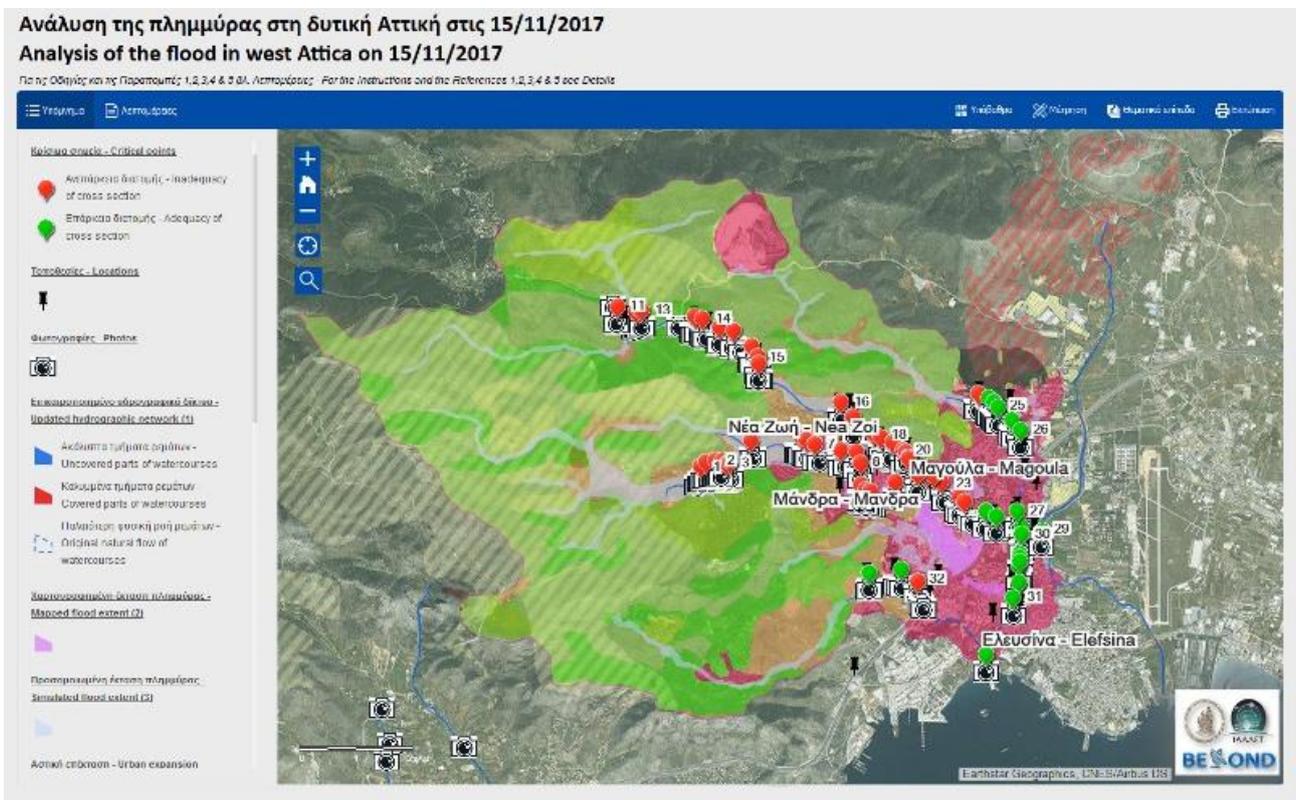




# ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΤΗΣ 15/11/2017 ΣΤΗ ΔΥΤΙΚΗ ΑΤΤΙΚΗ ΜΕ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ



Υπηρεσία FloodHub

Κέντρο Αριστείας Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών BEYOND ([www.beyond-eocenter.eu](http://www.beyond-eocenter.eu))

Ινστιτούτο Αστρονομίας, Αστροφυσικής, Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Ιανουάριος 2018

Κέντρο Αριστείας Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών



[www.beyond-eocenter.eu](http://www.beyond-eocenter.eu)

Ινστιτούτο Αστρονομίας, Αστροφυσικής, Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης



Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών



<b>Τίτλος εγγράφου</b>	Ανάλυση της πλημμύρας στη δυτική Αττική στις 15/11/2017 με αξιοποίηση δορυφορικής τηλεπισκόπησης			
<b>Είδος</b>	Έκθεση			
<b>Διανομή</b>	Σε επιλεγμένες αρμόδιες αρχές			
<b>Ημερομηνία</b>	22 Ιανουαρίου 2018			
<b>Ομάδα εργασίας</b>	FloodHub: Δρ. Χαράλαμπος (Χάρης) Κοντοές MSc Σύλβια Αντωνιάδη Δρ. Εμμανουέλα Ιερωνυμίδη MSc Κατερίνα Καραγιαννοπούλου MSc Αλεξία Τσούνη			
<b>Επικοινωνία</b>	Δρ. Χαράλαμπος (Χάρης) Κοντοές, Επικεφαλής Κέντρου Αριστείας BEYOND, Διευθυντής Ερευνών Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών			
	Διεύθυνση: Ιωάννου Μεταξά και Βασιλέως Παύλου, Τ.Κ. 15236, Πεντέλη			
	E-mail: <a href="mailto:kontoes@noa.gr">kontoes@noa.gr</a>	Τηλ: 210-8109113	Φαξ: 210-6138343	

## Πίνακας περιεχομένων

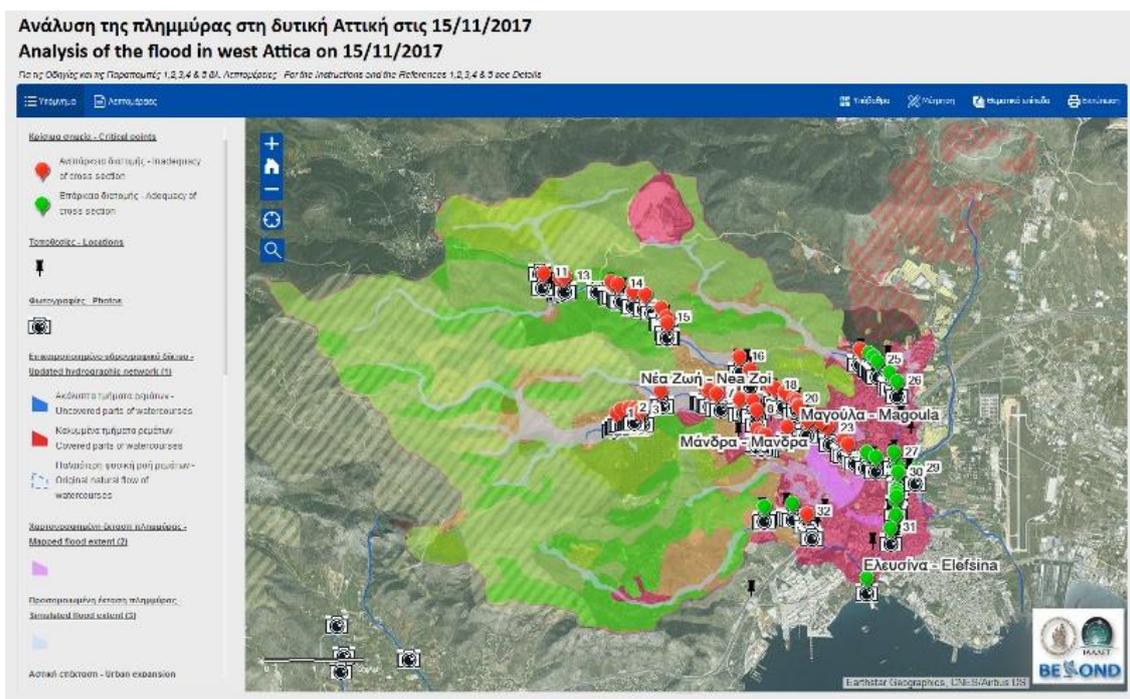
1) Σύνοψη .....	3
2) Διαδραστική διαδικτυακή εφαρμογή .....	7
3) Επικαιροποίηση υδρογραφικού δικτύου .....	12
4) Αστική επέκταση .....	14
5) Καμένες διαχρονικά εκτάσεις .....	15
6) Επικαιροποίηση κάλυψης γης.....	18
7) Χαρτογράφηση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας της 15/11/2017 .....	19
8) Προσομοίωση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας της 15/11/2017 .....	23
8.1) Ψηφιακό μοντέλο εδάφους και γεωμορφολογία της λεκάνης απορροής.....	23
8.2) Εδαφολογία, υδρολιθολογία και απορροή της λεκάνης απορροής.....	26
8.3) Διαθέσιμα δεδομένα βροχόπτωσης και πλημμύρας της 15/11/2017 .....	28
8.4) Υδρολογική και υδραυλική προσομοίωση του συμβάντος της 15/11/2017 .....	29
9) Κρίσιμα σημεία και προτεινόμενα μέτρα .....	34
10) Συμπεράσματα .....	46
11) Ευχαριστίες.....	49
12) Αναφορές.....	50

## 1) Σύνοψη

Στις **15 Νοεμβρίου 2017** σημειώθηκε **αιφνίδια πλημμύρα** μετά από έντονη βροχόπτωση στη δυτική Αττική, πλήττοντας κυρίως τις περιοχές της **Μάνδρας** και της **Νέας Περάμου**. Ο τραγικός απολογισμός είναι ότι **24 άτομα** έχασαν τη ζωή τους, και πολλές **υποδομές** και **περιουσιακά στοιχεία** καταστράφηκαν ολοσχερώς ή μερικώς.

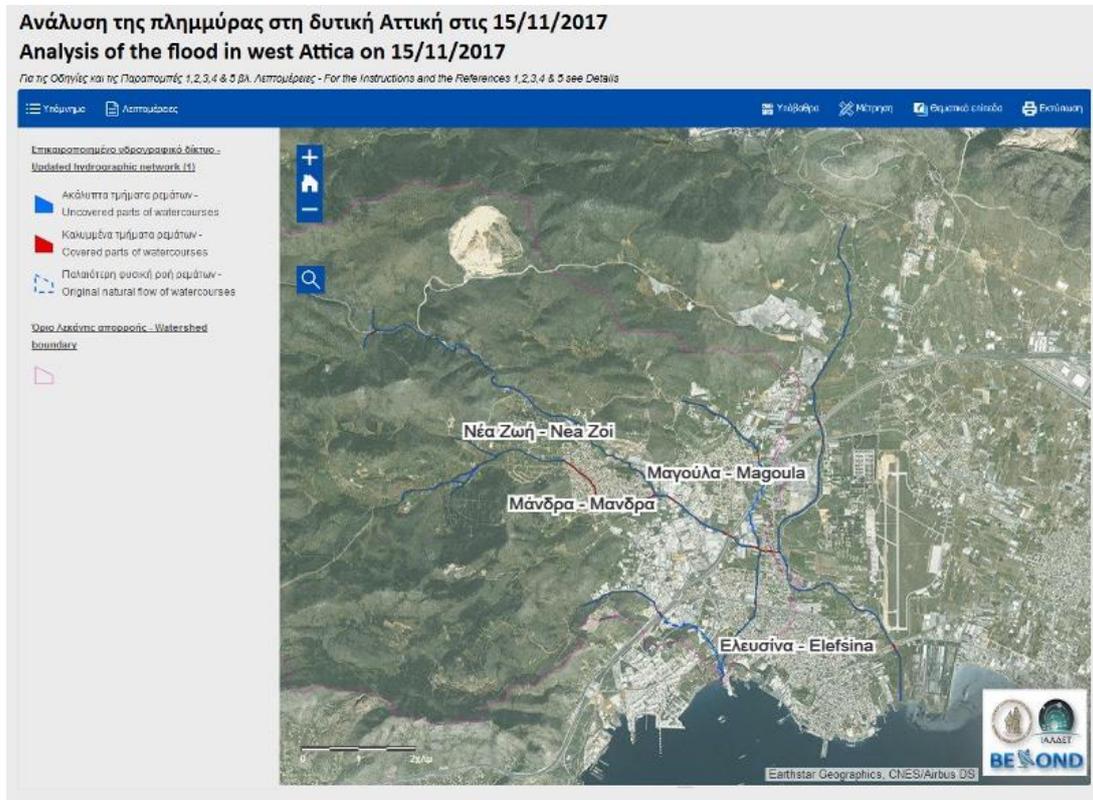
Η ομάδα της υπηρεσίας **FloodHub** (<http://beyond-eocenter.eu/index.php/floods/>) του Κέντρου Αριστείας Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών **BEYOND** (<http://beyond-eocenter.eu/>) του Ινστιτούτου Αστρονομίας, Αστροφυσικής, Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών ενεργοποιήθηκε και μελέτησε την περιοχή, τόσο με χρήση **δορυφορικής τηλεπισκόπησης και φωτοερμηνείας** όσο και με **αυτοψία** στην περιοχή για συλλογή στοιχείων και λεπτομερέστερη ανάλυση, συμπεριλαμβανομένου του εντοπισμού των ακάλυπτων και καλυμμένων τμημάτων των ρεμάτων αλλά και της παλαιότερης φυσικής ροής τους, καθώς και της επισήμανσης των κρίσιμων σημείων (66), της εξέτασης της επάρκειας της διατομής των ρεμάτων και των τεχνικών έργων, της λήψης φωτογραφιών (287) και της διατύπωσης κατάλληλων μέτρων αποκατάστασης και πρόληψης μελλοντικών αστοχιών και καταστροφών.

Μεταξύ άλλων δημιούργησε μια **διαδραστική διαδικτυακή εφαρμογή** ([www.arcgis.com/apps/MapTools/index.html?appid=5dc29991a9f746fe87d5ecb1c4eac837/](http://www.arcgis.com/apps/MapTools/index.html?appid=5dc29991a9f746fe87d5ecb1c4eac837/)) και παρήγαγε **λεπτομερείς χάρτες** που απεικονίζουν το **επικαιροποιημένο υδρογραφικό δίκτυο** ως έχει σήμερα, μετά τις ανθρώπινες παρεμβάσεις, την **μέγιστη έκταση της πλημμύρας** (τόσο με χαρτογράφηση όσο και με προσομοίωση) καθώς και μερικούς από τους **κρίσιμους παράγοντες** που συνέβαλαν στην τεράστια καταστροφή: **αυθαίρετες ανθρώπινες παρεμβάσεις** εντός της κοίτης των ρεμάτων, **ανεπάρκεια των υφιστάμενων τεχνικών έργων** (είτε λόγω κατασκευής είτε λόγω μη καθαρισμού / συντήρησης) ή και **πλήρης ανυπαρξία μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας και αποχέτευσης οδοποιίας** σε κάποιες περιοχές, και εν μέρει **αλλαγές τοπίου** αφενός λόγω κάποιων **μικρών καμένων εκτάσεων** ανάντη, και κυρίως λόγω των **αστικών επεκτάσεων** όπου η **δόμηση** παρεμποδίζει τη ροή των ρεμάτων.

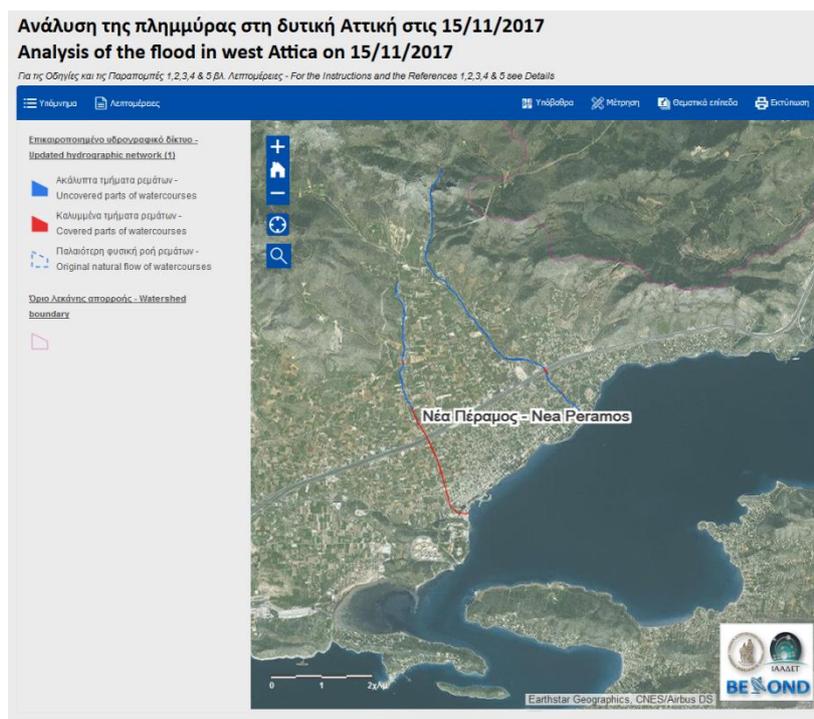


Εικόνα 1. Διαδραστική διαδικτυακή εφαρμογή για την ανάλυση της πλημμύρας στη δυτική Αττική στις 15/11/2017.

Η επικαιροποίηση του υδρογραφικού δικτύου (Εικόνα 2, Εικόνα 3), συμπεριλαμβανομένου του εντοπισμού των ακάλυπτων και καλυμμένων τμημάτων των ρεμάτων, έγινε με επιτόπια έρευνα κατά την αυτοψία στην περιοχή (21-23/11/2017), ενώ για την εκτίμηση της παλαιότερης φυσικής ροής των ρεμάτων λήφθηκαν επιπλέον υπόψη ιστορικές δορυφορικές εικόνες της Google Earth Pro (2002-2017), ιστορικές αεροφωτογραφίες (1945-2007), καθώς και το υδρογραφικό δίκτυο όπως απεικονίζεται στο πόρισμα των Επιθεωρητών Δημόσιας Διοίκησης και στο ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ.



Εικόνα 2. Επικαιροποιημένο υδρογραφικό δίκτυο στις περιοχές Μάνδρας-Μαγούλας-Ελευσίνας.

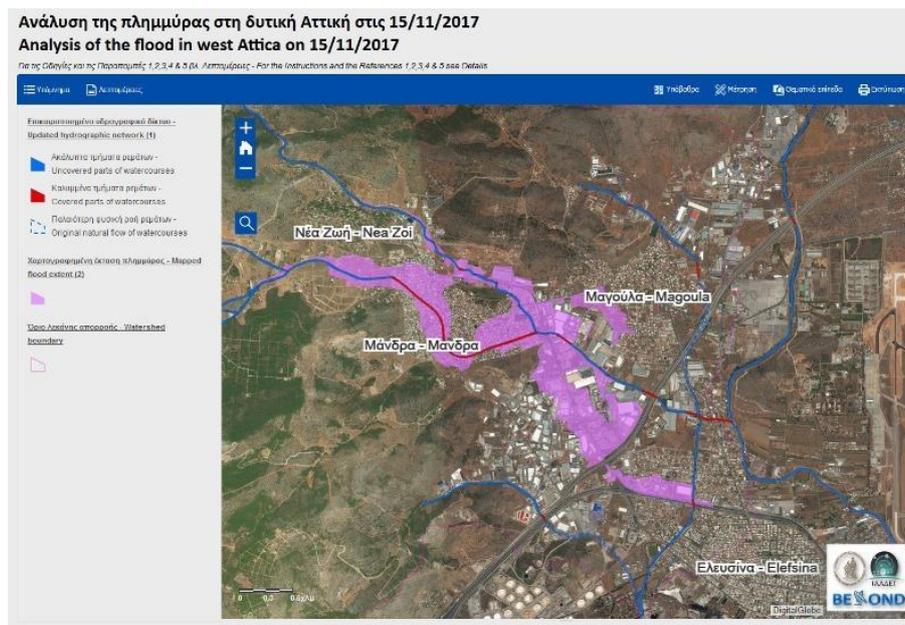


Εικόνα 3. Επικαιροποιημένο υδρογραφικό δίκτυο στην περιοχή της Νέας Περάμου.

Από τη μία προκύπτει ότι υπάρχει μια **σειρά αυθαίρετων ανθρώπινων παρεμβάσεων εντός της κοίτης των ρεμάτων, ανεπάρκεια των υφιστάμενων τεχνικών έργων (είτε λόγω κατασκευής είτε λόγω μη καθαρισμού / συντήρησης)** ή και **πλήρης ανυπαρξία μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας και αποχέτευσης οδοποιίας** σε κάποιες περιοχές, παράγοντες που επέτειναν την καταστροφή. Ενδεικτικά επισημαίνονται τα εξής **χαρακτηριστικά παραδείγματα**: 1) η αστική περιοχή της Μάνδρας είναι χτισμένη μέσα στη φυσική ροή του ρέματος Αγίας Αικατερίνης/Κατσημίδα χωρίς να υπάρχει διευθέτηση της κοίτης ή οποιαδήποτε αντιπλημμυρικά έργα στην περιοχή αυτή (π.χ. εκτροπή) και με φραγμένο τον υπόγειο αγωγό της οδού Κοροπούλη, 2) η φυσική ροή του ρέματος Σούρες παρεμποδίζεται σε διάφορα σημεία από ιδιωτικές (π.χ. Δ. Βακόντιος ΑΕΒΕ) αλλά και δημοτικές εγκαταστάσεις (εργοτάξιο Δήμου Μάνδρας), 3) υπάρχουν ασφαλτοστρωμένοι δρόμοι στα δυτικά και στα βόρεια της αστικής περιοχής της Μάνδρας που διασχίζουν τα ρέματα χωρίς καμία διευθέτηση κοίτης ή τεχνικό έργο (π.χ. οχετός, γέφυρα), 4) το μη διευθετημένο ρέμα Λούτσας συνεχίζει ως δρόμος κάτω από την συμβολή Αττικής οδού και Ολυμπίας οδού, νότια της βιομηχανικής περιοχής της Μάνδρας.

Από την άλλη διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας **σειράς τεχνικών έργων που λειτούργησαν με επάρκεια** και αποσόβησαν περαιτέρω καταστροφή. Ενδεικτικά επισημαίνονται τα εξής **χαρακτηριστικά παραδείγματα**: 1) η διευθέτηση του ρέματος Σούρες με δίδυμο ανοιχτό κανάλι ορθογωνικής διατομής από σκυρόδεμα, ανατολικά της Εθνικής Οδού Ελευσίνας-Θηβών, στη βιομηχανική περιοχή, ήταν γενικά επαρκής, 2) τα τεχνικά έργα στην κοίτη του ρέματος Μικρό Αικατερίνη βόρεια και ανατολικά της αστικής περιοχής της Μαγούλας ήταν επαρκή, καθώς και ο εγκιβωτισμός του σε κλειστό οχετό ορθογωνικής διατομής από σκυρόδεμα, ανάντη της Αττικής Οδού, 3) το έργο συμβολής των διευθετημένων ρεμάτων Σούρες και Μικρό Αικατερίνη ήταν επαρκές (αλλά οριακά), 4) η εκτροπή των διευθετημένων ρεμάτων Σούρες και Μικρό Αικατερίνη, μετά την συμβολή τους, μέσω κλειστού τεχνικού έργου ορθογωνικής διατομής από σκυρόδεμα και η εκβολή τους στον Σαρανταπόταμο ήταν επαρκής και αποσόβησε την πλημμύρα της Ελευσίνας.

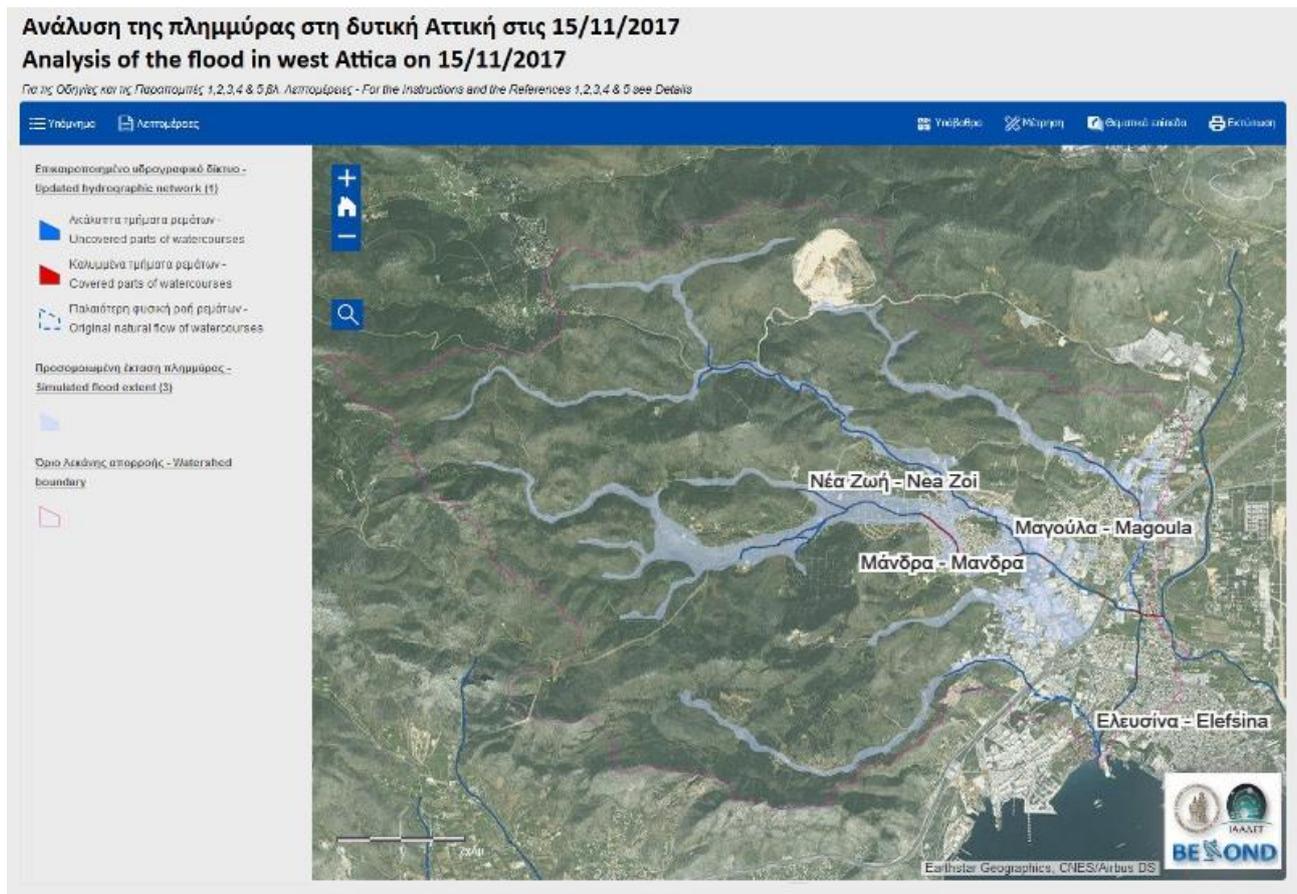
Η **χαρτογράφηση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας (Εικόνα 4)** έγινε με χρήση δορυφορικής τηλεπισκόπησης (επεξεργασία εικόνας WorldView-4 πολύ υψηλής ανάλυσης 0,31 m της 21/11/2017), φωτοερμηνεία, και αξιοποίηση των στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά την αυτοψία στην περιοχή (21-23/11/2017), αλλά και επιπλέον στοιχείων που είδαν το φως της δημοσιότητας.



Εικόνα 4. Χαρτογράφηση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας στη δυτική Αττική στις 15/11/2017 με χρήση δορυφορικής τηλεπισκόπησης.

Προκύπτει καταρχάς ότι **πλημμύρισε το μεγαλύτερο τμήμα της αστικής περιοχής της Μάνδρας**, βασικά η ζώνη εκατέρωθεν της παλαιότερης φυσικής κοίτης του ρέματος Αγίας Αικατερίνης/Κατημιδίη, πρωτίστως παράλληλα της οδού Κοροπούλη. Επίσης **πλημμύρισε ένα πολύ μεγάλο τμήμα της βιομηχανικής περιοχής εκατέρωθεν της Εθνικής Οδού Ελευσίνας-Θηβών**, από ανάντη του Εργοταξίου του Δήμου Μάνδρας μέχρι κατάντη της Αττικής οδού. Τέλος **πλημμύρισε και μια περιοχή δυτικά της αστικής περιοχής της Μαγούλας**. Αντιθέτως, **δεν πλημμύρισε γενικά ούτε η Μαγούλα ούτε η Ελευσίνα**. Τα αποτελέσματα αυτά κρίνονται **αναμενόμενα** με δεδομένη την επικαιροποιημένη κατάσταση του υδρογραφικού δικτύου, όπως αναλύθηκε παραπάνω, και επιβεβαιώνουν ότι: 1) αφενός η πρωτοφανής καταστροφή ευνοήθηκε από τις αυθαίρετες παρεμβάσεις εντός της κοίτης των ρεμάτων, την ανεπάρκεια ή και ανυπαρξία τεχνικών έργων σε κάποιες περιοχές, 2) αφετέρου η καταστροφή θα ήταν ακόμα μεγαλύτερη αν δεν υπήρχαν μια σειρά από τεχνικά έργα που αποδείχτηκαν επαρκή και δεν αστόχησαν.

Η **προσομοίωση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας (Εικόνα 5)** έγινε με χρήση του λογισμικού HEC-RAS (έκδοση 5.0.1), προσομοιώνοντας δισδιάστατη ροή στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους EU-DEM (ανάλυσης 25 m), θεωρώντας βροχή διάρκειας 6 ωρών και περιόδου επαναφοράς 1000 ετών, και λαμβάνοντας υπόψη τις χρήσεις γης, με επικαιροποίηση της Βάσης Δεδομένων του CORINE 2012 σύμφωνα με τις αλλαγές τοπίου, τόσο λόγω της αστικής επέκτασης την τελευταία 20ετία (από ιστορικές αεροφωτογραφίες και δορυφορικά δεδομένα πολύ υψηλής ανάλυσης - εικόνα WorldView-4), όσο και λόγω των καμένων διαχρονικά εκτάσεων την τελευταία 30ετία όπως δίνονται στο σύστημα διαχρονικής χαρτογράφησης της υπηρεσίας FireHub του Κέντρου Αριστείας BEYOND ([http://ocean.space.noa.gr/diachronic\\_bsm/](http://ocean.space.noa.gr/diachronic_bsm/)).



Εικόνα 5. Προσομοίωση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας στη δυτική Αττική στις 15/11/2017 με χρήση του λογισμικού HEC-RAS (ως την Αττική Οδό).

Το αποτέλεσμα του μοντέλου αυτού φαίνεται να προσεγγίζει ικανοποιητικά το αποτέλεσμα της χαρτογράφησης με χρήση δορυφορικής τηλεπισκόπησης, και επιπλέον απεικονίζει πλημμυρισμένες ζώνες στις κοίτες των ρεμάτων ανάντη. Η προσομοίωση επηρεάζεται προφανώς από το επίπεδο ακρίβειας των δεδομένων εισόδου και υπόκειται σε μια σειρά παραδοχών, ωστόσο παρέχει μια πρώτη εικόνα της μέγιστης πλημμυρικής κατάκλυσης, που πλησιάζει εύλογα την πραγματικότητα.

## 2) Διαδραστική διαδικτυακή εφαρμογή

Δημιουργήθηκε μια [διαδραστική διαδικτυακή εφαρμογή](#), [δίγλωσση](#) (σε ελληνικά και αγγλικά) και [εύχρηστη](#) (φιλική και για μη εξειδικευμένους χρήστες), όπου συγκεντρώθηκαν όλα τα δεδομένα της πολυκριτηριακής ανάλυσης της πλημμύρας, και συγκεκριμένα:

### ➤ Κρίσιμα σημεία:



Ανεπάρκεια διατομής



Επάρκεια διατομής

Το κρίσιμο σημείο χρωματίζεται **κόκκινο** στις περιπτώσεις που η διατομή του ρέματος αποδείχθηκε ανεπαρκής για την συγκεκριμένη πλημμύρα, και **πράσινο** όταν παρατηρήθηκε επάρκεια της διατομής. Σε κάθε κρίσιμο σημείο ανοίγει παράθυρο που περιέχει **περιγραφή** της κατάστασης, ενώ για κάθε περίπτωση ανεπάρκειας διατομής προτείνονται κατάλληλα **μέτρα** αποκατάστασης και πρόληψης μελλοντικών αστοχιών και καταστροφών (Εικόνα 6).

Συνολικά εντοπίστηκαν και εξετάστηκαν **66 κρίσιμα σημεία** κατά την αυτοψία, εκ των οποίων τα 32 πιο χαρακτηριστικά παρουσιάζονται ενδεικτικά στο κεφάλαιο 9.



Εικόνα 6. Κρίσιμο σημείο, συνοδευόμενο από περιγραφή της κατάστασης και προτεινόμενα μέτρα.

➤ Τοποθεσίες:



Επισημαίνονται **52 χαρακτηριστικές τοποθεσίες γνωστές στο ευρύ κοινό** (Εικόνα 7), για διευκόλυνση του γεωγραφικού προσανατολισμού του στη διαδραστική διαδικτυακή εφαρμογή.



Εικόνα 7. Χαρακτηριστική τοποθεσία, γνωστή στο ευρύ κοινό.

➤ Φωτογραφίες:



Γύρω από κάθε κρίσιμο σημείο και άλλα σημεία ενδιαφέροντος διατίθενται **φωτογραφίες** με συντεταγμένες και δυνατότητα μεγέθυνσης (Εικόνα 8), οι οποίες ελήφθησαν κατά την **αυτοψία**, για λόγους τεκμηρίωσης και διευκόλυνσης της ανάλυσης της κατάστασης και της διατύπωσης προτεινόμενων μέτρων.

Συνολικά ελήφθησαν **287 φωτογραφίες** κατά την αυτοψία, εκ των οποίων 32 πιο χαρακτηριστικές παρουσιάζονται ενδεικτικά στο κεφάλαιο 9.



Εικόνα 8. Φωτογραφία που λήφθηκε κατά την αυτοψία (με συντεταγμένες και δυνατότητα μεγέθυνσης).

➤ Όριο λεκάνης απορροής:



➤ Επικαιροποιημένο υδρογραφικό δίκτυο (1):



Ακάλυπτα τμήματα ρεμάτων

Καλυμμένα τμήματα ρεμάτων

Παλαιότερη φυσική ροή ρεμάτων

(1) Ο εντοπισμός των ακάλυπτων και καλυμμένων τμημάτων των ρεμάτων έγινε με επιτόπια έρευνα κατά την **αυτοψία** στην περιοχή (21-23/11/2017), ενώ για την εκτίμηση της παλαιότερης φυσικής ροής των ρεμάτων λήφθηκαν επιπλέον υπόψη **ιστορικές δορυφορικές εικόνες** της Google Earth Pro (2002-2017), ιστορικές αεροφωτογραφίες (1945-2007), καθώς και το υδρογραφικό δίκτυο όπως απεικονίζεται στο πόρισμα των Επιθεωρητών Δημόσιας Διοίκησης και στο ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ ([www.hydroscope.gr/](http://www.hydroscope.gr/)).

Λεπτομερέστερη περιγραφή της μεθοδολογίας δημιουργίας του συγκεκριμένου επιπέδου πληροφορίας δίνεται στο κεφάλαιο 3.

➤ Χαρτογραφημένη έκταση πλημμύρας (2):



(2) Η χαρτογράφηση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας έγινε με χρήση **δορυφορικής τηλεπισκόπησης** (επεξεργασία εικόνας **WorldView-4** πολύ υψηλής ανάλυσης 0,31 m της 21/11/2017), **φωτοερμηνεία**, και αξιοποίηση των στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά την **αυτοψία** στην περιοχή (21-23/11/2017) αλλά και επιπλέον στοιχείων που δημοσιεύτηκαν.

Λεπτομερέστερη περιγραφή της μεθοδολογίας δημιουργίας του συγκεκριμένου επιπέδου πληροφορίας δίνεται στο κεφάλαιο 7.

➤ Προσομοιωμένη έκταση πλημμύρας (3):



(3) Η προσομοίωση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας έγινε με χρήση του **λογισμικού HEC-RAS** (έκδοση 5.0.1), προσομοιώνοντας δισδιάστατη ροή στο **ψηφιακό μοντέλο εδάφους EU-DEM** (ανάλυσης 25 m), θεωρώντας **βροχή διάρκειας 6 ωρών και περιόδου επαναφοράς 1000 ετών**, και λαμβάνοντας υπόψη τις **χρήσεις γης** (από το **CORINE 2012**), την **αστική επέκταση** (από **αεροφωτογραφίες** και **δορυφορική εικόνα WorldView-4**), και τις **καμένες διαχρονικά εκτάσεις** (από την υπηρεσία **FireHub** του Κέντρου Αριστείας **BEYOND**) μέσα στη λεκάνη απορροής.

Λεπτομερέστερη περιγραφή της μεθοδολογίας δημιουργίας του συγκεκριμένου επιπέδου πληροφορίας δίνεται στο κεφάλαιο 8.

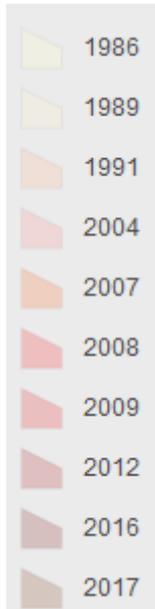
➤ Αστική επέκταση την τελευταία 20ετία (4):



(4) Πηγές: **Δύο σύνολα αεροφωτογραφιών** από 6 αεροφωτογραφίες το καθένα, χωρικής ανάλυσης 1μ. για τα έτη 1997 και 2007, και πολυφασματική **δορυφορική εικόνα WorldView-4** με πολύ υψηλή ανάλυση 0,31 m στο παγχρωματικό και 2 m στα πολυφασματικά δεδομένα για το έτος 2017.

Λεπτομερέστερη περιγραφή της μεθοδολογίας δημιουργίας του συγκεκριμένου επιπέδου πληροφορίας δίνεται στο κεφάλαιο 4.

➤ Καμένες διαχρονικά εκτάσεις την τελευταία 30ετία (5):



(5) Πηγή: Σύστημα διαχρονικής χαρτογράφησης καμένων εκτάσεων της υπηρεσίας **FireHub** του Κέντρου Αριστείας BEYOND ([http://ocean.space.noa.gr/diachronic\\_bsm/](http://ocean.space.noa.gr/diachronic_bsm/)).

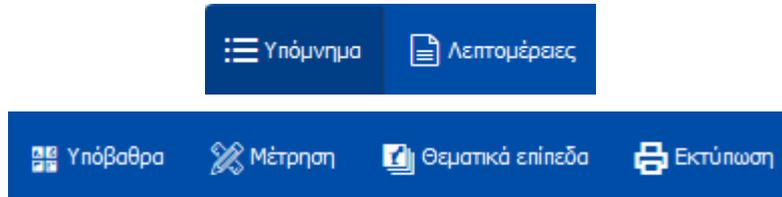
Λεπτομερέστερη περιγραφή της μεθοδολογίας δημιουργίας του συγκεκριμένου επιπέδου πληροφορίας δίνεται στο κεφάλαιο 5.

➤ Επικαιροποιημένη κάλυψη γης (Corine Land Cover):



Λεπτομερέστερη περιγραφή της μεθοδολογίας δημιουργίας του συγκεκριμένου επιπέδου πληροφορίας δίνεται στο κεφάλαιο 6.

Όλα τα παραπάνω επίπεδα πληροφοριών μπορούν να επιλεγθούν από το μενού **Θεματικά επίπεδα** της εφαρμογής, και εμφανίζονται αυτόματα με την συμβολογραφία τους στο **Υπόμνημα**. Στο μενού **Λεπτομέρειες** περιλαμβάνονται οι παραπομπές του υπομνήματος καθώς και οι οδηγίες χρήσης της εφαρμογής. Δίνεται επίσης η δυνατότητα επιλογής μιας σειράς υποβάθρων από το μενού **Υπόβαθρα**, η δυνατότητα μέτρησης επιφάνειας, απόστασης και συντεταγμένων σε διάφορες μονάδες μέτρησης από το μενού **Μέτρηση**, και η δυνατότητα εκτύπωσης με ή χωρίς υπόμνημα από το μενού **Εκτύπωση**.



Τέλος η εφαρμογή διαθέτει τα εξής εργαλεία:

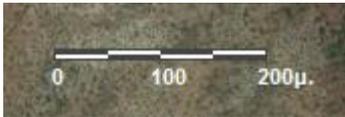
➤ Εστίαση:



➤ Αναζήτηση:



➤ Γραφική κλίμακα:



Για τη δημιουργία της διαδραστικής αυτής διαδικτυακής εφαρμογής επιλέχθηκε ως πρότυπο το **“Map Tools”** της ηλεκτρονικής πλατφόρμας **ArcGIS Online**<sup>1</sup>.

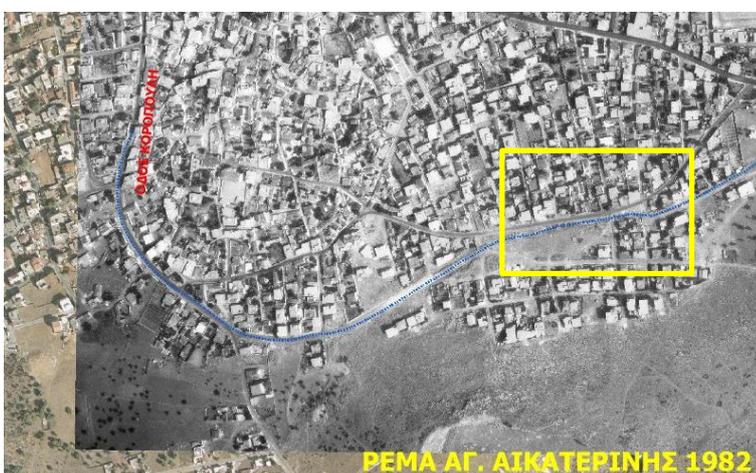
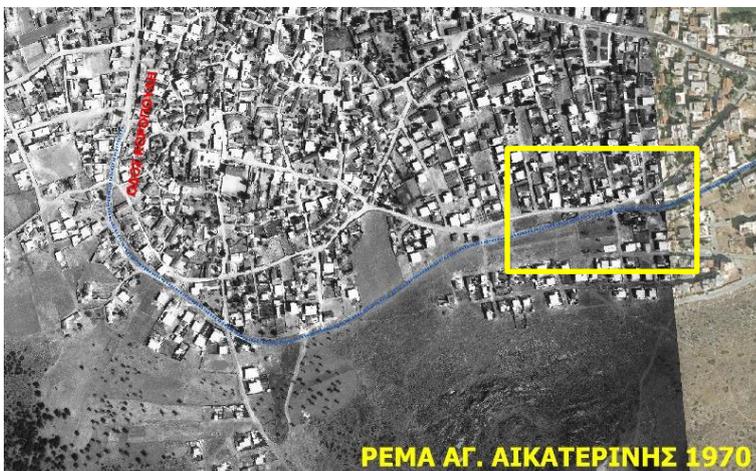
### 3) Επικαιροποίηση υδρογραφικού δικτύου

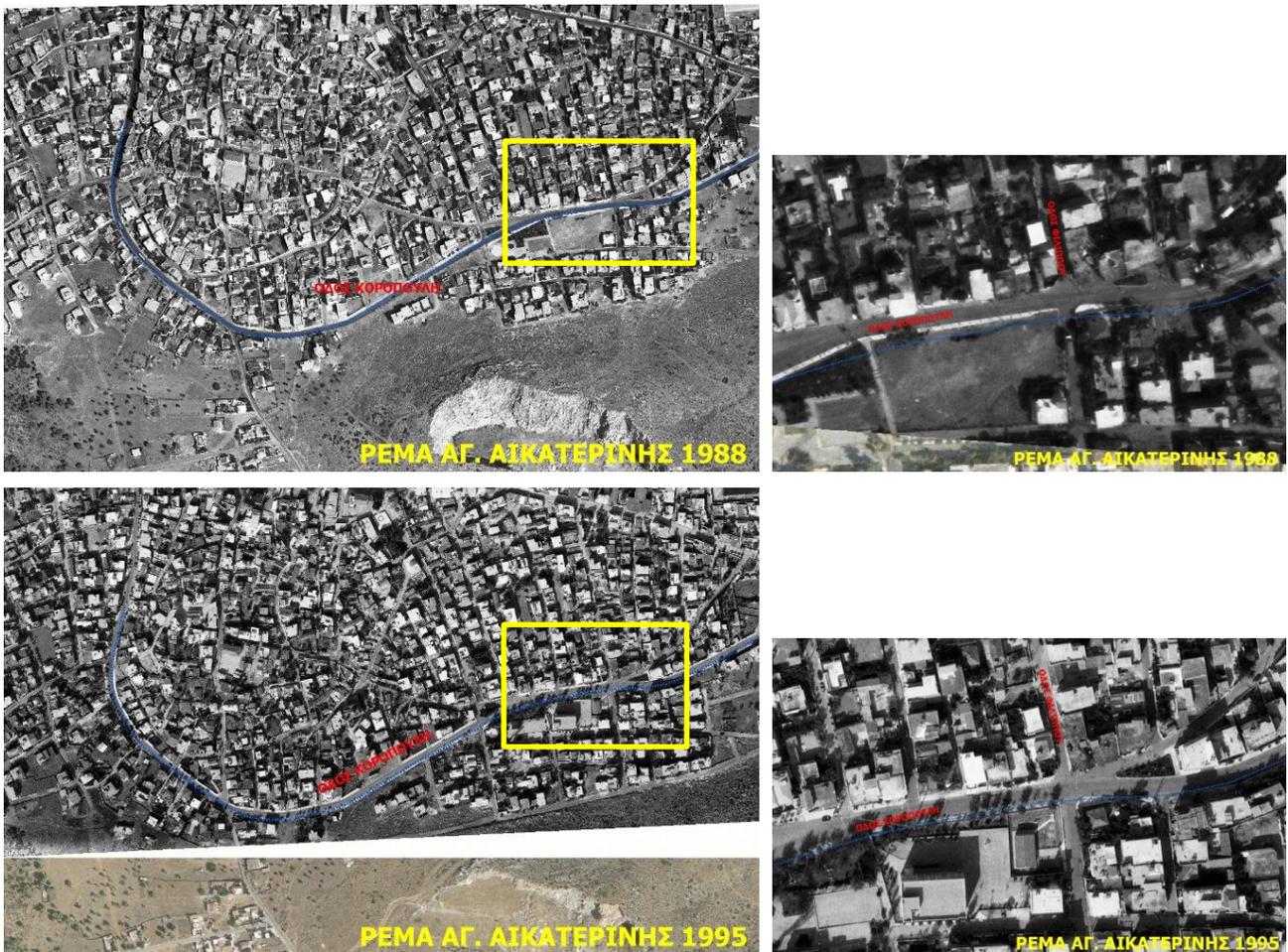
Στη διαδικτυακή εφαρμογή απεικονίζεται το επικαιροποιημένο υδρογραφικό δίκτυο στις περιοχές Μάνδρας-Μαγούλας-Ελευσίνας (Εικόνα 6), και Νέας Περάμου (Εικόνα 7) όπως χαρτογραφήθηκε σήμερα, με σημειωμένα τα **ακάλυπτα και καλυμμένα τμήματα των ρεμάτων** όπως έχουν διαμορφωθεί μετά τις ανθρώπινες παρεμβάσεις, και με διακεκομμένη γραμμή η **παλαιότερη φυσική ροή των ρεμάτων που έχει διαταραχτεί και χάνεται ανάμεσα στις δομημένες περιοχές**.

Τα καλυμμένα τμήματα των ρεμάτων περιλαμβάνουν όλες τις κλειστές διατομές των ρεμάτων (γέφυρες και οχετούς), καθώς και το έργο εκτροπής προς τον Σαρανταπόταμο μετά τη συμβολή των ρεμάτων Σούρες και Μικρό Κατερίνη (κατάντη της Μάνδρας και της Μαγούλας και ανάντη της Ελευσίνας).

Ο εντοπισμός των ακάλυπτων και καλυμμένων τμημάτων των ρεμάτων έγινε με επιτόπια έρευνα κατά την **αυτοψία** στην περιοχή (21-23/11/2017), ενώ για την εκτίμηση της παλαιότερης φυσικής ροής των ρεμάτων λήφθηκαν επιπλέον υπόψη **ιστορικές δορυφορικές εικόνες** της Google Earth Pro (2002-2017), **ιστορικές αεροφωτογραφίες** (1945-2007), καθώς και το υδρογραφικό δίκτυο όπως απεικονίζεται στο **πόρισμα των Επιθεωρητών Δημόσιας Διοίκησης<sup>2</sup>** και στο **ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ<sup>3</sup>**.

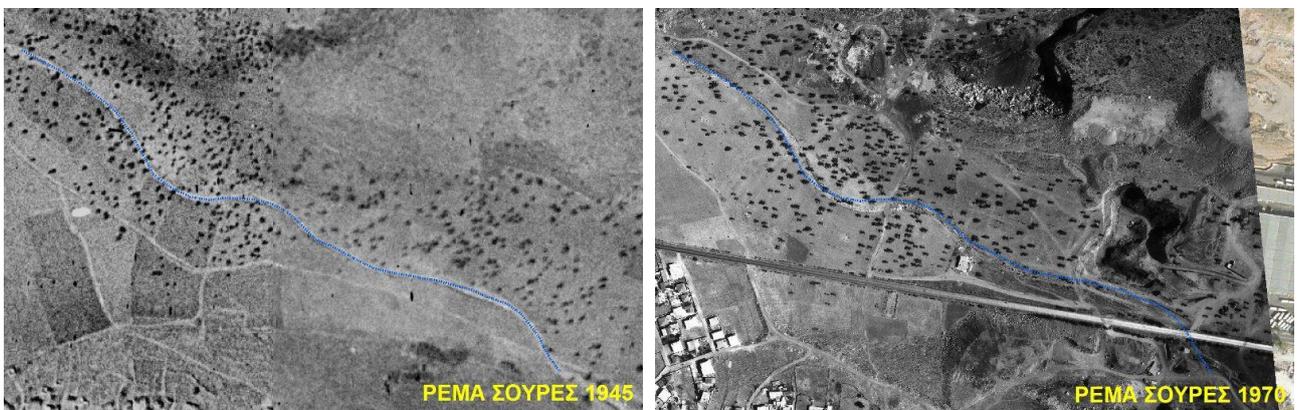
Η σειρά των ιστορικών αεροφωτογραφιών που αξιοποιήθηκε για το ρέμα Αγίας Αικατερίνης καλύπτει το νότιο τμήμα της αστικής περιοχής της Μάνδρας και αφορά τα έτη 1970, 1982, 1988, 1995 (Εικόνα 9). Φαίνεται ξεκάθαρα η παλαιότερη φυσική ροή που ήταν παράλληλη της οδού Κοροπούλη (σε λεπτομέρεια η διασταύρωση με την οδό Φιλίππου όπου υπήρχε γεφυράκι), και όλη η εξέλιξη μέχρι την σημερινή πλήρη κάλυψη του ρέματος.





Εικόνα 9. Σειρά ιστορικών αεροφωτογραφιών του νοτίου τμήματος της αστικής περιοχής της Μάνδρας.

Η σειρά των ιστορικών αεροφωτογραφιών που αξιοποιήθηκε για το ρέμα Σούρες καλύπτει την βιομηχανική περιοχή βόρεια της αστικής περιοχής της Μάνδρας γύρω από το σημερινό εργοτάξιο του δήμου Μάνδρας και αφορά τα έτη 1945, 1970, 1982, 1988, 1995, 2007 (Εικόνα 10). Φαίνεται ξεκάθαρα η παλαιότερη φυσική ροή, και όλη η εξέλιξη μέχρι την σημερινή κατάσταση όπου η δόμηση δημοτικών και ιδιωτικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων παρεμποδίζει τη ροή του ρέματος.





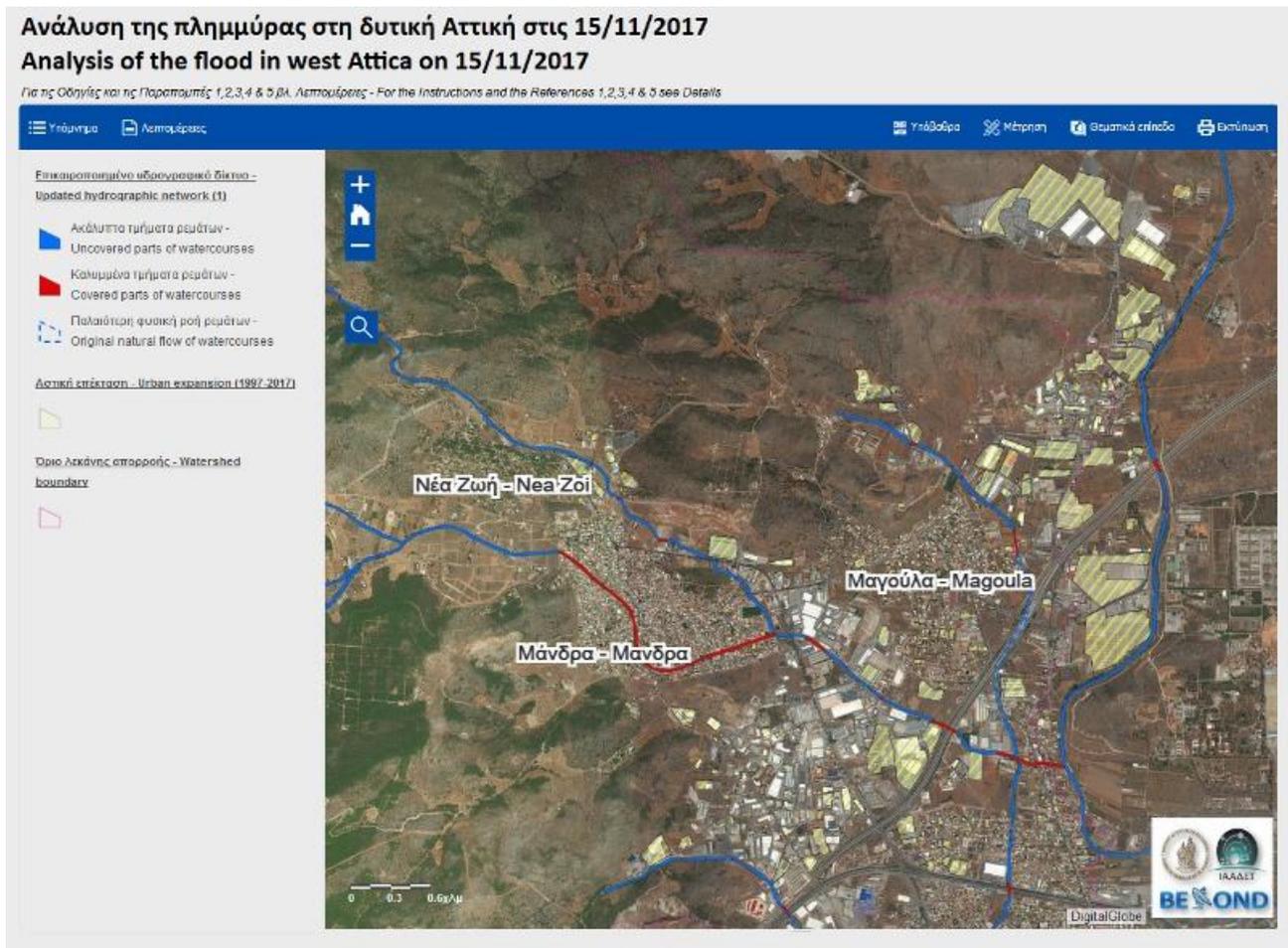
Εικόνα 10. Σειρά ιστορικών αεροφωτογραφιών της βιομηχανικής περιοχή βόρεια της αστικής περιοχής της Μάνδρας γύρω από το σημερινό εργοστάσιο του δήμου Μάνδρας.

#### 4) Αστική επέκταση

Οι αστικές επεκτάσεις που σημειώθηκαν στις περιοχές **Μάνδρας-Μαγούλας** τα τελευταία **20 χρόνια (1997-2017)** εντοπίστηκαν με τη χρήση **δύο συνόλων αεροφωτογραφιών** από 6 αεροφωτογραφίες το καθένα χωρικής ανάλυσης 1μ. για τα έτη **1997** και **2007**, ενώ για το έτος **2017** χρησιμοποιήθηκε **πολυφασματική δορυφορική εικόνα WorldView-4** με χωρική ανάλυση 0,31μ. στο παγχρωματικό και 2μ. στα πολυφασματικά δεδομένα. Η ημερομηνία λήψης της εικόνας WorldView-4 είναι 21 Νοεμβρίου 2017 και παρέχεται η φασματική πληροφορία των τριών καναλιών του ορατού τμήματος (R: 673nm, G: 545nm, B: 480nm) και ενός του εγγύς υπερύθρου (NIR: 850nm)<sup>4</sup>.

Η προεπεξεργασία των δεδομένων περιελάμβανε τη δημιουργία δύο ψηφιδωτών μωσαϊκών, που το κάθε ένα αποτελούταν από τις αεροφωτογραφίες που αντιστοιχούσαν στα έτη 1997 και 2007, και τον ορισμό κοινού προβολικού συστήματος και για τους τρεις τύπους δεδομένων (WGS 84 UTM 34N). Στη συνέχεια, η χαρτογράφηση των αστικών επεκτάσεων έγινε με **φωτοερμηνεία**, και το παραγόμενο αποτέλεσμα παρουσιάζεται στη διαδικτυακή εφαρμογή, όπως φαίνεται στην *Εικόνα 11*.

Προκύπτει ότι η αστική επέκταση την τελευταία 20ετία παρεμπόδιζε περαιτέρω τη φυσική ροή στην περίπτωση του ρέματος Σούρες, βόρεια της αστικής περιοχής της Μάνδρας (όπως επιβεβαιώνουν και οι ιστορικές αεροφωτογραφίες στην *Εικόνα 10*). Ωστόσο η υπάρχουσα δόμηση προ εικοσαετίας παρεμπόδιζε ήδη τη φυσική ροή του ρέματος Αγίας Αικατερίνης/Κατομηΐδη, εντός της αστικής περιοχής της Μάνδρας (όπως επιβεβαιώνουν και οι ιστορικές αεροφωτογραφίες στην *Εικόνα 9*).



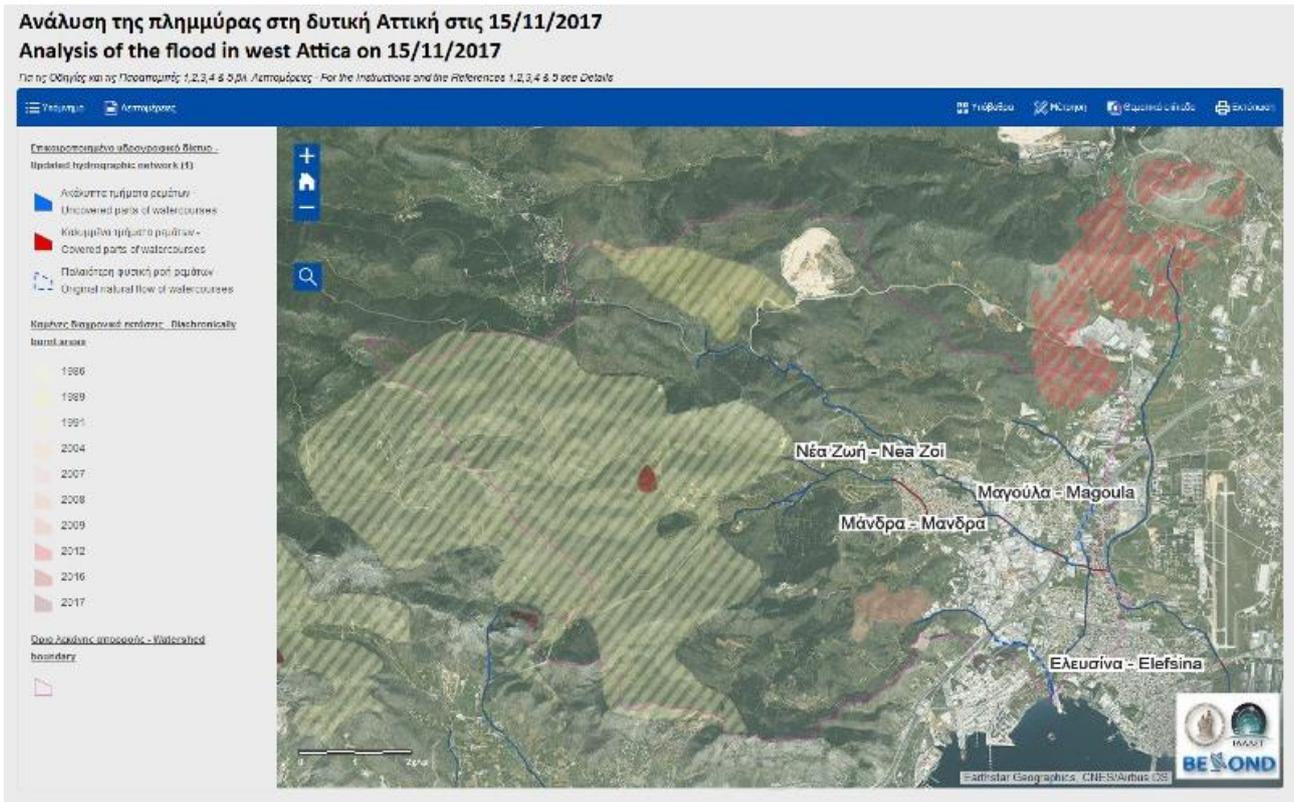
Εικόνα 11. Αποτύπωση της αστικής επέκτασης στις περιοχές Μάνδρας-Μαγούλας την τελευταία 20ετία (διαγραμμισμένα με κίτρινο πολύγωνα).

## 5) Καμένες διαχρονικά εκτάσεις

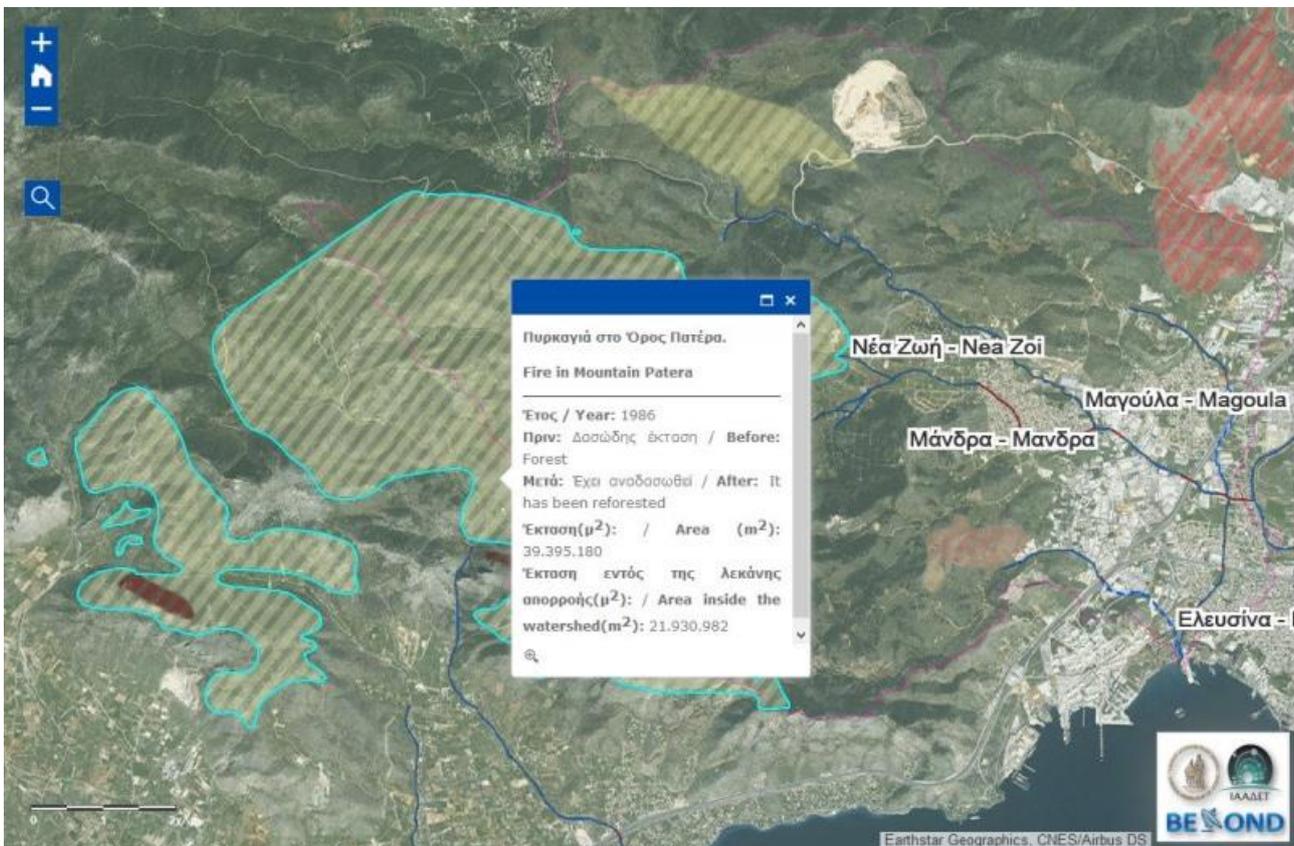
Οι καμένες διαχρονικά εκτάσεις της τελευταίας **30ετίας (1986-2017)** για την ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος λήφθηκαν από το σύστημα διαχρονικής χαρτογράφησης της υπηρεσίας **FireHub** του Κέντρου Αριστείας BEYOND<sup>5</sup>, και απεικονίζονται στην διαδικτυακή εφαρμογή με διαγράμμιση και χρωματισμό ως προς την ιστορικότητά τους, όπως φαίνεται στην *Εικόνα 12*.

Για κάθε πυρκαγιά, όπως φαίνεται και στην *Εικόνα 13*, παρέχονται τα εξής στοιχεία: **τοποθεσία, έτος, κατάσταση πριν και μετά, και έκταση**. Για την εκτίμηση της κατάστασης έγινε **φωτοερμηνεία ιστορικών δορυφορικών εικόνων** της Google Earth Pro από το 2002 έως και σήμερα, με πολύ υψηλή χωρική ανάλυση (έως και 20cm).

Τα στοιχεία των κυριότερων πυρκαγιών εντός της λεκάνης απορροής και το ποσοστό της έκτασης κάθε πυρκαγιάς ως προς τη συνολική έκταση της λεκάνης απορροής (75.511368 km<sup>2</sup>) δίνονται στον *Πίνακα 1*. Το συνολικό ποσοστό των καμένων εκτάσεων ως προς την έκταση της λεκάνης απορροής προκύπτει 34.56%. Ωστόσο αυτό οφείλεται ουσιαστικά στην παλαιότερη πυρκαγιά στο όρος Πατέρα, το έτος 1986, με ποσοστό 29.04%, έκταση η οποία έχει πλέον αναδασωθεί. Ομοίως έχει αναδασωθεί η επόμενη μεγαλύτερη καμένη έκταση από την πυρκαγιά ανατολικά της κοινότητας Παλαιοκούντουρα με ποσοστό 3.50% το έτος 1989. Όλες οι άλλες πυρκαγιές μαζί, μετά το 1989 έως και σήμερα, έκαψαν μόλις το 2.02% της λεκάνης απορροής. Συνεπώς **η επιρροή των καμένων διαχρονικά εκτάσεων στην πλημμύρα κρίνεται μικρή**.



Εικόνα 12. Χαρτογράφηση των καμένων διαχρονικά εκτάσεων της τελευταίας 30ετίας στην ευρύτερη περιοχή.



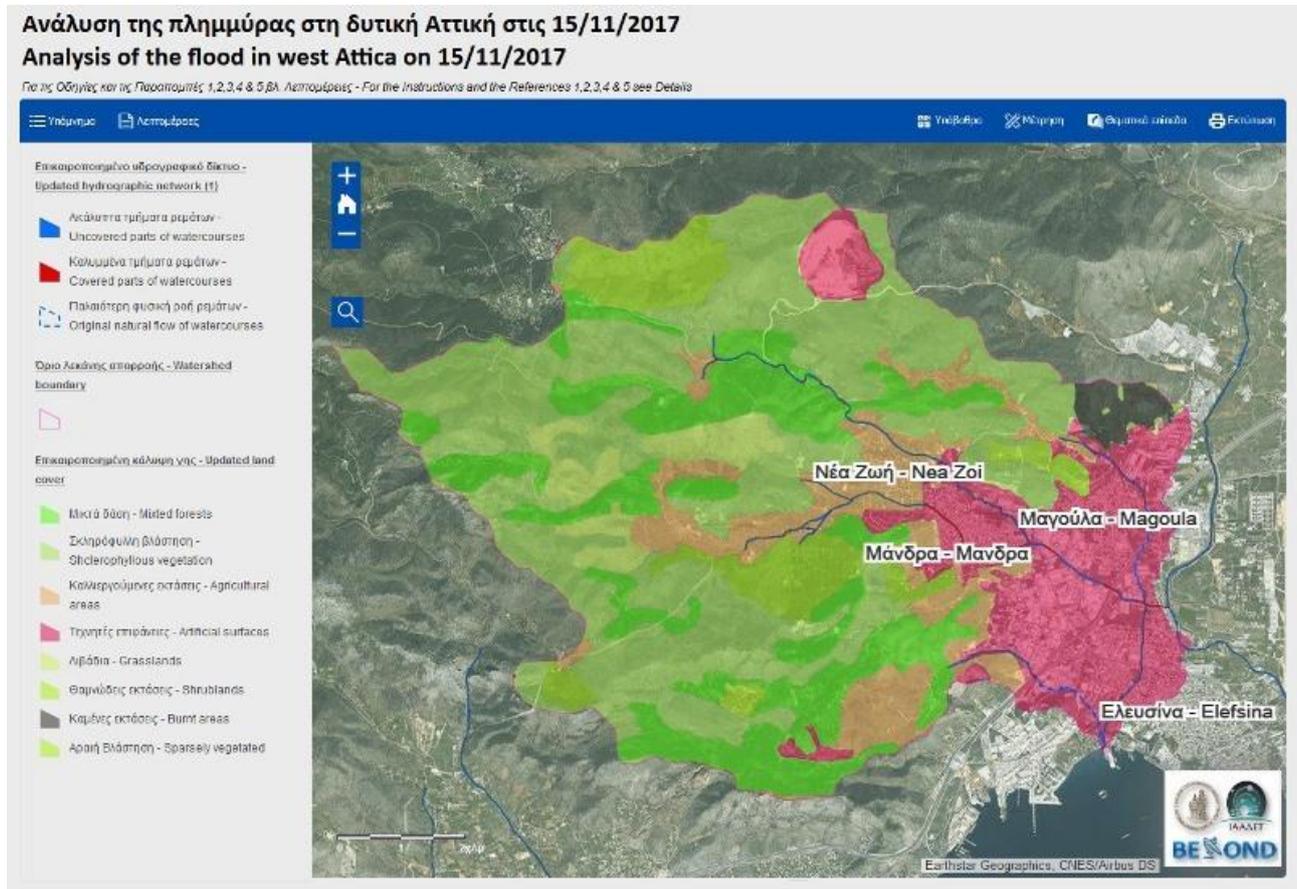
Εικόνα 13. Παρεχόμενα στοιχεία για κάθε πυρκαγιά της τελευταίας 30ετίας στην ευρύτερη περιοχή.

Πυρκαγιά	Έτος	Κατάσταση πριν	Κατάσταση μετά	Έκταση εντός της λεκάνης απορροής (m <sup>2</sup> )	Ποσοστό ως προς την έκταση της λεκάνης απορροής (%)
Πυρκαγιά 3,3 km βορειοανατολικά της κοινότητας Βλυχάδα	2017	Δάση υψηλών υψομέτρων	Παραμένει καμένη έκταση	14,922	0.02
Πυρκαγιά στο όρος Πατέρα	2012	Δάση υψηλών υψομέτρων	Έχει μετατραπεί σε θαμνώδη έκταση	117,761	0.16
Πυρκαγιά κοντά στην καπνοβιομηχανία Παπαστράτος	2009	Θαμνώδης βλάστηση	Έχει παραμείνει γυμνό έδαφος	616,677	0.82
Πυρκαγιά 1,83 km βόρεια των διοδίων Μάνδρας	2008	Δάση χαμηλών υψομέτρων	Έχει μετατραπεί σε θαμνώδη έκταση	634,409	0.84
Πυρκαγιά 1,80 km βόρεια των διοδίων Μάνδρας	2004	Δάση χαμηλών υψομέτρων	Έχει μετατραπεί σε θαμνώδη έκταση	126,323	0.17
Πυρκαγιά 1,88 km βόρεια των διοδίων Μάνδρας	1991	Δάση χαμηλών υψομέτρων	Έχει μετατραπεί σε θαμνώδη έκταση	13,510	0.02
Πυρκαγιά 2 km ανατολικά της κοινότητας Παλαιοκούντουρα	1989	Δάση χαμηλών υψομέτρων	Έχει αναδασωθεί	2,639,695	3.50
Πυρκαγιά στο όρος Πατέρα	1986	Δασώδης έκταση	Έχει αναδασωθεί	21,930,982	29.04
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>26,094,279</b>	<b>34.56</b>

Πίνακας 1. Στοιχεία των κυριότερων πυρκαγιών εντός της λεκάνης απορροής.

## 6) Επικαιροποίηση κάλυψης γης

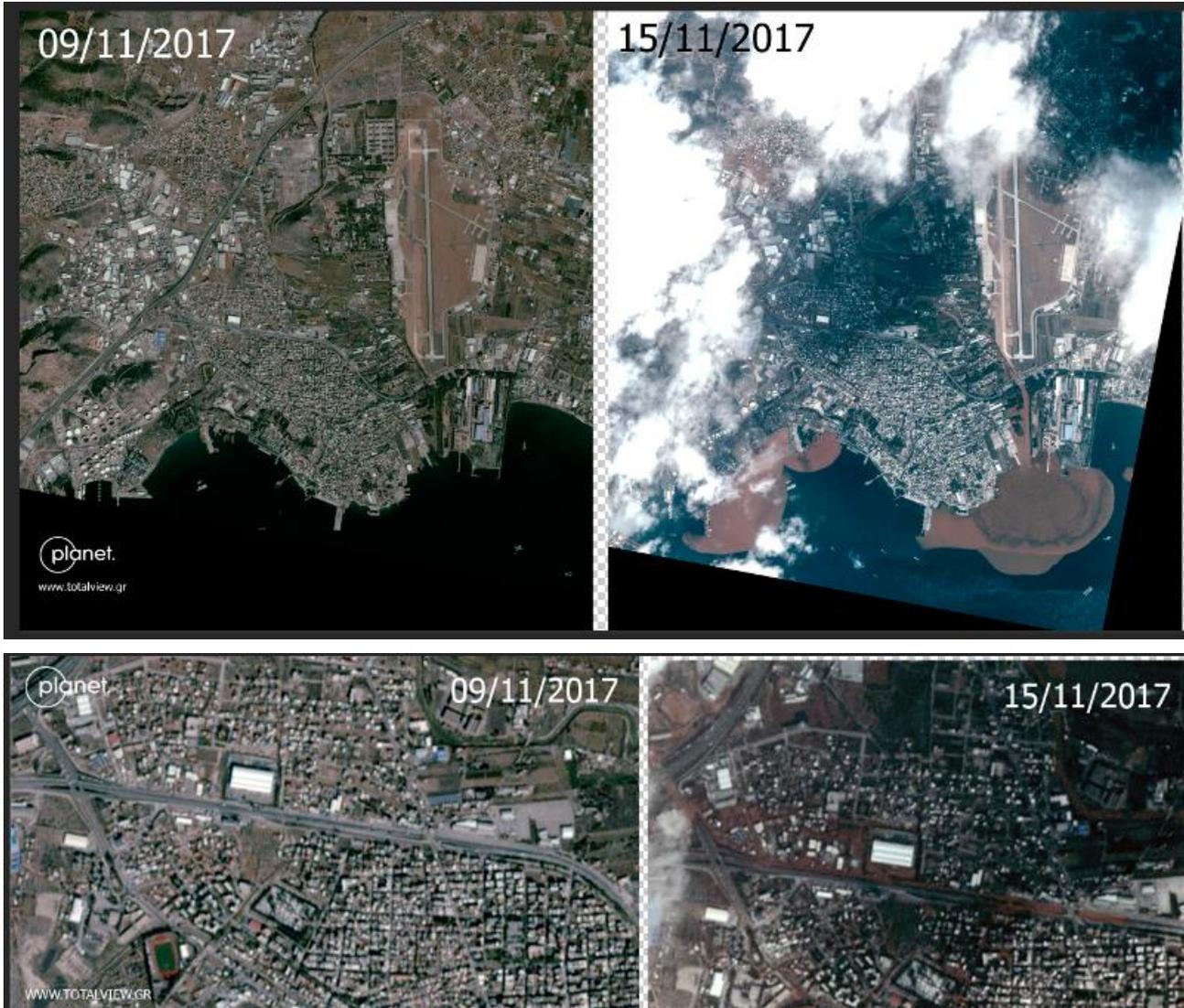
Λαμβάνοντας υπόψη την **αστική επέκταση** και την **σημερινή κατάσταση των καμένων διαχρονικά εκτάσεων**, όπως αναλύθηκε παραπάνω, έγινε επικαιροποίηση της **βάσης δεδομένων Corine κάλυψης γης** (Corine Land Cover 2012, version 18.5.1), η οποία παρέχεται από την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος<sup>6</sup>. Ο επικαιροποιημένος χάρτης κάλυψης γης στη λεκάνη απορροής της ευρύτερης περιοχής Μάνδρας-Μαγούλας παρουσιάζεται στην **Εικόνα 14**.



Εικόνα 14. Επικαιροποιημένος χάρτης κάλυψης γης στη λεκάνη απορροής της ευρύτερης περιοχής Μάνδρας-Μαγούλας.

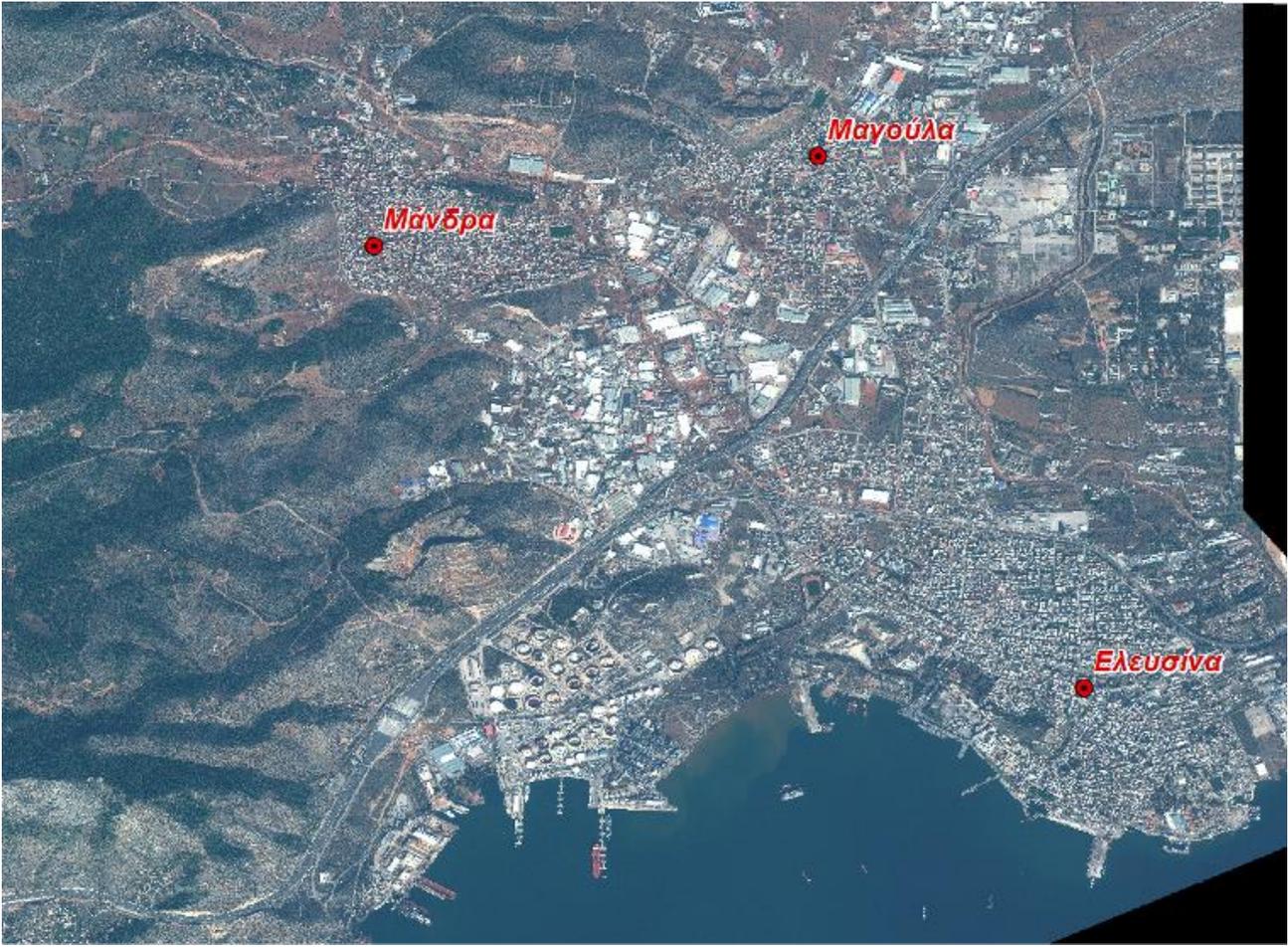
## 7) Χαρτογράφηση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας της 15/11/2017

Η χαρτογράφηση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας έγινε καταρχάς με **χρήση δορυφορικής τηλεπισκόπησης**. Ενδεικτική αντιπαραβολή δορυφορικών εικόνων **Planet** στην περιοχή ενδιαφέροντος πριν (**09/11/2017**) και μετά (**15/11/2017**) την καταστροφή με εμφανείς τις πλημμυρισμένες εκτάσεις παρουσιάζεται στην **Εικόνα 15**.



*Εικόνα 15. Ενδεικτική αντιπαραβολή δορυφορικών εικόνων Planet σε δύο περιοχές της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος πριν (09/11/2017) και μετά (15/11/2017) την πλημμύρα.*

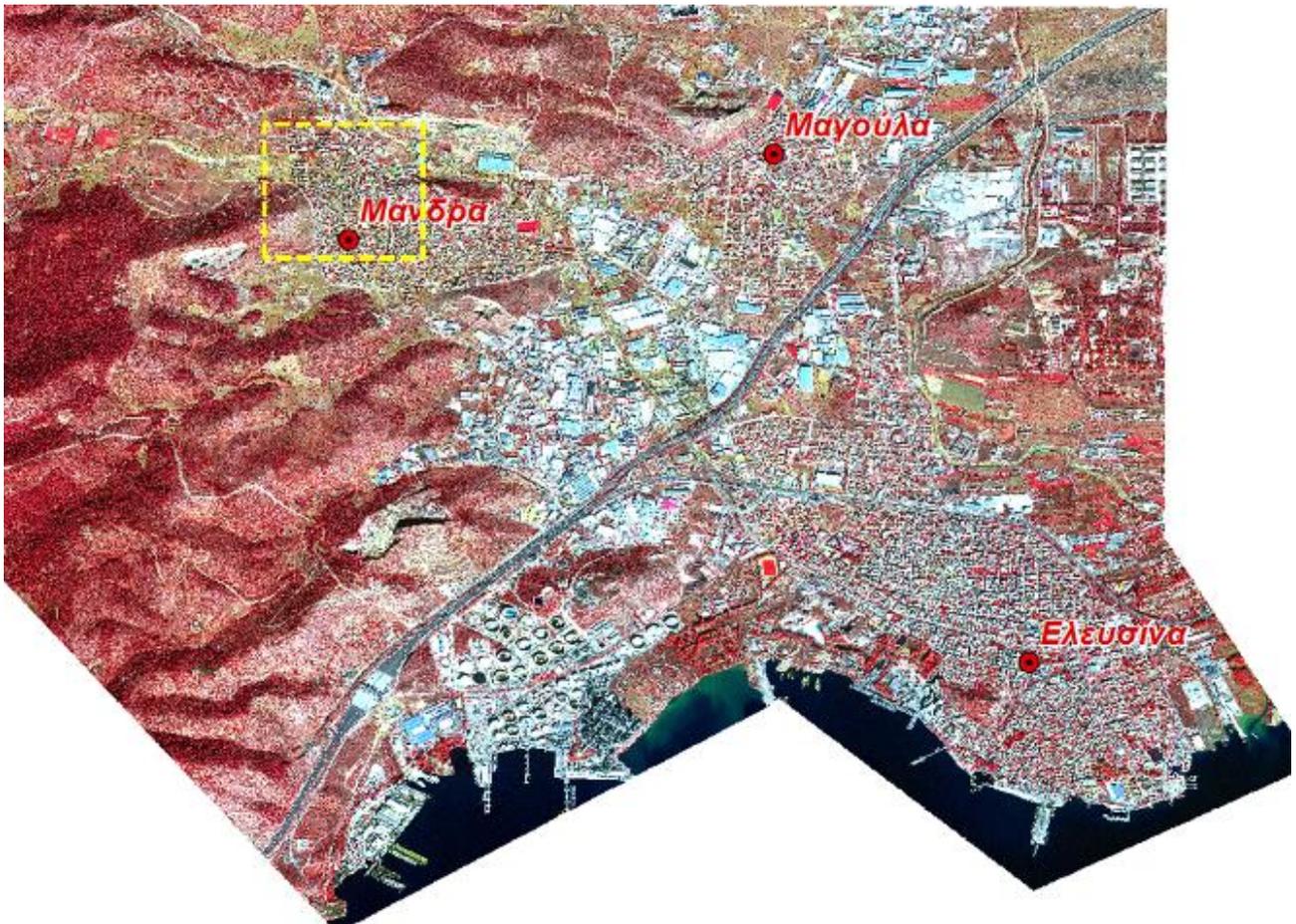
Η αποτύπωση της έκτασης των πλημμυρισμένων εκτάσεων βασίστηκε κυρίως σε πολυφασματική εικόνα από τον οπτικό δέκτη του δορυφόρου **WorldView-4**, της οποίας η λήψη πραγματοποιήθηκε στις **21/11/2017** (**Εικόνα 16**). Πρόκειται για υψηλής χωρικής ανάλυσης εικόνα με διακριτική ικανότητα **31 cm**.



Εικόνα 16. Η δορυφορική εικόνα WorldView-4 που χρησιμοποιήθηκε για την αποτύπωση της έκτασης των πλημμυρισμένων εκτάσεων (ημερομηνία λήψης 21/11/2017, ανάλυση 31 cm).

Η απεικόνιση των πλημμυρισμένων εκτάσεων βασίστηκε σε **συνδυαστική χρήση μη επιβλεπόμενων μεθόδων ταξινόμησης εικόνας και φωτοερμηνείας**. Οι εν λόγω διαδικασίες πραγματοποιήθηκαν σε κατάλληλους συνδυασμούς φασματικών καναλιών της δορυφορικής εικόνας προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη και λεπτομερέστερη αποτύπωση των πλημμυρισμένων εκτάσεων.

Για τους σκοπούς αυτούς χρησιμοποιήθηκε **ψευδοχρωματική εικόνα** (Εικόνα 17) με συνδυασμό φασματικών καναλιών: εγγύς υπέρυθρο (R) – ερυθρό (G) – πράσινο (B). Οι εκτάσεις αυξημένης εδαφικής υγρασίας εμφανίζονται με λαδί χρώμα (σε λεπτομέρεια στην Εικόνα 18).

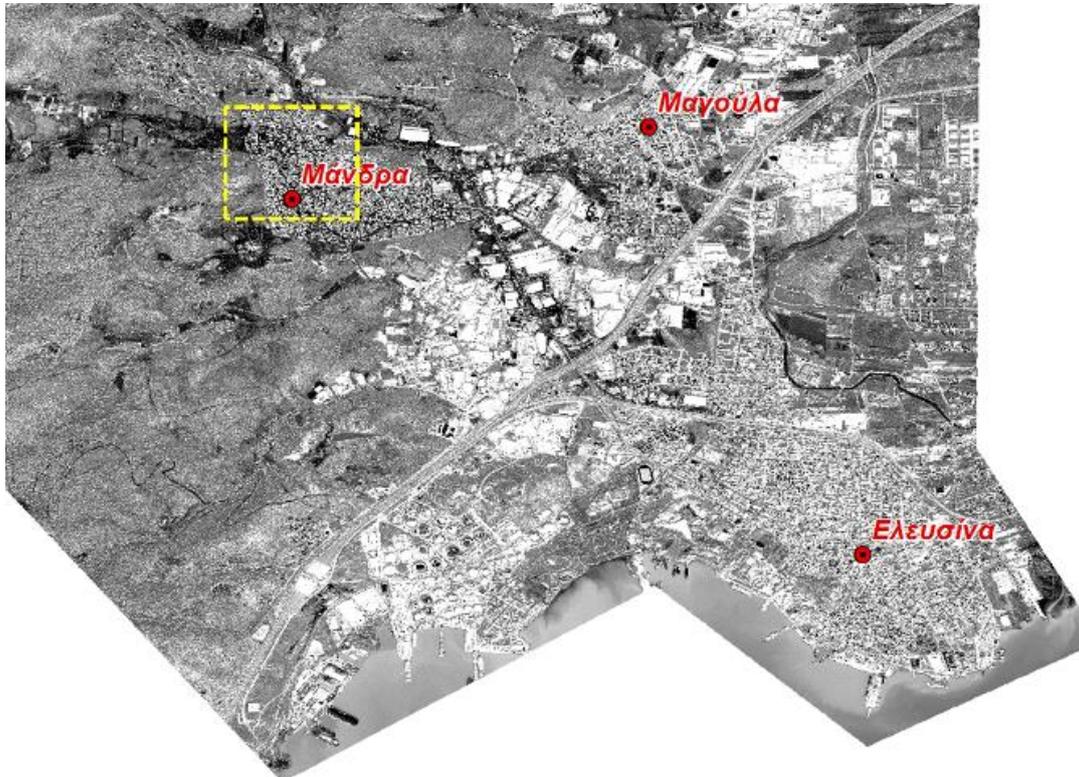


Εικόνα 17. Ψευδοχρωματική δορυφορική εικόνα (R:NIR, G:R, B:G) της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος. Η περιοχή στο κίτρινο πλαίσιο παρουσιάζεται μεγεθυμένη στην Εικόνα 18.



Εικόνα 18. Λεπτομέρεια της ψευδοχρωματικής δορυφορικής εικόνας (R:NIR, G:R, B:G) στο κέντρο της Μάνδρας. Οι εκτάσεις αυξημένης εδαφικής υγρασίας εμφανίζονται με λαδί χρώμα.

Επίσης αξιοποιήθηκε η **διαφορά των απόλυτων τιμών φωτεινότητας** του ερυθρού και του πράσινου φασματικού καναλιού, προκειμένου να αναδειχθούν οι περιοχές που εμφανίζουν κορεσμένα σε νερό εδάφη (Εικόνα 19). Οι εκτάσεις αυξημένης εδαφικής υγρασίας εμφανίζονται με πολύ σκούρες αποχρώσεις του γκρι έως και μαύρες (σε λεπτομέρεια στην Εικόνα 20).



Εικόνα 19. Διαφορά των απόλυτων τιμών φωτεινότητας του ερυθρού και του πράσινου φασματικού καναλιού της δορυφορικής εικόνας. Η περιοχή στο κίτρινο πλαίσιο παρουσιάζεται μεγεθυμένη στην Εικόνα 20.



Εικόνα 20. Λεπτομέρεια της διαφοράς των απόλυτων τιμών φωτεινότητας του ερυθρού και του πράσινου φασματικού καναλιού της δορυφορικής εικόνας στο κέντρο της Μάνδρας. Οι εκτάσεις αυξημένης εδαφικής υγρασίας εμφανίζονται με πολύ σκούρες αποχρώσεις του γκρι έως και μαύρες.

Στη διαδικτυακή εφαρμογή παρουσιάζεται η τελική χαρτογράφηση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας με χρήση δορυφορικής τηλεπισκόπησης (*Εικόνα 4*) ως υβριδικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης της δορυφορικής εικόνας με **αυτόματη μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση** (με αλγόριθμο που εντοπίζει τα κορεσμένα σε νερό εδάφη), των διορθώσεων με **φωτοερμηνεία** (στις περιπτώσεις σύγχυσης της αυτόματης διαδικασίας), και της αξιοποίησης των στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά την **αυτοψία υπαίθρου** (21-23/11/2017), αλλά και **επιπλέον στοιχείων** που δημοσιεύτηκαν.

## **8) Προσομοίωση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας της 15/11/2017**

### **8.1) Ψηφιακό μοντέλο εδάφους και γεωμορφολογία της λεκάνης απορροής**

Προκειμένου να διερευνηθεί γεωμορφολογικά η ευρύτερη περιοχή της Μάνδρας, που επλήγη από την πλημμύρα στις 15/11/2017, αναγκαίο δεδομένο αποτέλεσε η **υψομετρική πληροφορία** (Digital Elevation Model), η οποία επιλέχθηκε από ένα σύνολο διαθέσιμων δεδομένων **EU-DEM<sup>7</sup>** που καλύπτουν την Ευρώπη και παρήχθησαν στα πλαίσια του προγράμματος Copernicus με χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ) που χρησιμοποιήθηκε είναι ανάλυσης **25 m** και αποτελεί υβριδικό προϊόν που βασίζεται σε δεδομένα SRTM και ASTER GDEM.

Από το ΨΜΕ υπολογίστηκαν άμεσα οι παράμετροι που αποτυπώνουν το **γεωμορφολογικό προφίλ** της περιοχής, και παράλληλα επηρεάζουν τις διεργασίες κατά την απορροή. Τα στάδια της γεωμορφομετρικής ανάλυσης του ΨΜΕ διεξήχθησαν σε περιβάλλον GIS και περιλαμβάνουν την **διόρθωση του μοντέλου**, μέσω της αναγνώρισης και απομάκρυνσης των τοπογραφικών βυθισμάτων (Fill Sinks), και τον **καθορισμό του δικτύου αποστράγγισης**, με την χρήση αλγορίθμων δρομολόγησης ροής (Flow Direction & Flow Accumulation).

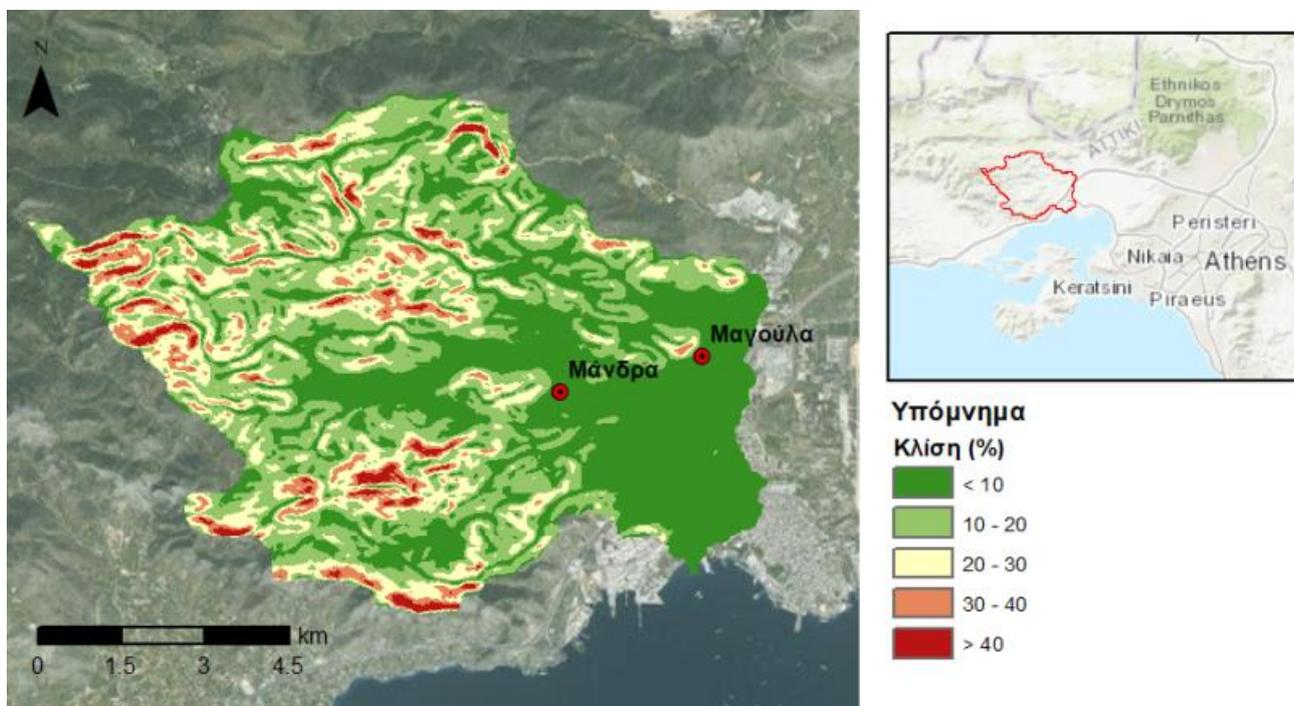
Η υπό μελέτη λεκάνη απορροής ανήκει στο **Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής** (GR06), στο οποίο το **μέσο ετήσιο ύψος βροχής** είναι **411 mm** και η **μέση θερμοκρασία** κυμαίνεται **από 16 °C έως 18 °C**, σύμφωνα με στοιχεία που δημοσιεύονται στην Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ)<sup>8</sup>. Η λεκάνη αναπτύσσεται στο μεγαλύτερο μέρος της σε πεδινή τοπογραφία, ενώ στα δυτικά της το ανάγλυφο γίνεται ημιορεινό-ορεινό λόγω του όρους Πατέρας, με μέγιστο υψόμετρο 1132 m. Στην *Εικόνα 21* παρουσιάζεται η **λεκάνη απορροής**, η οποία συνιστά την περιοχή ενδιαφέροντος, με τα κύρια ρέματα, που είναι το **ρέμα Αγ. Αικατερίνης / Κατσημίδα**, το **ρέμα Σούρες**, το **ρέμα Μικρό Κατερίνη** και το **ρέμα Λούτσας**.



Εικόνα 21. Η λεκάνη απορροής με τα κύρια ρέματα.

Με την οριοθέτηση της λεκάνης απορροής από τον υδροκρίτη της, όπως προκύπτει από το EU-DEM, προκύπτει **επιφάνεια λεκάνης της τάξης των 75 km<sup>2</sup>**, με **μέσο και μέγιστο υψόμετρο τα 246 m και 813 m αντίστοιχα**.

Μια ακόμη παράμετρος που επηρεάζει τις διεργασίες βροχής-απορροής είναι η **κλίση**. Η λεκάνη απορροής χαρακτηρίζεται στο μεγαλύτερο μέρος της από ήπιες κλίσεις (Εικόνα 22), με **μέση κλίση της τάξης του 15%**.



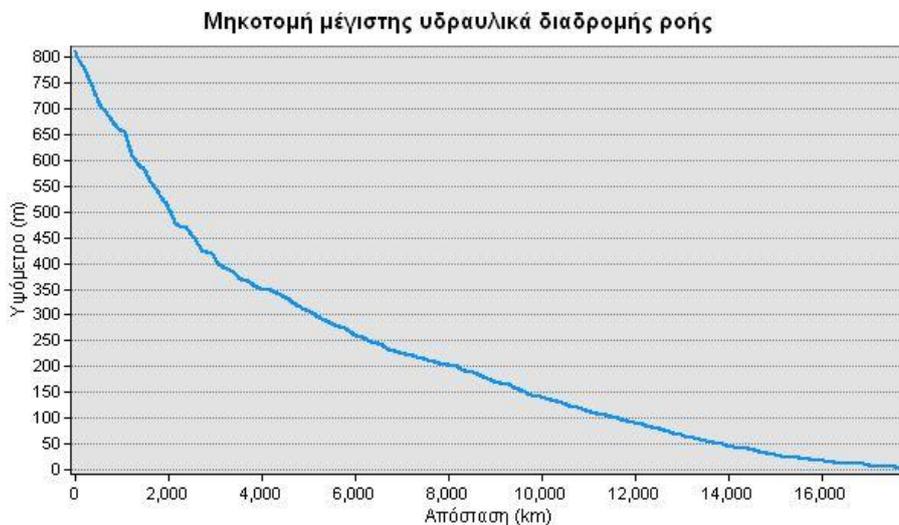
Εικόνα 22. Οι κλίσεις στη λεκάνη απορροής.

Μια βασική χρονική παράμετρος που συνδέεται με την παροχή αιχμής είναι ο **χρόνος συγκέντρωσης (συρροής)**, ο οποίος αποτελεί τυπικό δεδομένο εισόδου στα μοντέλα πλημμυρών.

Ο χρόνος συγκέντρωσης ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει το νερό, που ρέει επιφανειακά, από το υδραυλικά πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης μέχρι την διατομή εξόδου (Dingman, 1994, σελ. 397<sup>9</sup>). Από τον ορισμό προκύπτει ότι το χρονικό αυτό μέγεθος συνδέεται εμπειρικά με τη μέγιστη διαδρομή ροής του νερού μέσα στην λεκάνη. Η **μέγιστη διαδρομή ροής** σε αυτή την λεκάνη καλύπτει ένα μήκος περίπου **18 km**, και απεικονίζεται σε οριζοντιογραφία στην *Εικόνα 23* και σε μηκοτομή στην *Εικόνα 24*.



Εικόνα 23. Οριζοντιογραφία της μέγιστης διαδρομής ροής στη λεκάνη απορροής.



Εικόνα 24. Μηκοτομή της μέγιστης διαδρομής ροής στη λεκάνη απορροής.

Λόγω της έλλειψης δεδομένων και της πολυπλοκότητας προσδιορισμού του **χρόνου συγκέντρωσης**, έχουν προταθεί απλές εμπειρικές σχέσεις εκτίμησής του, συναρτήσεσι βασικών μεγεθών της λεκάνης (κλίση, εμβαδόν, υψόμετρα, κ.τ.λ.). Η πλέον διαδεδομένη σχέση στην ελληνική πρακτική, η οποία συστήνεται από τις προδιαγραφές των υδραυλικών έργων (Π.Δ. 696/1974), είναι η σχέση του **Giandotti** (1934<sup>10</sup>):

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}}$$

όπου  $t_c$  ο χρόνος συγκέντρωσης (h),  $A$  η επιφάνεια της λεκάνης ( $\text{km}^2$ ),  $L$  το μήκος της κύριας μισγάγγειας (m) και  $\Delta H$  η διαφορά του μέσου υψόμετρου της λεκάνης από το υψόμετρο εξόδου της (m).

Με την εφαρμογή της σχέσης αυτής για την υπό μελέτη λεκάνη ο χρόνος συγκέντρωσης υπολογίστηκε περίπου **5 h**. Ωστόσο το μέγεθος αυτό, ως έκφραση της χρονικής απόκρισης της λεκάνης στο γεγονός της βροχής, μειώνεται σε επεισόδια βροχής μεγαλύτερης έντασης. Στα πλαίσια του έργου **ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ**<sup>11</sup> και κατόπιν αναλύσεων παρατηρημένων πλημμυρικών παροχών, αποδείχθηκε η μείωση του χρόνου με την αύξηση της παροχής, και συνεπώς της περιόδου επαναφοράς. Η εξάρτηση αυτή ενσωματώνεται με την μείωση του χρόνου κατά Giandotti, σύμφωνα με την ακόλουθη εμπειρική σχέση (Ευστρατιάδης κ.α., 2014<sup>12</sup>):

$$t_c(T) = t_c \sqrt{i(5)/i(T)}$$

όπου  $i(5)$  η κρίσιμη ένταση βροχής που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς  $T=5$  έτη και  $i(T)$  η ένταση βροχής που αντιστοιχεί στην περίοδο επαναφοράς της μελέτης.

Έτσι, για περίοδο επαναφοράς **T=1000 έτη**, ο χρόνος συρροής βάσει της ανωτέρω σχέσης μειώνεται περίπου στις **3 h** για την υπό μελέτη λεκάνη.

## 8.2) Εδαφολογία, υδρολιθολογία και απορροή της λεκάνης απορροής

Όπως προκύπτει από τον **εδαφολογικό χάρτη** της ΕΓΥ για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής<sup>13</sup> (Εικόνα 25), τα εδάφη της περιοχής είναι **πρωτίστως εδαφικού τύπου A** (αμμώδη, πηλοαμμώδη, αμμοπηλώδη, ιλυώδη), **δευτερευόντως B** (ιλοσηλώδη), ενώ εμφανίζονται **τοπικά** και περιοχές **εδαφικού τύπου C** (αμμοαργιλοπηλώδη, αμμοαργιλώδη).

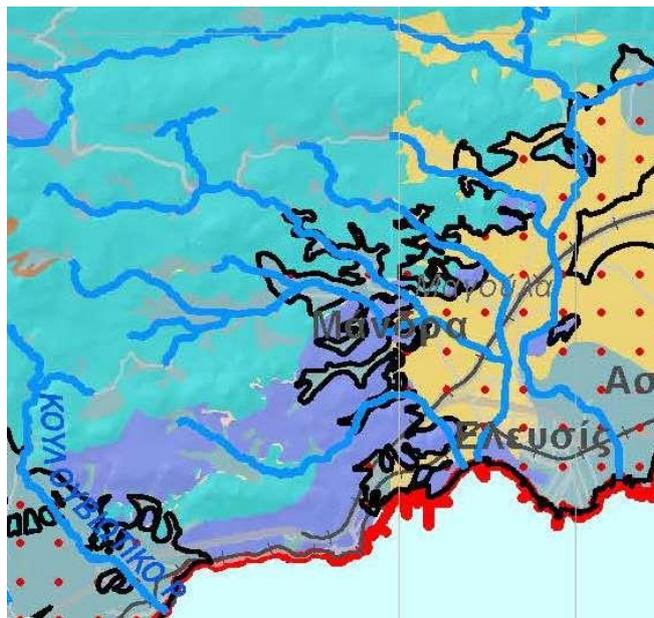


Υπόμνημα/Legend

ΕΔΑΦΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ/ SOIL TYPE	ΚΛΑΣΕΙΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ/ SOIL PROPERTIES
A	Αμμώδη/Sand (S) - Πηλοαμμώδη/Loamy sand (LS) Αμμοπηλώδη/Sandy loam (SL) - Ιλυώδη/Silt (Si)
B	Ιλοσηλώδης/Silty loam (SiL) - Πηλώδη/loam (L)
C	Αμμοαργιλοπηλώδη/Sandy clay loam (SCL) -Αμμοαργιλώδη/Sandy clay (SC)
D	Αργιλοπηλώδη/Clay loam (CL) Ιλοαργιλοπηλώδη/Silty clay loam (SiCL) Ιλοαργιλώδη/Silty clay (SiC) - Αργιλώδη/Clay (C)

Εικόνα 25. Εδαφολογικός χάρτης στην περιοχή ενδιαφέροντος, από το αντίστοιχο σχέδιο διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας για λογαριασμό της ΕΓΥ.

Όπως προκύπτει από τον **υδρολιθολογικό χάρτη** της ΕΓΥ για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής<sup>14</sup> (Εικόνα 26), τα εδάφη της περιοχής συνίστανται **κατά κύριο λόγο** από **περατούς σχηματισμούς** (ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, κλαστικά κοκκώδη), ενώ εμφανίζονται **τοπικά** και **ημιπερατοί σχηματισμοί** (ιζηματογενείς). Τα εν λόγω εδάφη εμφανίζουν μέτρια (B1) έως πολύ υψηλή (C1) υδροπερατότητα.



**Υπόμνημα/Legend**  
**ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ / HYDROLITHOLOGY**

**Αδιαπέρατοι Σχηματισμοί**

Ρωγματώδεις πυριγενείς και μεταμορφωμένοι σχηματισμοί, με έμφραξη λεπτόκοκκου κλάσματος **A1**

Ιζηματογενείς σχηματισμοί με έντονη παρουσία αργιλικού κλάσματος **A2**

**Ημιπερατοί Σχηματισμοί**

Ρωγματώδεις ιζηματογενείς σχηματισμοί, μέτριας υδροπερατότητας **B1**

Ιζηματογενείς σχηματισμοί με ποικίλη λιθολογική σύσταση και χαμηλό πορώδες, σχετικά μικρής υδροπερατότητας **B2**

**Περατοί Σχηματισμοί**

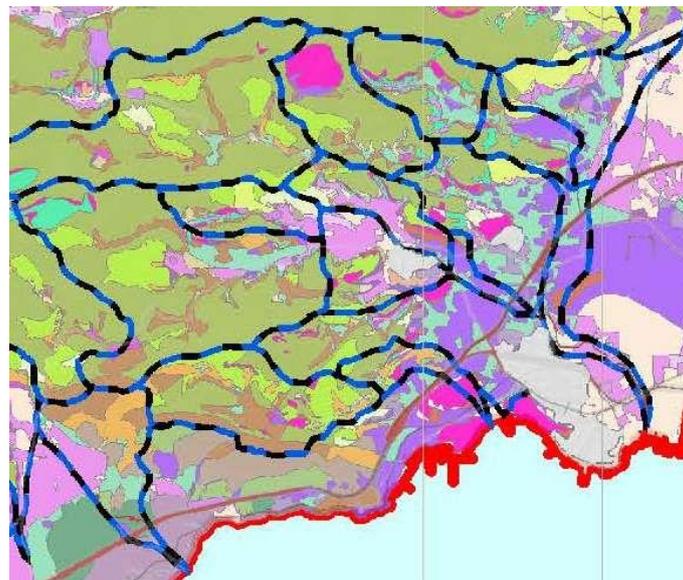
Ασβεστόλιθοι και μάρμαρα εκτεταμένης ανάπτυξης, πολύ υψηλής υδροπερατότητας **C1**

Ασβεστόλιθοι, περιορισμένης ανάπτυξης, υψηλής υδροπερατότητας **C2**

Κλαστικά κοκκώδη με υψηλό πορώδες τοπικά, εκτεταμένης ανάπτυξης, μέτριας έως υψηλής υδροπερατότητας **C3**

Εικόνα 26. Υδρολιθολογικός χάρτης στην περιοχή ενδιαφέροντος, από το αντίστοιχο σχέδιο διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας για λογαριασμό της ΕΓΥ.

Η κατανομή των αριθμών καμπύλης απορροής CN για μέσες συνθήκες υγρασίας (Τύπου II) στην περιοχή δίνεται από τον αντίστοιχο χάρτη της ΕΓΥ για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής<sup>15</sup> (Εικόνα 27).



**Υπόμνημα/Legend**

15 Λεκάνες Υδάτινων Σωμάτων που απορρέουν εντός ΖΔΥΚΠ/  
 Basins of Water Bodies deriving in APSFR

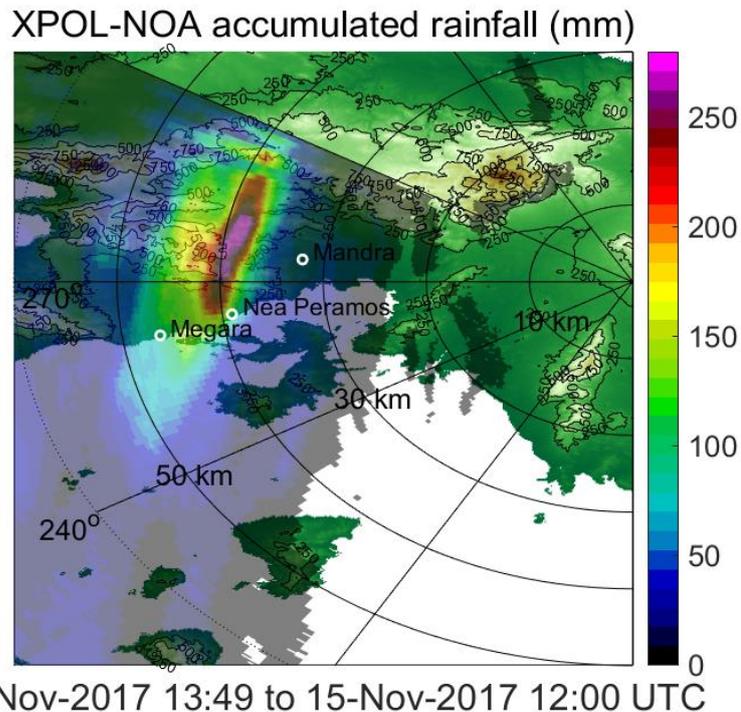
**ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΡΙΘΜΩΝ CN ΓΙΑ ΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (ΤΥΠΟΥ II)**  
**DISTRIBUTION OF CN VALUES FOR AVERAGE MOISTURE CONDITIONS (TYPE II)**

31	51	62	70	76	81	87
33	56	63	71	77	82	91
36	57	65	73	78	83	93
39	59	67	74	79	84	94
43	61	68	75	80	86	98

Εικόνα 27. Χάρτης κατανομής αριθμών CN για μέσες συνθήκες υγρασίας (Τύπου II) στην περιοχή ενδιαφέροντος, από το αντίστοιχο σχέδιο διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας για λογαριασμό της ΕΓΥ.

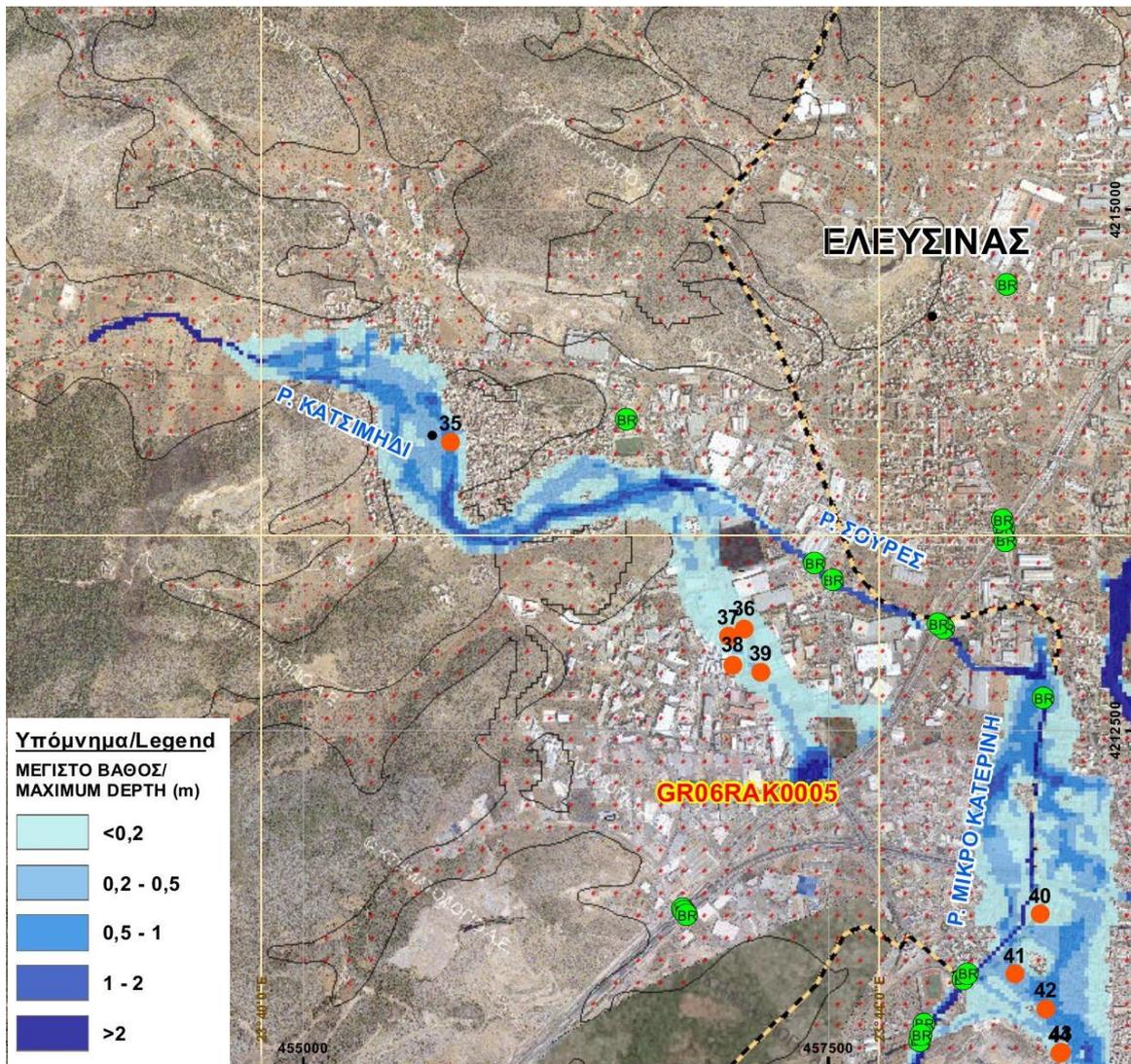
### 8.3) Διαθέσιμα δεδομένα βροχόπτωσης και πλημμύρας της 15/11/2017

Λόγω έλλειψης άλλων δεδομένων βροχόπτωσης, η ανάλυση του συγκεκριμένου γεγονότος βροχής στηρίχθηκε στα στοιχεία του δελτίου τύπου του **Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ)** στις 20/11/2017<sup>16</sup>. Σύμφωνα με την ανάλυση των δεδομένων του **μετεωρολογικού ραντάρ ΧΡΟΛ** που διαθέτει το **Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ)**, το οποίο κατέγραψε το συμβάν με χωρική ανάλυση 150 m και χρονική ανάλυση 2 min, το **συνολικό ύψος βροχής** στον πυρήνα του συμβάντος ξεπέρασε τα **200 mm** σε **χρονικό διάστημα 6 h** (Εικόνα 28).



Εικόνα 28. Χωρική απεικόνιση υψηλής ανάλυσης της συνολικής βροχόπτωσης από το μετεωρολογικό ραντάρ ΧΡΟΛ του ΙΕΠΒΑ-ΕΑΑ.

Η περιοχή έχει υποστεί **πλημμύρες και κατά το παρελθόν**, με την σημαντικότερη των τελευταίων ετών στις **01/01/1996**, όπως δημοσιεύεται στη σχετική Τεχνική Έκθεση Κατάρτισης Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας για λογαριασμό της ΕΓΥ<sup>17</sup>. Όπως επιβεβαιώνεται από τους χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας, η συμβολή του ρέματος Σούρες με το ρέμα Κατομημίδη στη Μάνδρα διαμορφώνει μια ευάλωτη ζώνη υψηλού κινδύνου πλημμύρας. Η ΕΓΥ στα πλαίσια του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής έχει παρουσιάσει, μεταξύ άλλων, Χάρτη Επικινδυνότητας Πλημμύρας για το δυσμενές σενάριο της περιόδου επαναφοράς **T=1000 έτη**<sup>18</sup>, όπου το ποσοστό της πλημμυρικής κατάκλυσης στην πόλη της Μάνδρας φτάνει σχεδόν το **80%** (Εικόνα 29). Το σενάριο αυτό επιβεβαιώνεται σε μεγάλο βαθμό από την πλημμύρα της 15<sup>ης</sup> Νοέμβρη 2017.



Εικόνα 29. Χάρτης επικινδυνότητας πλημμύρας από ποτάμια ροές στην περιοχή ενδιαφέροντος με χωρική κατανομή μεγίστου βάθους για περίοδο επαναφοράς  $T=1000$  έτη, από το αντίστοιχο σχέδιο διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας για λογαριασμό της ΕΓΥ.

#### 8.4) Υδρολογική και υδραυλική προσομοίωση του συμβάντος της 15/11/2017

Η υδρολογική και υδραυλική προσομοίωση είναι μια διαδικασία αρκετά **πολύπλοκη**, η οποία απαιτεί τα **κατάλληλα δεδομένα εισόδου** που θα προσεγγίσουν ρεαλιστικότερα την πραγματικότητα. Στην παρούσα μελέτη γίνεται καταρχάς μια προσπάθεια εκτίμησης του **συνολικού ύψους βροχής** που κατακρημνίζεται στη λεκάνη, θεωρώντας ότι η συγκεκριμένη πλημμύρα αφορά ένα χαμηλής πιθανότητας υπέρβασης γεγονός, **περιόδου επαναφοράς 1000 έτη** με **διάρκεια βροχής 6 h** (παραδοχές με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και παρουσιάστηκαν στα παραπάνω υποκεφάλαια 8.1 και 8.3). Εφαρμόζεται η γενική εξίσωση όμβριων καμπυλών (Κουτσογιάννης κ.α., 2010)<sup>19</sup>, η οποία έχει την ακόλουθη μορφή:

$$i(d, T) = \frac{\lambda'(T^k - \psi')}{(1 + d/\theta)^\eta}$$

όπου  $d$  η διάρκεια της βροχόπτωσης,  $T$  η περίοδος επαναφοράς,  $k$  παράμετρος σχήματος,  $\lambda'$  παράμετρος κλίμακας,  $\psi'$  παράμετρος θέσης της συνάρτησης κατανομής, και  $\theta, \eta$  οι παράμετροι της συνάρτησης διάρκειας.

Οι τιμές των παραμέτρων ( $\kappa$ ,  $\lambda'$ ,  $\psi'$ ,  $\vartheta$ ,  $\eta$ ) αντλήθηκαν από την Τεχνική Έκθεση της μεθοδολογίας κατάρτισης των όμβριων καμπυλών σε επίπεδο χώρας, αναρτημένη στην σχετική ιστοσελίδα της ΕΓΥ<sup>20</sup>, και αναφέρονται στον **βροχομετρικό σταθμό της Μάνδρας**. Η επιλογή του σταθμού αυτού έγινε καθώς είναι ο πλησιέστερος σταθμός στη λεκάνη ενδιαφέροντος. Η σημειακή ένταση της βροχόπτωσης που υπολογίστηκε για περίοδο επαναφοράς 1000 έτη και διάρκεια βροχής 6 h, προέκυψε **32,65 mm/h** αντιστοιχώντας σε **196 mm αθροιστικό ύψος βροχής**, το οποίο είναι αρκετά κοντά στην εκτίμηση του μεγέθους της βροχής του συγκεκριμένου γεγονότος.

Με τη χρήση του μειωτικού συντελεστή  $\phi$  ανάγεται το σημειακό ύψος βροχής σε επιφανειακό, λαμβάνοντας υπόψη την έκταση της λεκάνης και την διάρκεια της βροχής. Ο συντελεστής επιφανειακής αναγωγής  $\phi$  (areal reduction factor) προσδιορίστηκε από την ακόλουθη αναλυτική έκφραση (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999<sup>21</sup>):

$$\phi = \max\left(1 - \frac{0.048A^{0.36-0.01\ln A}}{d^{0.35}}, 0.25\right)$$

όπου  $\phi$  ο συντελεστής επιφανειακής αναγωγής (αδιάστατο μέγεθος),  $A$  η έκταση σε  $\text{km}^2$  και  $d$  η διάρκεια της βροχής σε h.

Μετά την αναγωγή με τον μειωτικό συντελεστή, το **αθροιστικό ύψος βροχόπτωσης** προκύπτει **176 mm**.

Για τον υπολογισμό των **υδρολογικών ελλειμμάτων** και κατ' επέκταση τον καθορισμό της **ενεργού (καθαρής) βροχόπτωσης** εφαρμόστηκε η μέθοδος Soil Conservation Service (SCS, 1972<sup>22</sup>). Η μέθοδος χρησιμοποιεί δύο κύριες παραμέτρους, τη **μέγιστη δυνητική κατακράτηση S** (mm) και το **αρχικό έλλειμμα**  $h_{a0}$  (mm), το οποίο εκφράζεται ως ποσοστό του S ( $h_{a0} = a \cdot S$ ). Στη βιβλιογραφία συστήνεται η εφαρμογή ποσοστού απωλειών (συγκράτησης και εξάτμισης) 20% ( $a=0,2$ ), το οποίο έχει προκύψει από δεδομένα παρατηρήσεων.

Το **καθαρό ύψος βροχής** εκτιμάται από την ακόλουθη εμπειρική σχέση:

$$h_e = \begin{cases} 0 & h \leq h_{a0} \\ \frac{(h - h_{a0})^2}{(h - h_{a0} + S)} & h > h_{a0} \end{cases}$$

Η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει τον υπολογισμό του **αριθμού καμπύλης απορροής** - runoff curve number (CN), ο οποίος ενσωματώνει τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης σε μια μοναδική τιμή και συνδέεται με την μέγιστη δυνητική κατακράτηση S, με την ακόλουθη σχέση:

$$S = 254(100 / \text{CN} - 1)$$

Η παράμετρος CN παίρνει τιμές από 0 μέχρι 100, και επηρεάζεται από τις **συνθήκες εδάφους και χρήσεις γης** στη λεκάνη απορροής, καθώς τις **προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας**.

Αρχικά, η SCS κατατάσσει τα εδάφη σε τέσσερις ομάδες, ανάλογα με τη **διαπερατότητά** τους:

- Ομάδα A: Εδάφη με μεγάλους ρυθμούς διήθησης, π.χ. αμμώδη και χαλικώδη με πολύ μικρό ποσοστό ιλύος και αργίλου.
- Ομάδα B: Εδάφη με μέσους ρυθμούς διήθησης, π.χ. αμμώδης πηλός.
- Ομάδα C: Εδάφη με μικρούς ρυθμούς διήθησης, π.χ. εδάφη από αργιλοπηλό, εδάφη με σημαντικό ποσοστό αργίλου, εδάφη φτωχά σε οργανικό υλικό.

Ομάδα D: Εδάφη με πολύ μικρούς ρυθμούς διήθησης, π.χ. εδάφη που διογκώνονται σημαντικά όταν διαβραχούν, πλαστικές άργιλοι, εδάφη μικρού βάθους με σχεδόν αδιαπέρατους ορίζοντες κοντά στην επιφάνεια.

Στη συνέχεια, ορίζει τρεις τύπους **προηγούμενων συνθηκών υγρασίας**:

Τύπος I: Ξηρές συνθήκες, οι οποίες αντιστοιχούν σε βροχόπτωση των προηγούμενων 5 ημερών μικρότερη των 13 mm (ή 35 mm για περιοχή με φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).

Τύπος II: Μέσες συνθήκες, οι οποίες αντιστοιχούν σε βροχόπτωση των προηγούμενων 5 ημερών μεταξύ 13 και 38 mm (ή 35-53 mm για περιοχή με φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).

Τύπος III: Υγρές συνθήκες, οι οποίες αντιστοιχούν σε βροχόπτωση των προηγούμενων 5 ημερών μεγαλύτερη των 38 mm (ή 53 mm για περιοχή με φυτοκάλυψη σε συνθήκες ανάπτυξης).

Στην ανάλυση για την περιοχή ενδιαφέροντος θεωρήθηκαν **αρχικές συνθήκες υγρασίας τύπου II**.

Οι τιμές του αριθμού καμπύλης απορροής CN κατά SCS για αρχικές συνθήκες υγρασίας τύπου II δίνονται βάσει του Πίνακα 2 ανά **υδρολογικό τύπο εδάφους** και **κατηγορία χρήσης γης** (Κουτσογιάννης, 2011, σ. 126)<sup>23</sup>.

Περιγραφή χρήσης γης		Υδρολογικός τύπος εδάφους			
		A	B	C	D
Καλλιεργημένες εκτάσεις		62-72	71-81	78-88	81-91
Λιβάδια, βοσκότοποι		30-68	58-79	71-86	78-89
Δάση		25-45	55-66	70-77	77-83
Ανοιχτοί χώροι, πάρκα, νεκροταφεία κτλ.					
με κάλυψη από πράσινο > 75%		39	61	74	80
με κάλυψη από πράσινο < 75%		49	69	79	84
Εμπορικές περιοχές		89	92	94	95
Βιομηχανικές περιοχές (72%) αδιαπέρατες		81	88	91	93
Οικιστικές περιοχές					
Μέσο μέγεθος οικοπέδου (στρ.)	Ποσοστό αδιαπέρατης επιφάνειας (%)				
≤0.5	65	77	85	90	92
1.0	38	61	75	83	87
1.5	30	57	72	81	86
2.0	25	54	70	80	85
4.0	20	51	68	79	84
Δρόμοι					
με οδόστρωμα και αγωγούς ομβρίων		98	98	98	98
χαλικόστρωτοι		76	85	89	91
χωματόδρομοι		72	82	87	89

Πίνακας 2. Τυπικές τιμές του αριθμού καμπύλης απορροής CN κατά SCS για αρχικές συνθήκες υγρασίας τύπου II.

Η πληροφορία της **χρήσης γης** στην περιοχή ενδιαφέροντος ανακτήθηκε από τον **επικαιροποιημένο χάρτη κάλυψης γης** (Corine Land Cover 2012), με συνυπολογισμό της αστικής επέκτασης και της σημερινής κατάστασης των καμένων διαχρονικά εκτάσεων, όπως αναλύθηκε παραπάνω στο κεφάλαιο 6.

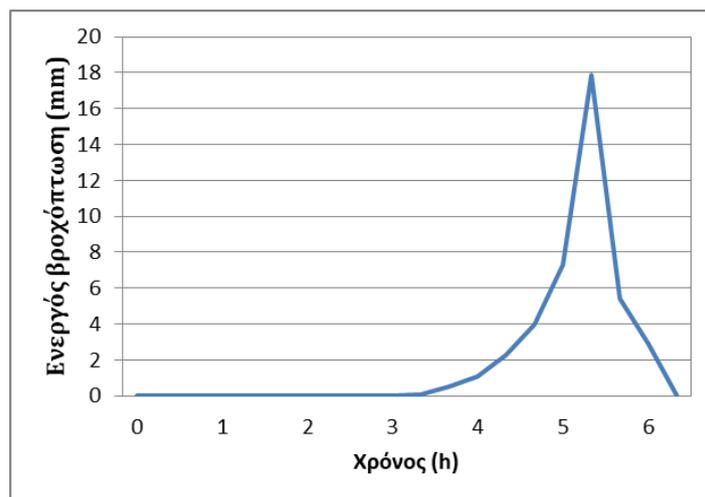
Η πληροφορία του **υδρολογικού τύπου εδάφους** στην περιοχή ενδιαφέροντος ανακτήθηκε από τον **εδαφολογικό** και τον **υδρολιθολογικό χάρτη** της ΕΓΥ, όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω στο υποκεφάλαιο 8.2.

Οι τιμές του **αριθμού καμπύλης απορροής CN** στην περιοχή ενδιαφέροντος αποδόθηκαν με βάση τον σχετικό **πίνακα εύρους τιμών κατά SCS (Πίνακας 2)** και τον **χάρτη κατανομής τιμών της ΕΓΥ (Εικόνα 27)**.

Για την εκτίμηση ενός **σταθμισμένου μέσου αριθμού καμπύλης απορροής** για όλη την λεκάνη έγινε επιφανειακή ολοκλήρωση με συντελεστή βαρύτητας το εμβαδόν κάθε υποπεριοχής διαφορετικής κατηγορίας χρήσης γης, και η σταθμισμένη τιμή του CN προέκυψε ίση με **50**. Η διαδικασία προσδιορισμού της τιμής αυτής επηρεάζεται από την ακρίβεια των δεδομένων χρήσης γης και αποτελεί μια χονδροειδή εκτίμηση, καθώς αναφέρεται σε όλη την έκταση της υπό μελέτη λεκάνης, η οποία παρουσιάζει ανομοιογένεια στα φυσιολογικά της χαρακτηριστικά.

Η **χρονική κατανομή του καθαρού ύψους βροχής** επιλέχθηκε να γίνει σύμφωνα με την **μέθοδο της δυσμενέστερης διάταξης (worst profile)**<sup>24</sup>, όπως συστήνεται στις τεχνικές προδιαγραφές (παρ. 3.4.2.) της μελέτης του «Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής», η οποία εκπονήθηκε για την ΕΓΥ, για πλημμύρες χαμηλής πιθανότητας υπέρβασης, δηλαδή με περιόδους επαναφοράς 1.000 και 10.000 χρόνια. Η μέθοδος αυτή αναφέρεται και σε σχετική υδρολογική μελέτη<sup>25</sup>.

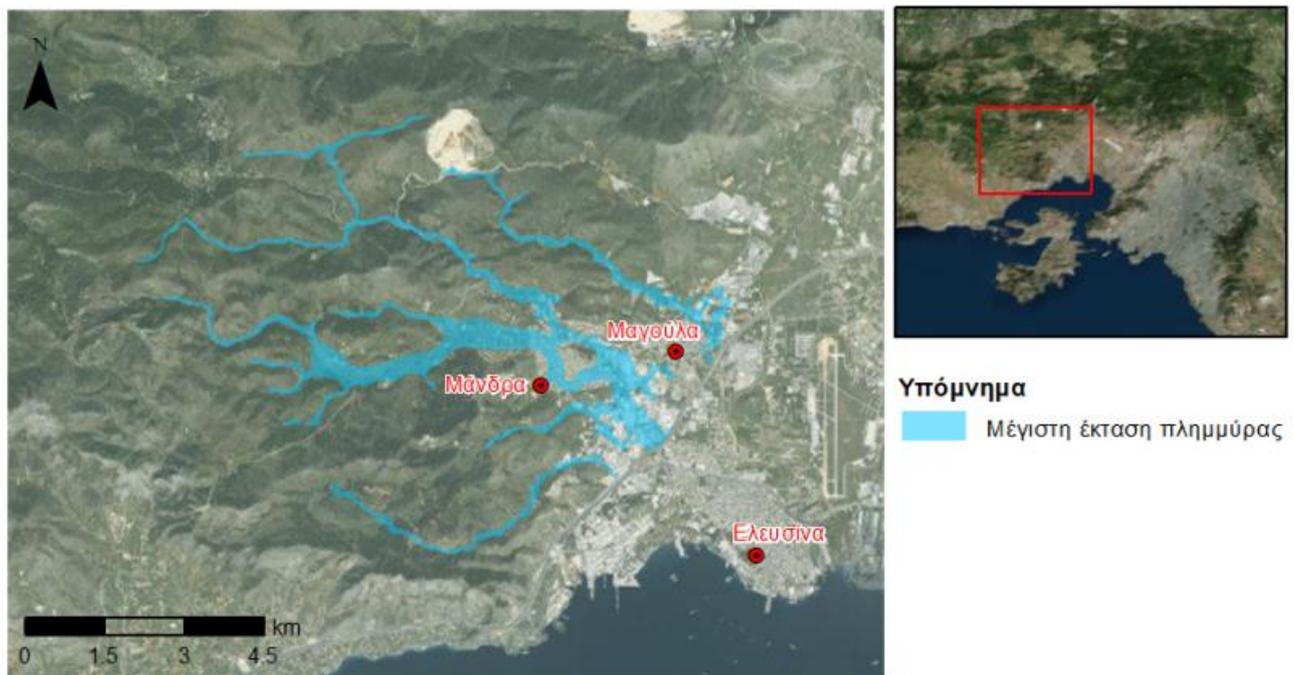
Το **υετόγραμμα σχεδιασμού** διάρκειας βροχόπτωσης 6 h και περιόδου επαναφοράς 1000 έτη, παρουσιάζεται στην ακόλουθη **Εικόνα 30** (κατανομή ενεργού βροχόπτωσης ως προς τον χρόνο - το αθροιστικό ύψος βροχής είναι 196 mm).



*Εικόνα 30. Υετογράφημα ενεργού βροχόπτωσης διάρκειας 6h και περιόδου επαναφοράς 1000 έτη για την υπό μελέτη λεκάνη απορροής.*

Με το παραπάνω σενάριο βροχής και τις προαναφερόμενες παραδοχές (d=6h, T=1000 έτη και CN=50), χρησιμοποιώντας το ψηφιακό μοντέλο εδάφους EU-DEM (όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 8.1) και με τιμές συντελεστή τραχύτητας Manning για την επικαιροποιημένη κάλυψη γης (όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο 6), έγινε **προσομοίωση της διδιάστατης ροής στο έδαφος** με χρήση του **λογισμικού HEC-RAS (έκδοση 5.0.1)**<sup>26</sup>, υπό την θεώρηση **μη μόνιμης ροής και ομοιόμορφης κατακρήμνισης** στη λεκάνη απορροής, ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων.

Το αποτέλεσμα του μοντέλου αυτού επηρεάζεται προφανώς από το επίπεδο ακρίβειας των δεδομένων εισόδου (βροχόπτωση, ψηφιακό μοντέλο εδάφους, κάλυψη γης, κ.τ.λ.) και υπόκειται σε μια σειρά παραδοχών, που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης, ωστόσο παρέχει μια πρώτη εικόνα της **μέγιστης πλημμυρικής κατάκλυσης (Εικόνα 31, Εικόνα 32)**, η οποία φαίνεται να **προσεγγίζει ικανοποιητικά την χαρτογραφημένη έκταση της πλημμύρας**, όπως αυτή προέκυψε με χρήση δορυφορικής τηλεπισκόπησης, και επιπλέον απεικονίζει πλημμυρισμένες ζώνες στις κοίτες των ρεμάτων ανάντη (Εικόνα 4).



Εικόνα 31. Μέγιστη έκταση πλημμύρας για το προσομοιωμένο σενάριο στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος ως την Αττική Οδό, με υπόβαθρο δορυφορική εικόνα.



Εικόνα 32. Μέγιστη έκταση πλημμύρας για το προσομοιωμένο σενάριο στη Μάνδρα, με υπόβαθρο ψηφιακό μοντέλο εδάφους.

Η ακριβέστερη προσομοίωση του γεγονότος της πλημμύρας θα απαιτούσε την κατάρτιση ενός υδραυλικού μοντέλου με δεδομένα τα γεωμετρικά στοιχεία της περιοχής μελέτης (χάραξη της κοίτης και των όχθων, πλευρικά αναχώματα, διατομές σε χαρακτηριστικά σημεία, καθορισμός του συντελεστή τραχύτητας Manning κατά μήκος της κοίτης, γέφυρες και λοιπά τεχνικά έργα, αστοχίες, εμπόδια, φερτά κ.τ.λ.) και τα υδρολογικά δεδομένα, ώστε να καθοριστούν οι πλημμυρικές ροές σε επίπεδο υπολεκανών και να γίνει η διόδευση των παροχών στο αποστραγγιστικό δίκτυο.

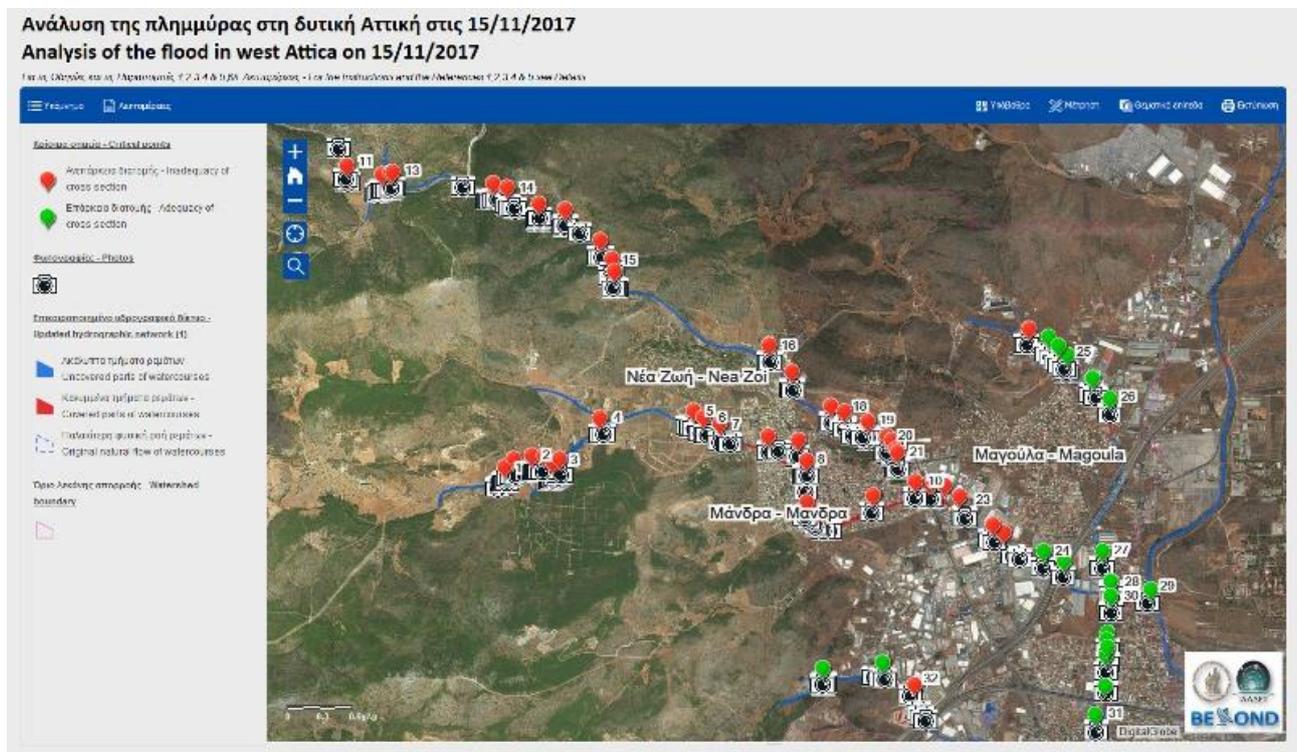
## 9) Κρίσιμα σημεία και προτεινόμενα μέτρα

Μια σειρά **κρίσιμων σημείων** εντοπίστηκαν κατά την αυτοψία στην περιοχή ενδιαφέροντος, που αφορούν τόσο περιπτώσεις **ανεπάρκειας** όσο και περιπτώσεις **επάρκειας** της διατομής των ρεμάτων και των τεχνικών έργων, όπου αυτά υπήρχαν.

Στις περιπτώσεις ανεπάρκειας προτείνονται **κατάλληλα μέτρα αποκατάστασης και πρόληψης μελλοντικών αστοχιών και καταστροφών**.

Το σύνολο των **66 κρίσιμων σημείων** που εξετάστηκαν, των **287 φωτογραφιών** που λήφθηκαν, και των **προτεινόμενων μέτρων** που διατυπώνονται είναι διαθέσιμο στην **διαδραστική διαδικτυακή εφαρμογή**.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ενδεικτικά 32 χαρακτηριστικά κρίσιμα σημεία (με αρίθμηση στην **Εικόνα 33** και στο κείμενο παρακάτω). Για κάθε κρίσιμο σημείο περιγράφεται η κατάσταση, προτείνεται μέτρο (αν διαπιστώθηκε αστοχία), και δίνεται μια φωτογραφία (με τις συντεταγμένες της τοποθεσίας και με δυνατότητα μεγέθυνσης κάνοντας Ctrl+κλικ πάνω στην φωτογραφία).



Εικόνα 33. Κρίσιμα σημεία, συνοδευόμενα από φωτογραφίες.

## Ρέμα Αγίας Αικατερίνης / Κασημίδα

<p><b>1</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή μη διευθετημένου υδατορεύματος με δρόμο. Υπερχείλιση και καταστροφή δρόμου και περίφραξης.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη κατασκευής κλειστού υδραυλικού έργου (π.χ. οχετού) για την παροχέτευση του υδατορεύματος κάτω από τον δρόμο.</p>	 <p>Ανάτη Μάνδρας στα δυτικά, προέκταση οδού Αγίας Αικατερίνης Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,464959 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,073667</p>
<p><b>2</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Κτίσματα και δρόμος εντός μη διευθετημένου υδατορεύματος. Υπερχείλιση και καταστροφή δρόμου, κτισμάτων και περίφραξης.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη ευρείας διευθέτησης υδατορεύματος (π.χ. διαμόρφωση κοίτης και κατασκευή υδραυλικών έργων οδοποιίας).</p>	 <p>Ανάτη Μάνδρας στα δυτικά, παράλληλα με προέκταση οδού Αγίας Αικατερίνης Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,467852 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,074714</p>
<p><b>3</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Κτίσμα εντός συμβολής μη διευθετημένων υδατορευμάτων. Υπερχείλιση και καταστροφή τοίχων περίφραξης.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη ευρείας διευθέτησης υδατορευμάτων (π.χ. διαμόρφωση κοίτης).</p>	 <p>Ανάτη Μάνδρας στα δυτικά, προέκταση οδού Αγίας Αικατερίνης Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,470768 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,074339</p>

<p><b>4</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή μη διευθετημένου υδατορεύματος με δρόμο. Υπερχείλιση και καταστροφή δρόμου.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη κατασκευής τεχνικού έργου (π.χ. γέφυρας) για την παροχέτευση του υδατορεύματος κάτω από τον δρόμο.</p>	 <p>Ανάνη Μάνδρας στα δυτικά, συμβολή με προέκταση οδού Αγίας Αικατερίνης</p> <p>Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,475293 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,077826</p>
<p><b>5</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή μη διευθετημένου υδατορεύματος με δρόμο. Υπερχείλιση και καταστροφή δρόμου και κτισμάτων.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη ευρείας διευθέτησης υδατορεύματος (π.χ. διαμόρφωση κοίτης και εκτροπή προς ρέμα Σούρες) και κατασκευής τεχνικού έργου οδοποιίας (π.χ. γέφυρας).</p>	 <p>Ανάνη Μάνδρας στα δυτικά, συμβολή με οδό Αγίας Αικατερίνης προς Νέα Ζωή</p> <p>Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,485052 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,078366</p>
<p><b>6</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Κτίσματα και δρόμος εντός μη διευθετημένου υδατορεύματος. Υπερχείλιση και καταστροφή κτισμάτων και δρόμου.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη ευρείας διευθέτησης υδατορεύματος από πιο ανάνη (π.χ. διαμόρφωση κοίτης και εκτροπή προς ρέμα Σούρες).</p>	 <p>Ανάνη Μάνδρας στα δυτικά, συμβολή με οδό Αγίας Αικατερίνης προς Νέα Ζωή</p> <p>Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,486280 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,077852</p>

**7**  **Ανεπάρκεια**

**Περιγραφή κατάστασης:**  
Νέα οικιστική επέκταση εντός μη διευθετημένου υδατορεύματος. Υπερχείλιση και καταστροφή δρόμου.

**Προτεινόμενο μέτρο:**  
Ανάγκη ευρείας διευθέτησης υδατορεύματος από πιο ανάντη (π.χ. διαμόρφωση κοίτης και εκτροπή προς ρέμα Σούρες).



Ανάντη Μάνδρας στα δυτικά, οδός Αγίας Αικατερίνης στο ύψος της εκκλησίας Αγίας Αικατερίνης

Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,487741 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,077252

**8**  **Ανεπάρκεια**

**Περιγραφή κατάστασης:**  
Φραγμένος υπόγειος αγωγός ανεπαρκούς διατομής κατά μήκος του δρόμου. Καταστροφή κτισμάτων και δρόμου.

**Προτεινόμενο μέτρο:**  
Ανάγκη κατασκευής υπόγειου αγωγού επαρκούς διατομής κατά μήκος του δρόμου με τακτικό καθαρισμό και συντήρηση.



Μάνδρα, διασταύρωση οδών Κοροπούλη και Ηρακλέους

Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,496699 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,074373

**9**  **Ανεπάρκεια**

**Περιγραφή κατάστασης:**  
Φραγμένος υπόγειος αγωγός ανεπαρκούς διατομής κατά μήκος του δρόμου. Καταστροφή κτισμάτων και δρόμου.

**Προτεινόμενο μέτρο:**  
Ανάγκη κατασκευής υπόγειου αγωγού επαρκούς διατομής κατά μήκος του δρόμου με τακτικό καθαρισμό και συντήρηση.



Μάνδρα, οδός Κοροπούλη, ανάντη στάσης Β. ΜΟΙΡΑ

Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,498657 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,069826

## Ρέμα Σούρες

<p><b>11</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Δρόμος εντός μη διευθετημένου υδατορεύματος. Υπερχείλιση και καταστροφή δρόμου.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη διευθέτησης υδατορεύματος (π.χ. κατασκευή υδραυλικών έργων οδοποιίας).</p>	 <p>Εθνική οδός Ελευσίνας - Θηβών, βορειοδυτικά της Νέας Ζωής, ανάντη της εκκλησίας Αγίου Χαραλάμπου</p> <p>Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,448497 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,099079</p>
<p><b>12</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή υδατορεύματος με δρόμο με κλειστό υδραυλικό έργο. Υπερχείλιση και καταστροφή δρόμου.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη αύξησης της διατομής του κλειστού υδραυλικού έργου (π.χ. διαπλάτυνση, εκβάθυνση) με τακτικό καθαρισμό και συντήρηση.</p>	 <p>Εθνική οδός Ελευσίνας - Θηβών, βορειοδυτικά της Νέας Ζωής, κατάντη της εκκλησίας Αγίου Χαραλάμπου</p> <p>Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,452123 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,098038</p>
<p><b>13</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Κτίσματα εντός συμβολής μη διευθετημένων υδατορευμάτων. Υπερχείλιση και καταστροφή κτισμάτων.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη διευθέτησης υδατορευμάτων (π.χ. διαμόρφωση κοίτης).</p>	 <p>Εθνική οδός Ελευσίνας - Θηβών, βορειοδυτικά της Νέας Ζωής, κατάντη της εκκλησίας Αγίου Χαραλάμπου</p> <p>Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,453404 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,098333</p>

<p><b>14</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή υδατορεύματος με δρόμο με κλειστό υδραυλικό έργο. Υπερχείλιση και καταστροφή δρόμου.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη αύξησης της διατομής του κλειστού υδραυλικού έργου (π.χ. διαπλάτυνση, εκβάθυνση) με τακτικό καθαρισμό και συντήρηση.</p>	 <p>Εθνική οδός Ελευσίνας - Θηβών, βορειοδυτικά της Νέας Ζωής, κατάντη της διασταύρωσης προς λατομεία Χάλυψ</p> <p>Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,465416 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,096964</p>
<p><b>15</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή υδατορεύματος με δρόμο με κλειστό υδραυλικό έργο. Υπερχείλιση και καταστροφή δρόμου.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη αύξησης της διατομής του κλειστού υδραυλικού έργου (π.χ. διαπλάτυνση, εκβάθυνση) με τακτικό καθαρισμό και συντήρηση.</p>	 <p>Εθνική οδός Ελευσίνας - Θηβών, βορειοδυτικά της Νέας Ζωής, κατάντη καντινών</p> <p>Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,476185 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,090958</p>
<p><b>16</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή μη διευθετημένου υδατορεύματος με δρόμο. Υπερχείλιση και καταστροφή δρόμου και περίφραξης.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη διευθέτησης και κατασκευής κλειστού υδραυλικού έργου (π.χ. οχετού ή γέφυρας) για την παροχέτευση του υδατορεύματος κάτω από τον δρόμο με τακτικό καθαρισμό και συντήρηση.</p>	 <p>Εθνική οδός Ελευσίνας - Θηβών, ανατολικά της Νέας Ζωής, πίσω από το βενζινάδικο Cyclon</p> <p>Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,492907 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,083848</p>

<p><b>17</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Κτίσματα εντός μη διευθετημένου υδατορεύματος. Υπερχείλιση και καταστροφή κτισμάτων.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη ευρείας διευθέτησης υδατορεύματος, ειδικά αν εκτραπεί το ρέμα Αγίας Αικατερίνης σε αυτό.</p>	 <p>Εθνική οδός Ελευσίνας - Θηβών, Δ. Βακόντιος ΑΕΒΕ Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,499420 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,078832</p>
<p><b>18</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Κτίσματα και συμβολή μη διευθετημένου υδατορεύματος με δρόμο με κλειστό υδραυλικό έργο. Υπερχείλιση και καταστροφή κτισμάτων.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη ευρείας διευθέτησης υδατορεύματος, ειδικά αν εκτραπεί το ρέμα Αγίας Αικατερίνης σε αυτό.</p>	 <p>Εθνική οδός Ελευσίνας - Θηβών, Εργοτάξιο Δήμου Μάνδρας Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,500396 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,078744</p>
<p><b>19</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή μη διευθετημένου υδατορεύματος με δρόμο με κλειστό υδραυλικό έργο. Υπερχείλιση και καταστροφή δρόμου και περίφραξης.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη ευρείας διευθέτησης υδατορεύματος, ειδικά αν εκτραπεί το ρέμα Αγίας Αικατερίνης σε αυτό.</p>	 <p>Εθνική οδός Ελευσίνας - Θηβών, ΜΕΤΡΟ Κέντρο Διανομής Μάνδρας Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,503194 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,077624</p>

<p><b>20</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή μη διευθετημένου υδατορεύματος με δρόμο. Υπερχείλιση και καταστροφή δρόμου και περίφραξης.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη ευρείας διευθέτησης υδατορεύματος, ειδικά αν εκτραπεί το ρέμα Αγίας Αικατερίνης σε αυτό.</p>	 <p>Εθνική οδός Ελευσίνας - Θηβών, πίσω από το Νεκροταφείο Μάνδρας Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,505168 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,076322</p>
<p><b>21</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Κτίσματα εντός μη διευθετημένου υδατορεύματος. Υπερχείλιση και καταστροφή τοίχων περίφραξης.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη ευρείας διευθέτησης υδατορεύματος, ειδικά αν εκτραπεί το ρέμα Αγίας Αικατερίνης σε αυτό.</p>	 <p>Γέφυρα οδού Δούκα, προς Αστυνομικό Τμήμα Μάνδρας Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,506393 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,074961</p>

### Συμβολή ρέματος Αγίας Αικατερίνης / Κασημίδα και ρέματος Σούρες

<p><b>10</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή υδατορευμάτων. Φραγμένος υπόγειος αγωγός οδού Κοροπούλη. Υπερχείλιση υδραυλικού έργου.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη ευρείας διευθέτησης υδατορεύματος, ειδικά αν εκτραπεί το ρέμα Αγίας Αικατερίνης σε αυτό.</p>	 <p>Είσοδος Μάνδρας, διασταύρωση οδών Κοροπούλη και Ρόκκα Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,508236 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,072539</p>
---	---

<p><b>22</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή υδατορεύματος με δρόμο με κλειστό υδραυλικό έργο. Υπερχειλίση υδραυλικού έργου.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη ευρείας διευθέτησης υδατορεύματος, ειδικά αν εκτραπεί το ρέμα Αγίας Αικατερίνης σε αυτό.</p>	 <p>Εθνική οδός Ελευσίνας - Θηβών, διασταύρωση με οδό Κοροπούλη Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,509610 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,072417</p>
<p><b>23</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Διευθετημένο υδατόρευμα. Υπερχειλίση και καταστροφή περίφραξης.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη μελέτης της επάρκειας της διατομής του υδραυλικού έργου, ειδικά αν ειδικά αν εκτραπεί το ρέμα Αγίας Αικατερίνης σε αυτό.</p>	 <p>Δίδυμο ανοιχτό κανάλι κατάντη DHL Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,513289 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,071022</p>
<p><b>24</b>  <b>Επάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή διευθετημένου υδατορεύματος με δρόμο. Επάρκεια διατομής.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη μελέτης της επάρκειας της διατομής του υδραυλικού έργου, ειδικά αν εκτραπεί το ρέμα Αγίας Αικατερίνης σε αυτό.</p>	 <p>Δίδυμο ανοιχτό κανάλι ανάντη Αττικής Οδού Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,521632 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,066755</p>

## Ρέμα Μικρό Αικατερίνη

### 25 Επάρκεια

**Περιγραφή κατάστασης:**  
Συμβολή μη  
διευθετημένου  
υδατορεύματος με  
δρόμο με κλειστό  
υδραυλικό έργο.  
Επάρκεια διατομής.

**Προτεινόμενο μέτρο:**

-



Μαγούλα, διασταύρωση οδών Αγίας Ειρήνης και Δαυίδ Αμαρίλιο  
Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,523841 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,083298

### 26 Επάρκεια

**Περιγραφή κατάστασης:**  
Εγκιβωτισμός  
υδατορεύματος σε  
οχετό. Επάρκεια  
διατομής.

**Προτεινόμενο μέτρο:**

-



Μαγούλα, ανάντη της Αττικής Οδού στο ύψος της οδού 25<sup>ης</sup> Μαρτίου  
Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,528557 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,079600

### 27 Επάρκεια

**Περιγραφή κατάστασης:**  
Διευθετημένο  
υδατόρευμα. Επάρκεια  
διατομής.

**Προτεινόμενο μέτρο:**

-



Ελευσίνα, κανάντη της Αττικής Οδού στο ύψος της BIBEXΡΩΜ  
Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,527826 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,066792

## Συμβολή ρέματος Σούρες και ρέματος Μικρό Αικατερίνη

<p><b>28</b>  <b>Επάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή διευθετημένων υδατορευμάτων και εκτροπή προς Σαρανταπόταμο. Επάρκεια διατομής (αλλά οριακά).</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη μελέτης της επάρκειας της διατομής του υδραυλικού έργου, ειδικά αν εκτραπεί το ρέμα Αγίας Αικατερίνης σε αυτό.</p>	 <p>Ελευσίνα, οδός Ζαφείρη Καλαθά στο ύψος του Νεφρολογικού Κέντρου Φροντίς Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,528942 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,064143</p>
<p><b>29</b>  <b>Επάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Εκβολή καναλιού εκτροπής στον Σαρανταπόταμο. Επάρκεια διατομής.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη μελέτης της επάρκειας της διατομής του υδραυλικού έργου, ειδικά αν εκτραπεί το ρέμα Αγίας Αικατερίνης σε αυτό.</p>	 <p>Ελευσίνα, Σαρανταπόταμος στο ύψος του πάρκου κυκλοφοριακής αγωγής Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,532645 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,063854</p>

## Ρέμα Ελευσίνας

<p><b>30</b>  <b>Επάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Μη διευθετημένο υδατόρευμα. Επάρκεια διατομής.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> -</p>	 <p>Ελευσίνα, διασταύρωση οδών Ζαφείρη Καλαθά και Θάνου Τσίγκου Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,528823 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,063032</p>
---	---

<p><b>31</b>  <b>Επάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή υδατορεύματος με δρόμο με κλειστό υδραυλικό έργο. Επάρκεια διατομής.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> -</p>	 <p>Ελευσίνα, διασταύρωση οδών Πλάτωνος και Δημοκρατίας Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,527253 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,053202</p>
---	---

### Ρέμα Λούτσας

<p><b>32</b>  <b>Ανεπάρκεια</b></p> <p><b>Περιγραφή κατάστασης:</b> Συμβολή μη διευθετημένου υδατορεύματος με δρόμο και συνέχεια σε δρόμο. Υπερχείλιση.</p> <p><b>Προτεινόμενο μέτρο:</b> Ανάγκη κατασκευής κλειστού υδραυλικού έργου (π.χ. οχετού) για την παροχέτευση του υδατορεύματος κάτω από τον δρόμο.</p>	 <p>Μάνδρα, διασταύρωση οδών Λούτσας και Κάψαλα, ανάντη συμβολής Αττικής οδού με Ολυμπία οδό Γεωγρ. πλάτος - Lat: 23,507820 / Γεωγρ. μήκος - Long: 38,056100</p>
--	---

## 10) Συμπεράσματα

Από την **αιφνίδια πλημμύρα** που σημειώθηκε στις **15 Νοεμβρίου 2017** μετά από έντονη βροχόπτωση στη δυτική Αττική, με τραγικό απολογισμό **24 νεκρούς** και **ολοσχερή ή μερική καταστροφή πολλών υποδομών και περιουσιακών στοιχείων**, επλήγησαν κυρίως οι περιοχές της **Μάνδρας** και της **Νέας Περάμου**.

- **Συγκεκριμένα πλημμύρισε το μεγαλύτερο τμήμα της αστικής περιοχής της Μάνδρας, βασικά η ζώνη εκατέρωθεν της παλαιότερης φυσικής κοίτης του ρέματος Αγίας Αικατερίνης/Κατσημίδα, πρωτίστως παράλληλα της οδού Κοροπούλη. Επίσης πλημμύρισε ένα πολύ μεγάλο τμήμα της βιομηχανικής περιοχής εκατέρωθεν της Εθνικής Οδού Ελευσίνας-Θηβών, από ανάντη του Εργοταξίου του Δήμου Μάνδρας μέχρι κατάντη της Αττικής οδού. Τέλος πλημμύρισε και μια περιοχή δυτικά της αστικής περιοχής της Μαγούλας. Αντιθέτως, δεν πλημμύρισε γενικά ούτε η Μαγούλα ούτε η Ελευσίνα.**

Οι παραπάνω περιοχές προκύπτουν από την λεπτομερή **χαρτογράφηση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας** με χρήση **δορυφορικής τηλεπισκόπησης** (επεξεργασία εικόνας WorldView-4 πολύ υψηλής ανάλυσης 0,31 m της 21/11/2017), **φωτοερμηνεία**, και αξιοποίηση των στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά την **αυτοψία** στην περιοχή (21-23/11/2017), αλλά και **επιπλέον στοιχείων** που δημοσιεύτηκαν. Επιβεβαιώνονται επίσης από την **προσομοίωση της μέγιστης έκτασης της πλημμύρας** που έγινε με χρήση του λογισμικού HEC-RAS (έκδοση 5.0.1), προσομοιώνοντας δισδιάστατη ροή στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους EU-DEM (ανάλυσης 25 m), θεωρώντας βροχή διάρκειας 6 ωρών και περιόδου επαναφοράς 1000 ετών, λαμβάνοντας υπόψη τις χρήσεις γης, με επικαιροποίηση της Βάσης Δεδομένων του CORINE 2012 σύμφωνα με τις αλλαγές τοπίου, τόσο λόγω της αστικής επέκτασης την τελευταία 20ετία (από ιστορικές αεροφωτογραφίες και δορυφορικά δεδομένα πολύ υψηλής ανάλυσης - εικόνα WorldView-4), όσο και λόγω των καμένων διαχρονικά εκτάσεων την τελευταία 30ετία (από το σύστημα διαχρονικής χαρτογράφησης της υπηρεσίας FireHub). Το αποτέλεσμα του μοντέλου αυτού φαίνεται να προσεγγίζει ικανοποιητικά το αποτέλεσμα της χαρτογράφησης με χρήση δορυφορικής τηλεπισκόπησης, και επιπλέον απεικονίζει πλημμυρισμένες ζώνες στις κοίτες των ρεμάτων ανάντη. Η προσομοίωση επηρεάζεται προφανώς από το επίπεδο ακρίβειας των δεδομένων εισόδου και υπόκειται σε μια σειρά παραδοχών, ωστόσο παρέχει μια πρώτη εικόνα της μέγιστης πλημμυρικής κατάκλυσης, που πλησιάζει εύλογα την πραγματικότητα.

**Κρίσιμοι παράγοντες που συνέβαλαν στην τεράστια καταστροφή** είναι οι **αυθαίρετες ανθρώπινες παρεμβάσεις** εντός της κοίτης των ρεμάτων, η **ανεπάρκεια των υφιστάμενων τεχνικών έργων** (είτε λόγω κατασκευής είτε λόγω μη καθαρισμού / συντήρησης) ή και **πλήρης ανυπαρξία μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας και αποχέτευσης οδοποιίας** σε κάποιες περιοχές, και εν μέρει οι **αλλαγές τοπίου** αφενός λόγω **κάποιων μικρών καμένων εκτάσεων** ανάντη, και κυρίως λόγω των **αστικών επεκτάσεων** όπου η **δόμηση παρεμποδίζει τη ροή των ρεμάτων**.

- **Ενδεικτικά** επισημαίνονται τα εξής **χαρακτηριστικά παραδείγματα**: 1) η αστική περιοχή της Μάνδρας είναι χτισμένη μέσα στη φυσική ροή του ρέματος Αγίας Αικατερίνης/Κατσημίδα χωρίς να υπάρχει διευθέτηση της κοίτης ή οποιαδήποτε αντιπλημμυρικά έργα στην περιοχή αυτή (π.χ. εκτροπή) και με φραγμένο τον υπόγειο αγωγό της οδού Κοροπούλη, 2) η φυσική ροή του ρέματος Σούρες παρεμποδίζεται σε διάφορα σημεία από ιδιωτικές (π.χ. Δ. Βακόντιος ΑΕΒΕ) αλλά και δημοτικές εγκαταστάσεις (εργοτάξιο Δήμου Μάνδρας), 3) υπάρχουν ασφαλτοστρωμένοι δρόμοι στα δυτικά και στα

βόρεια της αστικής περιοχής της Μάνδρας που διασχίζουν τα ρέματα χωρίς καμία διευθέτηση κοίτης ή τεχνικό έργο (π.χ. οχετός, γέφυρα), 4) το μη διευθετημένο ρέμα Λούτσας συνεχίζει ως δρόμος κάτω από την συμβολή Αττικής οδού και Ολυμπίας οδού, νότια της βιομηχανικής περιοχής της Μάνδρας.

Από την άλλη υπάρχει μια **σειρά τεχνικών έργων που λειτούργησαν με επάρκεια και αποσόβησαν περαιτέρω καταστροφή.**

- **Ενδεικτικά** επισημαίνονται τα εξής **χαρακτηριστικά παραδείγματα**: 1) η διευθέτηση του ρέματος Σούρες με δίδυμο ανοιχτό κανάλι ορθογωνικής διατομής από σκυρόδεμα, ανατολικά της Εθνικής Οδού Ελευσίνας-Θηβών, στη βιομηχανική περιοχή, ήταν γενικά επαρκής, 2) τα τεχνικά έργα στην κοίτη του ρέματος Μικρό Αικατερίνη βόρεια και ανατολικά της αστικής περιοχής της Μαγούλας ήταν επαρκή, καθώς και ο εγκιβωτισμός του σε κλειστό οχετό ορθογωνικής διατομής από σκυρόδεμα, ανάντη της Αττικής Οδού, 3) το έργο συμβολής των διευθετημένων ρεμάτων Σούρες και Μικρό Αικατερίνη ήταν επαρκές (αλλά οριακά), 4) η εκτροπή των διευθετημένων ρεμάτων Σούρες και Μικρό Αικατερίνη, μετά την συμβολή τους, μέσω κλειστού τεχνικού έργου ορθογωνικής διατομής από σκυρόδεμα και η εκβολή τους στον Σαρανταπόταμο ήταν επαρκής και αποσόβησε την πλημμύρα της Ελευσίνας.

Όσον αφορά την **αστική επέκταση**, προκύπτει από τις **ιστορικές αεροφωτογραφίες** ότι η αστική επέκταση την τελευταία 20ετία παρεμπόδιζε περαιτέρω τη φυσική ροή στην περίπτωση του ρέματος Σούρες, βόρεια της αστικής περιοχής της Μάνδρας. Ωστόσο η υπάρχουσα δόμηση προ εικοσαετίας παρεμπόδιζε ήδη τη φυσική ροή του ρέματος Αγίας Αικατερίνης/Κατσημίδη, εντός της αστικής περιοχής της Μάνδρας.

Ως προς τις **καμένες διαχρονικά εκτάσεις**, το συνολικό ποσοστό τους ως προς την έκταση της λεκάνης απορροής προκύπτει 34.56% από το **σύστημα διαχρονικής χαρτογράφησης της υπηρεσίας FireHub**. Ωστόσο αυτό οφείλεται ουσιαστικά στην παλαιότερη πυρκαγιά στο όρος Πατέρα, το έτος 1986, με ποσοστό 29.04%, έκταση η οποία έχει πλέον αναδασωθεί. Ομοίως έχει αναδασωθεί η επόμενη μεγαλύτερη καμένη έκταση από την πυρκαγιά ανατολικά της κοινότητας Παλαιοκούντουρα με ποσοστό 3.50% το έτος 1989. Όλες οι άλλες πυρκαγιές μαζί, μετά το 1989 έως και σήμερα, έκαψαν μόλις το 2.02% της λεκάνης απορροής. Συνεπώς **η επιρροή των καμένων διαχρονικά εκτάσεων στην πλημμύρα κρίνεται μικρή.**

Μια σειρά **κρίσιμων σημείων** εντοπίστηκαν κατά την αυτοψία στην περιοχή ενδιαφέροντος, που αφορούν τόσο περιπτώσεις **ανεπάρκειας** όσο και περιπτώσεις **επάρκειας** της διατομής των ρεμάτων και των τεχνικών έργων, όπου αυτά υπήρχαν. Στις περιπτώσεις ανεπάρκειας προτείνονται **κατάλληλα μέτρα αποκατάστασης και πρόληψης μελλοντικών αστοχιών και καταστροφών**. Το σύνολο των **66 κρίσιμων σημείων** που εξετάστηκαν, των **287 φωτογραφιών** που λήφθηκαν, και των **προτεινόμενων μέτρων** που διατυπώνονται είναι διαθέσιμο στην **[διαδραστική διαδικτυακή εφαρμογή](#)**.

Αυτή η υπηρεσία **FloodHub** (<http://beyond-eocenter.eu/index.php/floods/>) του Κέντρου Αριστείας **BEYOND** (<http://beyond-eocenter.eu/>) του Ινστιτούτου Αστρονομίας, Αστροφυσικής, Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, μπορεί να ενεργοποιηθεί:

- ✓ για κάθε πλημμυρικό συμβάν, σε οποιαδήποτε λεκάνη απορροής, ώστε:
  - ✓ αφενός να εκτιμηθεί η **μέγιστη έκταση της πλημμύρας**, τόσο με **χαρτογράφηση με χρήση δορυφορικής τηλεπισκόπησης** (επεξεργασία εικόνας πολύ υψηλής

ανάλυσης και φωτοερμηνεία), όσο και με **προσομοίωση** (με χρήση λογισμικού, επεξεργασία διαθέσιμων μετεωρολογικών στοιχείων και κάποιες παραδοχές),

- ✓ και αφετέρου να εκπονηθεί **λεπτομερέστερη μελέτη της περιοχής ενδιαφέροντος** ώστε να εντοπιστούν οι **κρίσιμοι παράγοντες** που έχουν επιρροή ως προς την πλημμύρα (π.χ. ανθρώπινες παρεμβάσεις, τεχνικά έργα, αλλαγές τοπίου λόγω καμένων εκτάσεων και αστικών επεκτάσεων), και να προταθούν **κατάλληλα μέτρα αποκατάστασης και πρόληψης μελλοντικών αστοχιών και καταστροφών**.
- ✓ **προληπτικά, για διαφορετικά σενάρια βροχόπτωσης, σε οποιαδήποτε λεκάνη απορροής, με επικαιροποιημένα στοιχεία και μια σειρά παραδοχών, ώστε να χρησιμοποιηθεί από τις αρμόδιες αρχές σαν εργαλείο σχεδιασμού και προετοιμασίας αντιμετώπισης του κινδύνου πλημμύρας, ειδικά στις περιοχές που κινδυνεύουν περισσότερο.**

Αντίστοιχες ενεργοποιήσεις του Κέντρου Αριστείας **BEYOND** γίνονται για την αντιμετώπιση των αναγκών της **Υπηρεσίας Διαχείρισης Έκτακτης Ανάγκης Κοπέρνικος** της **Ευρωπαϊκής Επιτροπής σε όλον τον κόσμο**, στα πλαίσια της οποίας έχουν παραχθεί χιλιάδες χάρτες επικινδυνότητας και αποκατάστασης για τις νήσους Αζόρες της Πορτογαλίας ([EMSN018](#)), τις νήσους Μαδέρα και Πόρτο Σάντο της Πορτογαλίας ([EMSN020](#)), την Αυστρία ([EMSN021](#)), τη Βουλγαρία ([EMSN022](#)), την Ελλάδα ([EMSN025](#)), της Καταλονία της Ισπανίας ([EMSN026](#)), την Ουκρανία και την Ρουμανία ([EMSN030](#)), τις νήσους Μαδέρα της Πορτογαλίας ([EMSN031](#)), την Αρίκα της Χιλής, την Τάκνα του Περού και το Μαπούτο της Μοζαμβίκης ([EMSN037](#)), την Κροατία ([EMSN041](#)), την Γερμανία ([EMSN046](#)), τη Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό ([EMSN047](#)), και την Σαρδηνία της Ιταλίας ([EMSN048](#)), για μια σειρά από κινδύνους: πλημμύρες, δασικές πυρκαγιές, σεισμοί, κατολισθήσεις και καταβυθίσεις, εδαφική και παράκτια διάβρωση, ηφαιστειακές εκρήξεις και ροή λάβας, τσουνάμι, καθώς και βιομηχανικά ατυχήματα.

Η διεπιστημονική προσέγγιση με συνδυασμένη αξιοποίηση της δορυφορικής τηλεπισκόπησης και των εξειδικευμένων μοντέλων ανάλυσης δεδομένων και προσομοίωσης των συμβάντων, όπως προσφέρονται μέσω των εθνικών υποδομών και της αριστείας του Κέντρου Αριστείας Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών **BEYOND** του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, αποτελούν χρήσιμες δυνατότητες που βρίσκονται στη διάθεση της πολιτείας ως συνδρομή στις ενέργειες προς όφελος του κοινωνικού συνόλου.

## 11) Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε την εταιρεία **totalView** ([www.totalview.gr](http://www.totalview.gr)) για την ευγενική παραχώρηση της δορυφορικής εικόνας WorldView-4 πολύ υψηλής ανάλυσης 31cm από την πλημμύρα της Δυτικής Αττικής στις 21/11/2017.



## 12) Αναφορές

- <sup>1</sup> Το ArcGIS Online είναι ένα διαδικτυακό περιβάλλον GIS, το οποίο δίνει τη δυνατότητα χρήσης, δημιουργίας και κοινοποίησης χαρτών, σκηνών, εφαρμογών, χωρικών επιπέδων πληροφορίας κ.λ.π.. Εμπεριέχει διαδραστικούς χάρτες που επιτρέπουν στο ευρύ κοινό να εξερευνήσει και να κατανοήσει τα γεωγραφικά δεδομένα που παρέχονται. Ακολούθως, ο χρήστης μπορεί να αλλάξει την αρχική μορφή εμφάνισης του προτύπου, χρησιμοποιώντας τις γλώσσες σήμανσης HyperText Markup Language 5 (HTML5), Cascading Style Sheet (CSS) και JavaScript. Το ArcGIS Online αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα του συστήματος ArcGIS και έτσι είναι δυνατή η επέκταση των δυνατοτήτων των ArcGIS Desktop, ArcGIS Enterprise, ArcGIS Web APIs, και ArcGIS Runtime SDKs.
- <sup>2</sup> Πόρισμα των Επιθεωρητών Δημόσιας Διοίκησης: <https://www.efsyn.gr/arthro/porisma-fotia-gia-tis-fonikes-plimmyres-sti-mandra>.
- <sup>3</sup> ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ: [www.hydroscope.gr/](http://www.hydroscope.gr/)
- <sup>4</sup> Δορυφορική εικόνα WorldView-4: [www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/geoeve-2/](http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/geoeve-2/)
- <sup>5</sup> Υπηρεσία FireHub του Κέντρου Αριστείας BEYOND: [http://ocean.space.noa.gr/diachronic\\_bsm/](http://ocean.space.noa.gr/diachronic_bsm/)
- <sup>6</sup> Corine Land Cover 2012, version 18.5.1, της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2012-raster>
- <sup>7</sup> EU-DEM: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem#tab-metadata>
- <sup>8</sup> Ειδική Γραμματεία Υδάτων: <http://floods.ypeka.gr/index.php/23-ydatika-diamerismata/gr06/240-gr06>
- <sup>9</sup> Dingman, S. L., Physical Hydrology, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1994.
- <sup>10</sup> Giandotti, M., Previsione delle piene e delle magre dei corsi d'acqua, Istituto Poligrafico dello Stato, 8, 107–117, 1934.
- <sup>11</sup> ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ: <http://deucalionproject.itia.ntua.gr/>
- <sup>12</sup> Α. Ευστρατιάδης, Α. Κουκουβίνος, Ε. Μιχαηλίδη, Ε. Γαλιούνα, Κ. Τζούκα, Α. Δ. Κούσης, Ν. Μαμάσης, και Δ. Κουτσογιάννης, Τεχνική έκθεση περιγραφής περιοχικών σχέσεων εκτίμησης χαρακτηριστικών υδρολογικών μεγεθών, ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων, Ανάδοχοι: ΕΤΜΕ: Πέππας & Συν/τες Ε.Ε., Γραφείο Μαχαίρα, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 146 σελίδες, Σεπτέμβριος 2014. ([https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/1495/1/documents/Report\\_3\\_3.pdf](https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/1495/1/documents/Report_3_3.pdf))
- <sup>13</sup> Εδαφολογικός χάρτης της ΕΓΥ για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής: [http://thyamis.itia.ntua.gr/egyfloods/gr06/gr06\\_maps.jpg\\_p01/GR06\\_P01\\_S6\\_soil.jpg](http://thyamis.itia.ntua.gr/egyfloods/gr06/gr06_maps.jpg_p01/GR06_P01_S6_soil.jpg)
- <sup>14</sup> Υδρολιθολογικός χάρτης της ΕΓΥ για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής: [http://thyamis.itia.ntua.gr/egyfloods/gr06/gr06\\_maps.jpg\\_p01/GR06\\_P01\\_S5\\_hydrolithology.jpg](http://thyamis.itia.ntua.gr/egyfloods/gr06/gr06_maps.jpg_p01/GR06_P01_S5_hydrolithology.jpg)
- <sup>15</sup> Κατανομή των αριθμών καμπύλης απορροής CN για μέσες συνθήκες υγρασίας (Τύπου II) της ΕΓΥ για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής: [http://thyamis.itia.ntua.gr/egyfloods/gr06/gr06\\_maps.jpg\\_p04/GR06\\_P04\\_S1\\_CN.jpg](http://thyamis.itia.ntua.gr/egyfloods/gr06/gr06_maps.jpg_p04/GR06_P04_S1_CN.jpg)
- <sup>16</sup> Δελτίο τύπου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στις 20/11/2017: [http://www.noa.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1074:deltio-tyrou-ethnikou-asteroskopeiou-athinon&catid=86:news-eea-greek&lang=el&Itemid=428](http://www.noa.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=1074:deltio-tyrou-ethnikou-asteroskopeiou-athinon&catid=86:news-eea-greek&lang=el&Itemid=428)
- <sup>17</sup> Τεχνική Έκθεση Κατάρτισης Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής για λογαριασμό της ΕΓΥ: [http://thyamis.itia.ntua.gr/egyFloods/gr06/report/%CE%99\\_3\\_P05\\_GR06.pdf](http://thyamis.itia.ntua.gr/egyFloods/gr06/report/%CE%99_3_P05_GR06.pdf)
- <sup>18</sup> Χάρτης Επικινδυνότητας Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής για περίοδο επαναφοράς T=1000 έτη για λογαριασμό της ΕΓΥ: [http://thyamis.itia.ntua.gr/egyFloods/gr06/gr06\\_maps.jpg\\_p05/maxdepth/GR06\\_P05\\_S3\\_MD\\_T1000\\_044\\_00-42150.jpg](http://thyamis.itia.ntua.gr/egyFloods/gr06/gr06_maps.jpg_p05/maxdepth/GR06_P05_S3_MD_T1000_044_00-42150.jpg)
- <sup>19</sup> Κουτσογιάννης, Δ., Ι. Μαρκόνης, Α. Κουκουβίνος, Σ.Μ. Παπαλεξίου, Ν. Μαμάσης, και Π. Δημητριάδης, Υδρολογική μελέτη ισχυρών βροχοπτώσεων στη λεκάνη του Κηφισού, Αθήνα, 2010 (<http://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/970/>)

<sup>20</sup> Τεχνική Έκθεση της μεθοδολογίας κατάρτισης των όμβριων καμπυλών σε επίπεδο χώρας: <http://floods.ypeka.gr/index.php/methodologies-ergaleia/omvries-kampyles>

<sup>21</sup> Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.

<sup>22</sup> Soil Conservation Service (SCS), National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology (NEH-4), U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, 1972.

<sup>23</sup> Κουτσογιάννης, Δ., Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης, Έκδοση 4, 180 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2011.

<sup>24</sup> Μέθοδος της δυσμενέστερης διάταξης (worst profile) U.S. Department of the Interior, 1977, σ. 817, Koutsoyiannis, 1994.

<sup>25</sup> Υδρολογική Μελέτη Λεκάνης Ξηριά Μαγνησίας: [https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/966/1/documents/Xhrias\\_flood\\_final5.pdf](https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/966/1/documents/Xhrias_flood_final5.pdf)

<sup>26</sup> Λογισμικό HEC-RAS (έκδοση 5.0.1), αναπτύχθηκε από το Σώμα Μηχανικού του Αμερικανικού Στρατού (U.S. Army Corps of Engineers): (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/downloads.aspx>)