y)$:	αντίσταση Chezy ($m^{1/2}/s$)
g :	συντελεστής βαρύτητας (m/s^2)
$f(V)$:	συντελεστής τριβής ανέμου
$V, Vx, Vy(x,y,t)$:	ταχύτητα του ανέμου στους άξονες x και y (m/s)
$\Omega(x,y)$:	παράμετρος Coriolis, εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος (s^{-1})
$pa(x,y,t)$:	ατμοσφαιρική πίεση (kg/m^2)
ρw :	πυκνότητα του νερού (kg/m^3)
x, y :	συντεταγμένες στον χώρο (m)
t :	χρόνος (s)
txx, txy, tyy :	συνιστώσες της διατμητικής τάσης

4.4.2.2. Μέθοδος επίλυσης των εξισώσεων Saint Venant

Το MIKE 22 χρησιμοποιεί μια τεχνική εναλλασσόμενης κατεύθυνσης (Alternating Direction Implicit) για την ολοκλήρωση των εξισώσεων διατήρησης μάζας και ορμής στο χώρο-χρονικό πεδίο. Οι πίνακες των εξισώσεων που προκύπτουν για κάθε διεύθυνση και κάθε ξεχωριστή γραμμή του πλέγματος λύνονται από έναν αλγόριθμο διπλής σάρωσης (Double Sweep (DS)). Γενικά, το σάρωμα είναι μια τεχνική μοντελοποίησης τρισδιάστατων σχημάτων, με κίνηση μιας δισδιάστατης οντότητας στο χώρο

κατά καθορισμένη διαδρομή. Οι όροι διαφοροποίησης εκφράζονται σε ένα κλιμακωτό πλέγμα στον διδιάστατο χώρο όπως φαίνονται στην Εικόνα 4.4.



Εικόνα 4.4 Πλέγμα διαφορών στο x - y επίπεδο (Πηγή: MIKE 21, Scientific Documentation 2016).

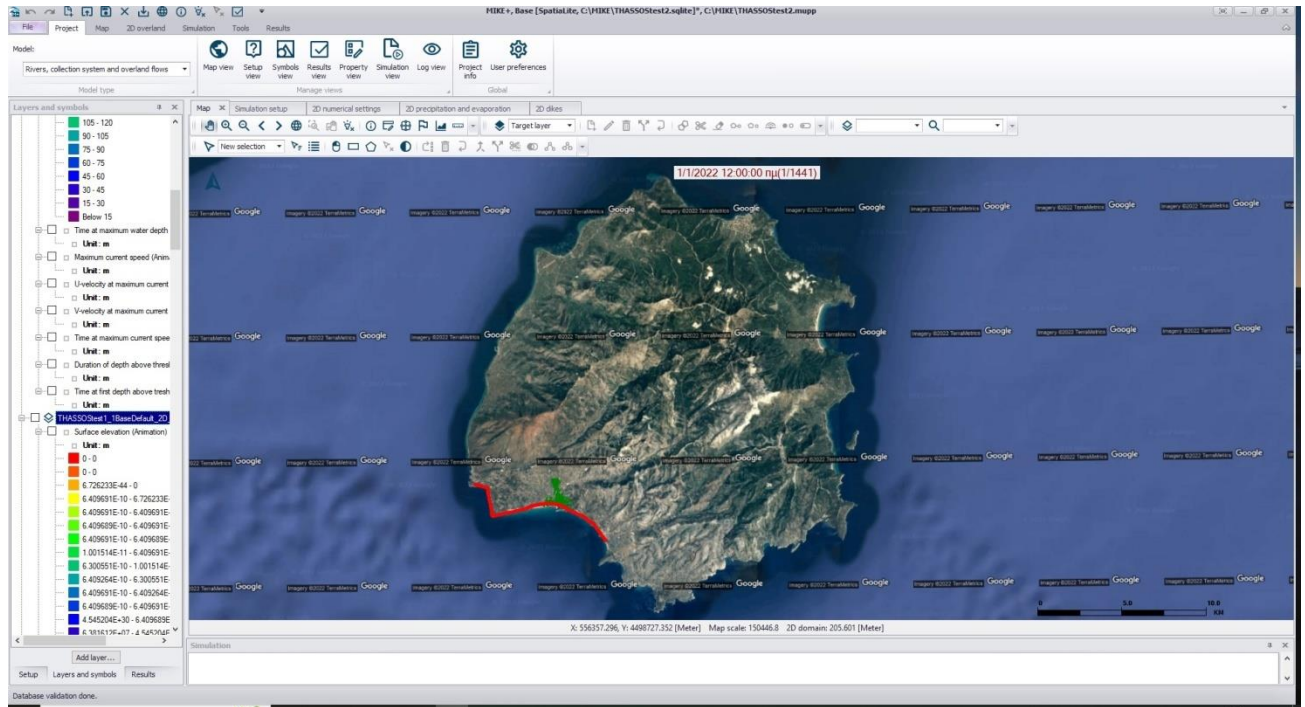
Τέλος, στις γενικές ρυθμίσεις και μέσω της επιλογής Description, δίνουμε όνομα στο αρχείο – μοντέλο μας.

4.4.2.3. Διαμόρφωση - εισαγωγή χάρτη

Η ενότητα "Διαμόρφωση χάρτη" περιέχει πληροφορίες για το σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα MIKE+ και παρουσιάζει επιλογές για την προσαρμογή της εικόνας του φόντου.

Αρχικά, ορίζουμε το Σύστημα Συντεταγμένων με το οποίο θα προβάσουμε την περιοχή μελέτης. Το σύστημα συντεταγμένων που θα χρησιμοποιήσουμε επιλέγεται από τη λίστα με τα διαθέσιμα συστήματα συντεταγμένων του προγράμματος, καθώς επίσης είναι δυνατή η εισαγωγή νέων προβολών από ένα αρχείο προβολής (αρχείο *.prj).

Για τη παρούσα εργασία επιλέχθηκε προβολή κατά GGRS87/GREEKGRID. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή του χάρτη, είτε ως φωτογραφία είτε ανοίγοντας τους χάρτες της Google map (Εικόνα 4.5).

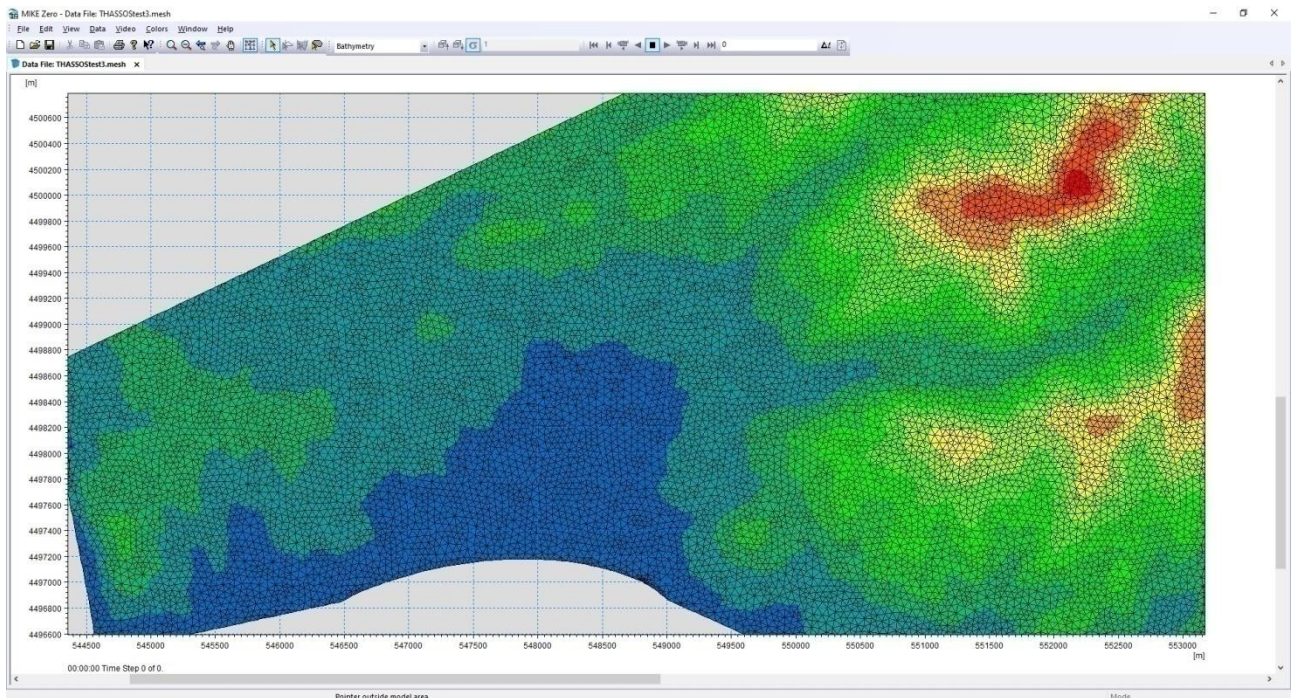


Εικόνα 4.5 Εισαγωγή χάρτη της περιοχής μελέτης και εισαγωγή πεδίου ορισμού

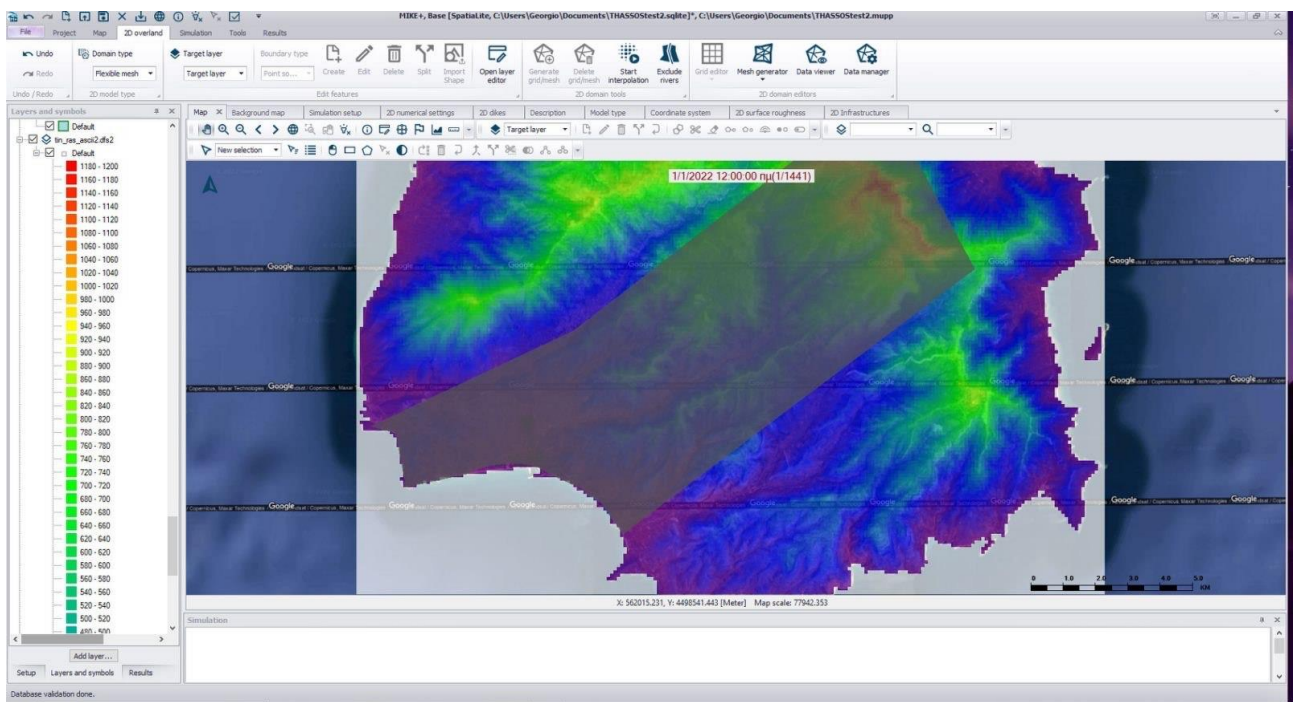
Τέλος, ορίζουμε το πλέγμα το οποίο θα χρησιμοποιήσει το μοντέλο μας, δηλαδή είτε ως ορθογώνιο πλέγμα, που αποτελείται από ορθογώνια σημεία πλέγματος με ομοιόμορφη απόσταση, ή είτε ως ευέλικτο πλέγμα, που συνήθως αποτελείται από μη ομοιόμορφα τριγωνικά ή τετραγωνικά στοιχεία. Όπως ήδη αναφέρθηκε, το αρχείο του πλέγματος περιλαμβάνει πληροφορίες για τη γεωγραφική θέση και το βάθος του νερού σε κάθε σημείο του κόμβου στο πλέγμα. Με βάση την πυκνώσή του πλέγματος επιτυγχάνουμε τη μέγιστη ακρίβεια στην προσομοίωση της πλημμυρικής ροής.

Με την επιλογή Boundary conditions option, καθορίζουμε το πλάτος των κελιών του πλέγματος καθώς επίσης και τα όρια (δηλαδή τα κλειστά και τα ανοιχτά όρια) που βρίσκονται κατά μήκος των άκρων του. Με αυτή την επιλογή δίνουμε πληροφορίες ως προς την τοπογραφία της περιοχής, το υψόμετρο και τα όρια του πλέγματος, για να χρησιμοποιηθούν ανάλογα από τους αριθμητικούς υπολογισμούς και να υπάρχουν κενά ή υγρά κελιά ανάλογα με τους παραμέτρους που ορίζουμε στο μοντέλο μας.

Συμπερασματικά, έγινε η δημιουργία του πλέγματος και η πυκνώσή του προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη ακρίβεια στην προσομοίωση της πλημμυρικής ροής. Η πυκνώση του πλέγματος έγινε με βάση το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου Εδάφους (Εικόνα 4.6).

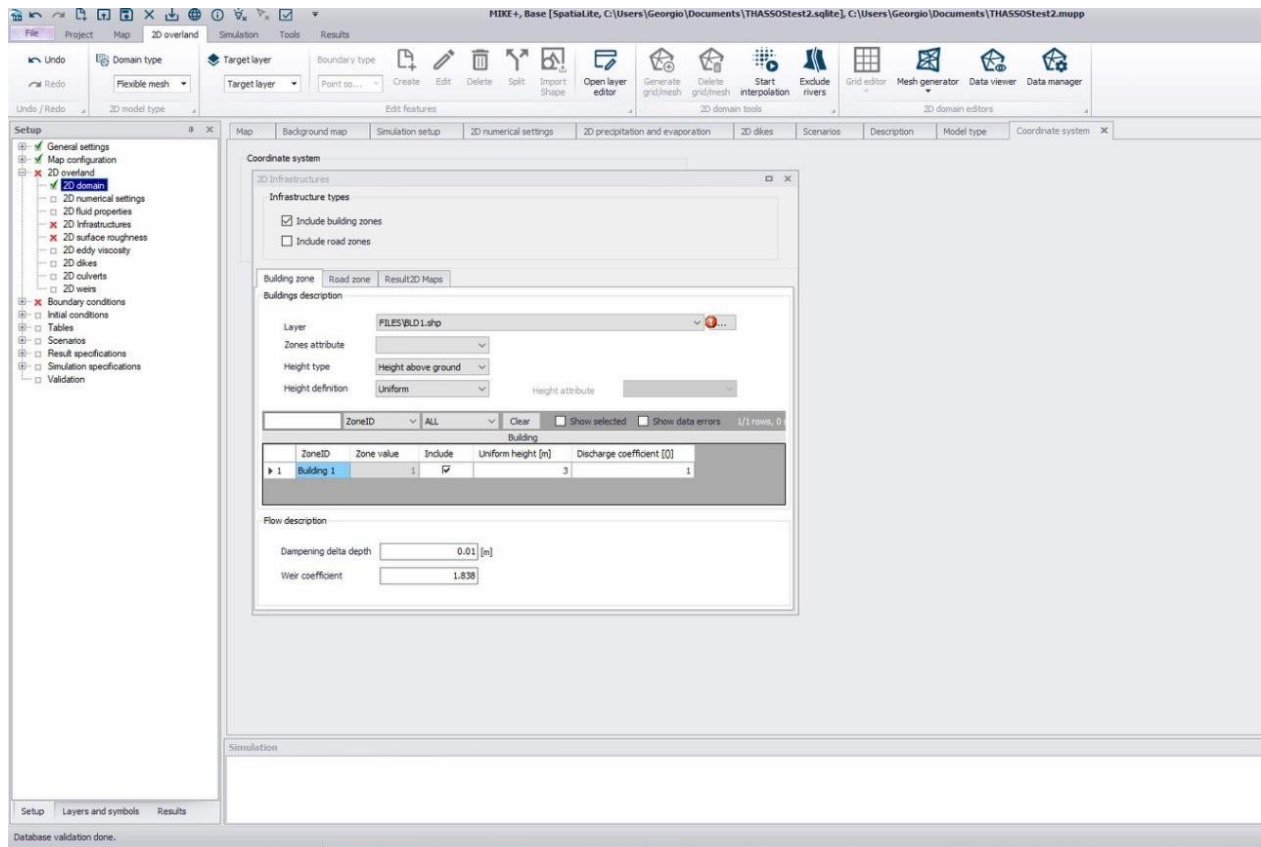


Εικόνα 4.6 Η πυκνωση του πλέγματος (mesh) με βάση το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου Εδάφους



Εικόνα 4.7 Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου Εδάφους

Στην συνέχεια, έγινε εισαγωγή ψηφιοποιημένου αρχείου του ArcGIS με την περίμετρο των κτιρίων της περιοχής προκειμένου αυτά να εξαιρεθούν από το πλέγμα (Εικόνα 4.8). Το κάθε κελί του υπολογιστικού πλέγματος που βρίσκεται εντός των ορίων του εκάστοτε κτιρίου ορίζεται στο αριθμητικό μοντέλο ως στερεό όριο ή αυξάνεται τοπικά με το υψόμετρο του εδάφους.



Εικόνα 4.8 Εισαγωγή ψηφιοποιημένου αρχείου με τα κτίρια του οικισμού Λιμεναρίων Θάσου

4.4.2.4. Χρονικό βήμα

Η επιλογή μικρού χρονικού βήματος οδηγεί σε μεγαλύτερη σταθερότητα του μοντέλου. Ο αριθμός Courant πρέπει να είναι μικρότερος του 1 (DHI 2016). Ο αριθμός Courant είναι ο αριθμός των σημείων του πλέγματος που συμμετέχουν στον υπολογισμό σε κάθε χρονικό βήμα (Ραπτάκη, 2019).

$$cr = c\Delta t\Delta x \quad \text{Εξ. 4.4}$$

όπου:

c: U_{max}

t: χρονικό βήμα

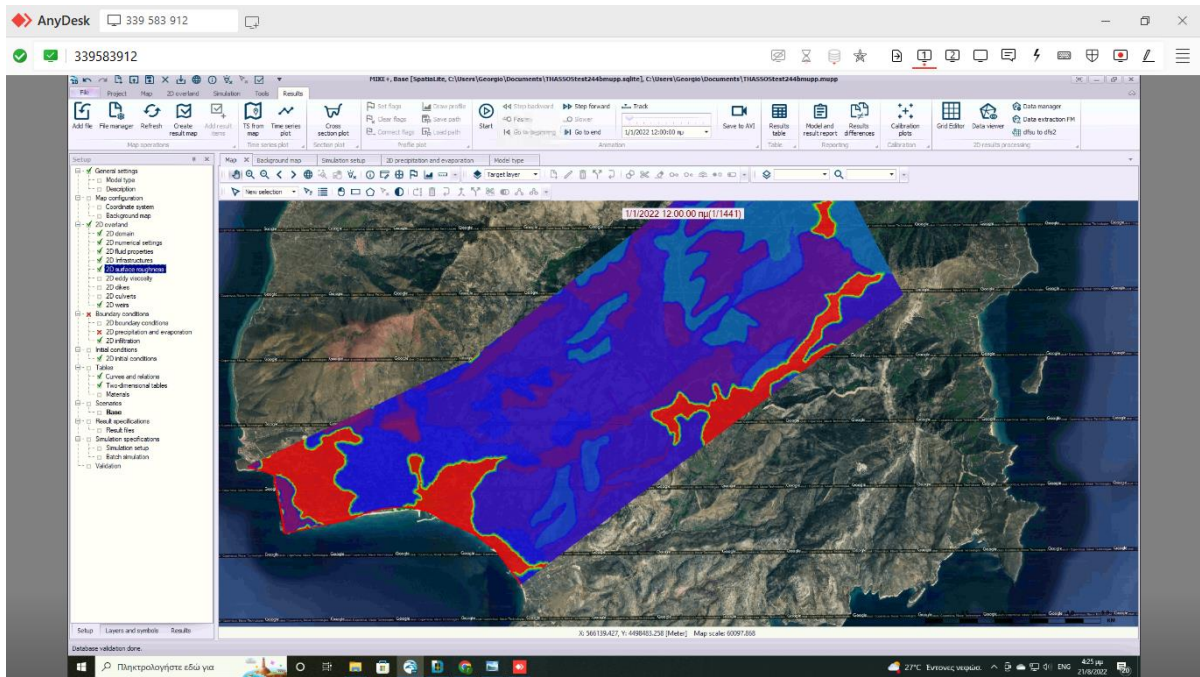
x: μήκος του πλέγματος

Η επιλογή του χρονικού βήματος επηρεάζει άμεσα τον υπολογιστικό χρόνο. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ως χρονικό βήμα το 0.01 sec.

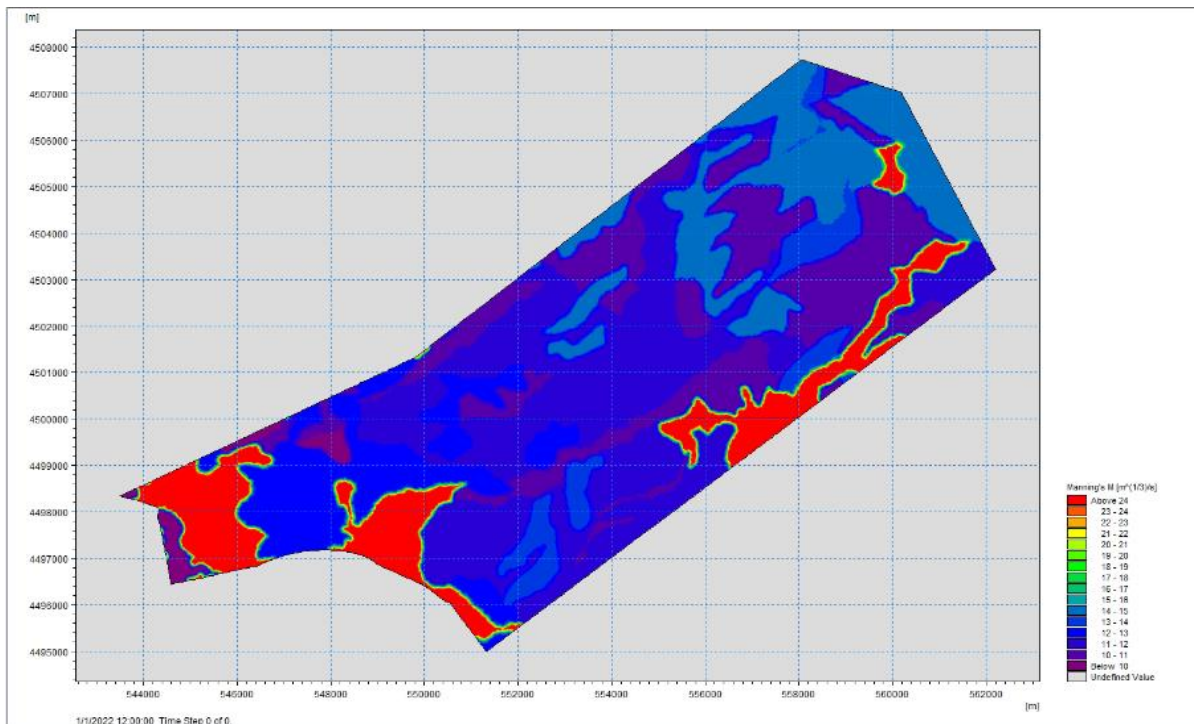
4.4.2.5. Συντελεστής Manning

Η επιλογή του συντελεστή Manning επηρεάζει την ροή του νερού και τον χρόνο αιχμής, ενώ έχει χαμηλή επίδραση στην περιοχή της πλημμύρας και το βάθος νερού. Η τιμή του συντελεστή Manning που επιλέχθηκε στην επιφάνεια του εδάφους είναι σύμφωνη με τις χρήσεις γης της περιοχής μελέτης (Εικόνα 4.9 και Χάρτης 4.2). Ο συντελεστής που χρησιμοποιείται κατά κόρον στις μελέτες είναι το 0.05 (Πίνακας 4.1). Παρόλα αυτά έχει βρεθεί ότι οι πραγματικές τιμές είναι αρκετά μεγαλύτερες,

καθώς μέσα στις τιμές αυτές ενσωματώνονται και οι απώλειες ενέργειας λόγω τριβής (Christellis et al., 2016).



Εικόνα 4.9 Συντελεστής mapping της λεκάνης απορροής Λιμεναρίων Θάσου, σενάριο 1^ο.



Χάρτης 4.2 Απεικόνιση του συντελεστή mapping στο MIKE ZERO

Πίνακας 4.1 Συντελεστές Manning για κάθε χρήση γης κατά Corine 2000 (Πηγή: Μάρης Φώτης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Εργαστήριο Υδρολογίας και Υδραυλικών Έργων)

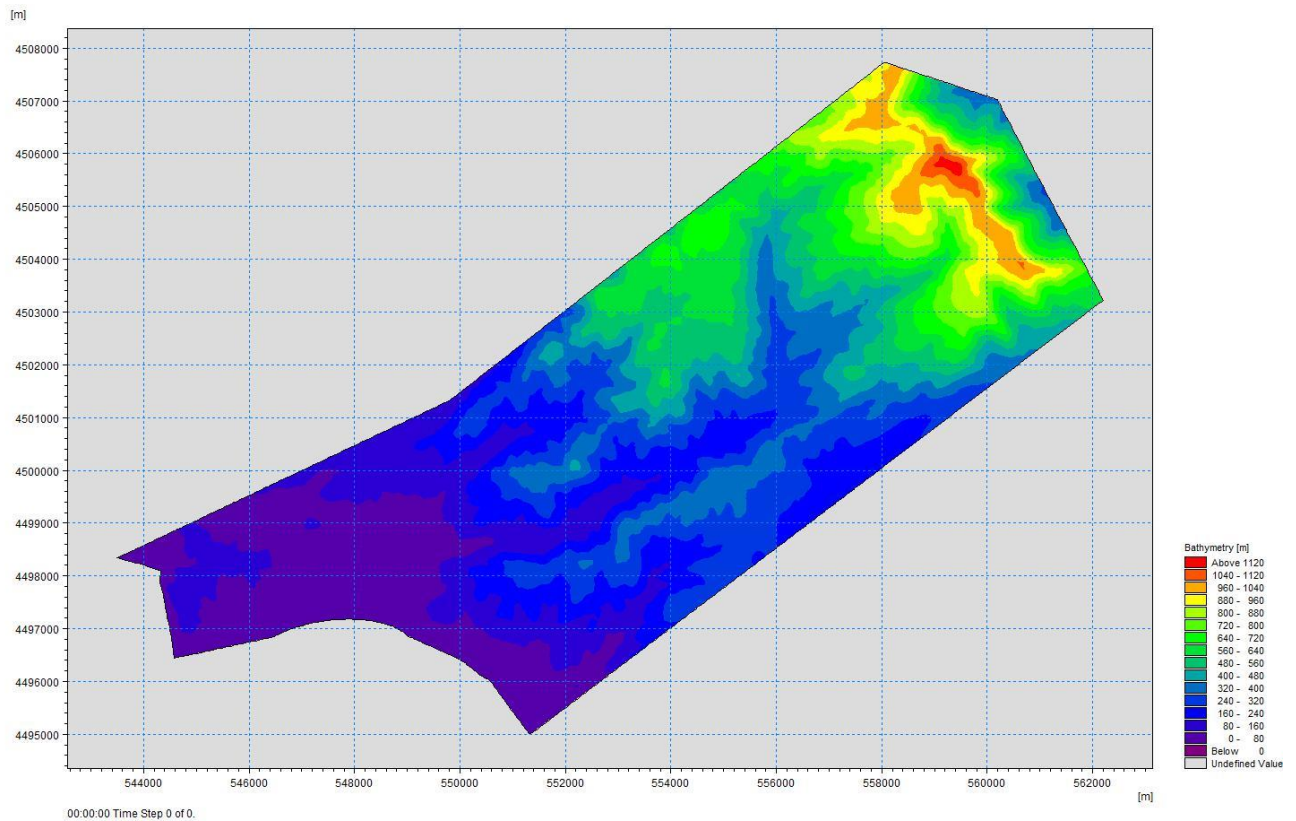
1ο Επίπεδο	2ο Επίπεδο	3ο Επίπεδο	Manning n
	1.1 ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός	0.013
	1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ-ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες 1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα 1.2.3 Ζώνες λιμένων 1.2.4 Αεροδρόμια	0.013
	1.3 ΟΡΥΧΕΙΑ, ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΡΡΙΨΕΩΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΟΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ	1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών 1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης	0.013
	1.4 ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΗ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ	1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	0.025
	2.1 ΑΡΩΣΙΜΗ ΓΗ	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη 2.1.3 Ορυζώνες	0.03
	2.2 ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	2.2.1 Αμπελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ελαιώνες	0.08
	2.3 ΛΙΒΑΔΙΑ	2.3.1 Λιβάδια	0.035
		2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες	0.04
		2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες	0.04
		2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης	0.05
		2.4.4 Γεωργό-δασικές περιοχές	0,06
	3.1 ΔΑΣΗ	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων 3.1.3 Μικτό δάσος	0.1
		3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι	0.04

	3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι	0.05
	3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση	0.05
	3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις	0.06
	3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	0.025
	3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι	0.035
	3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	0.027
	3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις	0.025
	3.3.5 Παγετώνες και αέριο χιόνι	0.01
4.1 ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ	4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα	0.04
	4.1.2 Τυρφώνες	
4.2 ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι	
	4.2.2 Αλυκές	0.04
	4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα	
5.1 ΧΕΡΣΑΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.1.1 Υδατορεματα	0.04
	5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος	
5.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες	
	5.2.2 Εκβολές ποταμών	0.07
	5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί	

4.4.2.6. Οριακές συνθήκες

Ως οριακές συνθήκες ορίζονται οι υψομετρικές συνθήκες στο αρχείο της βαθυμετρίας (Ραπτάκη, 2019). Εισάγεται, δηλαδή, γύρω από το όριο του αρχείου βαθυμετρίας, μια τιμή υψομέτρου «land value», η οποία εξασφαλίζει ότι δεν υπάρχουν εισροές και εκροές νερού από και προς την περιοχή μελέτης (Ραπτάκη, 2019).

Στην συγκεκριμένη εργασία, χρησιμοποιήθηκε ως οριακή συνθήκη στα κατάντη το υδρογράφημα της πλημμύρας. Για την ακριβέστερη προσομοίωση της κατεύθυνσης και της ταχύτητας του νερού στον Οικισμό των Λιμεναρίων, επιλέχθηκε το όριο της πόλης να είναι κλειστό προς τη θάλασσα. Οι οριακές συνθήκες και το αρχείο της βαθυμετρίας της περιοχής μελέτης φαίνονται στον Χάρτη 4.3.

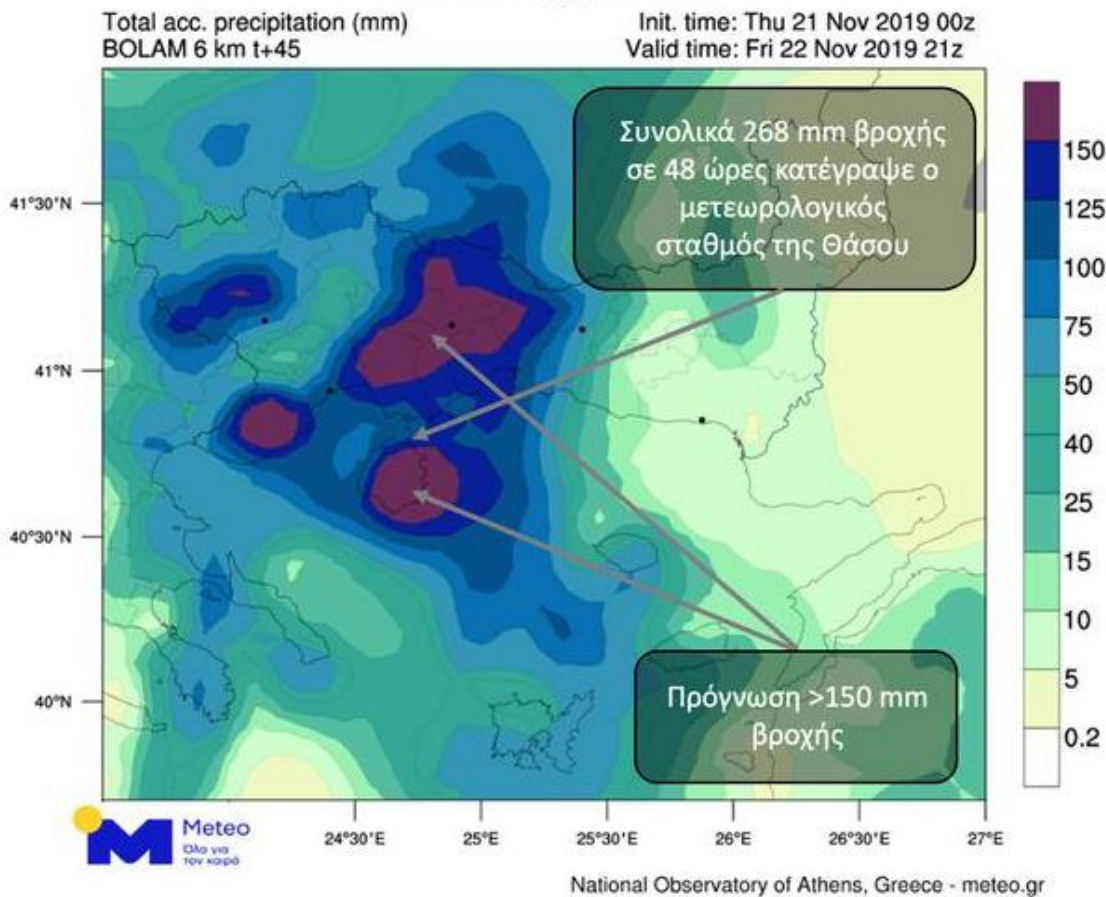


Χάρτης 4.3 Boundary Conditions – Οριακές συνθήκες, δεδομένα βαθυμετρίας

4.4.2.7. Πλημμυρικό υδρογράφημα

Για την προσομοίωση στην περιοχή μελέτης, λήφθηκε υπόψιν το πλημμυρικό υδρογράφημα που προέκυψε από την βροχόπτωση την 21^η – 22^η Νοεμβρίου 2019, όπου η ροή θερμών και υγρών αερίων μαζών από το Αιγαίο προκάλεσε μεγάλα ύψη βροχής και σύμφωνα με τον μετεωρολογικό σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, το διήμερο 21 - 22 Νοεμβρίου κατέγραψε 268 χιλιοστά βροχής. Ενδεικτικά, αυτό το ύψος βροχόπτωσης αντιστοιχεί συνήθως σε βροχόπτωση τριών και πλέον μηνών.

Προγνωστικός χάρτης συγκεντρωτικού ύψους υετού σε χιλιοστά 21 -22 Νοεμβρίου 2019



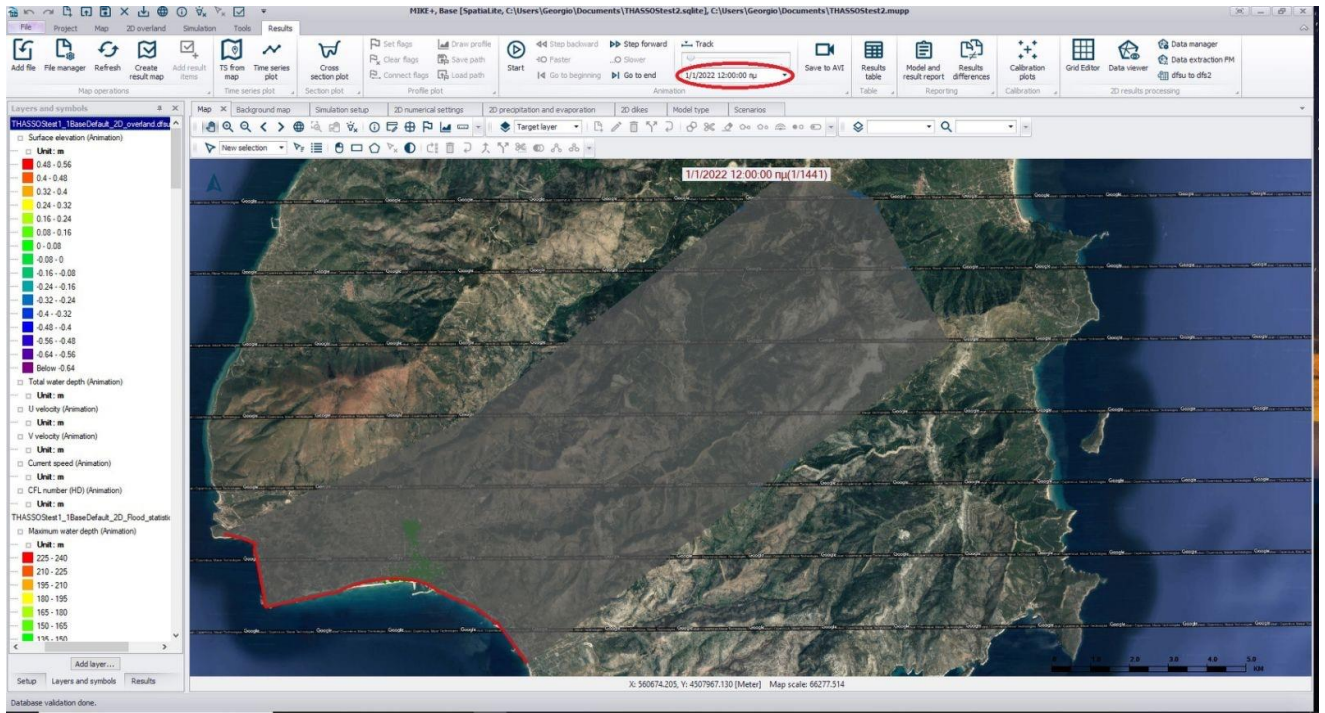
Εικόνα 4.10 Προγνωστικός χάρτης, προϊόν του προγνωστικού μοντέλου υψηλής χωρικής ανάλυσης του meteo.gr (Πηγή: <https://greenagenda.gr>)

Η προσομοίωση του σεναρίου προσαρμόστηκε σε χρονική διάρκεια τεσσάρων ωρών, κατά τις ώρες 12:00 π.μ έως 04:00 π.μ. με χρονικό βήμα 10 δευτερολέπτων και το χωρικό βήμα είναι σε κελί 200 x 200 m. Σύμφωνα με το σενάριο μας, για να μην ορίσουμε 2 ημέρες βροχόπτωσης, ορίσαμε ως συνολική βροχόπτωση στην υδρολογική λεκάνη του υδατορέματος Λιμεναρίων περίπου τα 160 mm, με μέγιστο ρυθμό βροχόπτωσης στη λεκάνη περίπου τα 40 mm/h.

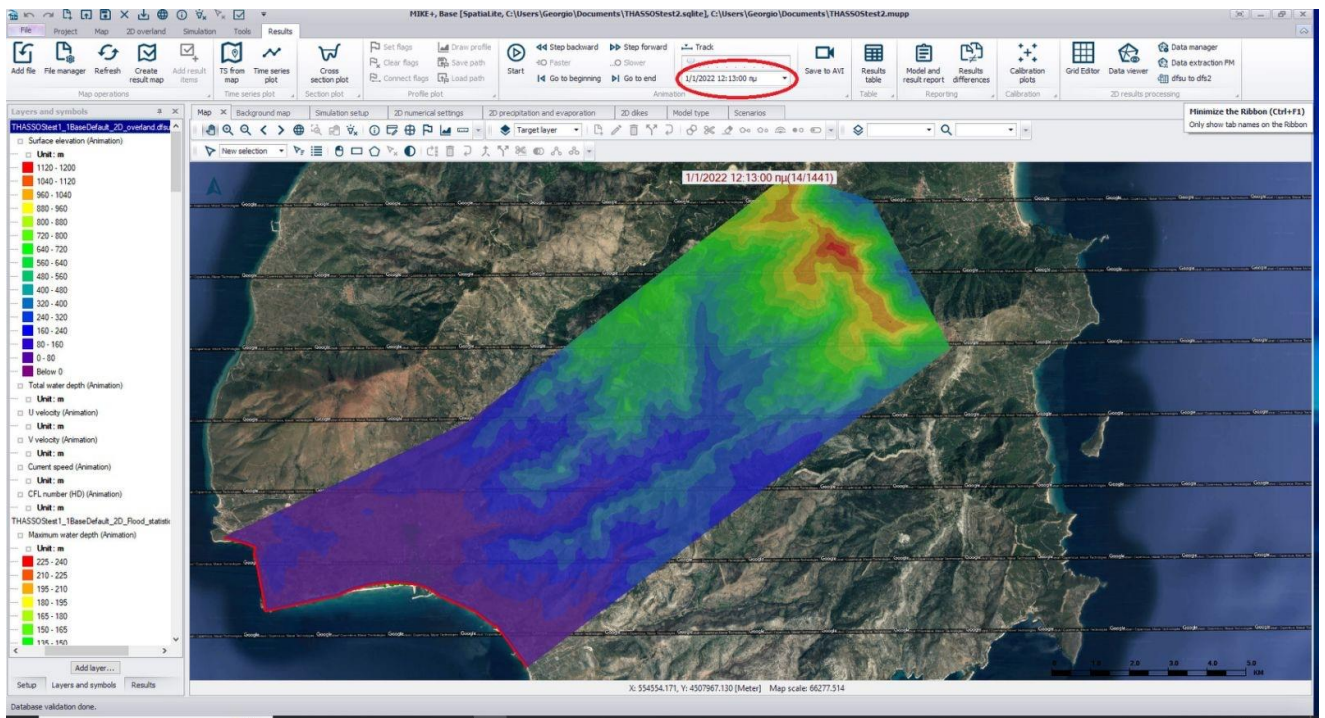
Η βροχόπτωση που ορίσαμε ανήκει στην κατηγορία των ραγδαίων βροχοπτώσεων. Ραγδαία βροχόπτωση ονομάζεται η έντονη βροχή που διαρκεί από πέντε λεπτά έως και ορισμένες μέρες. Οι παράμετροι που προσδιορίζουν τη βροχόπτωση είναι η διάρκεια (t) σε λεπτά και το ύψος (h) της σε χιλιοστά. Η μέση ένταση της βροχής ορίζεται από τον λόγο

$$i = h/t \text{ (mm/min)} \quad \text{Εξ. 4.5}$$

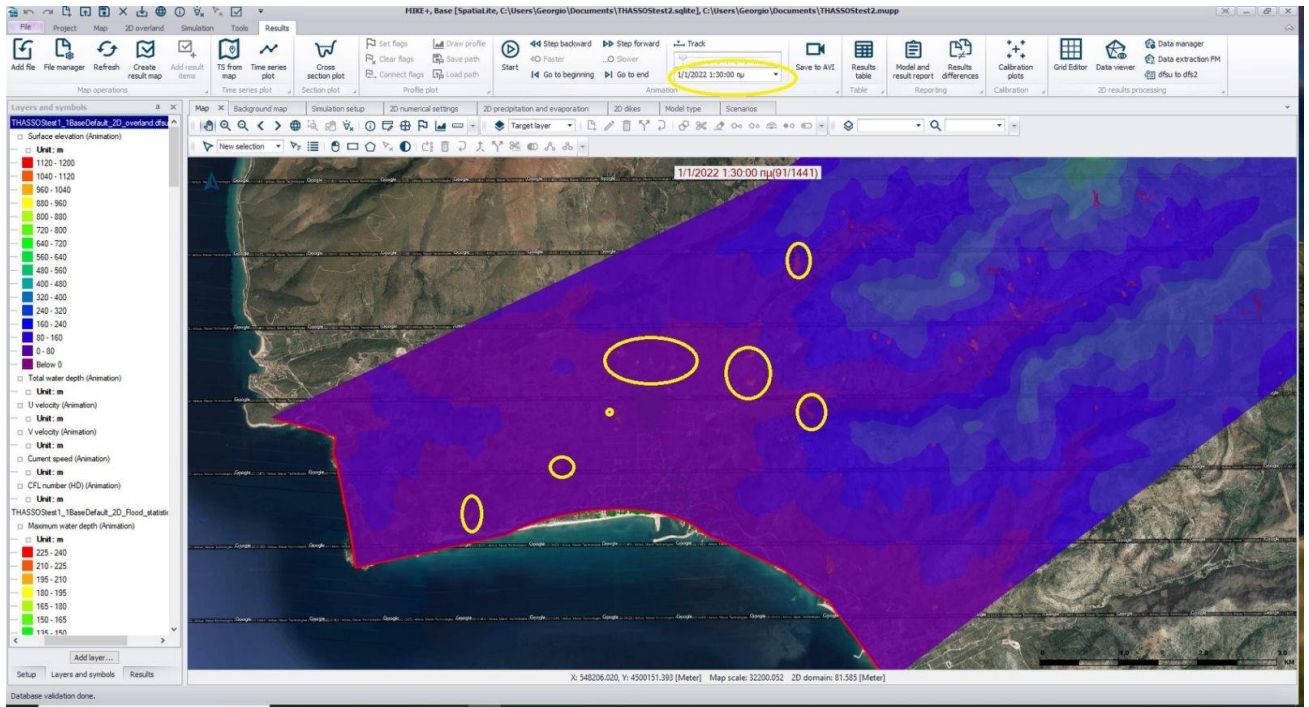
Ακολουθούν εικόνες με την πορεία του σεναρίου.



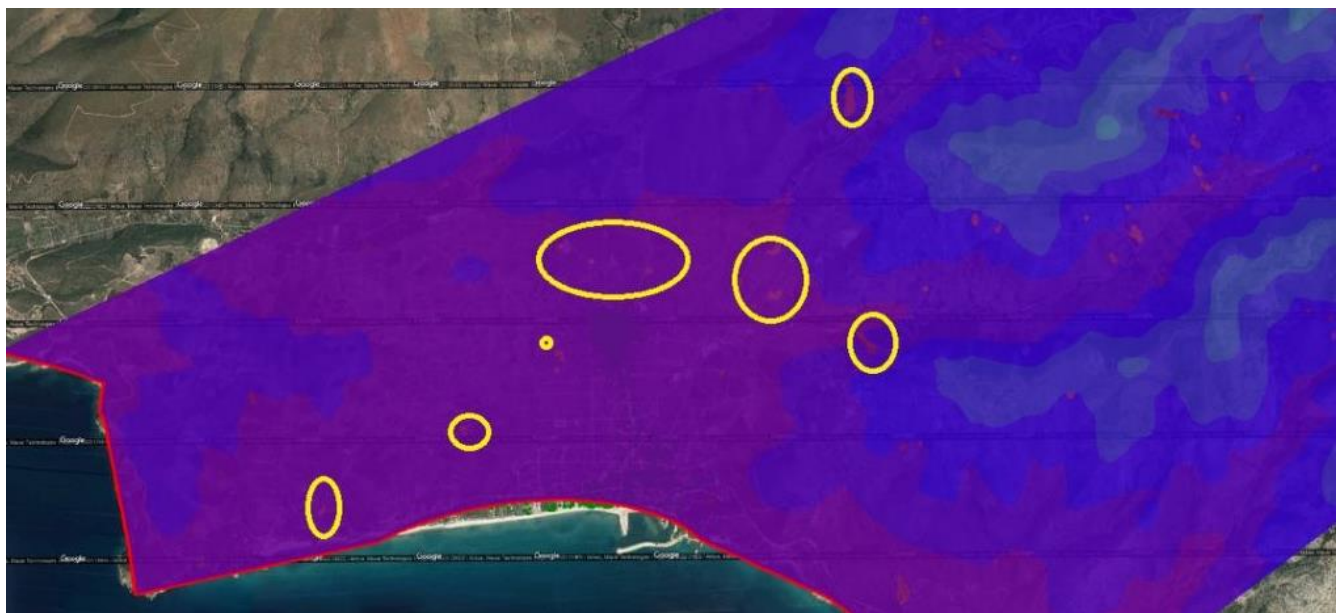
Εικόνα 4.11 Προσομοίωση πλημμύρας – αρχή σεναρίου 12:00 π.μ.



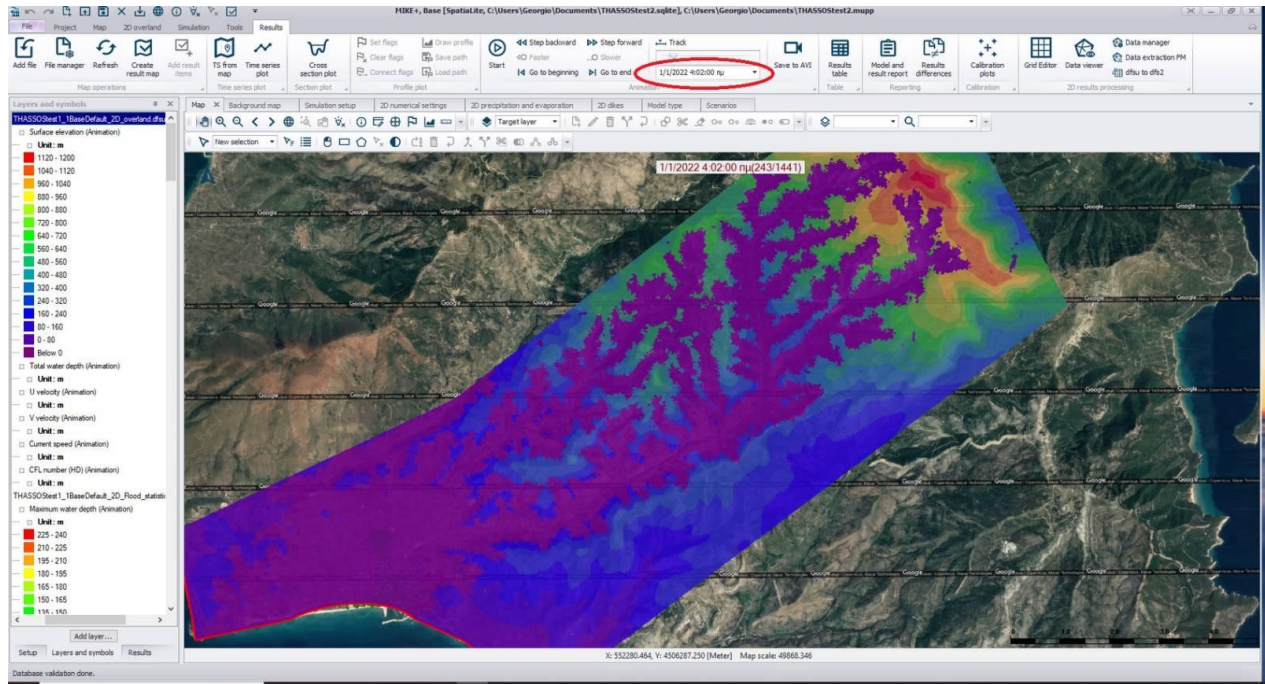
Εικόνα 4.12 Προσομοίωση πλημμύρας μετά από 13 λεπτά βροχόπτωσης



Εικόνα 4.13 Προσομοίωση πλημμύρας μετά από 1:30 ώρα βροχόπτωσης



Εικόνα 4.14 Λεπτομέρεια του παραπάνω χάρτη, όπου με έντονο κόκκινο χρώμα εμφανίζονται οι εστίες πλημμύρας στον αστικό ιστό.

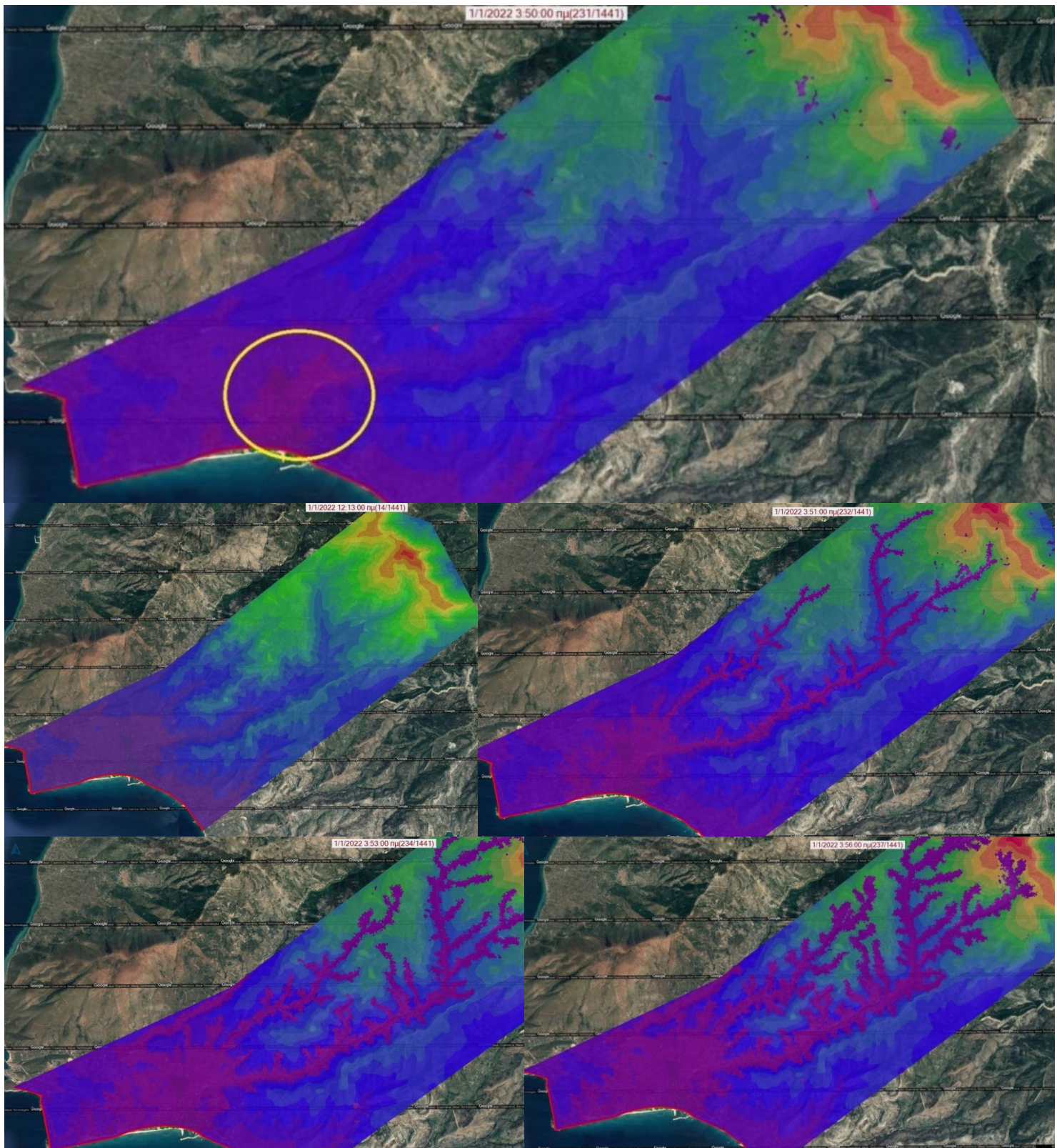


Εικόνα 4.15 Προσομοίωση πλημμύρας μετά από 4 : 02 ώρες έντονης βροχόπτωσης

4.4.3 Αποτελέσματα μετά την προσομοίωση του σεναρίου πλημμύρας

Για τη δημιουργία ενός ρεαλιστικού μοντέλου προσομοίωσης πλημμύρας, ο πιο σημαντικός παράγοντας είναι η επιλογή των κατάλληλων πλημμυρικών παραμέτρων, οι οποίες προσδιορίζουν ή/και καθορίζουν την πλημμύρα και τον αποδέκτη της, αντίστοιχα. Κύριος στόχος στη δημιουργία σεναρίου, είναι το να εξασφαλιστεί ότι το μοντέλο περιγράφει όσο καλύτερα γίνεται την πραγματικότητα.

Η επιλογή των πλημμυρικών παραμέτρων, στην παρούσα εργασία, βασίστηκε στο γεγονός ότι οι πλημμύρες που πραγματοποιούνται στην περιοχή μελέτης είναι στιγμιαία πλημμυρικά γεγονότα (flash flood events), δηλαδή γεγονότα μεγάλης έντασης, υψηλής παροχής και μικρής διάρκειας. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην επιλογή των πλημμυρικών παραμέτρων.

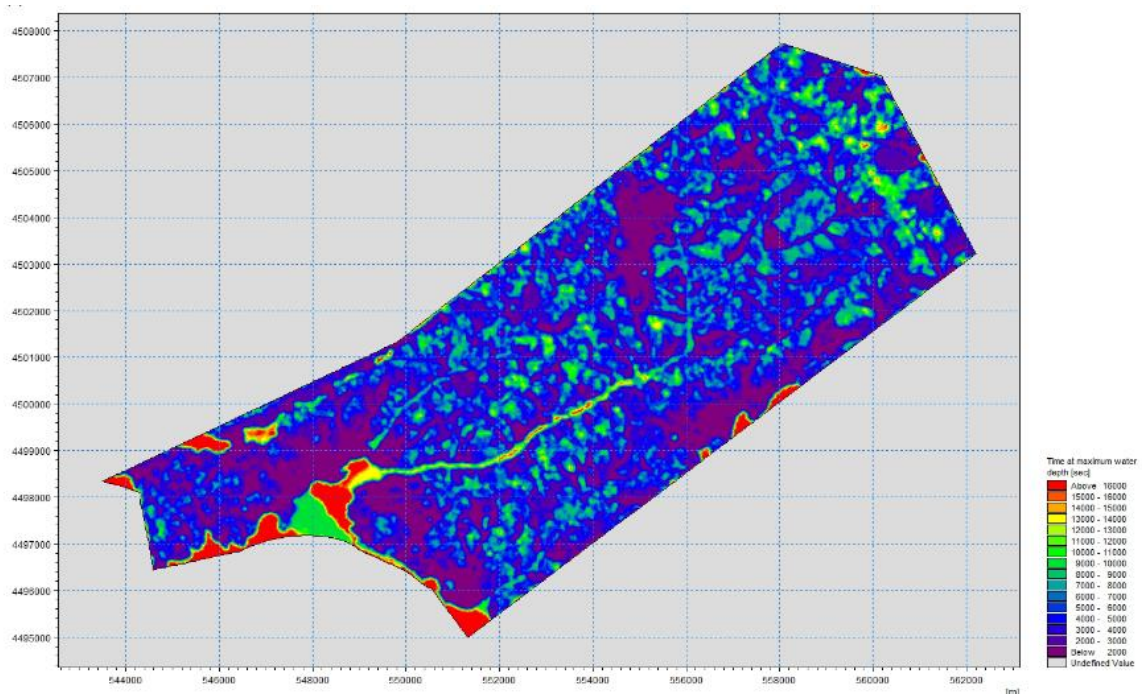


Εικόνα 4.16 Η πορεία της πλημμύρας κατά τη προσομοίωση, σύμφωνα με το 1^ο σενάριο.

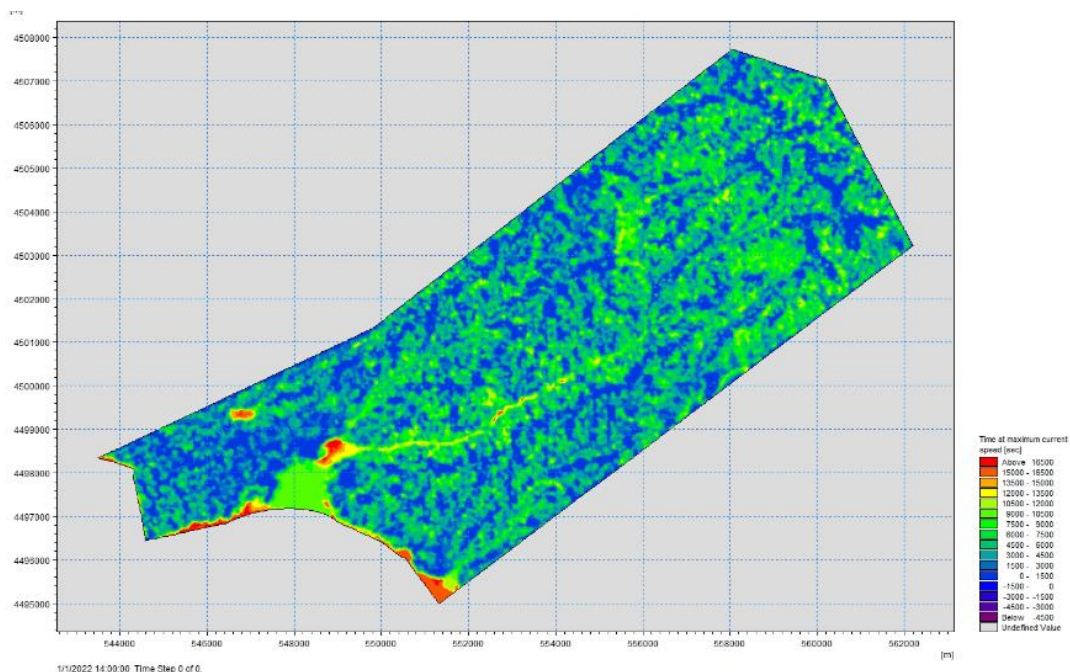
Από την εικόνα 4.16, συμπεραίνουμε ότι χρησιμοποιώντας μία ραγδαία και μεγάλης έντασης βροχόπτωση πλημμυρίζει σχεδόν όλος ο οικισμός και κυρίως τα σημεία – εστίες γύρω από το σημείο ένωσης όλων των ρεμάτων, μέχρι και την εκβολή του κυρίως ρέματος.

Εμφανίζεται έντονη πλημμύρα στον οικισμό, διότι για την προσομοίωση της πλημμύρας, χρησιμοποιήθηκε ένα πλημμυρικό υδρογράφημα με μεγάλα ύψη βροχής. Είναι παραδεκτό μετά από κάποιες ώρες ακραίας βροχόπτωσης να προκύπτουν αυτά τα αποτελέσματα.

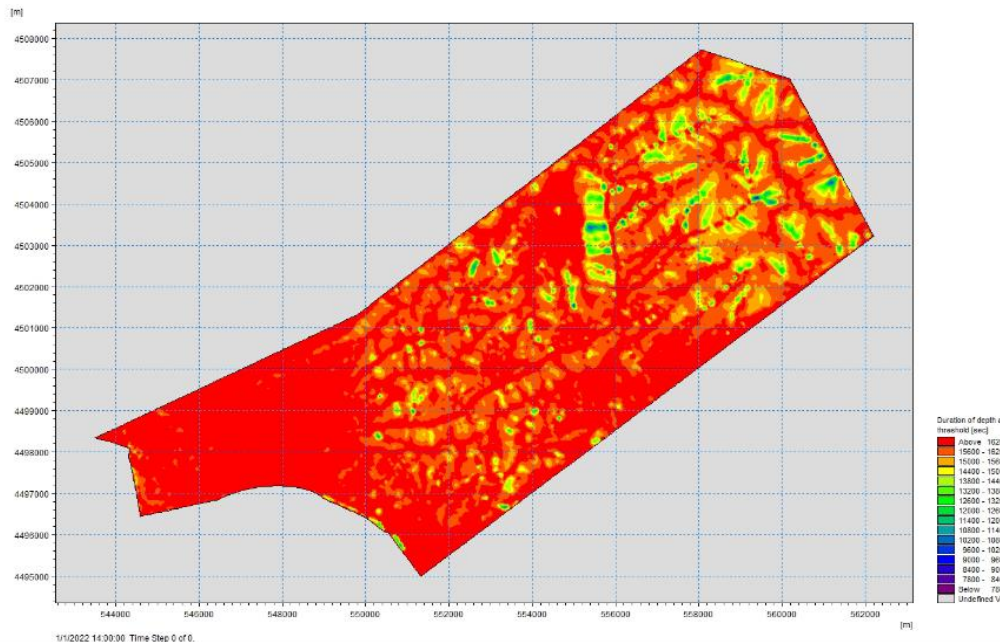
Το MIKE 2022 μετά την προσομοίωση και με την χρήση του MIKE ZERO εμφανίζει τους παρακάτω χάρτες αποτελεσμάτων πλημμύρας:



Χάρτης 4.4 Το μέγιστο βάθος νερού σύμφωνα με το 1^ο σενάριο προσομοίωσης



Χάρτης 4.5 Η μέγιστη ταχύτητα του ρέματος – 1^ο σενάριο



Χάρτης 4.6 Οριακές τιμές διάρκειας βάθους πλημμύρας

4.4.4 Προτάσεις

Με τη δημιουργία φραγμάτων ανάντη του ρέματος, δεν αποσβένεται πλήρως η χειμαρρική δράση των ρεμάτων της περιοχής μελέτης, ούτε βεβαίως και κατακρατείται το σύνολο των φερτών υλών στις εστίες παραγωγής τους.

Σκοπός των αντιπλημμυρικών μελετών είναι η κατά το δυνατό μεγαλύτερη απόσβεση της χειμαρρικής δράσης των ρεμάτων. Γνωρίζουμε ότι η ολοκληρωτική αντιμετώπιση του χειμαρρικού προβλήματος με τεχνικά έργα στις ορεινές κοίτες θα επέφερε, εκτός του δυσβάστακτου κόστους, περισσότερο κακό παρά καλό.

Παράλληλα όμως και είναι ιδιαίτερα σημαντικό αυτό, θα πρέπει να μελετηθούν και να εκτελεσθούν έργα διευθέτησης στις πεδινές κοίτες των ρεμάτων, οι οποίες αντιμετωπίζουν και το μεγαλύτερο πρόβλημα.

Η πολυπλοκότητα των διαφόρων τεχνικών έργων, οι διάφορες αβεβαιότητες σχετικά με τις μελλοντικές συνθήκες και συνήθως το τεράστιο κόστος που σχετίζεται με τη συντήρηση, την αποκατάσταση και την ανάπτυξη απαιτούν μια ενδελεχή διερεύνηση των εναλλακτικών διαμορφώσεων - κατασκευών για την αναζήτηση μιας τεχνικά εφικτής, περιβαλλοντικά ορθής και οικονομικά αποδοτικής λύσης.

4.5 Προσομοίωση μοντέλου με τη τοποθέτηση μικροφραγμάτων σε διάφορες θέσεις της περιοχής μελέτης με τη χρήση του MIKE +

4.5.1 2D STRUCTURES – Κατασκευές

Το πρόγραμμα MIKE + προσφέρει την δυνατότητα εφαρμογής διαφόρων κατασκευών για την προσομοίωση της πλημμύρας. Αυτά είναι τα εξής:

- Αναχώματα - Dikes

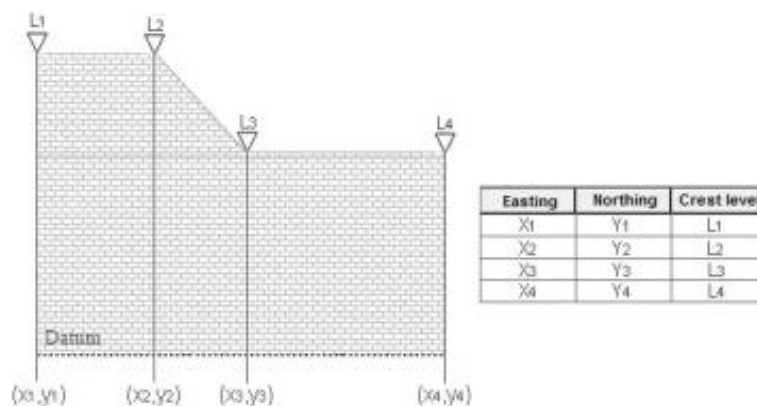
- Υπόγειοι οχετοί - Culverts
- Υδατοφράκτες - Weirs

Τα αντιπλημμυρικά αναχώματα – dikes, αποτελούν διεθνώς μία διαδεδομένη κατηγορία σχετικά απλών αντιπλημμυρικών έργων (Ζεβγόλης κ.α., 2006). Πρόκειται για χωμάτινες κατασκευές, τραπεζοειδούς συνήθως διατομής, των οποίων ο κύριος σκοπός είναι η προστασία περιοχών έναντι εποχικών πλημμυρικών φαινομένων (USACE, 2000). Κατασκευάζονται από συμπυκνωμένα εδαφικά υλικά, συχνά χαρακτηριζόμενα από ανομοιογένεια, τα οποία τοποθετούνται επί αλλουβιακών αποθέσεων και προσχώσεων (δηλαδή, αποθέσεων αργίλου, άμμου, λατυπών και άλλων φερτών υλικών που παράγονται εξαιτίας της ροής ύδατος σε ένα ποτάμιο περιβάλλον) (Ζεβγόλης κ.α., 2006).

Το μήκος τους κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες μέτρα έως και αρκετά χιλιόμετρα, ενώ το ύψος τους εξαρτάται από το αναμενόμενο μέγιστο ύψος ύδατος σε περίπτωση πλημμύρας. Παρά τον φαινομενικά απλό σχεδιασμό τους, τα χωμάτινα αναχώματα έχουν συχνά μεγάλο κόστος εξαιτίας των μεγάλων διαστάσεων τους (κυρίως λόγω μήκους), ενώ με την πάροδο του χρόνου μπορούν να αποδειχθούν κατασκευές με υψηλό βαθμό επικινδυνότητας, ιδιαίτερα αν η συντήρησή τους δεν είναι επαρκής (CIRIA, 2013).

Στη δισδιάστατη μοντελοποίηση τα 2D αναχώματα αντιπροσωπεύουν φυσικά ή τεχνητά έργα κατασκευασμένα επιμηκώς στην κορυφογραμμή που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη ρύθμιση της στάθμης του νερού. Αυτές οι κατασκευές συχνά εκτείνονται παράλληλα με την πορεία ενός καναλιού/ποταμού στην πλημμυρική του πεδιάδα ή κατά μήκος ακτών σε χαμηλά πεδία.

Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να ψηφιοποιήσει χειροκίνητα κατά μήκος της διαδρομής το ανάχωμα στο δισδιάστατο μοντέλο εδάφους. Κάθε ανάχωμα ψηφιοποιημένο ή εισαγόμενο απαιτείται να έχει σημεία γεωαναφοράς (συντεταγμένες x και y), τα οποία μαζί αποτελούν μια πολύγραμμη κατά μήκος της διαδρομής του αναχώματος. Απαιτούνται τουλάχιστον δύο σημεία (Σχήμα 4.1) . Η πολύ γραμμή - polyline ορίζει το πλάτος του αναχώματος κάθετα προς την κατεύθυνση ροής. Η πολύγραμμη αποτελείται από μια ακολουθία γραμμικών τμημάτων. Τα ευθύγραμμα τμήματα είναι ευθείες μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων. Η γεωμετρία ενός αναχώματος αναφέρονται στο υψόμετρο και στο επίπεδο κορυφής του αναχώματος.



Σχήμα 4.1 Αναπαράσταση γεωμετρίας αναχωμάτων στον χώρο (Πηγή: DHI, 2022)

Οι οχετοί - Culverts, είναι αγωγοί απλής κατασκευής με σκοπό την μεταφορά του νερού του ρέματος, στην απέναντι πλευρά, χωρίς να προκληθεί υπερύψωση της στάθμης της ροής στην είσοδο τους. Τις περισσότερες φορές, έχουν κυκλική ή ορθογωνική διατομή.

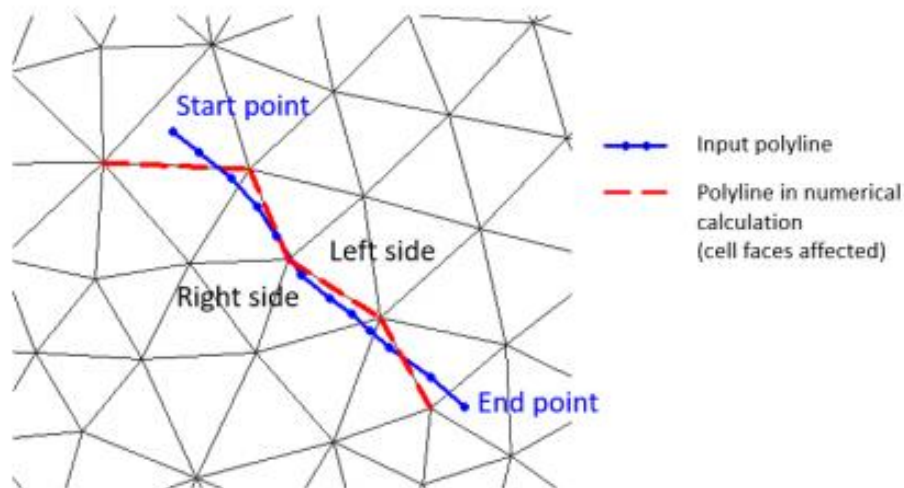
Στη παρούσα εργασία, δεν θα ασχοληθούμε με τους οχετούς, καθώς η υδραυλική συμπεριφορά τους είναι πολυσύνθετη και επιπλέον, η κατασκευή τέτοιου είδους φραγμάτων είναι δύσκολη ή πολύ δαπανηρή.

Οι Υδατοφράκτες - Weirs είναι αντιπλημμυρικά έργα, που έχουν ως σκοπό τη ρύθμιση – συγκράτηση της στερεοπαροχής και υδατοπαροχής των ρεμάτων. Λειτουργούν ως ρυθμιστές και αποδέκτες των υλικών και του νερού. Με την εκτέλεση τέτοιου είδους έργων, εκτιμάται ότι θα περιοριστούν σημαντικά οι διαβρώσεις και η μεταφορά φερτών υλών ενώ ταυτόχρονα θα επιβραδυνθεί (παραταθεί) ο χρόνος απορροής των τυχόν πλημμυρικών υδάτων προς τις οικιστικές περιοχές, πράγμα που θα έχει σαν αποτέλεσμα την αποτροπή πλημμυρών (Μαρουγκλιάνης.α, 2018).

Στο MIKE+, το φράγμα 2D χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει μια κατασκευή, που ανυψώνει τη στάθμη του νερού προς τα πάνω και ρυθμίζει τη ροή προς τα κάτω, π.χ. ένα χαμηλό φράγμα. Ένα φράγμα ορίζεται ως μια γραμμική διατομή, όπου η συνολική απόρριψη σε όλη τη διατομή υπολογίζεται χρησιμοποιώντας εμπειρικούς τύπους και κατανέμεται κατά μήκος της διατομής.

Τα φράγματα ορίζονται στο ρέμα, ως μια γραμμή, που ορίζουν το πλάτος της διατομής κάθετα προς την κατεύθυνση ροής. Αυτή η γραμμή, καθορίζεται από μια λίστα σημείων στον πίνακα δεδομένων (απαιτούνται τουλάχιστον δύο γεωαναφερόμενα σημεία).

Η αριστερή και η δεξιά πλευρά του τμήματος της γραμμής ορίζονται τοποθετώντας το σημείο εκκίνησης και κοιτάζοντας μπροστά κατά μήκος της διατομής (Εικόνα 4.17).



Εικόνα 4.17 Η θέση ενός φράγματος σε μορφή ψηφιοποιημένης γραμμής με αρχή και τέλος (Πηγή: DHI, 2022).

4.5.2 Τοποθέτηση μικροφραγμάτων- Weirs στο σενάριο.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, υπάρχουν πολλά είδη υδατοφραγμάτων. Επιλέξαμε για την δημιουργία του σεναρίου μας την τοποθέτηση μικρών φραγμάτων ανάσχεσης της χειμαρρικής ροής

και άμεσης ανακοπής των καταστρεπτικών συνεπειών της. Τα φράγματα ανάσχεσης αποτελούν ένα οικονομικό και οικολογικό κατασκευαστικό έργο.

Το υδατόφραγμα το οποίο κατασκευάζεται εγκάρσια στην κοίτη ενός υδατορεύματος για να ανακόψει την πορεία του και να την αναχαιτίσει, με στόχο να διηθηθεί το κατακρατηθέν νερό και να υποχρεωθεί να κατεισχύσει ώστε να εμπλουτίσει τον υπόγειο υδροφόρα, είναι ένα ειδικό γεωτεχνικό έργο (Γλέζος, 1997).

Στην παρούσα εργασία, έγινε προσπάθεια έτσι ώστε οι τελικές θέσεις που επιλέχθηκαν για την τοποθέτηση των μικρών φραγμάτων να εξυπηρετούν τον κύριο σκοπό για τον οποίο κατασκευάζονται, δηλαδή την ανάσχεση της πλημμύρας και κατά συνέπεια τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρα, τη μείωση της ταχύτητας του νερού και της συρτικής του δύναμης και τέλος τη μερική (διαλογική) συγκράτηση φερτών υλών.

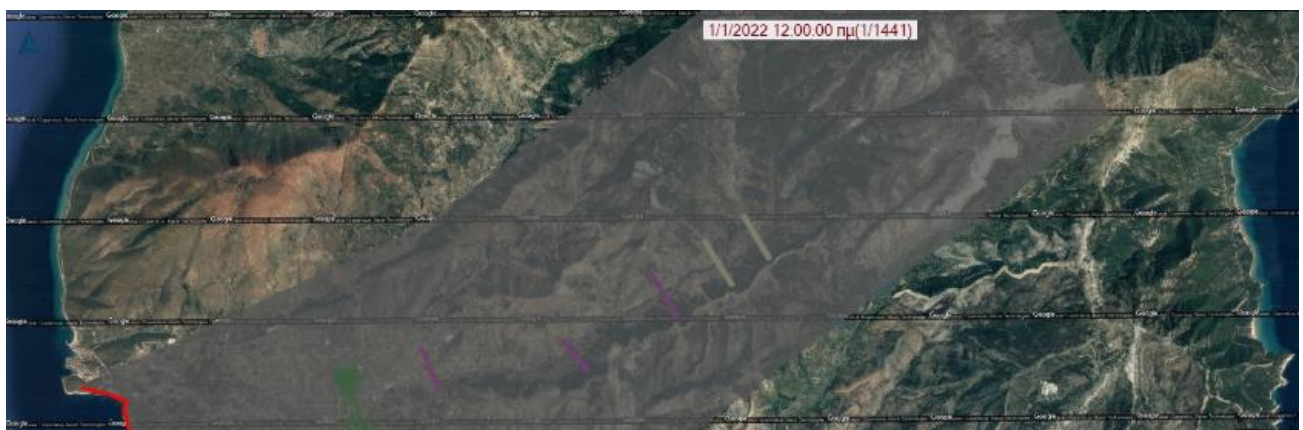
Η μεθοδολογία είναι ακριβώς η ίδια που ακολουθήθηκε στο παραπάνω σενάριο με την μόνη διαφορά ότι ορίστηκαν - ψηφιοποιήθηκαν τα φράγματα χειροκίνητα.

Παράλληλα καθορίστηκαν οι παράμετροι για τον υπολογισμό της ροής του φράγματος που θα εκτελεστεί:

1. Τύπος φράγματος: Για την περιγραφή χρησιμοποιείται ο τύπος Villemonte για τη μεταφορά της ροής.
2. Συντελεστής φράγματος
3. Κορυφογραμμή: Καθορίζει από πού προέρχονται οι πληροφορίες γεωμετρίας του επιπέδου κορυφής που χρησιμοποιούνται για την πλευρική σύζευξη, δηλαδή από πού πρέπει να εξαχθεί το ύψος του αναχώματος:

– Υψηλότερο: Λαμβάνει το μέγιστο της 2D τοπογραφίας και της διατομής του ρέματος

– Δισδιάστατη Τοπογραφία: Το ύψος του αναχώματος ορίζεται από την δισδιάστατη τοπογραφία. Για λόγους σταθερότητας, το βάθος στεγνώματος προστίθεται στις τοπογραφικές τιμές κατά τον καθορισμό του ύψους του αναχώματος.



Εικόνα 4.18 Επιλογή θέσεων υδατοφραγμάτων για το σενάριο της μελέτης

Αρχικά, η επιλογή των θέσεων έγινε πιλοτικά (τυχαία) με βάση το ανάγλυφο του εδάφους και από τα ανάντη προς τα κατόντη ώστε να περιορισθεί η στερεοπαροχή. Για την εκτίμηση της πιλοτικής – θεωρητικής λύσης επιλογής θέσεων υδατοφραγμάτων απαιτείται πληθώρα δεδομένων όπως οι όγκοι του νερού που αποθηκεύονται στα ανάντη κάθε πιθανής θέσης φράγματος, ανάλογα και με το ύψος

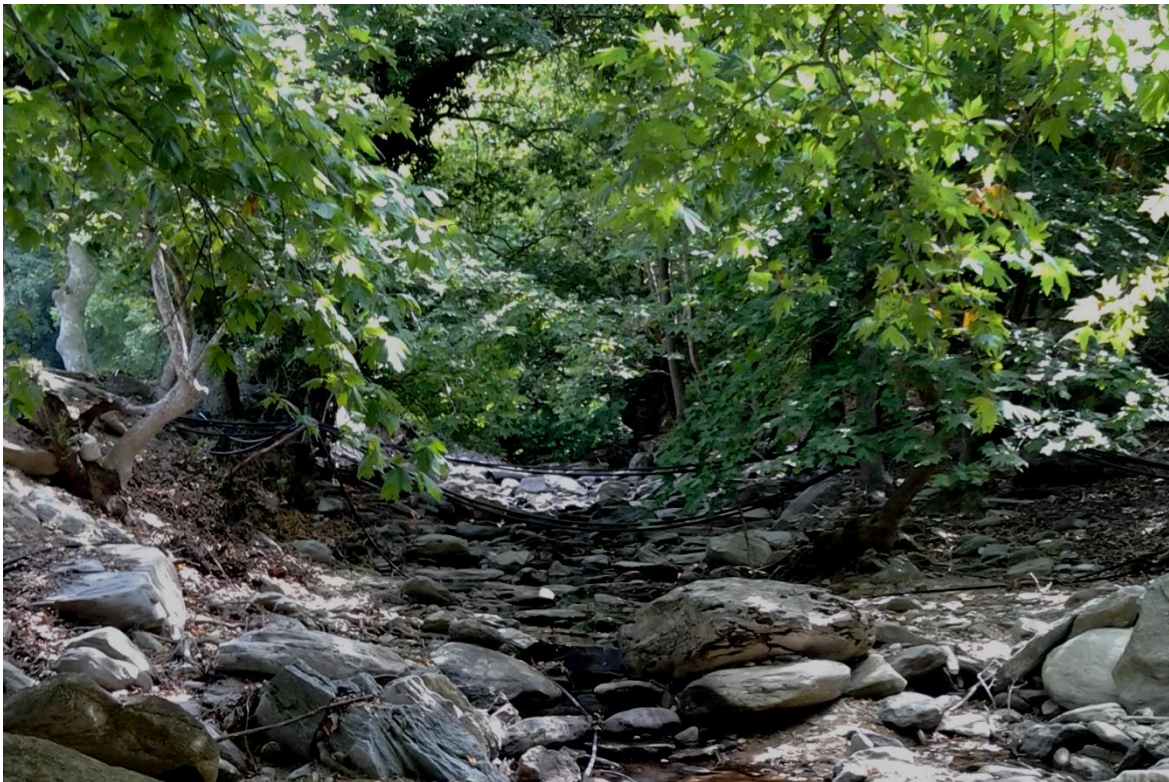
αυτών, το είδος του εδάφους και η χρήση γης σε κάθε πιθανή θέση, καθώς και η σχετική θέση κάθε πιθανής θέσης κατασκευής φράγματος με οικισμούς, που προσδίδει αυξημένη σημασία σε σχέση με άλλες ανταγωνιστικές θέσεις (Μπαμπέκος, 2019).

Παράλληλα έγινε προσπάθεια επιτόπιας επίσκεψης στα σημεία επιλογής κατασκευής των φραγμάτων έτσι ώστε να γίνει έλεγχος της λεκάνης απορροής ως προς α) την βλάστηση και β) το ανάγλυφο - κλίση και γ) της απόθεσης των φερτών υλικών.

Το είδος, το ποσοστό και η ποιότητα της βλάστησης επηρεάζει καταλυτικά την εμφάνιση χειμαρρικών φαινομένων, καθώς δρα ως προστατευτικός μανδύας (Μπαμπέκος, 2019).

Το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής αποτελεί τον ρυθμιστικό παράγοντα από τον οποίο καθορίζεται η ένταση των πλημμυρικών φαινομένων. Ισχυρές κλίσεις συνεπάγονται ταχεία συσσώρευση των υδάτων με αυξημένη ταχύτητα ροής, μεγαλύτερη παροχή και με μεγαλύτερη συρτική ικανότητα.

Καθώς το νερό κατεβαίνει προς τις χαμηλότερες περιοχές των ρευμάτων, υπάρχει μείωση των κλίσεων των κοιτών και ταυτόχρονη διεύρυνση των διατομών, με αποτέλεσμα η ροή των υδάτων να επιβραδύνεται και, κατά συνέπεια, να περιορίζεται η συρτική τους δύναμη. Αποτέλεσμα αυτού είναι η απόθεση των υλικών που μεταφέρονται είτε στις πεδινές περιοχές είτε στις εκβολές αυτών σε λίμνες ή στη θάλασσα. Ο συνολικός αποθέσεις ενός ρεύματος εκφράζουν τη γενική διάβρωση που συμβαίνει στην ορεινή λεκάνη απορροής και, επομένως, τη χειμαρρικότητά του (Κωτούλας, 2001β).



Εικόνα 4.19 Η θέση του υδροφράγματος από ανάντη προς κατάντη.



Εικόνα 4.20 Τα φερτά υλικά στην περιοχή μελέτης για πιθανή κατασκευή φράγματος

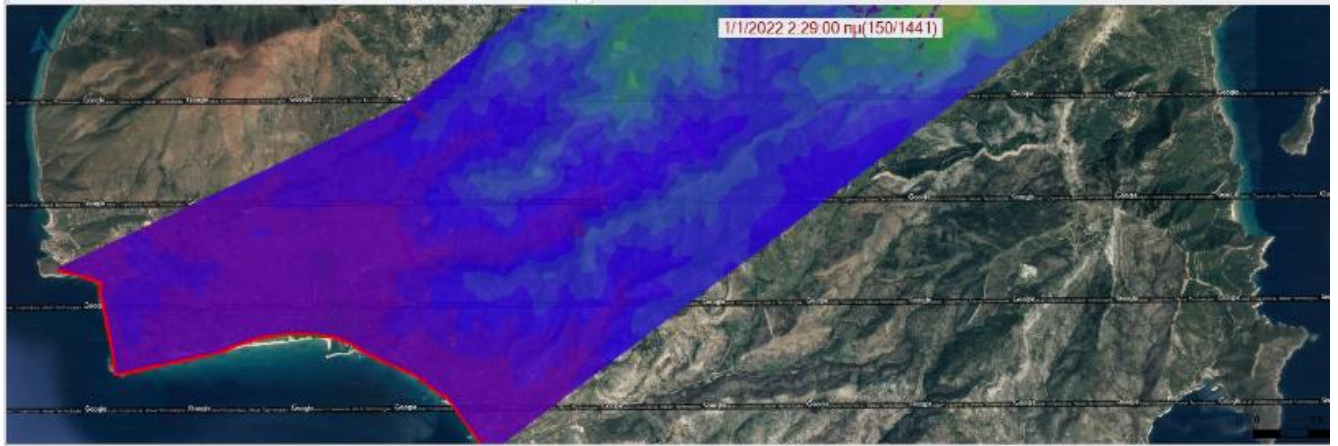


Εικόνα 4.21 Ανάγλυφο της υπό μελέτης ευρύτερης περιοχής

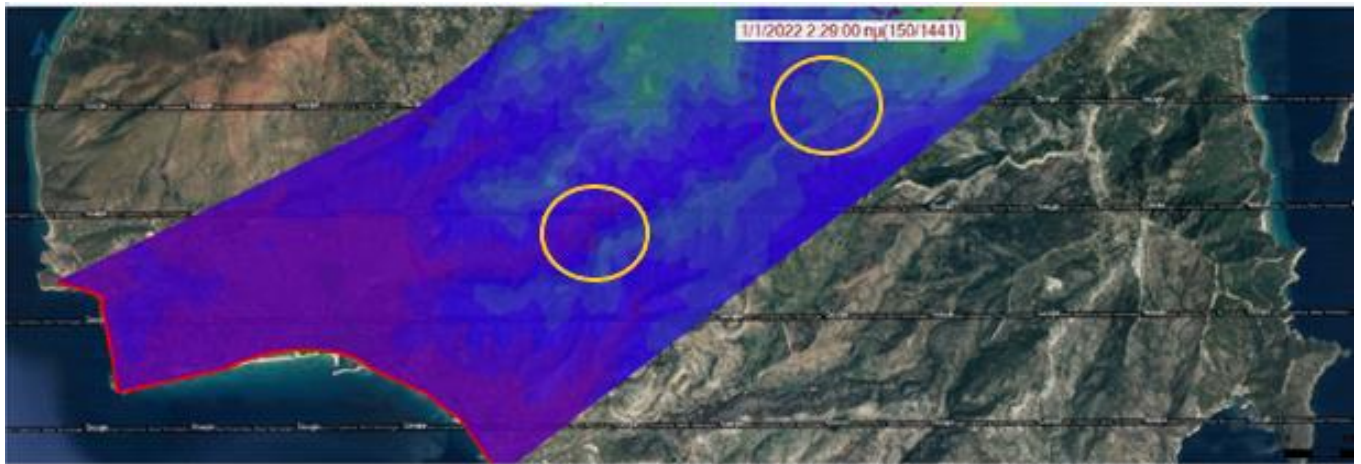
4.6 Αποτελέσματα - Σύγκριση των δύο προσομοιώσεων

4.6.1 Αποτελέσματα

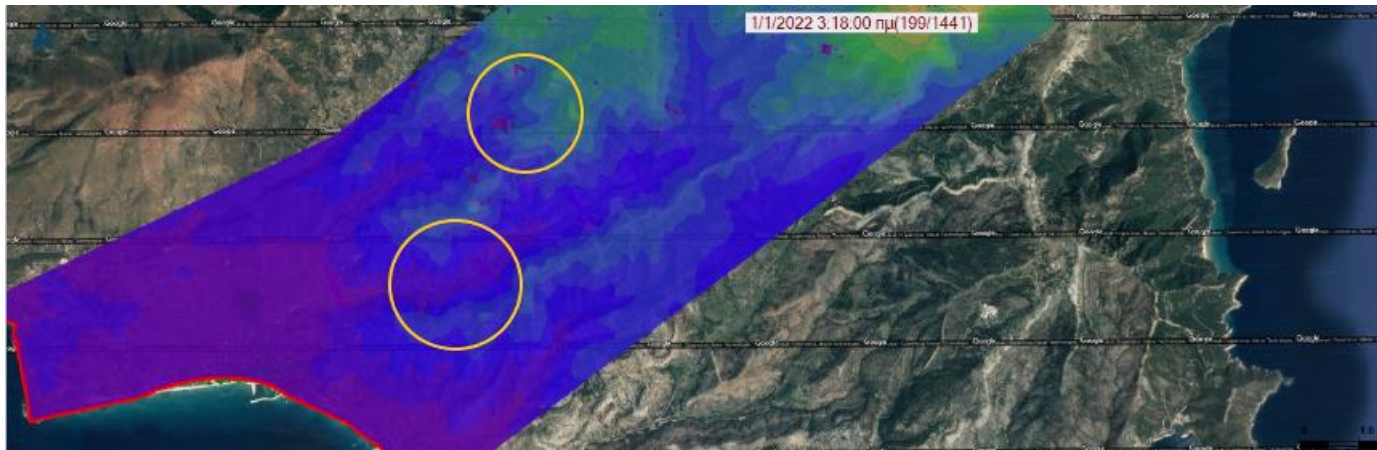
Με την προσθήκη των μικρών φραγμάτων και την προσομοίωση του ίδιου πλημμυρικού γεγονότος τα αποτελέσματα του σεναρίου στην πορεία της βροχόπτωσης και στις ίδιες ακριβώς χρονικές στιγμές φαίνονται στις εικόνες που ακολουθούν.



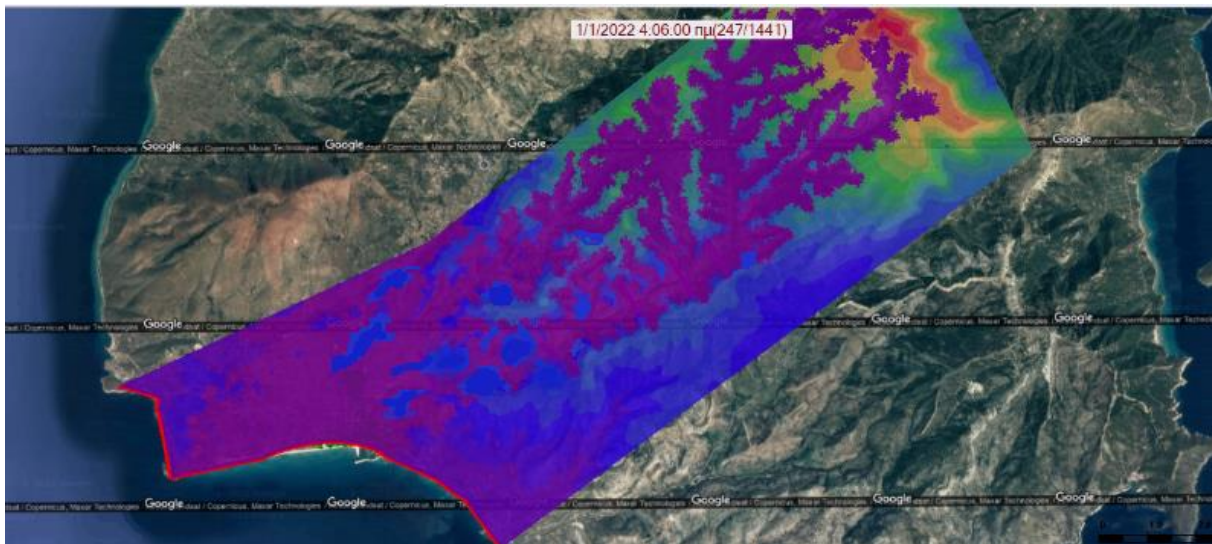
Εικόνα 4.22 Σενάριο 2^ο, Προσομοίωση πλημμύρας με την προσθήκη μικρών φραγμάτων – ώρα 2:29 πμ



Εικόνα 4.23 Λεπτομέρεια πλημμύρας μετά από 2:29 ώρες κατά το 2^ο σενάριο

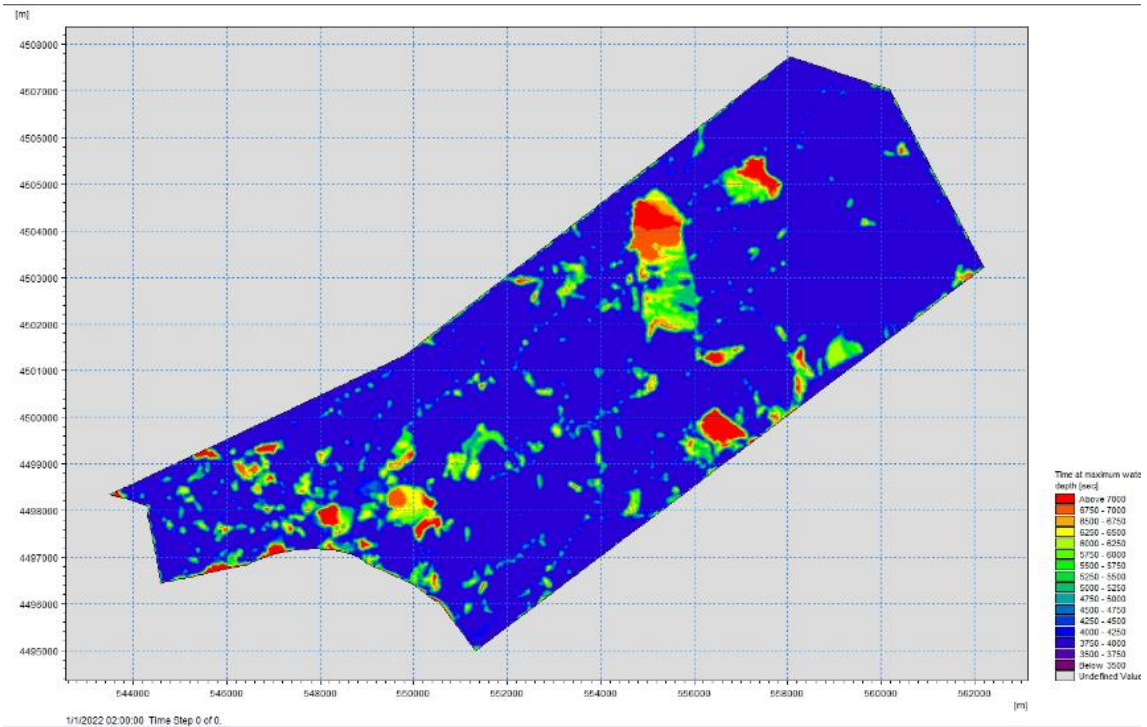


Εικόνα 4.24 Λεπτομέρεια πλημμύρας μετά από 3:18 ώρες κατά το 2^ο σενάριο

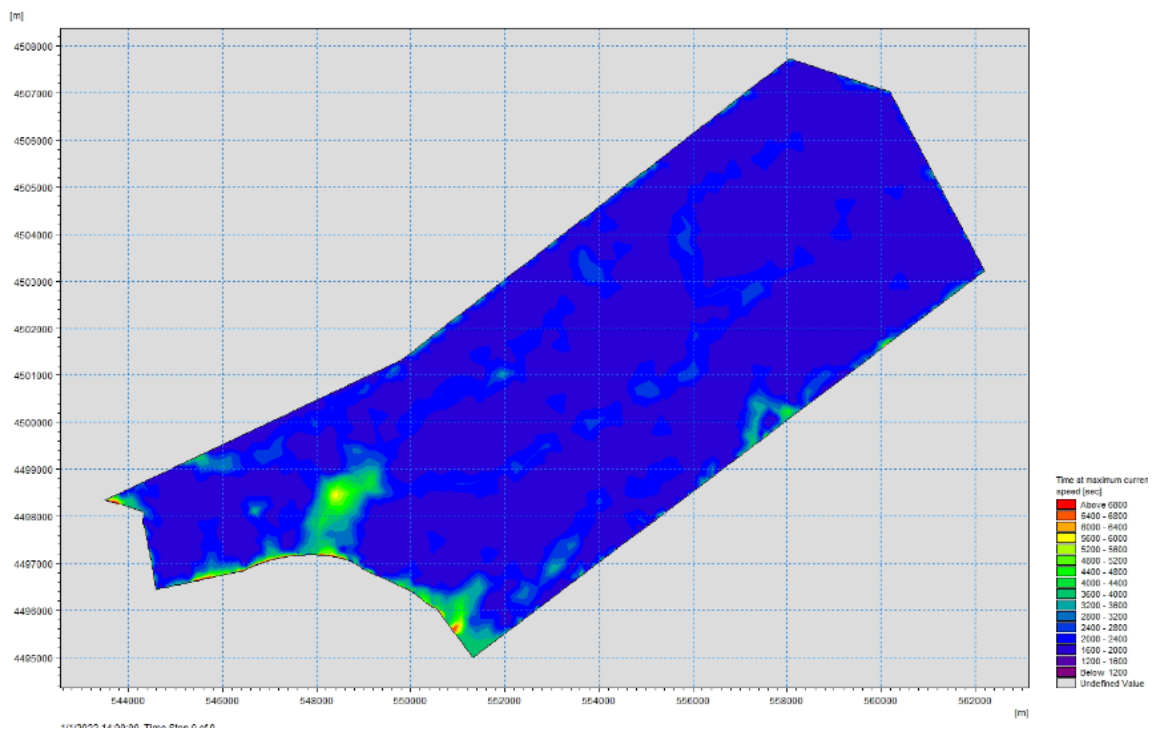


Εικόνα 4.25 Λεπτομέρεια πλημμύρας μετά από 4 : 06 ώρες κατά το 2^ο σενάριο

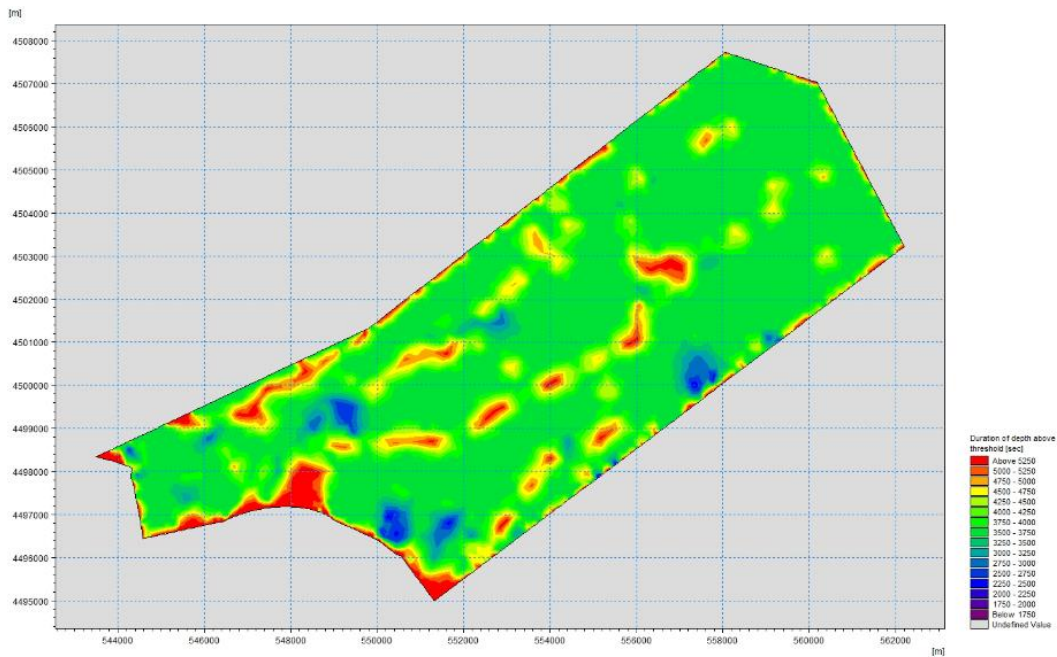
Από το MIKE 2022 μετά την προσομοίωση του δεύτερου σεναρίου και με την χρήση του MIKE ZERO δημιουργήθηκαν οι παρακάτω χάρτες αποτελεσμάτων πλημμύρας:



Χάρτης 4.7 Το μέγιστο βάθος νερού σύμφωνα με το 2^ο σενάριο προσομοίωσης



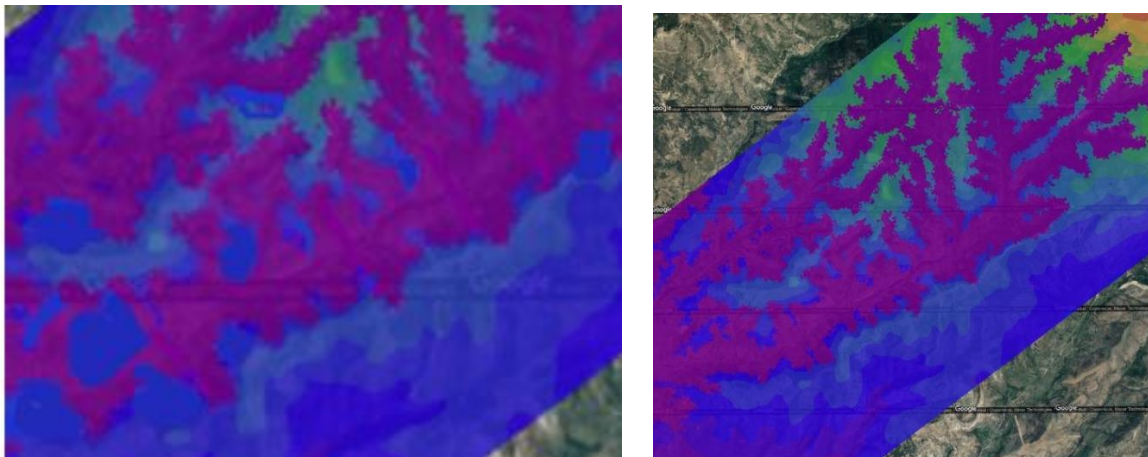
Χάρτης 4.8 Η μέγιστη ταχύτητα του ρέματος – 2^ο σενάριο



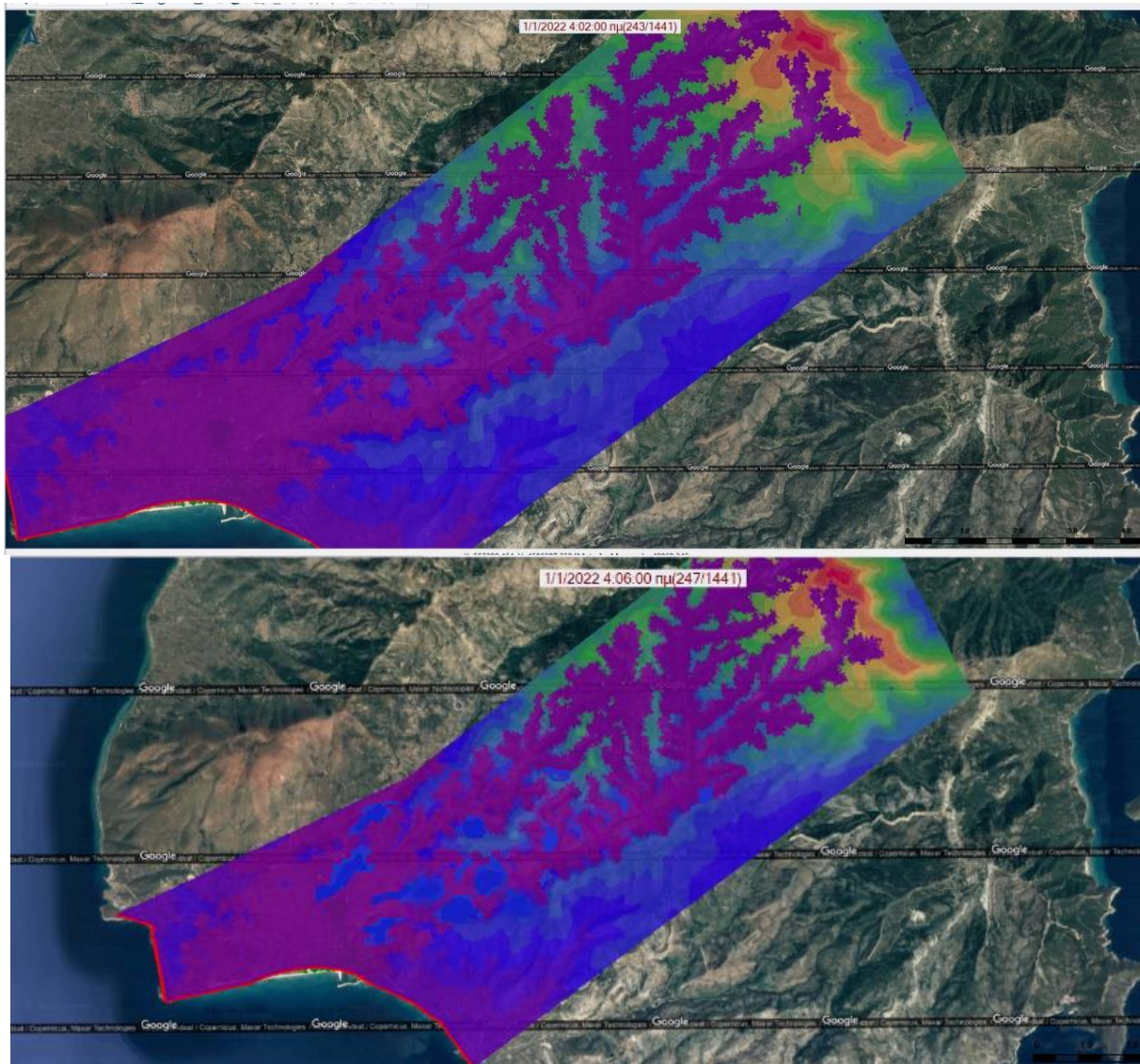
Χάρτης 4.9 Οριακές τιμές διάρκειας βάθους πλημμύρας 2^{ου} σεναρίου

4.6.2 Σύγκριση των δύο προσομιώσεων

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι τα τελικά αποτελέσματα των δύο προσομιώσεων που χρησιμοποιήθηκαν είναι παρόμοια, με διαφορές γύρω στα σημεία που ορίστηκαν τα μικρά φράγματα



Εικόνα 4.26 Σύγκριση των δύο προσομιώσεων στην περιοχή γύρω από τα φράγματα (αριστερά το δεύτερο σενάριο και δεξιά το πρώτο σενάριο).

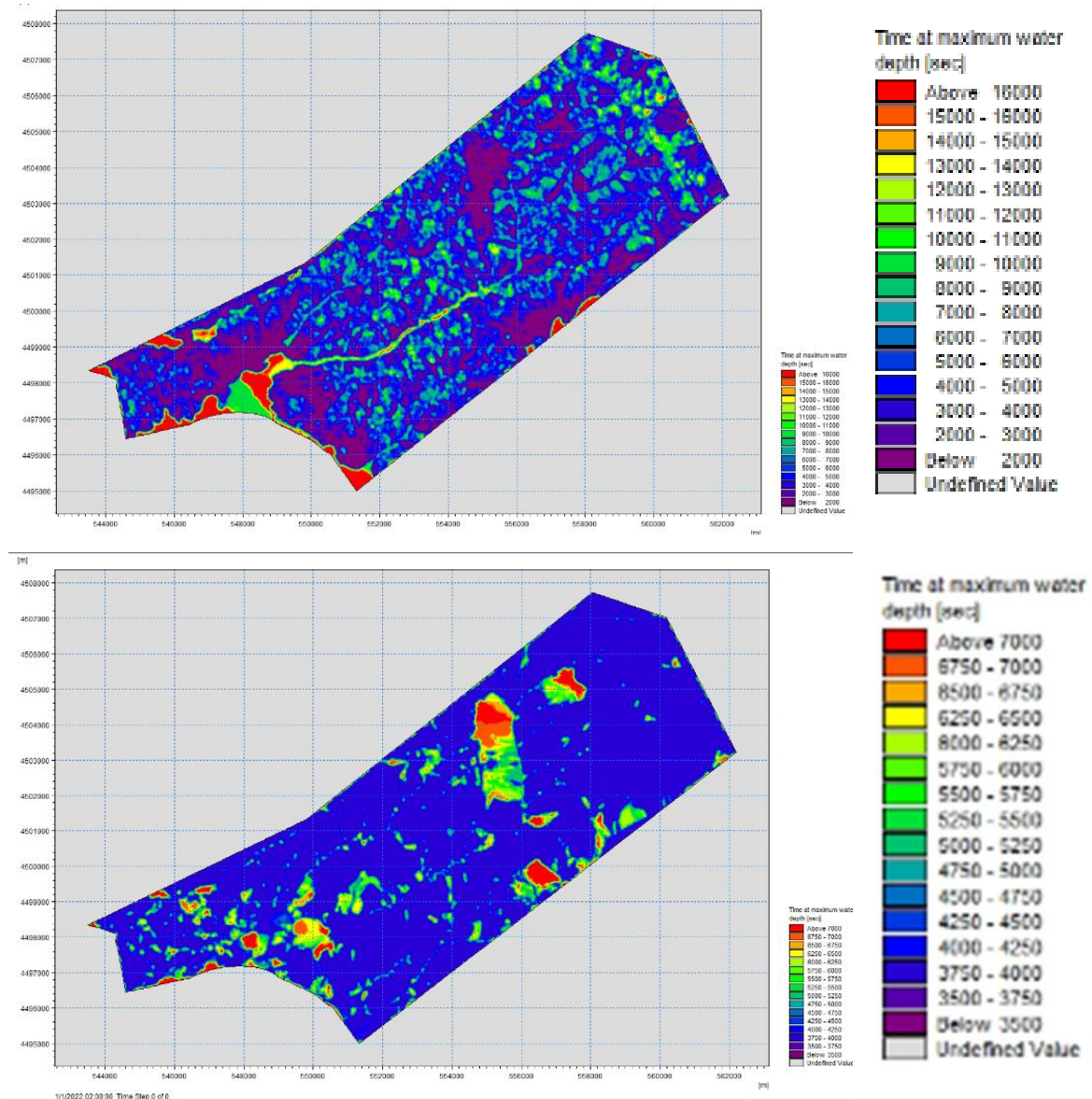


Εικόνα 4.27 Προσομοίωση πλημμυρικού γεγονότος (επάνω εικόνα το 1^ο σενάριο – κάτω εικόνα το 2^ο σενάριο)

Από την εικόνα 4.24, συμπεραίνουμε ότι κατά το δεύτερο σενάριο που τοποθετήθηκαν φράγματα ανάντη του ρέματος, πλημμυρίζει ο οικισμός αλλά με μικρότερη ένταση και ποσότητα νερού, από το πρώτο σενάριο, που δεν υπήρχαν φράγματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι:

- Τα φράγματα ανασχεσης συγκρατούν το νερό μέχρις ότου η στάθμη του υπερβεί το ύψος της στέψης του φράγματος, οπότε το νερό είτε θα κατεισχύσει στο υπέδαφος από τα διαπερατά σημεία, είτε θα υπερχειλίσει από το φράγμα και θα συνεχίσει την πορεία του κατάντη.
- Δημιουργούνται ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης βλάστησης στη γύρω περιοχή
- Περιορίζουν τη μεταφορά φερτών υλικών.

Η επιτυχία της προσομοίωσης αποδεικνύεται και από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν μέσω του MIKE ZERO των δύο σεναρίων.

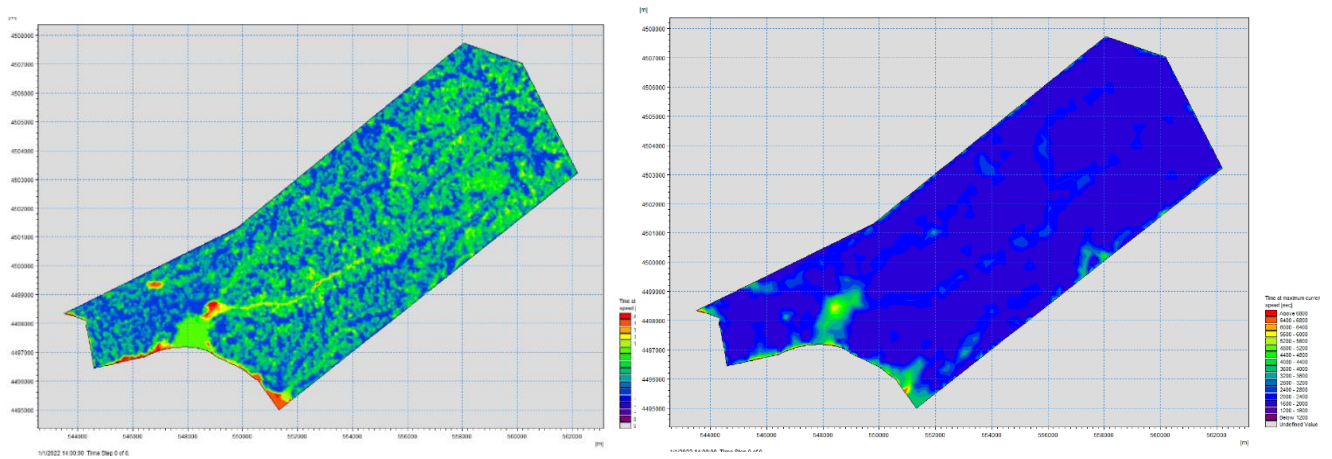


Εικόνα 4.28 Σύγκριση χαρτών με τα μέγιστα βάθη νερού των πλημμυρισμένων περιοχών των δύο σεναρίων (επάνω ο χάρτης του 1^{ου} σεναρίου και κάτω ο χάρτης του δεύτερου σεναρίου).

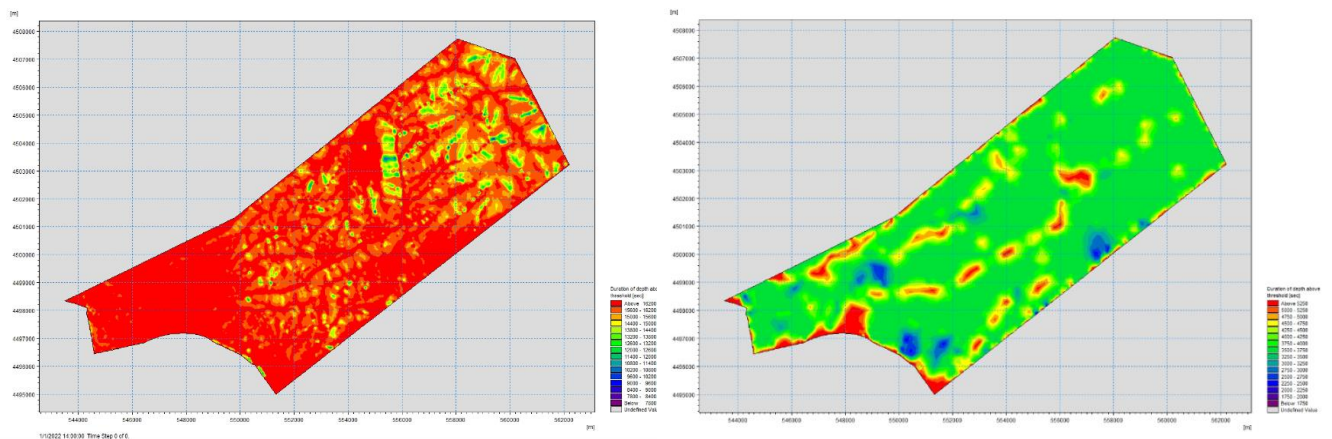
Σύμφωνα με τους παραπάνω χάρτες είναι προφανές ότι κατά τα σεναρία προσομοίωσης πλημμύρας, πλημμυρίζει εντονότερα ο οικισμός με το μοντέλο χωρίς τα φράγματα.

Το σενάριο που περιλαμβάνει τα φράγματα εμφανίζει μικρότερες εστίες πλημμύρας στον αστικό ιστό αλλά εντονότερες ανάντη του ρέματος.

Το ίδιο συμβαίνει και με τους άλλους χάρτες αποτελεσμάτων προσομοίωσης πλημμύρας των δύο σεναρίων (εικόνες 4.26 και 4.27).



Εικόνα 4.30 Σύγκριση χαρτών μέγιστης ταχύτητας πλημμυρισμένων περιοχών των δύο σεναρίων (αριστερά ο χάρτης του 1^{ου} σεναρίου και δεξιά ο χάρτης του δεύτερου σεναρίου).



Εικόνα 4.29 Σύγκριση χαρτών διάρκειας πλημμυρισμένων περιοχών των δύο σεναρίων (αριστερά ο χάρτης του 1^{ου} σεναρίου και δεξιά ο χάρτης του δεύτερου σεναρίου).

Κεφάλαιο 5

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΡΕΜΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΙΣΤΟ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΛΙΜΕΝΑΡΙΩΝ ΘΑΣΟΥ

5.1 Εισαγωγή

Μετά την ανάπτυξη της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία ενός χάρτη χωροθέτησης μικροφραγμάτων, με σκοπό την ανάσχεση των πλημμυρικών φαινομένων στον αστικό χώρο του οικισμού Λιμεναρίων, ακολούθησε διερεύνηση της υπό μελέτης περιοχής, με την λήψη αεροφωτογραφιών χρησιμοποιώντας drone.

Σκοπός της διερεύνησης της περιοχής είναι να εντοπιστούν τυχόν προβλήματα και να προταθούν περαιτέρω λύσεις, κυρίως στον αστικό ιστό και με σκοπό των μείωση των αρνητικών συνεπειών της πλημμύρας.

Η κακοδιαχείριση των ποτάμιων συστημάτων, οι κατασκευές στις περιοχές που απειλούνται από πλημμύρες και η αύξηση του πληθυσμού και των κατοικιών είναι σημαντικοί παράγοντες που συμβάλλουν στις ζημιές που προκαλούνται από τις πλημμύρες.

5.2 Υλικά

Για την λήψη των αεροφωτογραφιών χρησιμοποιήθηκε ένα Drone μάρκας DJI μοντέλο Mavic 2 pro (εικόνα 5.1)



Εικόνα5.1 Drone DJIMavic 2 pro



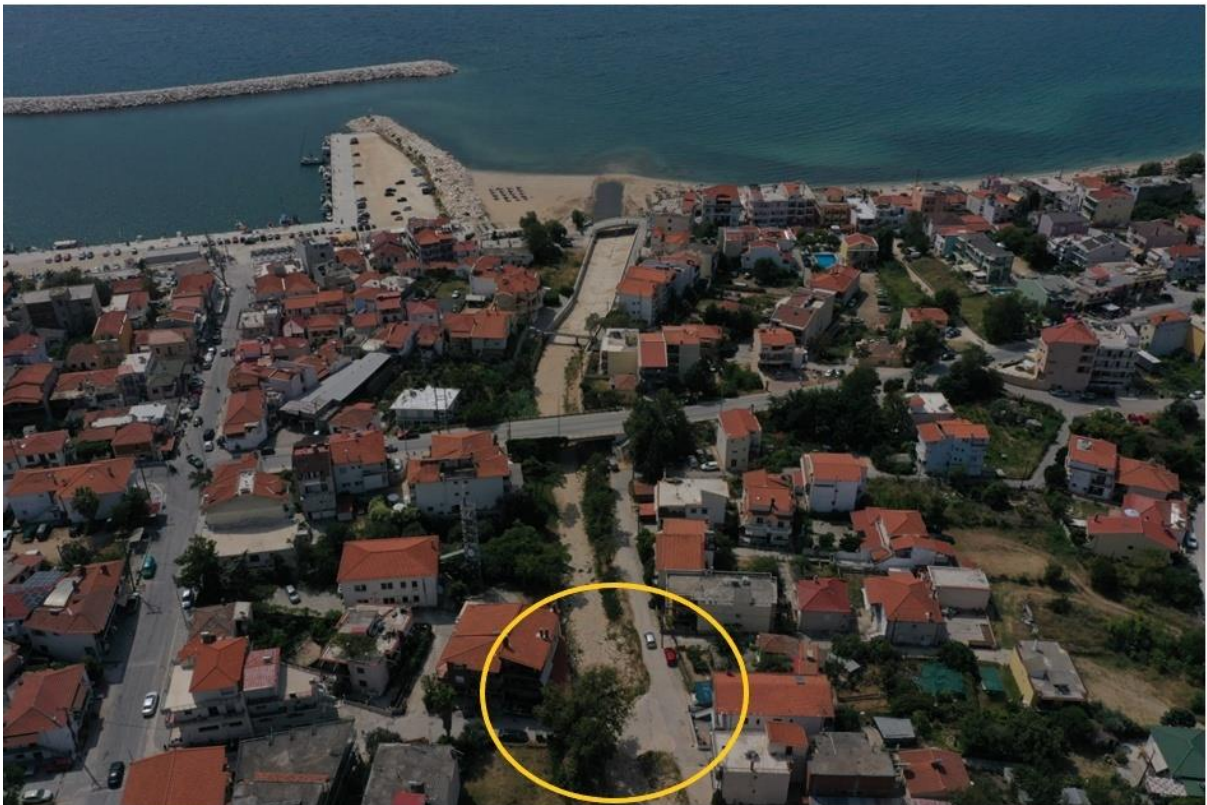
Εικόνα 5.2 Το σημείο εκβολής του ρέματος Λιμεναρίων Θάσου– Αύγουστος 2022.



Εικόνα 5.3 Πανοραμική εικόνα του οικισμού γύρω από την διευθετημένη κοίτη του ρέματος



Εικόνα 5.4 Το ρέμα που διαπερνά τον αστικό ιστό.



Εικόνα 5.5 Το ρέμα είναι παράλληλα με τον δρόμο ενώ μέρος του ρεματός είναι δρόμος.



Εικόνα 5.6 Παρκαρισμένα αμάξια στην κοίτη του ρέματος και σπίτια χτισμένα πολύ κοντά στο ρέμα.



Εικόνα 5.7 Η κατάσταση του ρέματος κοντά στον οικισμό



Εικόνα 5.8 Βιομηχανική ανάπτυξη πλησίον του ρέματος



Εικόνα 5.9 Σημείο ένωσης ρεμάτων.

5.3 Συμπεράσματα

Από τις ανωτέρω αεροφωτογραφίες είναι φανερή η παρουσία της ανθρώπινης δραστηριότητας στην περιοχή, χωρίς να έχει προηγηθεί ένα διαχειριστικό σχέδιο. Αυτό οδήγησε στην δημιουργία άναρχων κατασκευών κατά μήκος της κύριας κοίτης του χειμάρρου.

Συγκεκριμένα έχει κατασκευαστεί δρόμος πλησίον της κοίτης ενώ ένα μέρος της κοίτης είναι χαρακτηρισμένος δρόμος με ασφαλτόστρωση. Αναφορές γίνονται για συχνές πλημμύρες τόσο στο σημείο αυτό, κοντά στις γέφυρες, όσο και στην ευρύτερη περιοχή, με εισροή υδάτων στους δρόμους και στα σπίτια.

Τα τσιμεντένια τοιχώματα στην κοίτη του χειμάρρου δεν αφήνουν περιθώριο διαφυγής του νερού σε περίπτωση μεγάλης ροής και φερτών υλικών.

Κατά μήκος των ρεμάτων έχουν γίνει διάφορες επιχωματώσεις προς όφελος της αγροτικής γης, ενώ παράλληλα παρατηρείται διάβρωση του εδάφους.

Τα πλημμυρικά φαινόμενα του μοντέλου προσομοίωσης επιβεβαιώνονται ταυτίζοντάς τα με τις αεροφωτογραφίες και τις πραγματικές αναφορές στα σχετικά σημεία.

Η αστικοποίηση, με την εκτεταμένη αύξηση των αδιαπέρατων επιφανειών, επιφέρει ελάττωση ποσότητας του νερού της βροχής που διεισδύει στο έδαφος και αύξηση της ποσότητας του νερού που απορρέει. Η απορροή που δημιουργείται, συμπαρασύρει ατμοσφαιρικούς και άλλους ρύπους που επικάθισαν στις αδιαπέρατες επιφάνειες του αστικού περιβάλλοντος (οδοί, δρόμοι, χώροι στάθμευσης, στέγες). Οι συνέπειες είναι να μεταβάλλονται τα υδρολογικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των υδάτινων αποδεκτών των αστικών απορροών.

5.4 Προτάσεις

Για να μετριαστούν τα πλημμυρικά γεγονότα εντός του αστικού ιστού, θα μπορούσαν να διατυπωθούν ορισμένες προτάσεις προς την κατεύθυνση της αντιπλημμυρικής προστασίας.

➤ Σχεδιασμός δικτύου αποχέτευσης όμβριων υδάτων

Στον οικισμό Λιμεναρίων και στους περισσότερους οικισμούς του Δ. Θάσου δεν έχει κατασκευαστεί αποχετευτικό σύστημα και δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων υδάτων. Η απουσία δικτύου αποχέτευσης όμβριων οδηγεί σε αύξηση του πλημμυρικού όγκου στην επιφάνεια του εδάφους.

➤ Αναχώματα και προστατευτικά τοιχεία

Οι περισσότερες περιοχές έχουν απωλέσει ένα μεγάλο ποσοστό των φυσικών αναχωμάτων στις κοίτες των ποταμών. Στην περιοχή μελέτης, το γεγονός αυτό οφείλεται στη μαζική ανοικοδόμηση λόγω της έντονης τουριστικής ανάπτυξης των τελευταίων χρόνων.

Τα τελευταία χρόνια, παγκοσμίως, γίνονται προσπάθειες να μην κατασκευάζονται αναχώματα με τεχνητά υλικά, αλλά οι εκτάσεις εκατέρωθεν της κοίτης του ρέματος να μετατρέπονται σε φυσικά αναχώματα πρασίνου (Εικόνα 5.10).

Πλεονεκτούν σε σχέση με τα τεχνητά καθώς α) προσφέρουν μεγαλύτερη απορρόφηση νερού σε σχέση με τα τεχνητά αναχώματα, β) διαθέτουν μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα απέναντι στις πλημμύρες και γ) μπορεί κανείς να συναντήσει πολλά είδη ζωής.



Εικόνα 5.10 Οι πράσινες όχθες του Έλβα στη Δρέσδη (πηγή: <https://www.dw.com>)



Εικόνα 5.11 Πρόταση δημιουργίας πράσινων αναχωμάτων στο Δ.Δ. Λιμεναρίων

➤ **Περατά πεζοδρόμια (Permeable pavements)**

Τα περατά πεζοδρόμια είναι ειδικά σχεδιασμένα για γρήγορη απομάκρυνση των όμβριων υδάτων. Παρέχουν την εμφάνιση και τα πλεονεκτήματα του πλακόστρωτου σκυροδέματος, με τα πρόσθετα πλεονεκτήματα ενός διαπερατού συστήματος (Εικόνες 5.12 – 5.15).



Εικόνα 5.12 Περατά πεζοδρόμια (Permeable pavements) (πηγή: Μάρης Φώτης)

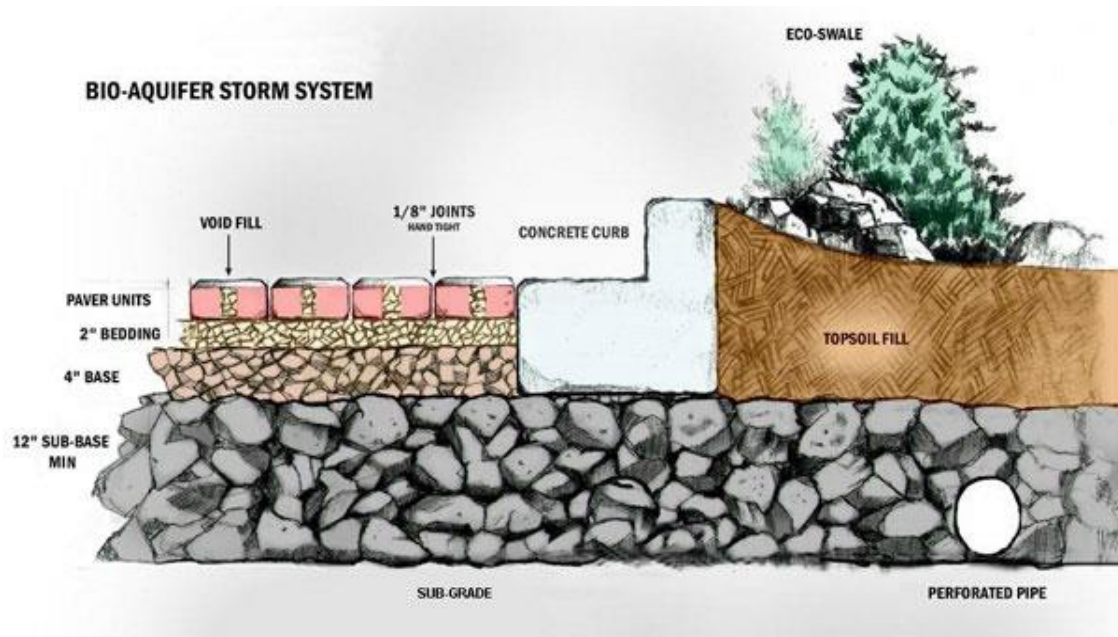
Ελαφρώς επιμήκεις ανοίγματα κατά μήκος των πλευρών λειτουργούν σε αρμονία με την ορθογώνια μορφή. Τα ελάχιστα ανοίγματα στην επιφάνεια του πεζοδρομίου κάνουν το περπάτημα πιο άνετο ενώ επιτρέπουν τη φυσική αποστράγγιση των όμβριων υδάτων. Από μηχανικής άποψης, αποτελεί μια τάφρο διείσδυσης όμβριων με πεζοδρόμιο πάνω της.

Η διαπερατότητα και η ποσότητα της διείσδυσης εξαρτώνται αυστηρά από τους ρυθμούς διείσδυσης του υλικού πλήρωσης των αρμών και των υλικών βάσης και όχι από το ποσοστό διείσδυσης στην ανοιχτή περιοχή πάνω και γύρω από κάθε οδόστρωμα.

Η απορροή του νερού μειώνεται έως και 100%. Το σύστημα προσφέρει μέγιστη αντοχή για τη διαχείριση τόσο της κυκλοφορίας των πεζών όσο και των βαρέων οχημάτων, ενώ παρέχει αξιοσημείωτη απήχηση, εύκολη πρόσβαση σε επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και εξαιρετικά οικονομικά αποτελέσματα σε μια ανάλυση κόστους κύκλου ζωής 30 ετών.



Εικόνα 5.13 Διαπερατά πεζοδρόμια (πηγή: Μακρόπουλος, 2009)



Εικόνα 5.14 Διαπερατό πεζοδρόμιο (πηγή: <https://cambridgepavers.com/pavingstones-permeable?locale=el>)



Εικόνα 5.15 Διαπερατά πεζοδρόμια και κατασκευές πρασίνου



Εικόνα 5.16 Πρόταση τοποθέτησης πράσινων αναχωμάτων και διαπερατών πεζοδρομίων στην περιοχή μελέτης.

➤ **Τάφροι απορροής με βλάστηση (grass wales)**

Ρηχά κανάλια κατά μήκος των δρόμων με βλάστηση για την μεταφορά της όμβριας απορροής



Εικόνα 5.17 Τάφροι απορροής με βλάστηση(πηγή: Μάρης Φώτης)

➤ **Τεχνητές λεκάνες συγκράτησης όμβριων (detention ponds)**

Ξηρές τον περισσότερο καιρό και ικανές να αποθηκεύσουν τα όμβρια ύδατα κατά τη διάρκεια των υγρών περιόδων (Εικόνα 5.18). Στόχος των τεχνητών λιμνών είναι η καθυστέρηση άρα και η μείωση της παροχής αιχμής (Μακρόπουλος, 2009).



Εικόνα 5.18 Τεχνητές λεκάνες συγκράτησης όμβριων (detention ponds) (πηγή: Μάρης Φώτης)



Εικόνα 5.19 Τεχνητές λεκάνες συγκράτησης όμβριων (detention ponds) (πηγή: <https://www.geometitiki.gr>)

- **Κατασκευή τεχνητών υγροβιοτόπων για βελτίωση της ποιότητας της απορροής, στον περιαστικό ή αστικό ιστό.**

Οι τεχνητοί υγροβιοτόποι λειτουργούν ως βιόφιλτρα και αποτελούν πράσινες υποδομές για τον αειφόρο σχεδιασμό των πόλεων (Εικόνες 5.20, 5. 21).



Εικόνα 5.20 Τεχνητοί υγροβιοτόποι (πηγή: <https://mackassand.com.au/products/applications/bio-retention/>)



Εικόνα 5.21 Τεχνητοί υγροβιοτόποι (πηγή: Μάρης Φώτης)

- **Πράσινες Οροφές (Green Roofs)**

Τα φυτά με την παραγωγή οξυγόνου και την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα βελτιώνουν την ποιότητα του αέρα των πόλεων. Συγχρόνως απορροφούν ποσότητες σκόνης και ρύπων και συμβάλλουν στη μείωση της ηχορύπανσης. Παράλληλα επιτυγχάνεται μείωση της απορροής όμβριων υδάτων στους υπονόμους έως και 90%

αφού μεγάλη ποσότητά τους απορροφάται από τα φυτά που βρίσκονται στις στέγες (Κορδάτος, 2012).

Στη Γερμανία η πολεοδομική νομοθεσία επιβάλλει κάθε νέα επίπεδη στέγη που κατασκευάζεται να είναι πράσινη.



Εικόνα 5.22 Αρχιτεκτονική πρόταση πράσινης στέγης, (πηγή: <https://www.design-district.gr/el/landscape-design-ideas>)

Κεφάλαιο 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1 Γενικά

Στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, αρχικά δημιουργήθηκε ο χάρτης τρωτότητας έναντι της πλημμύρας στην νήσο Θάσος, σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και με τη μέθοδο της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης. Η μέθοδος της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (Multi Criteria Decision Analysis– MCDA), παρέχει τη δυνατότητα αξιολόγησης, ιεράρχησης και ανάλυσης πολλαπλών κριτηρίων.

Η αναγνώριση των παραγόντων οι οποίοι επιδρούν στην τρωτότητα έναντι κινδύνου πλημμύρας αποτελεί το σημαντικότερο βήμα στη δομή του μοντέλου με την μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Σε κάθε παράγοντα αναλύθηκε ο τρόπος επίδρασής του στην τρωτότητα έναντι της πλημμύρας και βαθμονομήθηκε με συντελεστή βαρύτητας σύμφωνα με την επιρροή του σε κλίμακα από ένα έως τέσσερα.

Για κάθε αριθμητικό παράγοντα δημιουργήθηκαν οι 4 διαφορετικές κλάσεις κινδύνου με βάση τη μέθοδο Jenk's Natural Breaks: υψηλή, μέτρια, χαμηλή και πολύ χαμηλή. Η ταξινόμηση των μη αριθμητικών παραγόντων εξαρτήθηκε από την επίδραση του παράγοντα στην διαδικασία της πλημμύρας.

Τέλος, συνδυάστηκαν χωρικά οι παράγοντες με βάση τους συντελεστές βαρύτητας που τους δόθηκαν και εφαρμόστηκαν οι τεχνικές χωρικής ανάλυσης με την βοήθεια των Γ.Σ.Π. και των υπολογιστικών εξισώσεων.

Με βάση τον χάρτη που μας έδειχνε τις περιοχές που έχουν μεγαλύτερη τρωτότητα σε πλημμυρικά φαινόμενα και σύμφωνα με: α) τα ιστορικά δεδομένα πλημμύρας, β) την οικιστική ανάπτυξη, γ) την αύξηση του πληθυσμού, δ) τις παρεμβάσεις στην διατομή του ρέματος, και ε) τις συνεχείς πυρκαγιές, επιλέχθηκε ως περιοχή μελέτης ο οικισμός των Λιμεναριών.

Αναπτύχθηκε μοντέλο προσομοίωσης πλημμυρικής ροής με την μέθοδο της δισδιάστατης ανάλυσης του λογισμικού MIKE 2022 του DHI (Danish Hydraulic Institute). Το MIKE FLOOD είναι ένα πλήρες πακέτο εργαλείων για την μοντελοποίηση των πλημμυρών με προσομοίωση μονοδιάστατων, δισδιάστατων ροών (MIKE 22) ή και συνδυασμό τους, παρέχοντας μεγάλη ευελιξία σε επιλογές και υπολογιστικά εργαλεία.

Στόχος ήταν η διαμόρφωση μίας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας προσομοίωσης της πλημμυρικής ροής σε δύο διαστάσεις για την εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου, σε πραγματικές συνθήκες.

Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε δεύτερο μοντέλο προσομοίωσης πλημμυρικής ροής με τη προσθήκη μικρών φραγμάτων σε τυχαίες – πιλοτικές τοποθεσίες του κυρίως ρέματος, με απώτερο σκοπό την ανάσχεση των πλημμυρικών φαινομένων.

Ακολούθησε σύγκριση των δύο προσομοιώσεων και των δεδομένων, για την διερεύνηση της εγκυρότητας του μοντέλου και των θέσεων που επιλέχθηκαν. Παρατηρήθηκε ότι με την προσθήκη των φραγμάτων μειώθηκε σχετικά ικανοποιητικά η υδατοπαροχή και η στερεοπαροχή των χειμαρρωδών ρεμάτων.

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε drone για την διερεύνηση της περιοχής μέσω αεροφωτογραφιών, με σκοπό τον έλεγχο της υφιστάμενης κατάστασης και την υποβολή προτάσεων.

6.2 Συμπεράσματα

Η προσομοίωση της πλημμυρικής ροής σε πραγματικές συνθήκες είναι πολύπλοκη, λόγω της πολυπλοκότητας του φυσικού κόσμου, τόσο σε αστικό περιβάλλον, όσο και σε κλίμακα λεκάνης απορροής. Πολύπλοκη είναι επίσης, η βαθμονόμηση των διάφορων παραμέτρων και η αβεβαιότητα που υπάρχει στην αριθμητική επίλυση της προσομοίωσης από τις διάφορες αυτές παραμέτρους. Παρόλα αυτά, έγινε προσπάθεια να επιτευχθεί μια προσομοίωση πλημμύρας που να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, η οποία σε γενικές γραμμές πέτυχε.

Από τις αεροφωτογραφίες και από την διερεύνηση της υφιστάμενης κατάστασης της περιοχής εντοπίστηκαν σημαντικά προβλήματα που χρήζουν διαχειριστική αντιμετώπιση, όπως:

- στη διευθέτηση του ρέματος (μέρη του ρέματος μετατράπηκαν σε δρόμο)
- μειωμένες επεμβάσεις στη κοίτη του ρέματος (ιδιωτική, δημόσια δόμηση, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες μετατρέπεται σε χώρο στάθμευσης των αυτοκινήτων)
- υποβάθμιση πλευρικά του ρέματος κ.α.

Τέλος, εκτιμάται ότι με την κατασκευή των αντιπλημμυρικών έργων στην υπό μελέτη περιοχή, θα παρακρατηθεί κατά πολύ μεγάλο βαθμό ο όγκος της ποσότητας νερού και φερτών υλών που παράγεται από κάθε ακραία βροχόπτωση. Ευελπιστούμε ότι τα αποτελέσματα μετά από κάθε ραγδαία βροχόπτωση θα είναι ικανοποιητικότερα.

6.3 Προτάσεις

Στην περίπτωση της λεκάνης απορροής του οικισμού Λιμεναρίων, ο αριθμός και η χωροθέτηση των μικρών φραγμάτων δεν λύνουν οριστικά το πρόβλημα αλλά συντελούν στην αποφυγή των καταστροφών που μπορεί να επιφέρει μία ακραία πλημμύρα.

Τα φράγματα της περιοχής μελέτης μπορούν να κατασκευαστούν από υλικά τα οποία είναι επί τόπου διαθέσιμα (πέτρα, χαλίκι, ξύλα). Η προμήθεια της πέτρας μπορεί να γίνει από τα λατομεία της περιοχής χωρίς υψηλό κόστος, με αποτέλεσμα να αποτελούν μια συμφέρουσα επιλογή αντιμετώπισης των πλημμυρικών φαινομένων.

Η συμβολή των μοντέλων προσομοίωσης πλημμυρικών φαινομένων σε λεκάνες απορροής, τόσο σε φυσιολογικές όσο και σε ακραίες βροχοπτώσεις, είναι σημαντική για την διαχείριση των αντιπλημμυρικών έργων.

Στην παρούσα διατριβή επιλέχθηκαν πιλοτικές θέσεις χωροθέτησης μικροφραγμάτων για να ελεγχθεί αν το σενάριο προσομοίωσης με μικροφράγματα, σε όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικό πεδίο, εμφανίζει διαφορές στην έκταση του πλημμυρικού φαινομένου σε σύγκριση με τη προσομοίωση πλημμύρας χωρίς αυτά.

Οι προσομοιώσεις ανοίγουν τον δρόμο για σταδιακή αύξηση της μελλοντικής έρευνας με ακριβή ορισμό του ρεαλιστικού προβλήματος έως την δημιουργία ενός ισχυρού λογισμικού που να παρέχει διαφορετικές επιλογές και να προσαρμόζεται σε έκτακτες καταστάσεις και σε πιθανές μεταβολές.

Για να επιτευχθεί μία αξιόπιστη προσομοίωση, κρίνεται απαραίτητη η ανάγκη παρακολούθησης της εξέλιξης των βροχοπτώσεων, τόσο κατά τα πρώτα στάδια εκδήλωσής τους, όσο και καθ' όλη τη διάρκεια του φαινομένου, αλλά και μετά την λήξη του.

Ο προσδιορισμός της πλημμυρικής έκτασης, του βάθους ροής και της παροχής σε ώρα αιχμής, είναι πολύτιμοι παράγοντες, για μία έγκυρη προσομοίωση με αποτελέσματα που θα βοηθήσουν στη μελέτη, κατασκευή και διαχείριση των αντιπλημμυρικών έργων.

Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται: α) η έγκαιρη προειδοποίηση των αρχών και των πολιτών σε περίπτωση ακραίων φαινομένων, β) η πρόληψη και η βέλτιστη αντιμετώπιση των ενδεχόμενων πλημμυρών και γ) ο εντοπισμός των όποιων προβλημάτων τυχόν προκύψουν.

Στο πλαίσιο ανάδειξης μέτρων για την πρόληψη και μείωση κινδύνων από ενδεχόμενα περιστατικά πλημμύρας, προτείνεται η εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών στις ευάλωτες περιοχές, με σκοπό την συλλογή δεδομένων βροχοπτώσεων σε πραγματικό χρόνο.

Έτσι θα υπάρχει η δυνατότητα αποστολής ενημερωτικών μηνυμάτων προειδοποίησης (sms) στους αρμόδιους φορείς ή ακόμη και στους πολίτες.

Το «Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης», είναι ένα εργαλείο στη διάθεση αρμοδίων φορέων ώστε να διευκολύνει την έγκαιρη παρέμβαση και ενημέρωση κοινού και όποια άλλη προβλεπόμενη δράση, πριν αλλά και κατά την ώρα της πλημμύρας. Στόχος λοιπόν είναι η δημιουργία ενός μηχανισμού διαρκούς ενημέρωσης του κοινού.

Βιβλιογραφικές αναφορές

ΈΝΤΥΠΕΣ ΠΗΓΕΣ ΚΕΙΜΕΝΟΥ

- Alcantara-Ayala, I., & Goudie, A., (2010). *Geomorphological Hazards and Disaster Prevention*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bankoff, G., Frerks, G., Hilhorst, D.J.M. (2003). *Mapping Vulnerability, Disasters, Development and People*. Earthscan, London.
- Behanzin, D. I., Thiel, M., Szarzynski, J., Boko, M., (2015). «GIS-Based Mapping of Flood Vulnerability and Risk in the Bénin Niger River Valley». *International Journal of Geomatics and Geosciences*, Vol. 6.
- Blistanova, M., Zeleňáková, M., Blistan, P., Ferencz, V. (2016). «Assessment of flood vulnerability in Bodva river basin, Slovakia». *Acta Montanistica Slovaca*, Vol. 21, pp. 1928.
- Büchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., and Nestmann, F., (2006). Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Natural Hazards and Earth System Science* 6(4): 485-503.
- Diakakis M., Deligiannakis G., (2012), Flood fatalities in Greece: 1970-2010, *Journal of Flood Risk*.
- Elands, Birgit H.M. & Wiersum, K. Freerk, (2001). Forestry and rural development in Europe: an exploration of socio-political discourses. *Forest Policy and Economics*, 3, (pp. 5-16).
- Forte F., Pennetta L., Strobl O. R., (2005). «Historic records and GIS applications for flood risk analysis in the Salento peninsula (southern Italy) ». *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 5, pp. 833–844.
- Gu, H., Du, S., Liao, B., Wen, J., Wang, C., Chen, R., Chenc, B., (2018). «A hierarchical pattern of urban social vulnerability in Shanghai, China and its implications for risk management». *Sustainable Cities and Society*. Vol. 41, pp. 170–179.
- Gitas, I., Mouflis, G., Mitri, G., Minakou, H., Iliadou, S., & Tsakalidis, S., (2007). Assessment of the impact of forest fires and marble quarries on the environment of Thasos Island. In *International Conference on Landscape Architecture and New Technologies*. Department of Landscape Architecture, Technological Educational Institute of Kavala, Drama, Greece, pp. 25-26.
- Ishizaka, A., & Labib, A., (2009). Analytic hierarchy process and expert choice: Benefits and limitations. *OR Insight*, 22(4), (pp. 201-220).
- Kazakis, N., Kougiass, I., Patsialis, T., (2015). «Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region», Greece. *Science of the Total Environment*, Vol. 538, pp. 555–563.
- Keyser H., (2002), *Tourism Development*, Oxford University Press, South Africa.
- Kontos, D., and Chlykas, N., (1997). *Management Study of Forestry of Thasos Municipalities*. Forest Service of Thasos, Kavala.

- Koutsoyiannis, D. and Xanthopoulos, Th., (1999). Engineering Hydrology, Edition 3, National Technical University of Athens, Athens, 153-154.
- Mamassis, N., (2019). Flood protection works or land use regulation for the prevention and mitigation of floods?, Natural disasters management: Priorities, rights, responsibilities, Harokopio University, Athens.
- Marouglianis, Ch., (2011). Management Study of Public Forest island Thasos Period 2011-2020. Forest Service of Thasos.
- Parker, D., (2000). Floods. Volume 1. London: Routledge
- Rubio, P. C. J. Yu, I., Kim, H., Kim, S., Jeong, S., (2019). «An Investigation of the Adequacy of Urban Evacuation Centers Using Index-based Flood Risk Assessment». Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 19, pp. 197-207.
- Strahler and Strahler, (2003). Introducing Physical Geography. Edition, 3. J. Wiley.
- Strahler, A., (1952): Hypsometric (area – altitude) analysis of erosional topography. Geol. Soc. Amer. Bull.
- Saaty, T. L., (1980). The Analytic Hierarchy Process. New York: McGrawHill.
- Smith, K. (1996). Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster. London and New York: Routledge
- Tzevelekis Th., Gkiougkis I., Katimada Chr., Diamantis I., Book Section (2011). Quantitative investigation of water supply conditions in Thassos, N. Greece.
- Vakalis, D., Sarimveis, H., Kiranoudis, C. T., Alexandridis, A., & Bafas, G., (2004). A GIS based operational system for wildland fire crisis management II. System architecture and case studies. Applied Mathematical Modelling, 28(4), pp. 411-425.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., (2004). At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. London and New York: Routledge.
- Yalcin, G., Akyurek, Z., (2004). «Analysing flood vulnerable areas with multicriteria evaluation».
- Yusuf, A. A. & Francisco, H. (2009). «Climate Change. Vulnerability Mapping for Southeast Asia». International Development Research Center. Canada.
- Ανδρεαδάκης, Ε., Φουντούλης, Ι., (2007). Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σε Τεκτονικά Ενεργές Περιοχές, Συμπόσιο Τεκτονικής Γεωλογίας, Αθήνα
- Γιαννόπουλος Σ., Γιαννοπούλου Ι, Ντούλας Α., Πέτκου Ολ., χχ. Αξιολόγηση και Διαχείριση των Κινδύνων Πλημμύρας στην Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με τις Οδηγίες 2000/60/ΕΚ και 2007/60/ΕΚ, ΑΠΘ.
- Διαμαντής, Ι., Τζεβελέκης, Θ., (1992). Hydro geological and hydrochemical conditions in the coastal alluvial fans of Thasos Island. Proceedings of the 2nd Hellenic Hydrogeological Conference. Bulletin of Cyprus Association of Geologists and Mining Engineers, 6, pp. 131-148.
- Ζογκαρης, Σ. & Βλάμη, Β.,(2011). Προτάσεις οικοτουριστικής ανάπτυξης με σκοπό τη διατήρηση της παράκτιας βιοποικιλότητας της Θάσου. Δημοσίευτη έκθεση προς Δήμο Θάσου & Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Σελ. 25. Αθήνα.

- Κουγιουμτζίδου Κ., (2011): Εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ, για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, στο Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας, Διατριβή Ειδίκευσης, Α.Π.Θ., Τμήμα Βιολογίας, Θεσσαλονίκη.
- Κουτσογιάννης, Δ., (1997). Στατιστική Υδρολογία, Έκδοση 4, 312 Σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Κουτσόπουλος, Κ., Ανδρουλακάκης, Ν., (2005). Εφαρμογές του λογισμικού ArcGIS9 με Απλά Λόγια. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Κωτούλας Δ., (2001β). Ορεινή Υδρονομική, Τα Ρέοντα Ύδατα, Τόμος Ι, Θεσσαλονίκη.
- Λέκκας, Ε.Λ., (2000): Φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές, Ε.Κ.Π.Α., Αθήνα, Σελ, 77 - 89.
- Μακρόπουλος, (2006). 15ο Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Αλεξανδρούπολη, 25-27 Οκτωβρίου.
- Μαρουγκλιάνης, Χ., Ράνης, Γ., (2018): Μελέτη Κατασκευής Ξυλοφραγμάτων στα δάση και δασικές εκτάσεις, των λεκανών απορροής στις περιοχές ΡΑΧΩΝΙΟΥ, ΠΡΙΝΟΥ, ΣΩΤΗΡΟΣ και ΚΑΛΛΙΡΑΧΗΣ, που κήκαν από τη δασική πυρκαγιά στις 10-09-2016 στη νήσο Θάσο, Δασαρχείο Θάσου.
- Μαμάσης, Ν., (2019.). Διαχείριση φυσικών καταστροφών: Προτεραιότητες, δικαιώματα, ευθύνες' Αντιπλημμυρικά έργα ή έλεγχοι χρήσεων γης για την πρόληψη και αντιμετώπιση πλημμυρών; Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Διημερίδα, Αθήνα 18-19/01/2019
- Μαραγκουδάκη Ρ., Τσακίρης Γ., (2005). Επίδραση της αστικοποίησης στα χαρακτηριστικά της πλημμύρας. 5ο Εθνικό Συνέδριο της ΕΕΔΥΠ «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων με βάση τη λεκάνη απορροής», Ξάνθη, 6 - 9 Απριλίου 2005, pp. 193-199.
- Μισθός, Μ.Λ., 2009: Η Συμβολή της Τηλεπισκόπησης και των ΓΣΠ στην ολοκληρωμένη διαχείριση φυσικών καταστροφών. Μελέτη περίπτωσης: Η τεχνική της ανίχνευσης μεταβολών στον εντοπισμό κατακλυσμένων εκτάσεων από ποτάμια πλημμύρα, Διατριβή Ειδίκευσης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Δ.Π.Μ.Σ. Περιβάλλον & Ανάπτυξη, Αθήνα.
- Μπαμπέκος Ι., (2019). Βελτιστοποίηση συστήματος μικρών φραγμάτων σε κοίτη ποταμού με χρήση γενετικών αλγόριθμων. Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών μηχανικών, Θεσσαλονίκη.
- Παγκάλου Ε. (2013), Κοινωνικές επιπτώσεις του τουρισμού στη Θάσο, ΤΕΙ Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, σχολή Διοίκησης και Οικονομίας, τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Καβάλα.
- Παπτά Μ., (2012). Καταγραφή πλημμυρών και εκτίμηση πλημμυρικής επιδεκτικότητας με τη βοήθεια της τηλεπισκόπησης και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (ΓΣΠ – GIS). Ένα παράδειγμα από τη Β.Α. Χαλκιδική. Msc Thesis, Θεσσαλονίκη.
- Πατρίκου Δ. Σωτηρία, (2017). Ειδικές και Εναλλακτικές μορφές τουρισμού και Τοπική Ανάπτυξη: Πρόταση για την ανάπτυξη καταδυτικού τουρισμού στο νησί της Θάσου, Διπλωματική Εργασία, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, Βόλος.
- Ραλλάτου Ν., (2019). Εκτίμηση αστικής πλημμυρικής τρωτότητας με χρήση GIS και μεθόδων γεωχωρικής ανάλυσης. Η περίπτωση του Λεκανοπεδίου Αθηνών. Msc Thesis, Αθήνα.

- Ραπτάκη, Ε., (2019). Προσομοίωση πλημμύρας σε αστική λεκάνη απορροής για την εκτίμηση κινδύνου από πλημμύρες ταχείας απόκρισης, Διπλωματική Εργασία, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ», Αθήνα.
- Σαπουντζάκη, Κ., Δανδουλάκη, Μ., (2015). Κίνδυνοι και Καταστροφές: Έννοιες και Εργαλεία Αξιολόγησης, Προστασίας, Διαχείρισης, ΉΕΑΒ, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Συλλαίος Ν., (2000). Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Τόμος Α. Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- Τάσης Λάζαρος, (2007). Τηλεπισκόπηση και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών : Δύο απαραίτητα εργαλεία για την προστασία του περιβάλλοντος, Κείμενα.

ΈΝΤΥΠΕΣ ΠΗΓΕΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ - ΕΙΚΟΝΩΝ - ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Γράφημα 1.1, 1.2.** Φυσικές καταστροφές σε κράτη μέλη του ΕΟΧ - ζημιογόνα συμβάντα, θάνατοι και ζημιές (1980-2011), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, (2013). Green Paper για την ασφάλιση έναντι των ανθρωπογενών καταστροφών. Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, Κλιματική αλλαγή, επιπτώσεις και τρωτότητα στην Ευρώπη 2012, Έκθεση βάσει δεικτών, Έκθεση ΕΟΧ αριθ. 12/2012
- Γράφημα 1.3, 1.4.** Diakakis M., Mavroulis S., Deligiannakis G., (2012). Flash flood in Greece, a statistical and spatial approach, Natural Hazards, DOI : 10.1007/s11069-012-0090-z
- Γράφημα 2.1, 2.2, 2.3.** Marouglianis, Ch., (2011). Management Study of Public Forest island Thasos Period 2011-2020. Forest Service of Thasos.
- Εικόνα 1.3.** Κύρια αίτια και τύποι πλημμυρών, (2012). ΥΠΕΚΑ, «Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνου»
- Εικόνα 1.4.** Λέκκας, Ε.Λ., (2000): Φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές, Ε.Κ.Π.Α., Αθήνα
- Εικόνα 2.2.** IGME, Institute of Geological and Mineral Exploration. Part of geological map (scale 1:200,000).
- Εικόνα 3.1.** Kazakis, N., Kougiyas, I., Patsialis, T., (2015). «Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region», Greece. Science of the Total Environment, Vol. 538, pp. 555–563.
- Εικόνα 3.2.** Blistanova, M., Zeleňáková, M., Blistan, P., Ferencz, V. (2016). «Assessment of flood vulnerability in Bodva river basin, Slovakia». Acta Montanistica Slovaca, Vol. 21, pp. 1928.
- Εικόνα 5.13.** Μακρόπουλος, Χ., Κουτσογιάννης, Δ. Ευστρατιάδης, Α., (2009). Προκλήσεις και προοπτικές στη διαχείριση του αστικού νερού, Συνέδριο Τοπικής Αυτοδιοίκησης : Η Πράσινη Τεχνολογία στην Υπηρεσία της Λειτουργίας των Πόλεων, Αθήνα.
- Σχήμα 1.1.** Koutsoyiannis, D. and Xanthopoulos, Th., (1999). Engineering Hydrology, Edition 3, National Technical University of Athens, Athens, 153-154.

Σχήμα 1.2. Κουρούδη, Κ., (2015). «Ο ρόλος της Πολιτικής Προστασίας στη Διαχείριση Καταστροφών από πλημμυρικά φαινόμενα – Σχεδιασμός της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας για την πρόληψη & την αντιμετώπιση του πλημμυρικού κινδύνου». Ημερίδα ΤΕΕ/ΤΚΜ

Σχήμα

2.1.

Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (GR12), (2013). Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Εικόνα 5.12., 5.17, 5.18, 5.19. Μάρης, Φ., ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ, 7η Διάλεξη : Σχεδιασμός και διαχείριση πλημμυρικού κινδύνου σε αστικές περιοχές , Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Εργαστήριο Υδρολογίας και Υδραυλικών Έργων

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ - ΕΙΚΟΝΩΝ-ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1.1 Πλημμύρα χωριού ανάντη, Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, (2018). Ειδική Έκθεση, Οδηγία για τις πλημμύρες : <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/floods-directive-25-2018/el/#chapter1>

Εικόνα 1.2 Πλημμύρα χωριού κατόντη Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, (2018). Ειδική Έκθεση, Οδηγία για τις πλημμύρες : <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/floods-directive-25-2018/el/#chapter1>

Εικόνα 2.7. <https://greenagenda.gr>

Εικόνα 2.8 <http://www.enikonomia.gr/timeliness/226294,eikones-katastrofis-apo-tis-plimmyres-sti-thaso-se-katastasi-ekta.html>

Εικόνα 2.9. <https://www.offsite.com.cy/eidiseis/ellada/ellada-thasos-plimmyres-apo-ishyri-brohoptosi>

Εικόνα 4.10 <https://greenagenda.gr>

Εικόνα 5.10 <https://www.dw.com>

Εικόνα 5.14 <https://cambridgepavers.com/pavingstones-permeable?locale=el>

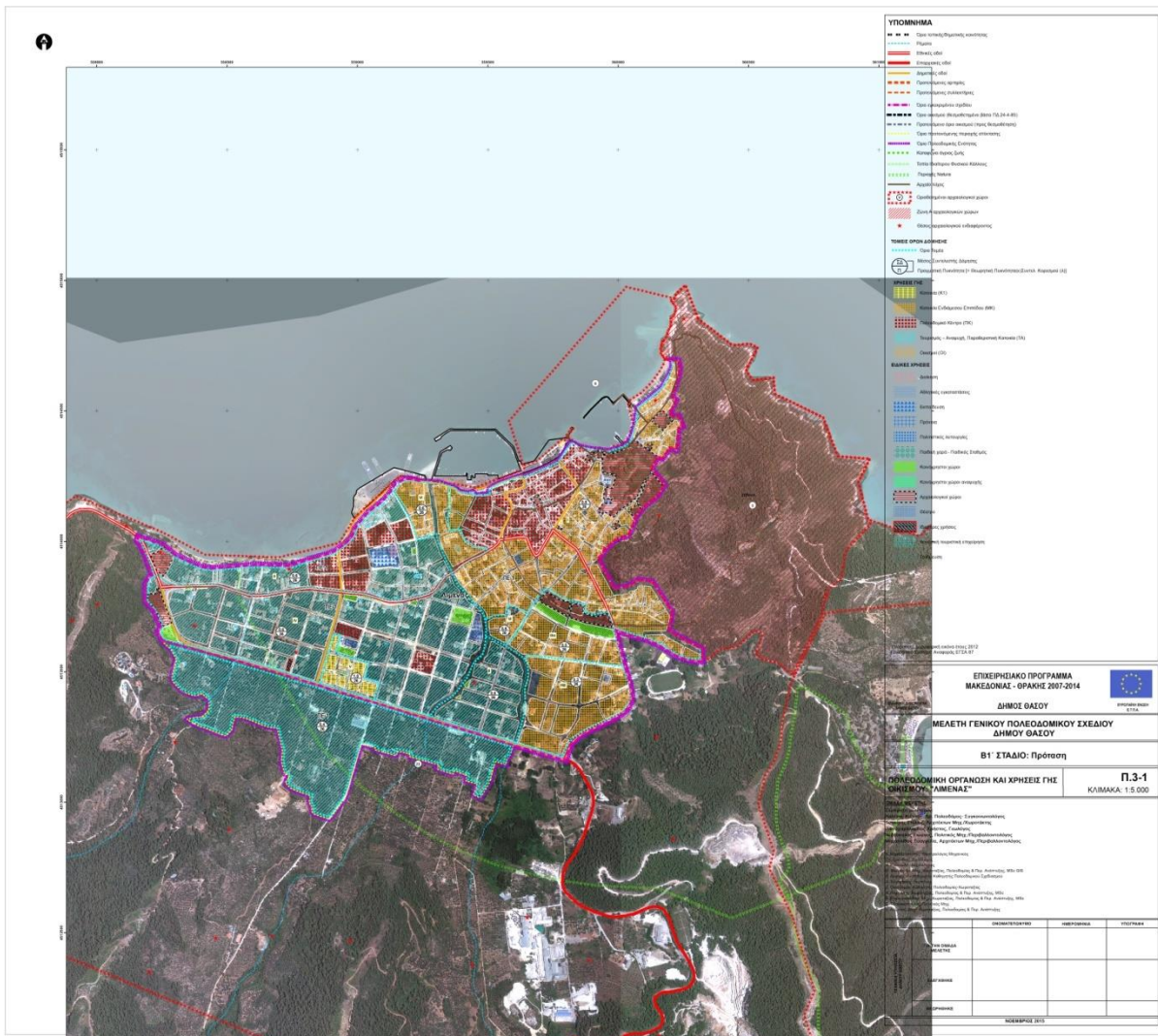
Εικόνα 5.19 <https://www.geomeletitiki.gr>

Εικόνα 5.20 <https://mackassand.com.au/products/applications/bio-retention>

Εικόνα 5.22 <https://www.design-district.gr/el/landscape-design-ideas>

Παράρτημα Α

Χάρτες



Χάρτης 0.1 Χρήσεις Γης Λιμένα (Μελέτη Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου Θάσου)

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις που προβλέπονται στον Οργανισμό και στον Εσωτερικό Κανονισμό του Ιδρύματος, δηλώνω υπεύθυνα ότι για τη συγγραφή της Διπλωματικής μου Εργασίας δεν χρησιμοποίησα ολόκληρο ή μέρος έργου άλλου συγγραφέα χωρίς να γίνεται αναφορά στην πηγή προέλευσης (βιβλίο, άρθρο από επιστημονικό περιοδικό ή εφημερίδα, ιστοσελίδα κ.λπ.) και ότι χρησιμοποίησα μόνο τις πηγές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία.

[ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

ΖΑΛΟΥΜΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ