



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Ποσοτική εκτίμηση της συμβολής των οικολογικών
μεθόδων στη διαχείριση ομβρίων σε αστικές περιοχές –
Διερεύνηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της
απορροής**

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ Ν. ΜΠΑΣΔΕΚΗ

ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΔΠΘ.

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2020

© Αικατερίνη Ν. Μπασδέκη

© Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Η πλήρης αναφορά στο κείμενο αυτό είναι:

Μπασδέκη Ν. Α. (2020). Ποσοτική εκτίμηση της συμβολής των οικολογικών μεθόδων στη διαχείριση ομβρίων σε αστικές περιοχές – Διερεύνηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της απορροής. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

This document may be cited as:

Basdeki N. A. (2020). PhD thesis. School of, Aristotle University of Thessaloniki,

Η έγκριση της παρούσας διατριβής από το Τμήμα του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμών του συγγραφέως με το Ν. 5343/1932, άρθρο 202, παράγραφος 1.

Τριμελής Συμβουλευτική επιτροπή

Κατσιφαράκης Λ. Κωνσταντίνος, Καθηγητής ΑΠΘ (Επιβλέπων)

Βαφειάδης Μάριος, Καθηγητής ΑΠΘ

Θεοδοσίου Νικόλαος , Καθηγητής ΑΠΘ

Εξεταστική Επιτροπή

Νταρακάς Ευθύμιος,
Καθηγητής ΑΠΘ

Τσιχριντζής Βασίλειος,
Καθηγητής ΕΜΠ

Καρπούζος Δημήτριος,
Αναπληρωτής Καθηγητής
ΑΠΘ

Μάλλιος Ζήσης,
Επίκουρος Καθηγητής, ΑΠΘ

"Ψυχήσιν Θάνατος ύδωρ γενέσθαι, ύδατι δε θάνατος γην γενέσθαι, εκ γης δε ύδωρ γίνεται, εξ
ύδατος δε ψυχή."

Ηράκλειτος, 544-484 π.Χ., Ίων φιλόσοφος

Πρόλογος και ευχαριστίες

Η παρούσα διδακτορική διατριβή είχε ως σκοπό να διερευνήσει τη βέλτιστη διαχείριση όμβριων υδάτων σε αστικές περιοχές με τη χρήση οικολογικών μεθόδων, όπως είναι οι κήποι βροχής.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της διδακτορικής μου διατριβής Καθηγητή Κωνσταντίνο Κατσιφαράκη για το ειλικρινές ενδιαφέρον και τη συνεχή καθοδήγησή του τόσο σε όλα τα στάδια της παρούσας διατριβής, όσο και στη γενικότερη ερευνητική μου πορεία. Τον ευχαριστώ βαθιά που πίστεψε σε εμένα και τις δυνατότητές μου και με στήριξε στις δύσκολες περιόδους που αμφιταλαντευόμουν αν θα κατορθώσω να ανταπεξέλθω στις απαιτήσεις αυτής της διατριβής και να φέρω εις πέρας επιτυχώς αυτό το εγχείρημα. Κυρίως τον ευχαριστώ που μου μεταλαμπάδευσε τον τρόπο σκέψης του ως προς την αντιμετώπιση των ερευνητικών ερωτημάτων, συντελώντας με αυτό τον τρόπο στην ωρίμανση της επιστημονικής μου σκέψης και κρίσης.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Νικόλαο Θεοδοσίου, που δέχτηκε με μεγάλη χαρά να συμμετέχει στη Συμβουλευτική Επιτροπή και για την άψογη συνεργασία μας κατά τη διάρκεια αυτών των χρόνων. Τον ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη που δείχνει στο πρόσωπό μου, που με δίδαξε να εργάζομαι συστηματικά και κυρίως ανιδιοτελώς και για τις ευκαιρίες που μου προσέφερε και συνεχίζει να μου προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια. Επίσης, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Καθηγητή Μάριο Βαφειάδη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε όταν συμφώνησε κατευθείαν να γίνει μέλος της Συμβουλευτικής Επιτροπής. Θερμές ευχαριστίες στα μέλη της εξεταστικής μου επιτροπής τον Καθηγητή Ευθύμιο Νταρακά, τον Καθηγητή Βασίλειο Τσιχριντζή, τον Αναπληρωτή Καθηγητή Δημήτριο Καρπούζο καθώς και τον Επίκουρο Καθηγητή Ζήση Μάλλιο, για την κριτική ανάγνωση της διατριβής και τις χρήσιμες υποδείξεις τους στο κείμενο.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ επιπλέον στην υπεύθυνη του εργαστηρίου του Τομέα Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος Δρ. Μαρία Πεταλά καθώς και στον Δρ. Βασίλη Τσιρίδη καθώς και όλη την ομάδα του, που με φιλοξένησαν στο εργαστήριό τους και με έκαναν να νιώθω μέλος της ομάδας τους από την πρώτη στιγμή.

Ευχαριστώ θερμά τον αδερφικό μου φίλο υποψήφιο διδάκτορα Λύσανδρο Κατσιφαράκη, για την υποστήριξη του, την άψογη συνεργασία στα ερευνητικά προγράμματα και τις ευχάριστες στιγμές, καθώς και τη βοήθεια του να πιστέψω σε εμένα. Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον φίλο μου και υποψήφιο διδάκτορα Διαμαντή Καρακατσάνη για την υποστήριξη του, τις κριτικές παρατηρήσεις και τις συμβουλές του καθώς και τον φίλο μου και υποψήφιο διδάκτορα Ηρακλή Νικολέτο για την αστείρευτη διάθεσή του και την άψογη συνεργασία μας. Ευχαριστώ, επίσης, τον Δρ. Ιωάννη Αυγολούπη, τον Δρ. Χρήστο Μακρή και τον Δρ. Ιωάννη Κοντό για την υποστήριξη τους και την άψογη συνεργασία στα ερευνητικά προγράμματα. Ευχαριστώ, ιδιαιτέρως, τη φίλη μου Δρ. Χρυσούλα Ντισλίδου για την καθοδήγησή της, την εξαιρετική συνεργασία που έχουμε όλα αυτά τα χρόνια και τις πολύτιμες συμβουλές της. Επιπλέον, ευχαριστώ τη φίλη μου Ηλιάνα Νικολοπούλου για τις συμβουλές τις και τη θετική της ενέργεια.

Όμως, τα περισσότερα και τα πιο μεγάλα ευχαριστώ ανήκουν στους δικούς μου ανθρώπους, στην οικογένεια μου, οι οποίοι με στηρίζουν ηθικά και υλικά όλα αυτά τα χρόνια. Η παρούσα διδακτορική διατριβή δε θα μπορούσε να έχει πραγματοποιηθεί χωρίς την ουσιαστική βοήθεια του συζύγου μου, Χρήστου, ο οποίος πέρα από την αμέριστη αγάπη του και την τυφλή εμπιστοσύνη που μου έχει δείξει όλα αυτά τα χρόνια, ήταν ο συνοδοιπόρος μου σε όλη τη διάρκεια του διδακτορικού, έτοιμος να συμμετέχει με μεγάλη χαρά σε οποιεσδήποτε ερευνητικές προκλήσεις έχω να αντιμετωπίσω. Στην αδερφή μου, Νέλλη, που ήταν πάντα για μένα η κινητήρια δύναμή μου να πετύχω τους στόχους μου, όποιοι και αν είναι αυτοί. Στη μητέρα μου, Βούλα, που διακριτικά πάντα και με περίσσεια αγάπη μου έδινε θάρρος να συνεχίζω να πιστεύω στα όνειρά μου. Επιπλέον, ευχαριστώ τον πατέρα μου Νίκο, για την ηθική υποστήριξή του στην πραγματοποίηση των στόχων μου όλα αυτά τα χρόνια. Σας ευχαριστώ ιδιαιτέρως. Τέλος, μπορώ να πω ότι ξεκίνησα την παρούσα διδακτορική διατριβή με πολύ ενθουσιασμό γεμάτη περιέργεια να γνωρίσω ένα καινούργιο κόσμο και με μεγάλη θέληση να θέσω ένα λιθαράκι στην εξέλιξη της επιστήμης. Όλα αυτά τα χρόνια ήταν μια γνωριμία με καινούργια πράγματα, μια δοκιμασία και μια διαρκής αναμέτρηση με τις δυνατότητές μου με πολλές θυσίες στην προσωπική μου ζωή, που

εκ των υστέρων δε μετανιώνω ούτε στιγμή. Μπορώ να πω ότι όλη αυτή η διαδικασία συνέβαλλε στο να γνωρίσω καλύτερα τον εαυτό μου, να ξεπεράσω πολλές φορές τα όρια, να θέτω ψηλά τον πήχη και εν τέλει να γίνω πιο δυνατή. Η διατριβή αυτή αποτελεί ένα προσωπικό σημείο αναφοράς.

Θεσσαλονίκη, 30/07/2020

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή.....	13
1.1 Αντικείμενο της διατριβής.....	15
1.2 Διάρθρωση της διατριβής	16
1.3 Πρωτότυπα σημεία της διατριβής και συμβολή στην έρευνα και επιστήμη .	19
1.4 Δημοσιεύσεις σε πρακτικά συνεδρίων και διεθνή επιστημονικά περιοδικά .	20
Κεφάλαιο 2 ^ο :Το νερό	21
2.1 Εισαγωγή.....	21
2.2 Γενικά.....	22
2.2.1 Ο υδρολογικός κύκλος.....	22
2.2.2 Ρύπανση-μόλυνση του νερού.....	23
2.3 Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού	29
2.3.1 Φυσικά χαρακτηριστικά.....	29
2.3.2 Χημικά χαρακτηριστικά.....	31
2.3.3 Όρια και νομοθεσία για πόσιμο νερό.....	39
Κεφάλαιο 3 ^ο :Διαχείριση όμβριων υδάτων.....	41
3.1 Γενικά.....	41
3.2 Κλιματική αλλαγή και όμβρια ύδατα	43
3.3 Μέθοδοι διαχείρισης όμβριων υδάτων	45
3.4 Μέθοδοι οικολογικής διαχείρισης νερού της βροχής	46
3.5 Κήποι βροχής.....	49
3.5.1 Θετική επίδραση των κήπων βροχής	50
3.5.2 Σχεδιασμός κήπου βροχής	53
3.5.3 Επιλογή θέσεων κατασκευής κήπων βροχής	54
3.5.4 Κατασκευή κήπων βροχής.....	58
3.5.5 Κατακράτηση ρύπων σε κήπους βροχής	61

3.5.6 Φυτά για κήπους βροχής.....	63
3.5.7 Συντήρηση κήπων βροχής	68
3.5.8 Κόστος των κήπων βροχής	69
3.5.9 Πλεονεκτήματα των κήπων βροχής.....	69
3.5.10 Κατασκευή δεντροδόχων βιοκατακράτησης στη Θεσσαλονίκη.....	71
<u>Κεφάλαιο 4° Περιοχή έρευνας</u>	<u>72</u>
4.1 Γενικά.....	72
4.2 Περιγραφή περιοχής	73
4.3 Αποχετευτικό δίκτυο – Ιστορική αναδρομή	76
4.4 Παντοροϊκό σύστημα.....	83
4.5 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης (ΕΕΛΘ)	84
4.6 Κεντρικός Αποχετευτικός Αγωγός (ΚΑΑ)	86
Κεφάλαιο 5° : Κριτήρια χωροθέτησης κήπων βροχής.- Παραδείγματα εφαρμογής	88
5.1 Περιοχή Σαράντα Εκκλησιών.....	88
5.1.1 Χωροθέτηση	88
5.1.2 Υπολογισμοί-Αναλύσεις.....	94
5.1.3 Σχεδιασμός και τεχνικά χαρακτηριστικά	101
5.2 Περιοχή Τούμπας.....	103
5.2.1. Υπολογισμοί και αποτελέσματα	106
5.3 Συμπεράσματα από τις δύο εφαρμογές στη Θεσσαλονίκη	111
Κεφάλαιο 6° : Απορροή ομβρίων σε αστικές περιοχές και κήποι βροχής. Υπολογισμοί και παράδειγμα εφαρμογής.....	114
6.1 Γενικά.....	112
6.2 Υπολογισμός της επιφανειακής απορροής των ομβρίων στην περιοχή μελέτης.....	112
6.3 Εφαρμογή Hec-HMS	122
6.4 Εξέταση σεναρίων.	167

6.4.1 Σενάριο 1: Υφιστάμενη κατάσταση-Βουλωμένα φρεάτια.....	167
6.4.2 Σενάριο 2:Λειτουργία όλων των φρεατίων.....	170
6.4.3 Σενάριο 3: Ανακούφιση στους δρόμους μέσω εφαρμογής κήπων βροχής στην περιοχή μελέτης	171
Κεφάλαιο 7ο : Ποιοτικά χαρακτηριστικά της απορροής ομβρίων σε αστικές περιοχές.....	187
7.1Εισαγωγή.....	187
7.2 Δεδομένα μετρήσεων	176
7.3. Παράμετροι ποιότητας και μέθοδοι ανάλυσης	182
7.4 Ανάλυση δειγμάτων	184
7.5 Αποτελέσματα.....	184
7.5.1 Ανάλυση παραμέτρων.....	184
7.6 Επίδραση παραμέτρων ποιότητας.....	192
Κεφάλαιο 8ο : Κοινωνική αποδοχή των κήπων βροχής-Έρευνα με ερωτηματολόγια.....	208
8.1 Εισαγωγή.....	195
8.2 Σχεδιασμός έρευνας	196
8.3 Αποτελέσματα.....	197
8.3.1 Δημογραφικά στοιχεία	197
8.3.2 Προβλήματα κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης	198
8.3.3 Κήποι βροχής και άλλες οικολογικές μέθοδοι: Αντίληψη και συμπεριφορά.....	199
8.4 Εκτίμηση Αποτελεσμάτων.....	201
Κεφάλαιο 9ο : Ανακεφαλαίωση-Προτάσεις	203
9.1 Γενικά.....	203
9.2 Συμπεράσματα	204
9.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	207
Βιβλιογραφία (Ελληνική)	209

Βιβλιογραφία (Αγγλική).....	216
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	229
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	246

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα αποχετευτικά δίκτυα των ομβρίων υδάτων και των οικιακών λυμάτων είναι αναπόσπαστο κομμάτι της αστικής υποδομής. Παρόλα αυτά σήμερα στις αναπτυγμένες χώρες τα δίκτυα αυτά μπορεί να αποτύχουν να προστατέψουν πλήρως όλα τα μέρη των αστικών περιοχών σε περίπτωση έντονων καιρικών φαινομένων. Σε αυτές τις περιπτώσεις το νερό συσσωρεύεται στην επιφάνεια των δρόμων και στα πεζοδρόμια θέτοντας τη ζωή των πεζών, καθώς και την ασφάλεια των οδηγών σε κίνδυνο.

Τέτοιου είδους προβλήματα μπορούν να περιορισθούν με την εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης ομβρίων. Αυτό μπορεί να συνδυάσει αποχετευτικά δίκτυα με σύγχρονες μεθόδους οικολογικής διαχείρισης, όπως είναι οι κήποι βροχής, τα πράσινα δώματα και τα υδροπερατά πεζοδρόμια. Ο συνδυασμός τους μπορεί να επιφέρει καθαρό οικονομικό όφελος, εξαιτίας της μείωσης των δαπανών για επέκταση και συντήρηση των δικτύων αποχέτευσης, καθώς και του περιορισμού του κόστους λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Όλα αυτά έχουν ως στόχο: α) τη μείωση της συνολικής απορροής β) τη μείωση της μέγιστης απορροής γ) την αξιοποίηση του νερού της βροχής σε δευτερεύουσες χρήσεις, όπου δεν απαιτείται νερό καλών ποιοτικών χαρακτηριστικών δ) τη βελτίωση του αστικού περιβάλλοντος, ε) τη βελτίωση της ποιότητας της απορροής και κυρίως τη μείωση της ζημίας ή της όχλησης που δημιουργείται από την ανεπάρκεια του αποχετευτικού δικτύου.

Τα κριτήρια χωροθέτησης των κήπων βροχής, ο σχεδιασμός, η κατασκευή, η συντήρηση το κόστος τους, καθώς και η συνεισφορά τους στη διαχείριση των ομβρίων υδάτων εξετάστηκαν διεξοδικά και παρουσιάστηκαν μέσω δύο παραδειγμάτων εφαρμογής, που αφορούσαν στις περιοχές Σαράντα Εκκλησιές και Τούμπα στη Θεσσαλονίκη. Οι υπολογισμοί έδειξαν ότι το υπάρχον αποχετευτικό δίκτυο είναι ανεπαρκές και η κατασκευή των κήπων βροχής μπορεί να μετριάσει

σημαντικά το πρόβλημα των πλημμυρών που δημιουργείται κατά τη διάρκεια γεγονότων βροχοπτώσης στη Θεσσαλονίκη.

Στη συνέχεια έγινε διερεύνηση της επιφανειακής απορροής ομβρίων στην οδό Εθνικής Αμύνης, στο κέντρο της Θεσσαλονίκης, που παρουσιάζει πολλά προβλήματα κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων. Το οδικό δίκτυο της περιοχής θεωρήθηκε ανάλογο με δίκτυο ανοικτών αγωγών, με κεντρικό υδατόρρευμα την οδό Εθνικής Αμύνης, και η απορροή της βροχής προσομοιώθηκε μέσω του προγράμματος Hec-Hms. Εξετάσθηκαν τρία σενάρια, σε σχέση με τη λειτουργία του αποχετευτικού δικτύου και την πιθανή συμβολή κήπων βροχής: Στο πρώτο σενάριο έγινε η υπόθεση ότι δύο από τα φρεάτια υδροσυλλογής ήταν βουλωμένα, όπως συνέβαινε κατά την επιτόπια εξέταση που έγινε στις 6/3/2020. Στο δεύτερο σενάριο έγινε η υπόθεση ότι λειτουργούν κανονικά όλα τα φρεάτια, ενώ στο τρίτο συνυπολογίστηκε η μείωση της απορροής που θα προέκυπτε από την κατασκευή πέντε κήπων βροχής στην περιοχή της εξεταζόμενης οδού.

Η διερεύνηση της ποιότητας του νερού της απορροής καθώς και η σύνδεσή της με την ποιότητα του υπογείου νερού θεωρήθηκε επιτακτική ανάγκη. Γι' αυτό τον λόγο πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες και μετρήσεις φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων στο νερό της βροχής στο ΑΠΘ και στο κέντρο της Θεσσαλονίκης, καθώς και στα υπόγεια νερά της Πολυτεχνικής Σχολής και της Κεντρικής Βιβλιοθήκης του Α.Π.Θ. Τα δείγματα έδειξαν ότι με την απορροή του νερού της βροχής στο έδαφος, αυτό επιβαρύνεται με έντονο μικροβιολογικό φορτίο.

Η γνώμη των πολιτών για τις οικολογικές μεθόδους διαχείρισης ομβρίων εξετάστηκε με την εφαρμογή ερωτηματολογίου, το οποίο αφορούσε το κεντρικό κομμάτι της Θεσσαλονίκης. Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου έδειξαν ότι: α) το 91% των ερωτηθέντων αναγνωρίζει ότι υπάρχει σοβαρό πρόβλημα κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων μέτριας έντασης, β) οι περισσότεροι από τους ερωτηθέντες (95%) είναι θετικοί για τη χρήση κήπων βροχής και άλλων οικολογικών μεθόδων διαχείρισης, οι οποίες μπορούν να μετριάσουν τα προβλήματα σε δρόμους και πεζοδρόμια σε περιόδους βροχοπτώσης και γ) 76% των ερωτηθέντων δεν είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν κανένα χρηματικό ποσό για την κατασκευή των νέων οικολογικών υποδομών, ώστε να περιορίσουν τον κίνδυνο. Μόνο το 3% προτίθεται να

πληρώσει 1€ περισσότερο στους λογαριασμούς τους στην ΕΥΑΘ Α.Ε, 6% να πληρώσει 5€, 4% να πληρώσει 10€ και 10% να πληρώσει 20€ και παραπάνω.

Συμπερασματικά, καταδείχθηκε η σπουδαιότητα του ρόλου των οικολογικών μεθόδων διαχείρισης ομβρίων υδάτων και ιδίως των κήπων βροχής στον μετριασμό των προβλημάτων που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια γεγονότων βροχόπτωσης και διερευνήθηκαν βασικές πτυχές της εφαρμογής τους.

Λέξεις Κλειδιά: Κήποι βροχής, αστική διαχείριση όμβριων υδάτων, αποχετευτικό σύστημα, προσομοίωση, λεκάνες απορροής, υπόγειο νερό, ποιότητα, ερωτηματολόγιο, υπηρεσίες οικοσυστημάτων

Κεφάλαιο 1^ο : Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της διατριβής

Η παρούσα διδακτορική διατριβή έχει ως σκοπό να διερευνήσει τη βέλτιστη διαχείριση όμβριων υδάτων σε αστικές περιοχές με τη χρήση οικολογικών μεθόδων διαχείρισης, όπως είναι οι κήποι βροχής.

- Εξετάστηκε πρώτα ο σχεδιασμός και η χωροθέτηση των κήπων βροχής, καθώς και κάποιες τεχνικές λεπτομέρειες των κήπων βροχής. Η θετική επίδρασή τους στην διαχείριση των ομβρίων υδάτων παρουσιάστηκε με δύο παραδείγματα εφαρμογής, που αφορούσαν στις περιοχές Σαράντα Εκκλησιές και Τούμπα στη Θεσσαλονίκη. Και στις δύο περιπτώσεις λειτούργησαν συμπληρωματικά με το δίκτυο αποχέτευσης, αφού δρουν ανακουφιστικά σε γεγονότα βροχοπτώσεως μεσαίας εντάσεως.
- Στη συνέχεια στην οδό Εθνικής Αμύνης, στο κέντρο της Θεσσαλονίκης, που παρουσιάζει πολλά προβλήματα κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων, μελετήθηκε η επιφανειακή απορροή ομβρίων. Το οδικό δίκτυο της περιοχής θεωρήθηκε ανάλογο με δίκτυο ανοικτών αγωγών, με κεντρικό υδατόρρευμα την οδό Εθνικής Αμύνης, και η απορροή της βροχής προσομοιώθηκε μέσω του προγράμματος Hec-Hms. Εξετάστηκαν τρία σενάρια, σε σχέση με τη λειτουργία του αποχετευτικού δικτύου και την πιθανή συμβολή κήπων βροχής: Στο πρώτο σενάριο έγινε η υπόθεση ότι δύο από τα φρεάτια υδροσυλλογής ήταν βουλωμένα, όπως συνέβαινε κατά την επιτόπια εξέταση που έγινε τον Μάρτιο του 2020. Στο δεύτερο σενάριο έγινε η υπόθεση ότι λειτουργούν κανονικά όλα τα φρεάτια, ενώ στο τρίτο συνυπολογίστηκε η μείωση της απορροής που θα προέκυπτε από την κατασκευή πέντε κήπων βροχής στην περιοχή της εξεταζόμενης οδού.

- Έγιναν δειγματοληψίες και μετρήσεις φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων στο νερό της βροχής στο ΑΠΘ και στο κέντρο Θεσσαλονίκης, καθώς και σε υπόγεια νερά, που συλλέγονται σε φρεάτια της Πολυτεχνικής Σχολής και της Κεντρικής Βιβλιοθήκης Α.Π.Θ.. Τόσο τα υπόγεια νερά όσο και τα νερά που βγαίνουν από τις υδρορροές πολυκατοικιών βρέθηκαν ιδιαίτερα επιβαρυσμένα σε μικροβιακό φορτίο
- Η γνώμη των πολιτών για τις οικολογικές μεθόδους διαχείρισης ομβρίων εξετάστηκε με την εφαρμογή ερωτηματολογίου, το οποίο αφορούσε το κεντρικό κομμάτι της Θεσσαλονίκης. Με προσωπική συνέντευξη 100 κατοίκων εξετάστηκε η αντίληψη και η συμπεριφορά των κατοίκων στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης, είτε ως πεζοί είτε ως οδηγοί. Εξετάστηκε επίσης αν είναι θετικοί σε έργα οικολογικών μεθόδων διαχείρισης όπως είναι οι κήποι βροχής και αν είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν για την κατασκευή τους.

1.2 Διάρθρωση της διατριβής

Η παρούσα διδακτορική διατριβή περιλαμβάνει εννέα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύεται το αντικείμενο της διδακτορικής διατριβής, έπειτα η διάρθρωση των εννοιών της, στη συνέχεια αναφέρονται τα πρωτότυπα σημεία της διατριβής και τέλος παραθέτονται οι δημοσιεύσεις σε συνέδρια και διεθνή περιοδικά.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η αξία του νερού. Αρχικά γίνεται αναφορά στον υδρολογικό κύκλο, στα επιφανειακά νερά καθώς και στα υπόγεια. Ακολουθούν πληροφορίες για τη ρύπανση και μόλυνση του νερού όπως και για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του, δηλαδή για τα φυσικά, χημικά και θρεπτικά συστατικά. Σημαντική αναφορά γίνεται στα όρια καθώς και στη νομοθεσία του πόσιμου νερού.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια ανασκόπηση της διαχείρισης ομβρίων υδάτων. Στην αρχή γίνεται μια γενική αναφορά και στη συνέχεια μια συσχέτιση της κλιματικής

αλλαγής με τα όμβρια ύδατα. Έπειτα παρουσιάζονται πιο αναλυτικά οι μέθοδοι διαχείρισης ομβρίων και η οικολογική προσέγγισή τους. Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά οι κήποι βροχής. Σε πρώτη φάση αναλύεται η θετική επίδρασή τους, ο σχεδιασμός και η επιλογή των θέσεων κατασκευής τους. Ακολουθεί η διαδικασία κατασκευής των κήπων, η κατακράτηση των ρύπων καθώς και τα κατάλληλα φυτά που επιλέγονται για αυτούς. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος συντήρησής τους, το κόστος κατασκευής τους και πιο αναλυτικά τώρα τα πλεονεκτήματά τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνονται πληροφορίες για την περιοχή έρευνας της διδακτορικής διατριβής. Αρχικά, παραθέτονται κάποια γενικά στοιχεία και έπειτα γίνεται περιγραφή της περιοχής. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στην ιστορική διαδρομή του αποχετευτικού της δικτύου και περιγραφή του παντοροϊκού συστήματος. Επιπρόσθετα, δίνονται πληροφορίες για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης και για τον Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό.

Τα επόμενα τέσσερα κεφάλαια περιλαμβάνουν την κύρια συνεισφορά της διδακτορικής διατριβής, καλύπτοντας τα θέματα της χωροθέτησης και του σχεδιασμού κήπων βροχής, του υπολογισμού της ποσοτικής συνεισφοράς τους στην ανακούφιση πλημμυρικών φαινομένων, της ποιότητας του νερού της βροχής που απορρέει και της κοινωνικής αποδοχής των οικολογικών μεθόδων διαχείρισης ομβρίων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο εξετάζεται η χωροθέτηση και ο σχεδιασμός κήπων βροχής σε δύο περιοχές τη Θεσσαλονίκη. Η πρώτη είναι τμήμα του συνοικισμού των Σαράντα Εκκλησιών και η δεύτερη βρίσκεται στην Τούμπα. Και στις δύο εφαρμογές παρουσιάζονται η διαδικασία επιλογής των καταλληλότερων θέσεων και ο σχεδιασμός των κήπων βροχής. Επιπλέον παραθέτονται ορισμένοι υπολογισμοί και τεχνικά χαρακτηριστικά. Κοινά συμπεράσματα και για τις δύο εφαρμογές αναφέρονται στο κλείσιμο του κεφαλαίου.

Στο έκτο κεφάλαιο έγινε διερεύνηση της επιφανειακής απορροής ομβρίων στην οδό Εθνικής Αμύνης, στο κέντρο της Θεσσαλονίκης, που παρουσιάζει πολλά προβλήματα κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων. Το οδικό δίκτυο της περιοχής θεωρήθηκε ανάλογο με δίκτυο ανοικτών αγωγών, με κεντρικό υδατόρρευμα την οδό Εθνικής Αμύνης, και

η απορροή της βροχής προσομοιώθηκε μέσω του προγράμματος Hec-Hms. Εξετάσθηκαν τρία σενάρια, σε σχέση με τη λειτουργία του αποχετευτικού δικτύου και την πιθανή συμβολή κήπων βροχής: Στο πρώτο σενάριο έγινε η υπόθεση ότι δύο από τα φρεάτια υδροσυλλογής ήταν βουλωμένα, όπως συνέβαινε κατά την επιτόπια εξέταση που έγινε στις 6/3/2020. Στο δεύτερο σενάριο έγινε η υπόθεση ότι λειτουργούν κανονικά όλα τα φρεάτια, ενώ στο τρίτο συνυπολογίστηκε η μείωση της απορροής που θα προέκυπτε από την κατασκευή πέντε κήπων βροχής στην περιοχή της εξεταζόμενης οδού.

Στο έβδομο κεφάλαιο έγινε σύνδεση της ποιότητας των ομβρίων υδάτων και αυτής των υπογείων νερών, που συγκεντρώνονται σε φρεάτια, μέσω φυσικοχημικών και μικροβιολογικών μετρήσεων. Έπειτα αναλύεται η μεθοδολογία για τις δειγματοληψίες που ακολουθήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάστηκαν τα σημεία δειγματοληψίας, οι παράμετροι ποιότητας και οι μέθοδοι ανάλυσης δειγμάτων. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάστηκαν συγκριτικά τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών με τις παραμέτρους που ξεπερνούσαν τα όρια για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, καθώς και η επίδραση των παραμέτρων ποιότητας.

Το όγδοο κεφάλαιο αφορά τη γνώμη των πολιτών για τις οικολογικές μεθόδους διαχείρισης ομβρίων. Η έρευνα έγινε με την εφαρμογή ερωτηματολογίου, το οποίο αφορούσε το κεντρικό κομμάτι της Θεσσαλονίκης. Μετά από μία σύντομη αναφορά στις έρευνες μέσω ερωτηματολογίων, παρουσιάζεται ο σχεδιασμός της έρευνας και έπειτα τα αποτελέσματα. Πιο αναλυτικά, παρουσιάζονται τα δημογραφικά στοιχεία του δείγματος, τα προβλήματα που εντόπισαν οι συμμετέχοντες κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων, η γνώση και εκτίμησή τους για τους κήπους βροχής και άλλες οικολογικές μεθόδους διαχείρισης ομβρίων και τέλος η προθυμία τους να πληρώσουν για την εφαρμογή τους. Στο τέλος του κεφαλαίου επιχειρείται αποτίμηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Το ένατο κεφάλαιο είναι ο επίλογος της διατριβής, όπου γίνεται μια ανακεφαλαίωση, συνοψίζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν και αναφέρονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

1.3 Πρωτότυπα σημεία της διατριβής και συμβολή στην έρευνα και επιστήμη

Τα πρωτότυπα σημεία της διατριβής και η συμβολή της στην επιστημονική έρευνα της ολοκληρωμένης διαχείρισης των ομβρίων υδάτων σε αστικό ιστό, μπορούν να ταξινομηθούν στα εξής:

- Ανάπτυξη κριτηρίων χωροθέτησης και συμβολή στον σχεδιασμό και τη μελέτη κήπων βροχής, με βάση εφαρμογές σε δύο περιοχές της Θεσσαλονίκης. Οι κήποι βροχής μπορούν να θεωρηθούν ως αναπόσπαστο κομμάτι του συστήματος αποχέτευσης, καθώς δρουν συμπληρωματικά με το αποχετευτικό δίκτυο και το αποφορτίζουν σε περιπτώσεις βροχόπτωσης.
- Συσχέτιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού της βροχής με την ποιότητα του υπογείου νερού. Το νερό της βροχής από τις υδρορροές των πολυκατοικιών, καθώς και τα αβαθή υπόγεια νερά βρέθηκαν με έντονο μικροβιολογικό φορτίο.
- Προσομοίωση οδικού δικτύου αστικής περιοχής με δίκτυο ανοικτών αγωγών και της απορροής της βροχής μέσω του προγράμματος Hec-Hms. Εξέταση σεναρίων σε σχέση με τη λειτουργία του αποχετευτικού δικτύου και την πιθανή συμβολή κήπων βροχής.
- Εκτίμηση της άποψης των πολιτών σχετικά με την οικολογική διαχείριση ομβρίων υδάτων μέσω της χρήσης ερωτηματολογίου με προσωπική συνέντευξη.
- Συμβολή της διατριβής στη συνδυασμένη διαχείριση υδατικών πόρων με τη χρήση οικολογικών μεθόδων διαχείρισης όμβριων υδάτων όπως είναι οι κήποι βροχής.

1.4 Δημοσιεύσεις σε πρακτικά συνεδρίων και διεθνή επιστημονικά περιοδικά

1. **BASDEKI A.**, KATSIFARAKIS. L., KATSIFARAKIS K.L. (2016). “Rain Gardens as integral parts of urban sewage systems-A case study in Thessaloniki, Greece”, *Procedia Engineering*, **162**, pp. 426-432.
2. **BASDEKI A.**, KATSIFARAKIS L., KATSIFARAKIS K.L. (2017). “Design, calculations and performance evaluation of rain gardens in an urban neighborhood of Thessaloniki, Greece”, special issue of the *Desalination and Water Treatment Journal* 99, pp. 4-9
3. KARAKATSANIS D., **BASDEKI A.**, (2018). “Multiobjective optimization rain gardens using Harmony Search Algorithm”, *Protection and Restoration of the Environment XIV*. 3 – 6 July, Thessaloniki.
4. MAYPATZΩΤΗ A., **ΜΠΑΣΔΕΚΗ A.**, ΘΕΟΔΟΣΙΟΥ Ν. (2019). «Οικολογική διαχείριση ομβρίων υδάτων: Εφαρμογή κήπων βροχής στην περιοχή Τούμπα Θεσσαλονίκης». *14^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης*. 16-17 Μαΐου 2019, Βόλος.
5. **BASDEKI A.**, KATSIFARAKIS K.L. (2019). “Urban rain water management- Results of questionnaire research in Thessaloniki, Greece”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 410, Sustainability in the built environment for climate change mitigation: SBE19 Thessaloniki 23–25 October 2019, Thessaloniki, Greece

Κεφάλαιο 2^ο : Το νερό

2.1 Εισαγωγή

Το νερό αποτελεί το πιο πολύτιμο αγαθό γιατί είναι πηγή ζωής στον πλανήτη και καλύπτει το 75% αυτού. Το γλυκό νερό αποτελεί το 3% των συνολικών αποθεμάτων του πλανήτη και από αυτό το 68.7 % ανήκει στους παγετώνες, το 30.1 % είναι το υπόγειο νερό και το υπόλοιπο 1.2% είναι το επιφανειακό, το οποίο κατανέμεται αντιστοίχως σε 87% λίμνες 2% ποτάμια. Παρόλο που ο πλανήτης μας βρέχεται από νερό στο μεγαλύτερο μέρος του, μόνο ένα ελάχιστο μέρος από αυτό το νερό διατίθεται για τις ανάγκες των ανθρώπων, για πόση, πότισμα κ.α.

Τα επιφανειακά νερά είναι απαραίτητα στη δημιουργία οικοσυστημάτων, καθώς έτσι συντελείται η ανάπτυξη των φυτών και των ζώων για την ύπαρξη της ζωής στη γη. Στα επιφανειακά νερά ανήκουν τα ρέματα, οι ποταμοί, οι λίμνες, οι υδάτινοι ταμιευτήρες και οι υδροβιότοποι. Επειδή τα επιφανειακά νερά συχνά αποτελούν τους τελικούς αποδέκτες αυτό τα υποκαθιστά εξαιρετικά ευάλωτα στη ρύπανση και τη μόλυνση.

Κάτω από τη επιφάνεια της γης συναντάμε τα υπόγεια νερά. Η γεωλογία της επιφάνειας του εδάφους καθώς και το κλίμα της περιοχής παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαθεσιμότητά τους. Η συγκράτηση ή η διέλευση του υπογείου νερού καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το πορώδες, τη διαπερατότητα των εδαφών και τους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Στο επίκεντρο της βιώσιμης ανάπτυξης βρίσκεται σίγουρα το νερό και η ύπαρξή του είναι μείζονος σημασίας για την ανάπτυξη τόσο σε οικονομικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο, την ενέργεια, την παραγωγή τροφής αλλά ακόμα και για την ίδια την ανθρώπινη επιβίωση (Glezes, 2000).

Το νερό είναι ο βασικότερος κρίκος που συνδέει τις κοινωνίες και το περιβάλλον και για αυτό τον λόγο αποτελεί τον πυρήνα της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή που επιτελείται. Οι δύο σημαντικοί παράγοντες που θα συμβάλουν καθοριστικά στο

μέλλον στην μείωση των ασθενειών παγκοσμίως και θα καλυτερέψουν τα επίπεδα της υγείας, μόρφωσης και οικονομικής παραγωγικότητας των πληθυσμών είναι το νερό και η υγιεινή (Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος, 2018).

Είναι γεγονός ότι η διαχείρισή του νερού αποτελεί θέμα με ισχυρές γεωπολιτικές, γεωοικονομικές και γεωστρατηγικές προεκτάσεις, αν λάβουμε υπόψη την άνιση κατανομή του στη Γη.

2.2 Γενικά

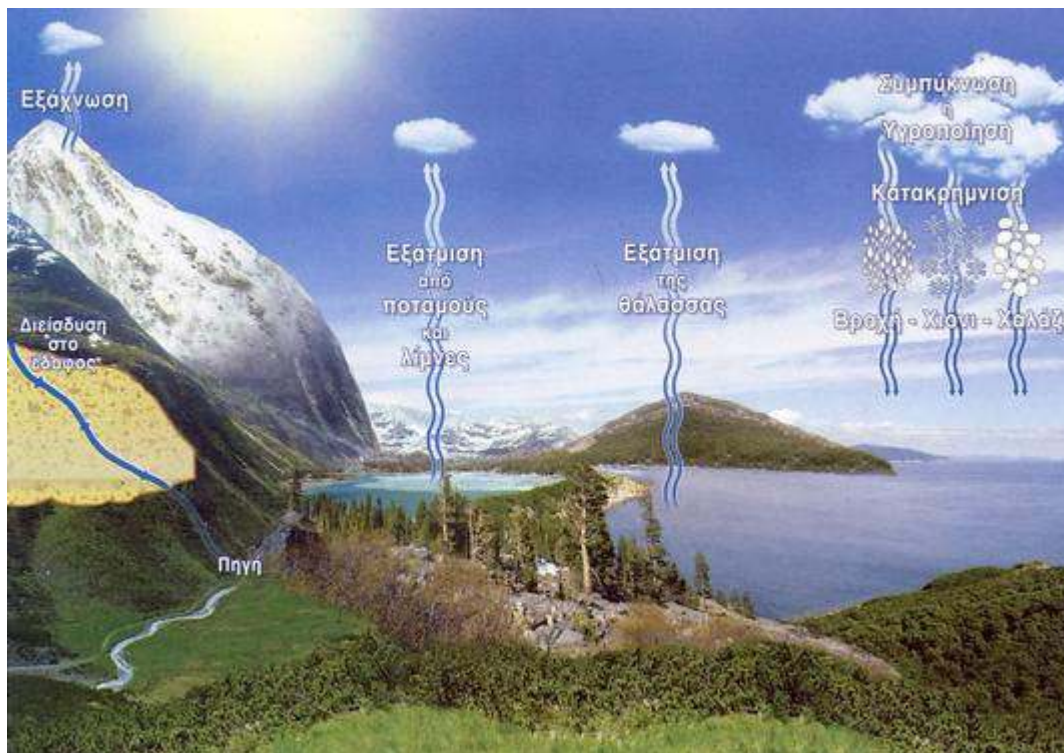
2.2.1 Ο υδρολογικός κύκλος

Ο κύκλος του νερού γνωστός και ως υδρολογικός κύκλος είναι η διαρκής ανακύκλωση του νερού μεταξύ υδρόσφαιρας, ατμόσφαιρας και λιθόσφαιρας. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι η απαιτούμενη ενέργεια για την ολοκλήρωση του κύκλου. Το νερό αλλάζει συνεχώς φάσεις, παίρνοντας υγρή, αέρια και στερεή μορφή.

Η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η πίεση των υδρατμών, η ταχύτητα των ανέμων και η φύση της επιφάνειας εξάτμισης παίζουν σημαντικό ρόλο στην εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια της γης. Ένα δισεκατομμύριο κυβικών μέτρων νερού ανά λεπτό υπολογίζεται ότι εξατμίζεται από τους επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες. Οι υπόγειοι υδροφορείς δημιουργούνται από το νερό των κατακρημνισμάτων μέσω διήθησης του εδάφους και έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν τεράστιες ποσότητες νερού (Θεοδοσίου, 2011).

Από το νερό των κατακρημνίσεων ένα τμήμα προωθείται προς τους επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες όπου εξατμίζεται και πάλι, ώστε να συνεχιστεί ο αέναος κύκλος του νερού (MEDSPA, 1994).

Ο υδρολογικός κύκλος αποτελεί αντικείμενο τόσο της υδρολογίας όσο και της μετεωρολογίας.



Εικόνα 2.2.1: Ο υδρολογικός κύκλος (www.e-class.duth).

2.2.2 Ρύπανση-μόλυνση του νερού

Ρύπανση είναι η επιβάρυνση του νερού με ουσίες που έχουν βλαβερή επίδραση τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ποιότητα ζωής των ανθρώπων. Οι πηγές προέλευσης των ρύπων διακρίνονται σε σημειακές, όπως είναι οι βιομηχανίες ή οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων και μη σημειακές ή διάχυτες (δεν εντοπίζονται σε διακριτή περιοχή μικρής έκτασης) όπως είναι οι δρόμοι, η όξινη βροχή, απορροές από γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες.

Με βάση την Οδηγία-Πλαίσιο (2000/60) της ΕΕ για τα νερά, οι σημαντικότερες κατηγορίες ρύπων του νερού είναι αυτές που αναφέρονται στον Πίνακα 2.2.1, που ακολουθεί:

Πίνακας 2.2.1: Κυριότεροι ρυπαντές του νερού.

Κατηγορία	Αιτία	Περιπτώσεις	Επιπτώσεις
Απόβλητα (μείωση Διαλυμένου Οξυγόνου D.O στο νερό)	Ζωικά, κτηνοτροφικά απόβλητα, Αποχέτευση	Απόρριψη ζωικής κοπριάς που αποικοδομείται από βακτήρια, μη επεξεργασμένα υγρά απόβλητα	Βακτήρια που αναπτύσσονται και απομακρύνουν το διαλυμένο οξυγόνο και καταστρέφουν το υδάτινο οικοσύστημα για παράδειγμα θάνατος ψαριών
Ανόργανες χημικές ουσίες	Απορροές, καθαριστικά οικιακής χρήσης, απόβλητα βιομηχανικών εγκαταστάσεων	Οξέα, τοξικά μέταλλα	Δυσμενείς επιπτώσεις στον άνθρωπο, δηλητηρίαση ψαριών, διαταραχές τροφικής αλυσίδας
Οργανικές χημικές ουσίες	Απορροές, απόβλητα βιομηχανικών εγκαταστάσεων	Πλαστικό- Πετρέλαιο	Εμφάνιση πολλών ειδών καρκίνου, Διαταραχές στο αναπαραγωγικό και νευρικό σύστημα ζωντανών οργανισμών
Λιπάσματα	Απορροές από γεωργικές και κτηνοτροφικές μονάδες	Νιτρικά και φωσφορικά ιόντα που περιέχονται σε υδατοδιαλυτά συστατικά	Θάνατοι ψαριών, μείωση διαλυμένου οξυγόνου, όξυνση φαινομένου του ευτροφισμού
Ιζηματογενής ρύπανση	Διάβρωση του εδάφους	Φερτά υλικά	Μείωση βάθους λιμνών, διαταραχές

			στην τροφική αλυσίδα, Μειωμένη ικανότητα φωτοσύνθεσης
Ραδιενεργές ουσίες	Εργοστάσια παραγωγής πυρηνικής ενέργειας	Ραδόνιο, ουράνιο	Γενετικές ανωμαλίες και μεταλλάξεις, εμφάνιση καρκίνου

Οι αναδυόμενοι ρύποι (emerging pollutants), οι οποίοι αποτελούνται από πολλούς ρύπους όπως είναι για παράδειγμα διάφορα φαρμακευτικά χημικά προϊόντα, ή τα φυτοφάρμακα νέας γενιάς, προκαλούν ιδιαίτερη αναστάτωση στην εποχή μας. Πιο συγκεκριμένα η ρύπανση στα υπόγεια και στα επιφανειακά νερά μπορεί να προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις όχι μόνο στους υδρόβιους οργανισμούς αλλά ακόμα και στον άνθρωπο.

Η παρουσία μικροοργανισμών στο νερό όπως βακτήρια, ιοί, παράσιτα, πρωτόζωα ονομάζεται μόλυνση. Στον Πίνακα 2.2.2 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι πιο συχνόι μικροοργανισμοί που μολύνουν το νερό, καθώς και οι παρενέργειες που προκαλούν στον άνθρωπο. Για να χρησιμοποιήσουμε λοιπόν το νερό και να είναι ασφαλές θα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς. Αυτοί είναι μικροοργανισμοί οι οποίοι προέρχονται από τις εκκρίσεις ζωντανών ασθενών οργανισμών και είναι ικανοί να προκαλέσουν επιδημίες.

Παρακάτω στον Πίνακα 2.2.3 φαίνονται κάποιοι μικροοργανισμοί και ποιες ασθένειες μπορεί να προκαλέσει ο καθένας από αυτούς (Νταρακάς, 2020).

Πίνακας 2.2.2: Μικροοργανισμοί και επιπτώσεις στην υγεία

Μικροοργανισμός	Πηγή μόλυνσης	Επιπτώσεις
Ιοί	Ανθρώπινα λύματα, ζωικά απόβλητα, σηπτικές δεξαμενές. Από εφαρμογή ιλύος στο	Ηπατίτιδα Α. Πολλοί ποικίλοι τύποι εντεροϊών. Ιός της πολιομυελίτιδας

	έδαφος και χρήση οξειδωτικών τάφρων.	κ.α
Διάφορα βακτήρια	Ανθρώπινα λύματα, ζωικά απόβλητα, σηπτικές δεξαμενές.	Γαστρεντερικές παθήσεις όπως η γρίπη. Δυσάρεστες οσμές και γεύση.
Ολικά κολοβακτηριοειδή (Total coliforms) και κολοβακτηρίδια περιττωμάτων (<i>Escherichia coli</i>)	Από λύματα, βόθρους, ζωικά απόβλητα. Από διάφορους οργανισμούς.	Γαστρεντερικά προβλήματα. Κοιλιακές κράμπες, διάρροια και ναυτία.
Giardia	Από ανεπεξέργαστο νερό και μεταδίδεται από επαφή με ζωική ή ανθρώπινη περιττωματική ύλη.	Κοιλιακές κράμπες, ναυτία, διάρροια.
Λεγιονέλλα (<i>Legionella</i>)	Από μολυσμένο αέρα.	Τύπου πνευμονίας συμπτώματα.
Κυανοπράσινα φύκη (Blue green algae)	Από τη φύση, ειδικά σε συνθήκες με χαμηλό φως, υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών και υψηλές θερμοκρασίες.	Διάρροια, εμετό και ναυτία. Απελευθέρωση τοξικών χημικών ουσιών, άσχημες οσμές και διαταραχές στην τροφική αλυσίδα.
Κρυπτοσπορίδιο	Παράσιτο που ζει στο νερό. Μεταδίδεται από άνθρωπο σε άνθρωπο μέσω των αστικών λυμάτων ή μολυσμένης τροφής ή μολυσμένου πόσιμου νερού.	Πυρετό, κοιλιακές κράμπες, ναυτία, διάρροια, απώλεια βάρους.

Πίνακας 2.2.3: Μικροοργανισμοί και οι ασθένειες που μεταδίδονται με το νερό.

Μικροοργανισμός	Τύποι	Ασθένειες
<i>Norovirus and Sapovirus</i> <i>Hepatitis E virus</i>	Ιοί	Οξεία γαστρεντερίτιδα Ηπατίτιδα
<i>Anabaena</i> <i>Aphanizomenon</i> <i>Cylindrospermopsis</i> <i>Microcysts</i>	Μικροφύκη	Διαταραχές Κεντρικού Νευρικού Συστήματος Διαταραχές Κεντρικού Νευρικού Συστήματος Ηπατικές διαταραχές Ηπατικές διαταραχές
<i>Cryptosporidium parvum</i> <i>Cyclospora</i> <i>Toxoplasma gondii</i>	Πρωτόζωα	Οξεία εντεροκολίτιδα Οξεία εντεροκολίτιδα Τοξοπλάσμωση
<i>Campylobacter jejunii</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Helicobacter pylori</i> <i>Legionella pneumophila</i> <i>Vibrio cholerae</i> <i>Yersinia enterocolitica</i>	Βακτήρια	Γαστρεντερίτιδα Αιμορραγική κολίτιδα Γαστρικά έλκη Νόσος των Λεγεωνάριων Χολέρα Οξεία διάρροια

Στο νερό εφαρμόζεται η τακτική ανίχνευσης μικροοργανισμών- δεικτών. Μπορούν να προσδιορίσουν ακόμα και την παρουσία λυμάτων στο νερό. Η συγκέντρωσή τους είναι αρκετά μεγάλη σε σχέση με τα παθογόνα βακτήρια, έχουν περίπου ίδιο χρόνο ζωής με αυτά, ανιχνεύονται εύκολα και είναι αβλαβείς.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία για το πόσιμο νερό ελέγχονται οι παρακάτω οργανισμοί- δείκτες:

- 1) Ολικά κολοβακτηρίδια (Total Coliforms, TC)
- 2) Κολοβακτηρίδια περιττωμάτων ή κοπράνων (Fecal Coliforms)
- 3) Στρεπτόκοκκοι κοπράνων (Fecal Streptococci)

- 4) Εντερόκοκκοι (Enterococci)
- 5) Κλωστρίδια αναγωγικών θειωδών αλάτων
- 6) Καταμέτρηση συνολικών βακτηριδίων για το πόσιμο νερό στους 37°C και στους 22°C.

Για να προσδιορίσουμε το είδος της μόλυνσης οι παραπάνω μικροοργανισμοί μας δίνουν σημαντικές πληροφορίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι πηγή των ολικών κολοβακτηριδίων δεν είναι μόνο τα περιττώματα ζώων ή ανθρώπων αλλά μπορεί να προέρχονται από τα φυτά και το χώμα (Νταρακάς, 2020). Για παράδειγμα, η παρουσία έστω και μίας αποικίας 100mL του κολοβακτηριδίου *E.coli* στο νερό δείχνει μόλυνση του νερού και απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή.

Οι μικροοργανισμοί-δείκτες μπορούν να καταμετρηθούν κυρίως με:

- 1)Την ανάπτυξη αποικιών σε ειδικό θρεπτικό υλικό.
- 2)Ανάπτυξη αποικιών μέσω διηθητικών μεμβρανών.
- 3)Μετά από επώαση σε κατάλληλο θρεπτικό υλικό με τη μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου.
- 4)Αύξηση της θολότητας σε θρεπτικό υλικό.

Το θρεπτικό υλικό είναι καθοριστικής σημασίας, καθώς επιτρέπει την ανάπτυξη κάθε φορά συγκεκριμένων μικροοργανισμών.

Η υποβάθμιση των υπογείων νερών είναι ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα. Βασικοί λόγοι είναι η υπεράντληση τους για γεωργική χρήση κυρίως καθώς και η υφαλμύριση των παράκτιων υπογείων υδάτων.

2.3 Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού

2.3.1 Φυσικά χαρακτηριστικά

Στα φυσικά χαρακτηριστικά του νερού ανήκουν η θερμοκρασία, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, οι στερεές ουσίες, η θολότητα, το χρώμα, η γεύση και η οσμή.

Θερμοκρασία

Σε όλες τις βασικές διεργασίες (φυσικές, χημικές, βιολογικές) η θερμοκρασία παίζει πρωτεύοντα ρόλο, επειδή επηρεάζει τον ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών, το διαλυμένο οξυγόνο, το ιξώδες του νερού και των υγρών αποβλήτων καθώς και την ταχύτητα των αντιδράσεων.

Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Είναι η ικανότητα ενός υλικού να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και είναι αντιστρόφως ανάλογη της ηλεκτρικής αντίστασης. Στο νερό είναι η ικανότητα να άγει ηλεκτρικά φορτία. Αυτό οφείλεται στην παρουσία ιόντων, δηλαδή αλάτων, και εξαρτάται από τη θερμοκρασία νερού, τη συγκέντρωση των ιόντων, την ευκινησία και το σθένος των ιόντων. Στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυσικών νερών οι τιμές της αγωγιμότητας είναι ενδεικτικές. Ρύπανση όμως εντοπίζεται όταν έχουμε ξαφνική αύξηση της αγωγιμότητας του νερού. Όταν στο νερό εισέλθουν απόβλητα ή ρύποι αλλάζουν την αγωγιμότητα του νερού (Νταρακάς, 2020). Μονάδα μέτρησης είναι το Siemens/cm ή υποδιαιρέσεις.

Για το πόσιμο νερό με βάση τη νομοθεσία στο ΦΕΚ 3282/19.09.2017 τεύχος Β', το όριο για την αγωγιμότητα είναι μικρότερο από 2500μS/cm στους 20°C. Η αγωγιμότητα στα βιομηχανικά απόβλητα είναι μεγαλύτερη από 10000μS/cm και το νερό του δικτύου ύδρευσης της Θεσσαλονίκης έχει αγωγιμότητα 600μS/cm.

Στερεές ουσίες στο νερό

Στα φυσικά συστατικά του νερού ανήκουν τα ολικά στερεά (TS) και αυτά διακρίνονται σε διαλυμένα (TDS) και αιωρούμενα (TSS) στη μάζα του νερού. Τα

διαλυμένα έχουν μέγεθος μικρότερο από 1.0 nm και τα αιωρούμενα μεγαλύτερο από 1.0 μm. Όταν τα σωματίδια έχουν ειδικό βάρος μικρότερο από το ειδικό βάρος του νερού, ονομάζονται αιωρούμενα στερεά. Η μέτρηση τους γίνεται με τη βοήθεια του βαθμονομημένου κώνου του Imhoff. Αξίζει να σημειωθεί ότι η συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) στο πόσιμο νερό είναι ελάχιστη. Για την ακρίβεια το κύριο αίτιο της θολότητας του νερού είναι τα αιωρούμενα στερεά (TSS). Η αποσάθρωση των πετρωμάτων και οι βιολογικές διεργασίες θεωρούνται ως η κύρια πηγή προέλευσης τους.

Θολότητα

Η ελάττωση της διαφάνειας του νερού εξαιτίας της παρουσίας αιωρούμενων σωματιδίων ονομάζεται θολότητα του νερού. Η θολότητα αυξάνεται όσο περισσότερα αιωρούμενα στερεά υπάρχουν στο νερό. Σημαντικοί λόγοι για την εμφάνιση θολότητας στο νερό είναι η διάβρωση ιζημάτων, η απόρριψη αποβλήτων, το φυτοπλαγκτόν και η ανάπτυξη φυκών.

Χρώμα

Το αποτέλεσμα της απορρόφησης, ανάκλασης και σκέδασης του φωτός σε μία ποσότητα νερού ονομάζεται χρώμα. Το χρώμα του νερού σε έναν τελικό αποδέκτη διαμορφώνεται από το ύψος του νερού, τη διαμόρφωση του πυθμένα κ.α. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άχρωμο. Όταν το νερό έχει χρώμα οφείλεται σε διαλυμένες ουσίες ή αιωρούμενες ουσίες. Για το πόσιμο νερό το ενδεικτικό επίπεδο χρώματος είναι 1.0 mg/L της κλίμακας Pt/Co, η ανώτερη αποδεκτή συγκέντρωση είναι 20 mg/L με βάση το ΦΕΚ 3282/19.09.2017 τεύχος Β'.

Οσμή και γεύση

Η άσχημη γεύση του νερού συνδέεται με ουσίες που προκαλούν δυσάρεστες οσμές. Η πηγή προέλευσής τους είναι δύσκολο να αποσαφηνιστεί, για αυτό κατηγοριοποιούμε τις αιτίες σε φυσικές και ανθρωπογενείς. Οι σημαντικότερες φυσικές αιτίες μπορεί να είναι τα μικροφύκη, τα βακτήρια, η αποικοδόμηση των φυτικών υλικών, το υδρόθειο και το ζωοπλαγκτόν. Ενώ οι σημαντικότερες ανθρωπογενείς αιτίες είναι η

επεξεργασία (απολύμανση) του νερού, οι οργανικές ουσίες και το δίκτυο διανομής του νερού.

2.3.2 Χημικά χαρακτηριστικά

Στα χημικά χαρακτηριστικά του νερού ανήκουν η οξύτητα (pH), η σκληρότητα, η αλκαλικότητα, τα κατιόντα του ασβεστίου (Ca^{2+}), του μαγνησίου (Mg^{2+}), του νατρίου (Na^+), του καλίου (K^+), κάποια ανιόντα όπως είναι τα όξινα ανθρακικά (HCO_3^-), τα χλωριούχα (Cl^-), τα θειικά (SO_4^{2-}), θρεπτικά συστατικά όπως είναι τα άλατα του φωσφόρου (P), τα άλατα του αζώτου (N), του θείου (S), του πυριτίου (Si) κάποια μέταλλα και ιχνοστοιχεία όπως είναι το μαγγάνιο (Mn), ο σίδηρος (Fe), ο χαλκός (Cu), ο ψευδάργυρος (Zn), το χρώμιο (Cr), ο υδράργυρος (Hg), το κάδμιο (Cd) και ο μόλυβδος (Pb) κ.α

Οξύτητα (pH)

pH του νερού ή οξύτητα είναι τα κατιόντα υδροξονίου (H_3O^+) στο νερό και πιο συγκεκριμένα είναι ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των κατιόντων του υδρογόνου όπως φαίνεται παρακάτω:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

Το pH πολλές φορές χρησιμεύει ως δείκτης ρύπανσης, καθώς επηρεάζει πολλές βιολογικές και χημικές αντιδράσεις. Εξαρτάται από την αλατότητα, τη θερμοκρασία, τη συγκέντρωση οξυγόνου, από τα ανιόντα χλωρίου, θείου κ.ά, από τα κατιόντα ασβεστίου, μαγνησίου, από τις συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα, τη φωτοσύνθεση, την αποσύνθεση οργανικών ουσιών καθώς και την αναπνοή. Σύμφωνα με τη νομοθεσία το ενδεικτικό επίπεδο pH για το πόσιμο νερό είναι $6.5 < \text{pH} < 8.5$. Για τα φυσικά νερά το pH κυμαίνεται $4.0 < \text{pH} < 9.0$. Τα όργανα μέτρησης του pH ονομάζονται πεχάμετρα. Για την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού μία από τις πιο πολύτιμες μετρήσεις είναι η μέτρηση του pH.

Αλκαλικότητα

Η ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει τα οξέα ονομάζεται αλκαλικότητα. Η πιο σημαντική πηγή της αλκαλικότητας αλλά και της οξύτητας είναι τα ανθρακικά ιόντα. Αλκαλικές τιμές του pH παρατηρούνται σε περιπτώσεις ρύπανσης των υδάτινων αποδεκτών με αλκαλικές ουσίες, όπως είναι τα αστικά και τα βιομηχανικά απόβλητα, τα απορρυπαντικά, καθώς και σε περιπτώσεις έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας.

Σκληρότητα

Μία παράμετρος που εκφράζει την περιεκτικότητα του νερού σε πολυσθενή κατιόντα κυρίως ασβεστίου (Ca^{2+}) και του μαγνησίου (Mg^{2+}) ονομάζεται σκληρότητα και διακρίνεται σε ολική, προσωρινή και μόνιμη.

Μαλακά αναφέρονται τα νερά με σκληρότητα 0-100 mg/L ισοδύναμο CaCO_3 .

Μέσης σκληρότητας αναφέρονται τα νερά με σκληρότητα 100-200 mg/L ισοδύναμο CaCO_3 .

Σκληρά αναφέρονται τα νερά με σκληρότητα 200-300 mg/L ισοδύναμο CaCO_3 .

Πολύ σκληρά αναφέρονται τα νερά με σκληρότητα μεγαλύτερη από 300 mg/L ισοδύναμο CaCO_3 .

Η σκληρότητα του νερού κυμαίνεται από 10 έως 50 γαλλικούς βαθμούς με βάση τη σχετική νομοθεσία. Στη Θεσσαλονίκη η σκληρότητα του νερού είναι περίπου 20°F (Νταρακάς, 2020).

Κατιόντα

Κάλιο (K^+)

Το κάλιο παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον μεταβολισμό, στη λειτουργία των νεύρων και των μυών. Και ανιχνεύεται σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 10 mg/L. Η έλλειψη του μπορεί να προκαλέσει αδυναμία ή ακόμα και δυσλειτουργία νεφρών.

Νάτριο (Na^+)

Είναι πολύ σημαντικό στοιχείο για τον άνθρωπο. Βρίσκεται στο πόσιμο νερό και σε όλες τις τροφές. Οι συγκεντρώσεις του στη φύση είναι από 1-500 mg/L. Σε συγκέντρωση πάνω από 200 mg/L αλλάζει τη γεύση του νερού. Στον άνθρωπο υψηλές τιμές νατρίου συνδέονται με την υπέρταση. Συχνά παρατηρείται να αλλάζει λόγω των αυξημένων τιμών νατρίου η διαπερατότητα των εδαφών στα μέρη με έντονη αγροτική δραστηριότητα. Σύμφωνα με τη νομοθεσία το ενδεικτικό όριο για πόσιμο νερό είναι 20.0 mg/L.

Ασβέστιο (Ca^{2+})

Το ασβέστιο μαζί με το μαγνήσιο αποτελεί την ολική σκληρότητα του νερού. Στα φυσικά νερά το ασβέστιο εντοπίζεται σε όλα με τη μορφή αλάτων. Στο νερό η συγκέντρωσή του μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 1500 mg/L. Η έλλειψη του στον ανθρώπινο οργανισμό συντελεί στην εμφάνιση οστεοπόρωσης. Για το πόσιμο νερό το όριο είναι 100 mg/L.

Μαγνήσιο (Mg^{2+})

Είναι βασικό στοιχείο για τον ανθρώπινο οργανισμό και βρίσκεται στα συστατικά των φυσικών νερών. Η ολική σκληρότητα προκύπτει από τα άλατα του μαγνησίου και του ασβεστίου. Για το πόσιμο νερό το όριο για το μαγνήσιο είναι 30 mg/L.

Αμμωνιακά (NH_4^+)

Τα αμμωνιακά ιόντα είναι σημαντικός δείκτης ρύπανσης από κοπρανώδεις ουσίες, ενώ η συγκέντρωσή τους στο νερό είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Ελαττώνουν τη διαδικασία της απολύμανσης όταν βρεθούν σε συγκέντρωση πάνω από 0.20 mg/L. Από τη νομοθεσία ΦΕΚ 3282/19.09.2017 τεύχος Β', τα όρια είναι 0.50 mg/L.

Ιόντα

Χλωριούχα (Cl^-)

Τα χλωριούχα ιόντα υπάρχουν στη φύση με τη μορφή αλάτων και είναι πολύτιμα στις κυτταρικές λειτουργίες του ανθρώπου. Πηγή προέλευσής τους είναι κυρίως τα κατάλοιπα λιπασμάτων, η διάβρωση των πετρωμάτων καθώς και η διείσδυση θαλασσινού νερού στους υπόγειους υδροφορείς. Όταν η συγκέντρωσή τους ξεπεράσει τα 150 mg/L τότε ξεκινά η διάβρωση. Για το πόσιμο νερό το όριο είναι 250 mg/L.(ΦΕΚ 892/11.07.2001, Τεύχος Β').

Φθοριούχα (F^-)

Το φθόριο βρίσκεται στα υπόγεια και στα επιφανειακά νερά υπό τη μορφή αλάτων από ηφαιστειογενή πετρώματα. Η παραμετρική τιμή του φθορίου στο πόσιμο νερό είναι 1.5 mg/L σύμφωνα με το ΦΕΚ 3282/19.09.2017, τεύχος Β'.

Θειικά (SO_4^{2-})

Η κύρια πηγή προέλευσής τους είναι το νερό της βροχής καθώς και τα ιζηματογενή πετρώματα. Η υψηλή συγκέντρωσή τους στον οργανισμό μπορεί να προκαλέσει αφυδάτωση και γαστρεντερικό ερεθισμό. Η μεγάλη συγκέντρωσή τους στο νερό οφείλεται στη διάβρωση του συστήματος ύδρευσης η οποία αλλοιώνει τη γεύση του νερού.

Νιτρώδη (NO_2^-) και νιτρικά (NO_3^-)

Τα νιτρώδη και τα νιτρικά υπάρχουν στα φυσικά νερά σύμφωνα με τον κύκλο του νερού στη φύση. Εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης τα συναντάμε και στον αέρα, τα οποία παρασύρονται από το νερό της βροχής με αποτέλεσμα να κατεισδύουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Αυξημένες συγκεντρώσεις τους προέρχονται από την έντονη αγροτική δραστηριότητα και τη χρήση χημικών λιπασμάτων, την κτηνοτροφική δραστηριότητα καθώς και από τα στερεά και υγρά απόβλητα. Η υψηλή συγκέντρωσή τους στο πόσιμο νερό μπορεί να προκαλέσει κυάνωση ή μεθαιμογλοβιναίμια, ακόμα

και καρκίνο του στομάχου. Τα όρια στο πόσιμο νερό των νιτρωδών και των νιτρικών ιόντων είναι 0.5 και 50.0 mg/L (ΦΕΚ 3282/19.09.2017, τεύχος Β').

Θρεπτικά συστατικά

Άζωτο (N)

Το άζωτο συνδέεται με το φαινόμενο του ευτροφισμού. Στα φυσικά νερά οι μέγιστες συγκεντρώσεις κυμαίνονται μεταξύ 10 και 1000 μg/L. Η διάβρωση των εδαφών, η δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου, τα υγρά απόβλητα και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα συντελούν στην ρύπανση των φυσικών νερών με αζωτούχες ενώσεις.

Φώσφορος (P)

Ο φώσφορος είναι ένα από τα βασικά θρεπτικά συστατικά των φυτικών και ζωικών οργανισμών με τη μορφή κυρίως φωσφορικών ιόντων. Έχει μεγάλη σημασία για την αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας σε έναν υδάτινο αποδέκτη. Στο νερό οι ενώσεις του φωσφόρου διακρίνονται σε οργανικές ή ανόργανες. Όπως το άζωτο και ο φώσφορος παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον ευτροφισμό των επιφανειακών νερών. Οι συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου στα φυσικά νερά είναι μεταξύ 10 και 50 μg/L. Η αυξημένη ποσότητα ανόργανου φωσφόρου οφείλεται στα αστικά λύματα και υπάρχει σε πολλά απορρυπαντικά και στα φωσφορικά λιπάσματα.

Πυρίτιο (Si)

Το πυρίτιο χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη του σκελετού στους οργανισμούς. Στα φυσικά νερά εμφανίζεται ως διαλυτό πυριτικό οξύ και ως σωματιδιακό πυρίτιο. Αυξημένες συγκεντρώσεις πυριτίου παρατηρούνται κατά τους χειμερινούς μήνες και στην αρχή της άνοιξης σε ένα υδάτινο σύστημα.

Βαρέα μέταλλα

Μαγγάνιο (Mn)

Το μαγγάνιο βρίσκεται σε ελεύθερη μορφή στη φύση. Στο νερό η χημεία του μαγγανίου είναι αρκετά όμοια με αυτή του σιδήρου. Αυξημένη συγκέντρωσή του σχετίζεται με την ανάπτυξη μικροοργανισμών στα δίκτυα ύδρευσης και έχουν ως αποτέλεσμα θολότητα, οσμή, δυσάρεστη γεύση και καφέ χρώμα στο νερό. Είναι από τα λιγότερο τοξικά στοιχεία για τον άνθρωπο.

Σίδηρος (Fe)

Ο σίδηρος είναι πολύτιμος για όλους τους οργανισμούς. Σχετίζεται με τη μεταφορά ηλεκτρονίων και με τις αλλαγές στην κατάσταση οξείδωσης. Οι υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου μπορεί να προκαλέσουν βλάβες στο κυκλοφορικό σύστημα, στην καρδιά, στους ιστούς, στο ήπαρ και στους πνεύμονες. Επίσης, δημιουργεί προβλήματα στους αγωγούς διανομής νερού εξαιτίας της ανάπτυξης βακτηρίων. Στα υπόγεια νερά ο σίδηρος υπάρχει και προσδίδει μια χαρακτηριστική γεύση ακόμα και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Προέρχεται στο νερό από διαδικασίες, όπως είναι η κροκίδωση ή χημική κατακρήμνιση όπου χρησιμοποιούνται άλατα σιδήρου, καθώς και από τη διάβρωση σωλήνων σιδήρου, όπου αναπτύσσονται βακτήρια και οδηγούν στη μόλυνση του νερού.

Αργίλιο (Al)

Το αργίλιο βρίσκεται άφθονο στη φύση. Χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις παραγωγής πόσιμου νερού σαν κροκιδωτικό. Η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση του είναι 200 µg/L. Συνδέεται με νευροπαθολογικές ασθένειες, όπως είναι για παράδειγμα η νόσος Alzheimer.

Χαλκός (Cu)

Ένα απαραίτητο ιχνοστοιχείο είναι ο χαλκός. Η παρουσία του βοηθά στην απορρόφηση του σιδήρου. Κάποια άλατα του χαλκού χρησιμοποιούνται ως ζιζανιοκτόνα, αναστολείς ανάπτυξης των φυκών και βακτηριοκτόνα. Κάποια ποσότητα του χαλκού μπορεί να απελευθερωθεί στο πόσιμο νερό εξαιτίας της διάβρωσης χάλκινων σωληνώσεων ύδρευσης.

Ψευδάργυρος (Zn)

Βασικό μεταλλικό στοιχείο για τον άνθρωπο και τα ζώα. Στο νερό η ύπαρξη του ψευδαργύρου οφείλεται στη διάβρωση των γαλβανισμένων σωληνώσεων και στα απόβλητα μεταλλείων και επιμεταλλωτηρίων. Όταν η συγκέντρωση του ψευδαργύρου είναι πάνω από 5 mg/L, τότε προσδίδει χρώμα και αλλάζει τη γεύση στο πόσιμο νερό.

Κάδμιο (Cd)

Είναι ένα πολύ τοξικό μέταλλο. Το συναντάμε στα ιζήματα των βυθών και σε αιωρούμενα σωματίδια στα φυσικά νερά. Στο νερό η προέλευση του καδμίου οφείλεται στη διάβρωση των γαλβανισμένων σωλήνων και στα βιομηχανικά απόβλητα. Ρύπανση του νερού δεν υφίσταται όταν η συγκέντρωση του καδμίου είναι μικρότερη από 1 µg/L. Στις επιπτώσεις στον οργανισμό στα οστά αντικαθιστά το ασβέστιο, ενώ προσβάλλει ήπαρ, νεφρά, θυρεοειδή αδένα και σπλήνα.

Χρώμιο (Cr)

Είναι ένα ιχνοστοιχείο βασικό για τον μεταβολισμό των λιπιδίων στους οργανισμούς. Στο νερό το χρώμιο βρίσκεται με τη μορφή του εξασθενούς χρωμίου και είναι τόσο τοξικό που μπορεί να προκαλέσει από δερματίτιδες και αλλεργίες μέχρι και μεταλλάξεις. Ρύπανση των επιφανειακών υδάτων έχουμε όταν το χρώμιο παρασύρεται από τη βροχή και πέφτει στο έδαφος. Στο νερό οι υψηλές συγκεντρώσεις του εξασθενούς χρωμίου οφείλεται στη ρύπανση από βιομηχανικά απόβλητα.

Το χρώμιο (III) και το χρώμιο (VI) συνδυάζονται με άλλα στοιχεία και σχηματίζουν ενώσεις. Το τρισθενές χρώμιο το συναντάμε περισσότερο στο περιβάλλον. Είναι πολύ σημαντικό καθώς συμβάλλει στη διατήρηση των επιπέδων σακχάρου στο αίμα μαζί με την ινσουλίνη. Το εξασθενές χρώμιο έχει σημαντικές χημικές ιδιότητες αλλά προκαλεί άσχημες επιπτώσεις στην υγεία ακόμα και καρκίνο του πνεύμονα. Εύκολα το εξασθενές χρώμιο μετατρέπεται σε τρισθενές με αποτέλεσμα οι ποσότητες που ανιχνεύονται στο περιβάλλον από εξασθενές χρώμιο να οφείλονται στις εκχυλίσσεις από ανθρώπινες δραστηριότητες. Συνήθως οι ενώσεις εξασθενούς χρωμίου είναι υπεύθυνες για τις περισσότερες επιπτώσεις του χρωμίου.

Μόλυβδος (Pd)

Είναι ένα από τα πιο τοξικά μέταλλα. Επιπτώσεις προκαλεί στο ήπαρ, στο αίμα, τον εγκέφαλο, το νευρικό σύστημα και στα νεφρά. Ακόμα μπορεί να προκαλέσει αλλεργίες, βλάβες στους πνεύμονες, δερματίτιδες και καρκινογένεσεις. Πριν πολλά χρόνια διαπιστώθηκαν δηλητηριάσεις από μόλυβδο στο πόσιμο νερό (δηλητήριο με συσσωρευτική δράση) εξαιτίας της διάβρωσης των μολύβδινων υδραυλικών εγκαταστάσεων όπου και απαγορεύτηκαν.

Αρσενικό (As)

Πηγές αρσενικού στο περιβάλλον η ηφαιστειακή δραστηριότητα, καθώς και η αποσύνθεση φυτικής οργανικής ύλης. Στους αποδέκτες καταλήγει από την καύση των ορυκτών καυσίμων, τα μεταλλεία και τα εντομοκτόνα. Ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα είναι η ρύπανση των υπόγειων νερών με αρσενικό. Το αρσενικό είναι ένα πολύ τοξικό και καρκινογόνο στοιχείο. Έχει επιπτώσεις στο δέρμα, στο αναπνευστικό, στο γαστρικό και στο νευρικό σύστημα. Το αρσενικό παρατηρείται σε πολλά φυσικά νερά.

2.3.3 Όρια και νομοθεσία για πόσιμο νερό

Σημαντικό ρόλο παίζουν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τη ρύπανση πόσιμου νερού. Με βάση την ελληνική νομοθεσία ΚΥΑ Υ2/2600/2001 – ΦΕΚ-892 Β’/11-7-01 και την τροποποίηση της το 2017 οι προδιαγραφές πόσιμου νερού ήταν οι παρακάτω:

Πίνακας 2.3.1: Όρια και τιμές ποσίμου νερού.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΌΡΙΑ
pH	>6.5 και < 9.5
Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 °C ($\mu S/cm$)	2500 $\mu S/cm$
Αμμωνιακά (mg/L)	0,50 mg/L
Ολική Σκληρότητα ($^{\circ}d$)	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
Κάλιο (mg/L)	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
Μαγνήσιο(mg/L)	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
Φωσφορικά (mg/L)	5 mg/L
Χλωριόντα (mg/L)	250 mg/L
Νιτρικά (mg/L)	50 mg/L
Νιτρώδη (mg/L)No ₂ -N	0,5 mg/L
Θολότητα (NTU)	Καμία συνήθη αλλαγή
Ολικά αιωρούμενα στερεά(mg/L)	1500 mg/L
Σίδηρος (mg/L)	200 mg/L
Μαγγάνιο (mg/L)	50 mg/L
Χρώμιο (mg/L)	50 mg/L
TOC (mg/L)	Καμία συνήθη αλλαγή
DO (mg/L)	4mg/L

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΌΡΙΑ
Τοξικότητα (% ακινησία)	
Εντερόκοκκοι (CFU/100 mL)	0/100 ml
Ολικά κολοβακτηρίδια (CFU/100mL)	0/100 ml

Κεφάλαιο 3^ο : Διαχείριση ομβρίων υδάτων

3.1 Γενικά

Το φαινόμενο της αστικοποίησης έχει αρνητική επίδραση στους υδατικούς πόρους, με αποτέλεσμα να αυξάνει τον κίνδυνο πλημμύρας και κατ' επέκταση να είναι αναγκαία η θέσπιση ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης των αστικών ομβρίων (Μπλιώνης, 2017).

Είναι γεγονός ότι η αστικοποίηση επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τόσο τον υδρολογικό κύκλο, όσο και το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Οι βασικότερες επιπτώσεις συσχετίζονται με την αύξηση της επιφανειακής απορροής και τη μείωση του χρόνου συγκεντρώσεως (Zwierzchowska, 2019).

Το ποσοστό του νερού που κατεισδύει στο έδαφος, είναι μειωμένο εξαιτίας των αδιαπέραστων επιφανειών από τα αστικά τοπία. Η τραχύτητα του φυσικού περιβάλλοντος σε σχέση με την ομαλότητα των αδιαπέρατων επιφανειών και των σωληνώσεων του δικτύου ομβρίων επιφέρει σημαντική μείωση στον χρόνο συγκέντρωσης (lag time) (Holis, 1975) όπως και ορίζεται "Ο χρόνος συγκέντρωσης μια λεκάνης απορροής προσδιορίζει τη χρονική καθυστέρηση όπου εμφανίζεται η παροχή αιχμής απορροής στην έξοδο της λεκάνης σε σχέση με τον χρόνο έναρξης της βροχόπτωσης στη λεκάνη απορροής" (Βαφειάδης, 2000). Η έντονη αστική ανάπτυξη οδηγεί σε αύξηση των παροχών αιχμής της απορροής (peak discharge) και παράλληλα δημιουργεί και καινούργιες αιχμές καθιστώντας τις πλημμύρες συχνότερες. Ακόμα μία άλλη εξίσου σημαντική επίπτωση είναι η συσσώρευση ρύπων. Αυτοί οι ρύποι προέρχονται κυρίως από τους δρόμους, έλαια και λιπαντικά αυτοκινήτων, από υδρορροές, στέγες και χώρους στάθμευσης. Επιπλέον, αστικά στερεά απόβλητα, λιπάσματα, μπάζα, κολοβακτηρίδια καθώς και αιωρούμενα στερεά προστίθενται στο ολικό οργανικό περιεχόμενο, επιβαρύνοντας σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα της απορροής. Το νερό της βροχής μεταφέροντας τους προαναφερόμενους ρύπους οδηγείται στους τελικούς φυσικούς αποδέκτες (Kechagias, 2001).

Οι αυξημένες συχνότητες εμφάνισης παροχών που ξεπερνούν την κρίσιμη παροχή του υδατορρέυματος (bankfull flow events) έχει σαν αποτέλεσμα τη διάβρωση της κοίτης, την εναπόθεση μεγαλύτερης ποσότητας ιζημάτων καθώς και την υποβάθμιση του βιοτόπου (Center for Watershed Protection, 2003). Οι ανθρώπινες επεμβάσεις σε όλες τις ζώνες των ρεμάτων ενισχύουν ακόμα περισσότερο το φαινόμενο αυτό. Η καταστροφή της παρόχθιας βλάστησης μειώνει στο υδατόρρευμα τα φυσικά στοιχεία που το προστατεύουν απέναντι στις υψηλές ροές, τη διάβρωση και τις υψηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον, το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και η καταστροφή της παρόχθιας βλάστησης αυξάνουν τη θερμοκρασία των αστικών υδατορρευμάτων θέτοντας σε κίνδυνο την βιοποικιλότητά τους. Τέλος, το φαινόμενο της θερμικής νησίδας (urban heat island effect) είναι πολύ έντονο το καλοκαίρι. Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό των πόλεων κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου οφείλεται στην αλλαγή του κλίματος που προκαλεί η αποθήκευση ηλιακής ενέργειας στις αστικές επιφάνειες, όπως είναι τα κτίρια και οι δρόμοι στη διάρκεια της ημέρας. Βασική προϋπόθεση εμφάνισης του φαινομένου αυτού είναι η απουσία πρασίνου στους δημόσιους χώρους, η οποία μειώνει σημαντικά τη θερμοκρασία του αέρα τη νύχτα, μέσω της διαδικασίας της διαπνοής (Ευμορφοπούλου, 1998). Συμπερασματικά, οι κυριότερες επιπτώσεις της θερμικής νησίδας είναι η υποβάθμιση της ποιότητα ζωής των κατοίκων και η επίδραση στην υγεία τους.

Τα αποχετευτικά δίκτυα των όμβριων και οικιακών λυμάτων είναι αναπόσπαστα κομμάτια της αστικής υποδομής. Στόχος είναι το νερό της βροχής να μεταφερθεί γρήγορα και με ασφάλεια στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ), και σε περιπτώσεις έντονης βροχόπτωσης να μεταφερθεί αμέσως στην επιφάνεια των υδάτινων σωμάτων (Tsihrintzis, 2000).

Παρόλα αυτά σήμερα στις αναπτυγμένες χώρες τα δίκτυα αυτά μπορεί να αποτύχουν να προστατέψουν πλήρως όλα τα μέρη των αστικών περιοχών σε περίπτωση έντονων καιρικών φαινομένων. Σε αυτές τις περιπτώσεις το νερό συσσωρεύεται στην επιφάνεια των δρόμων και στα πεζοδρόμια κάνοντας τη χρήση τους από τους πεζούς μια πρόκληση και θέτοντας σε κίνδυνο την ασφάλεια των οδηγών. Ένα πιο άσχημο

σενάριο είναι όταν τα μαγαζιά και τα σπίτια κυρίως τα υπόγεια πλημμυρίσουν θέτοντας έτσι σε κίνδυνο όχι μόνο τις περιουσίες αλλά ακόμα και ανθρώπινες ζωές (Tsihrintzis et al., 1997).

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης των όμβριων υδάτων είναι απαραίτητο και μπορεί να δώσει λύση σε τέτοιου είδους προβλήματα. Αυτό μπορεί να συνδυάσει αποχετευτικά δίκτυα με σύγχρονες μεθόδους οικολογικής διαχείρισης, όπως είναι για παράδειγμα οι κήποι βροχής, τα πράσινα δώματα και τα υδροπερατά πεζοδρόμια. Όλα αυτά έχουν ως στόχο: α) τη μείωση της συνολικής απορροής β) τη μείωση της μέγιστης απορροής γ) τη χρησιμοποίηση του νερού της βροχής σε δευτερεύουσες χρήσεις όπου δεν απαιτείται υψηλής ποιότητας νερό, δ) τη βελτίωση του αστικού περιβάλλοντος, ε) τη βελτίωση της ποιότητας της απορροής και κυρίως τη μείωση της ζημίας ή της όχλησης που δημιουργείται από την ανεπάρκεια του αποχετευτικού δικτύου.

3.2 Κλιματική αλλαγή και όμβρια ύδατα

Στη σημερινή εποχή πολλές πόλεις έχουν αναπτύξει ένα μοντέλο στρατηγικής ανθεκτικότητας. Η στρατηγική ανθεκτικότητας τονίζει τη σημασία των ανοιχτών και πράσινων χώρων στον σύγχρονο αστικό ιστό ο οποίος συχνά βάλλεται από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (City of Thessaloniki, 2017). Τα ρέματα είναι σημαντική βοήθεια για τέτοιου τύπου χώρους. Οι ξαφνικές έντονες μικρής διάρκειας βροχοπτώσεις συχνά έχουν ως αποτέλεσμα την υπερχείλιση των ρεμάτων. Οι κύριες αιτίες είναι η αποτυχία του δικτύου αποχέτευσης να απομακρύνει τα όμβρια ύδατα, με αποτελέσματα το νερό να συσσωρεύεται. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της μη επαρκούς χωρητικότητας του συστήματος λόγω μη σωστού αρχικού σχεδιασμού ή και λειτουργίας, καθώς και της μη επαρκούς συντήρησης της υποδομής (Karpouzou et al., 2013).

Εξαιτίας της έντονης αστικής ανάπτυξης ή και της αλλαγής των χρήσεων γης εκτός του κύριου αστικού κορμού, η κατάσταση στην οποία βρίσκεται η υποδομή μπορεί να επιδεινωθεί (EEA, 2016).

Μία ακόμη αιτία σχετίζεται με την υπερχείλιση κάποιου ρέματος με αποτέλεσμα να πλημμυρίζει μέρος ή το σύνολο της λεκάνης απορροής πριν την έξοδο. Τα νερά της βροχής που απορροφούνται ή επιβραδύνονται προηγουμένως από τις φυτεμένες εκτάσεις απορρέουν επιφανειακά πάνω σε αδιαπέρατη επιφάνεια. Το φαινόμενο γίνεται πιο έντονο σε ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένες περιοχές, όπου ελλοχεύει ο κίνδυνος πλημμυρικών φαινομένων.

Ωστόσο, διαφοροποίηση υφίσταται στις πλημμύρες με βάση την πηγή του νερού απορροής όπως και την ένταση και τη διάρκεια των σχετικών βροχοπτώσεων. Οι πόλεις που βρίσκονται σε ορεινές περιοχές μπορούν να επηρεαστούν από αρκετούς τύπους πλημμυρών, όπως οι πλημμύρες που προκύπτουν από τη ταχεία συσσώρευση απορροών από τις ανάντη περιοχές. Στο αστικό περιβάλλον οι αδιαπέρατες επιφάνειες διαταράσσουν τον φυσικό κύκλο του νερού και αυξάνουν το ρυθμό με τον οποίο το νερό φθάνει στο δίκτυο αποστράγγισης. Αυτό επιφέρει τον κορεσμό του συστήματος και την αύξηση των φαινομένων της πλημμύρας (Welker, 2013).

Τις τελευταίες δεκαετίες οι πλημμύρες έχουν γίνει συχνότερες έτσι ώστε να επηρεάζεται σημαντικά η ποιότητα ζωής στις αστικές περιοχές, καθώς προκαλούνται καταστροφές στις υποδομές και επηρεάζεται και η οικονομική δραστηριότητα (IPPC, 2012).

Οι περισσότερες πόλεις δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά τα προβλήματα διαχείρισης των πλημμυρών. Εξαιτίας της μεταβολής του κλίματος πολλές ευρωπαϊκές πόλεις έρχονται αντιμέτωπες με προκλήσεις όπως είναι η πλημμύρα (Georgiou et al., 2019). Κατά την εκπόνηση νέων αναπτυξιακών σχεδίων και τον καθορισμό της χωρητικότητας των αστικών αποστραγγιστικών συστημάτων θα πρέπει να εξασφαλιστούν οι κατάλληλες έξοδοι απορροής. Αυτό θα βοηθήσει στην καλύτερη ανθεκτικότητα των αστικών κέντρων σε μελλοντική πιθανότητα πλημμύρας, καθώς και στον περιορισμό των οικονομικό κοινωνικών επιπτώσεων (Pyke, 2011).

Όταν τα κτίρια βρίσκονται σε άμεση επαφή με τα ρέματα τότε για να αποφευχθεί ο κίνδυνος πλημμύρας γίνεται επένδυση ενός μέρους της κοίτης με σκυρόδεμα ή μετατρέπονται σε κλειστούς οχετούς. Με αυτόν τον τρόπο λοιπόν ο περιορισμός του

ρέματος επιφέρει προβλήματα στη συντήρησή του και δεν μπορεί να αντιμετωπίσει της μεγάλης έντασης ξαφνικές βροχοπτώσεις (Τσουμαλάκος, 2017).

Για να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά οι πλημμύρες στις πόλεις μία ιδέα είναι η αποκατάσταση των ποταμών και των ρεμάτων μέσα από διαδικασίες σχεδιασμού και εφαρμογής κατάλληλων οικολογικών μεθόδων (McClintock et al., 2015).

3.3 Μέθοδοι διαχείρισης όμβριων υδάτων

Για την αντιμετώπιση των όμβριων υδάτων σε αστικές περιοχές ο κλασικός τρόπος είναι η κατασκευή δικτύου αποχέτευσης για την γρήγορη απομάκρυνσή τους και τη μεταφορά τους σε σταθμό επεξεργασίας, όπως και τα οικιακά λύματα. Έχει παρατηρηθεί όμως όταν η ένταση ή και η διάρκεια της βροχόπτωσης ξεπερνούν κάποιο όριο, τα δίκτυα αποχέτευσης δεν επαρκούν με αποτέλεσμα ένα μέρος των όμβριων υδάτων να απορρέει επιφανειακά ή να λιμνάζει στα οδοστρώματα, να καλύπτει πεζοδρόμια ή ακόμα σε μία πιο άσχημη περίπτωση να πλημμυρίζει χώρους κατοικίας και εργασίας. Αξίζει να σημειωθεί πως ένα μέρος των απορροών που συγκεντρώνονται στους αγωγούς αποχέτευσης διοχετεύεται απευθείας χωρίς καμία επεξεργασία στους τελικούς φυσικούς αποδέκτες όπως είναι στην περιοχή μελέτης μας τη Θεσσαλονίκη να καταλήγουν κατευθείαν στον Θερμαϊκό.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι τα δίκτυα αποχέτευσης δεν υποκαθίστανται από τις σύγχρονες οικολογικές μεθόδους διαχείρισης αλλά δρουν ξεκάθαρα συμπληρωματικά με αυτές. Ο συνδυασμός τους μπορεί να επιφέρει καθαρό οικονομικό όφελος, εξαιτίας της μείωσης των δαπανών για επέκταση και συντήρηση των δικτύων αποχέτευσης καθώς και του περιορισμού του κόστους λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων.

3.4 Μέθοδοι οικολογικής διαχείρισης νερού της βροχής

Στην κατείσδυση και την εξατμισοδιαπνοή καθώς και σε άλλα θετικά αποτελέσματα έναντι της επιφανειακής απορροής μπορούν να συνεισφέρουν ακόμα και αρκετά μικροί χώροι πρασίνου όπως για παράδειγμα είναι τα παρτέρια, αυτοφυής βλάστηση σε ακάλυπτους χώρους, δενδροστοιχίες κ.α (Ando, 2011).

Στις μεθόδους οικολογικής διαχείρισης των νερών της βροχής, που απαιτούν ειδικό σχεδιασμό περιλαμβάνονται κυρίως:

α. Οι κήποι βροχής (rain gardens)



Εικόνα 3.1 : Πρότυπος κήπος βροχής (extension.unh.edu).

β. Οι δενδροδόχοι βιοκατακράτησης (tree box filters)



Εικόνα 3.2: Δενδροδόχοι βιοκατακράτησης (extension.unh.edu).

γ. Τα φυτεμένα δώματα (green roofs) (Michaelides et al., 1985).



Εικόνα 3.3: Φυτεμένα δώματα (brickworks.com.au).

δ. Τα υδροπερατά πεζοδρόμια και οδοστρώματα (permeable pavements and pavers) (Scholz, 2017).



Εικόνα 3.4: Υδροπερατά πεζοδρόμια (brickworks.com.au).

ε. Τα βαρέλια βροχής (rain barrels), οι δεξαμενές και οι στέρνες (cisterns)



Εικόνα 3.5: Βαρέλια βροχής (lid-stormwater.net).

στ. Άλλες μέθοδοι.

Οι παραπάνω κατηγορίες δεν είναι απόλυτες και πολλές φορές μπορούν να εφαρμοστούν συνδυαστικά αλλά και μεμονωμένα.

3.5 Κήποι βροχής

Οι κήποι βροχής είναι η σημαντικότερη μέθοδος οικολογικής διαχείρισης όμβριων υδάτων σε αστικές και περιαστικές περιοχές, η οποία πρώτη φορά μελετήθηκε την δεκαετία του 1990 στις ΗΠΑ. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα τους είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησής τους, η εύκολη προσαρμογή τους σε αστικό χώρο καθώς και η υψηλή τους αισθητική αξία στον χώρο (EPA, 2010).

Οι κήποι βροχής μπορούν να κατασκευασθούν σε διάφορους χώρους, όπως σε προϋπάρχοντες χώρους πρασίνου, περιοχές ρεμάτων, πλατείες, χώρους στάθμευσης, αυλές κατοικιών και ελεύθερους χώρους κτιριακών τετραγώνων, πραύλειους χώρους σχολείων και εκκλησιών κ.α (Λιώλης, 2017).

Κήπος βροχής λοιπόν είναι ένας μικρός βιότοπος που συλλέγει και αποθηκεύει την απορροή του νερού της βροχής μέχρις ότου διεισδύσει στο χώμα. Πιο συγκεκριμένα κατακρατάει το νερό μόνο κατά τη διάρκεια και μετά από γεγονός βροχόπτωσης (Κατσιφαράκης κ.ά., 2013). Ουσιαστικά, έχουμε να κάνουμε με κανονικούς κήπους, οι οποίοι έχουν κάποια επιπρόσθετα χαρακτηριστικά. Με βάση τη λειτουργία τους είναι γνωστοί και ως λεκάνες βιοκατακράτησης αλλά το «Κήποι Βροχής» είναι πιο διαδεδομένο.

Ο σχεδιασμός των κήπων βροχής τους επιτρέπει να συγκρατούν το νερό στο έδαφος, ώστε να το απορροφούν τα φυτά που είναι φυτεμένα σε αυτούς. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να φιλτράρονται διάφορα σωματίδια και ρύποι. Συνεισφέρει επιπλέον, στη βελτίωση της ελκυστικότητας και της αξίας του τοπίου, παρέχοντας εξίσου έναν εξαιρετικό βιότοπο για τα πουλιά, τις πεταλούδες (Li et al, 2017).

Η αποτελεσματικότητα των κήπων βροχής φαίνεται στο ότι απομακρύνουν έως και 90% των θρεπτικών και χημικών ουσιών και μέχρι 80% των ιζημάτων από την απορροή όμβριων υδάτων. Σε σύγκριση με ένα συμβατικό χλοοτάπητα, οι κήποι βροχής επιτρέπουν κατά 30% περισσότερο νερό να απορροφηθεί στο έδαφος. Επίσης μπορούν να αποστραγγίσουν το νερό μέσα σε 12-48 ώρες (Groundwater Foundation, 2013).

Το μέγεθος ενός κήπου βροχής μπορεί να καθοριστεί ανάλογα με τον διαθέσιμο χώρο για την εγκατάστασή του. Μπορεί ακόμα το σχήμα τους να διαφέρει. Γενικά, η μεγαλύτερη διάστασή τους είναι κάθετη στην κλίση της εδάφους, ώστε να συλλέγουν τη μέγιστη ποσότητα βροχόπτωσης (Κατσιφαράκης κ.ά., 2013).

Οι κήποι βροχής συνδυάζουν την αντιπλημμυρική προστασία αστικών περιοχών με την αισθητική τους αναβάθμιση, ενώ παρέχουν σημαντικές υπηρεσίες στο οικοσύστημα ("ecosystems services").

3.5.1 Θετική επίδραση των κήπων βροχής

Η επίδραση των κήπων βροχής στη διαχείριση των υδατικών πόρων, από ποιοτική και ποσοτική άποψη, είναι θετική. Η μείωση της παροχής αιχμής που φθάνει στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ή στους φυσικούς αποδέκτες (π.χ. αστικά υδατορρεύματα), λόγω των βροχοπτώσεων, είναι το κύριο όφελος από ποσοτική άποψη (Katsifarakis et al., 2015).

Το νερό που περνά στο υπέδαφος, μέσω των κήπων βροχής, κινείται με πολύ μικρές ταχύτητες (της τάξης των mm/s ή και μικρότερες), ενώ αυτό που κινείται μέσα στο δίκτυο των υπονόμων ή που απορρέει επιφανειακά έχει μεγάλες ταχύτητες (της τάξης των m/s).

Η αποτροπή της γρήγορης συγκέντρωσης μεγάλων ποσοτήτων νερού στον τελικό αποδέκτη, περιορίζει τον κίνδυνο πλημμύρας. Λόγω της μείωσης της παροχής αιχμής, συμβάλλει επίσης, στην καλύτερη λειτουργία των εγκαταστάσεων καθαρισμού λυμάτων.

Επίσης είναι σημαντική η σύνδεση της ποσότητας με την ποιότητα. Υπάρχει σημαντική επιβάρυνση των νερών της βροχής, με ρύπους από την επιφάνεια πάνω στην οποία κυλούν και από την ατμόσφαιρα. Αν δεν παρεμβληθούν στο σύστημα εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, οι ρύποι αυτοί, καταλήγουν και επιβαρύνουν τους φυσικούς αποδέκτες (ποτάμια, λίμνες, παράκτια νερά).

Αλλά τα δίκτυα αποχέτευσης, ακόμη και όταν υπάρχουν τέτοιες εγκαταστάσεις, υπερχειλίζουν στους φυσικούς αποδέκτες αν η ένταση της βροχής και της παροχής που συγκεντρώνεται, ξεπεράσει κάποιο όριο.

Υπάρχει ένα όριο ανοχής σε ρύπους για κάθε φυσικό αποδέκτη. Η μείωση της παροχής αιχμής του νερού (άρα και των μεταφερόμενων ρύπων) από τους κήπους βροχής, στους φυσικούς αποδέκτες ή/και των περιπτώσεων υπερχείλισης ανεπεξέργαστων απορροών σε αυτούς, συμβάλλουν στη διατήρηση της ρύπανσης στα επιθυμητά όρια (Tsirogiannis, 2011).

Επιπρόσθετα, η μείωση της συνολικής ποσότητας των ρύπων, μέσω διαφόρων φυσικών, χημικών ή βιολογικών διεργασιών, που συμβαίνουν σε αυτούς ή στους υπόγειους υδροφορείς, στους οποίους διοχετεύονται τα νερά είναι αποτέλεσμα της χρήσης των κήπων βροχής.

Τέτοιες διεργασίες είναι:

α) Η προσρόφηση, δηλαδή η συγκράτηση μέρους της μάζας των ρύπων από τον εδαφικό σκελετό, λόγω ανταλλαγής ιόντων.

β) Η διήθηση

γ) Η πρόσληψη από τα φυτά.

δ) Η βιολογική αποικοδόμηση νιτρικών και οργανικών ουσιών, λόγω της παρουσίας κατάλληλων αερόβιων και αναερόβιων μικροοργανισμών.

ε) Η διάλυση ορισμένων συστατικών του εδαφικού σκελετού, που προκαλείται από την παρουσία των ρύπων. Η διάλυση μπορεί να αυξήσει την συνολική ποσότητα των ουσιών που περιέχονται στα υπόγεια νερά, αλλά και να μειώσει την μάζα των αρχικών ρύπων, που αντιδρούν χημικά με τα διαλυόμενα συστατικά.

στ) Η οξείδωση ή η αναγωγή των ρύπων.

ζ) Η καθίζηση

Ο ρυθμός διήθησης του νερού στους κήπους βροχής δεν πρέπει να ξεπερνά κάποιο όριο διότι οι διεργασίες αυτές χρειάζονται χρόνο. Οι διαδικασίες που οδηγούν στην καταστροφή των ρύπων (π.χ. των παθογόνων μικροοργανισμών) ή στη διάσπασή τους σε μη επιβλαβείς ουσίες, είναι οι πιο ωφέλιμες.

Οι ιδιότητες του εδαφικού υλικού του κήπου βροχής (και των υποκείμενων εδαφικών στρωμάτων) καθορίζουν και το ποσοστό μείωσης των ρύπων. Εδάφη ειδικής σύστασης, χρησιμοποιούνται συχνά, ώστε το ποσοστό αυτό να είναι σημαντικό.

Ένα ακόμη θετικό περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτέλεσμα, από τη βελτίωση της ποιότητας και τη μείωση της ποσότητας που καταλήγουν σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, είναι η μείωση της ενέργειας και των χημικών προσθέτων που απαιτούνται για τη λειτουργία τους (Domènech et al, 2013).

Δύο είναι οι κύριοι λόγοι που οι κήποι βροχής δεν αποτελούν πανάκεια. Πρώτον ορισμένοι ρύποι (π.χ. οξέα) μπορεί να καταστρέψουν τα φυτά και δεύτερον, η δυνατότητα κατακράτησης ή διάσπασης ορισμένων ρύπων (π.χ. μετάλλων) είναι περιορισμένη.

Επομένως οι πλεονάζοντες ρύποι που θα διαφύγουν στα υπόγεια νερά, αν ξεπεραστεί κάποιο όριο, θα αλλοιώσουν την ποιότητά τους και θα περιορίσουν τη χρησιμότητά τους.

Ένα μέρος των ρύπων κατακρατείται από το έδαφος κάτω από τον κήπο βροχής και αφήνει το νερό να εμπλουτίσει τον υπόγειο ορίζοντα. Για την κατασκευή κήπων βροχής, τα εδάφη με μεγάλη διηθητικότητα είναι τα πιο κατάλληλα. Για να υπάρξει δυνατότητα διαχείρισης μεγαλύτερων ποσοτήτων βρόχινου νερού αλλά και για την αποφυγή συνθηκών ευνοϊκών για την ανάπτυξη ενοχλητικών εντόμων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η γρήγορη στράγγιση του νερού από την λεκάνη κατάκλυσης. Μέσα σε 48 ώρες από το τέλος της βροχόπτωσης, η λεκάνη κατάκλυσης ενδείκνυται να αδειάζει πλήρως.

Η διηθητικότητα του εδάφους μπορεί να ελέγχεται με τον ακόλουθο τρόπο (Bray et al., 2016): Γεμίζουμε με νερό μια τρύπα που έχουμε ανοίξει, βάθους 250 mm τουλάχιστον και το αφήνουμε να απορροφηθεί. Έπειτα ξαναγεμίζουμε την οπή με νερό. Η διηθητικότητα του εδάφους είναι ικανοποιητική, αν η στάθμη πέφτει με ρυθμό μεγαλύτερο από 50 mm την ώρα.

Η επιφάνεια που αποστραγγίζει ένας κήπος βροχής και η διηθητικότητα του εδάφους καθορίζουν τις διαστάσεις του.

Ένας εμπειρικός προσεγγιστικός κανόνας για αμμώδη εδάφη (μεγάλης διηθητικότητας) είναι ότι η επιφάνεια του κήπου βροχής πρέπει να είναι μεταξύ του 10 και 20% της στραγγιζόμενης επιφάνειας. Όσο μειώνεται η διηθητικότητα του εδάφους, το ποσοστό αυτό αυξάνεται.

Το σχήμα των κήπων βροχής εξαρτάται από τον χώρο εφαρμογής τους όπως αναφέραμε και πιο πάνω. Οι κήποι βροχής πρέπει να είναι σε απόσταση 3 m τουλάχιστον από κτιριακές κατασκευές και να οδηγούν το νερό προς την αντίθετη κατεύθυνση. Ο λόγος είναι η αποτροπή δημιουργίας κινδύνου διήθησης νερών στα υπόγειά τους. Επίσης δεν πρέπει να κατασκευάζονται πάνω από σηπτικούς βόθρους και να επηρεάζουν τα δίκτυα κοινής ωφέλειας. Τέλος, θα πρέπει ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας να είναι σχετικά χαμηλός, για να είναι δυνατή η διήθηση.

Ένας επαρκής ηλιασμός θα πρέπει να εξασφαλίζεται σε ό,τι αφορά τα χρησιμοποιούμενα φυτά. Σε πυκνοδομημένες περιοχές με ψηλά κτίρια πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερα υπ' όψη αυτός ο παράγοντας (Church, 2015).

3.5.2 Σχεδιασμός κήπου βροχής

Ένας κήπος βροχής περιλαμβάνει τα εξής:

α) Λεκάνη κατάκλυσης. Είναι ένα φυσικό ή τεχνητό βύθισμα στο έδαφος. Σε επίπεδη περιοχή δημιουργείται με εκσκαφή και απομάκρυνση εδαφικού υλικού. Ενώ σε έδαφος με κλίση με εκσκαφή και κατασκευή μικρού αναχώματος στην κατάντη πλευρά. Για κατασκευή απλών κήπων βροχής εδάφη με μεγάλη κλίση δεν ενδείκνυνται.

Πριν την τοποθέτηση του χώματος ο πυθμένας του κήπου βροχής συνήθως καλύπτεται με στρώμα οργανικής ύλης. Όταν το υπέδαφος έχει μικρή διηθητικότητα, τότε μπορεί να τοποθετηθεί στρώμα από χαλίκια στον πυθμένα της λεκάνης κατάκλυσης, όπως και ένας διάτρητος σωλήνας στράγγισης.

β) Κατασκευή εισόδου, που οδηγεί απευθείας το νερό της βροχής από υδρορροές ή από κάποια αδιαπέρατη επιφάνεια, όπως για παράδειγμα πεζοδρόμιο ή οδόστρωμα, στην λεκάνη κατάκλυσης

γ) Διάταξη υπερχείλισης, για την απομάκρυνση του νερού της βροχής όταν γεμίσει η λεκάνη κατάκλυσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι είναι απαραίτητη αυτή η διάταξη ώστε να αντιμετωπισθεί ο κίνδυνος διάβρωσης και για να οδηγούνται τα νερά που εκρέουν στο δίκτυο αποχέτευσης.

Στον κήπο βροχής χρησιμοποιούνται φυτά που αντέχουν σε περιοδική κατάκλυση. Προτιμότερα είναι σαφώς τα ενδημικά είδη, που προσαρμόζονται πιο εύκολα στις τοπικές συνθήκες και δεν χρειάζονται ιδιαίτερη φροντίδα. Τα φυτά αυτά συνεισφέρουν με δύο τρόπους: α) με την κατακράτηση μέρους του νερού και β) με την κατακράτηση των ρύπων. Επίσης εκτός από το ότι βελτιώνουν τον χώρο μπορούν να αποτελέσουν ενδιαίτημα για διάφορα είδη πανίδας (Rawski, 2018).

3.5.3 Επιλογή θέσεων κατασκευής κήπων βροχής

Γενικότερα, οι κήποι βροχής κατασκευάζονται σε χαμηλές περιοχές με μικρή κλίση ώστε το νερό να ρέει φυσικά από τον δρόμο, το πεζοδρόμιο και τον γύρω υπαίθριο χώρο (Niemi, 2017).

Το πρώτο βήμα είναι να αντιληφθούμε από που προέρχεται η απορροή του νερού και πόση είναι η επιφάνεια που καλύπτει. Έπειτα, εξετάζουμε ποια περιοχή λαμβάνει το πιο μεγάλο ποσοστό ηλιακού φωτός για να μπορέσουν να ευδοκιμήσουν τα φυτά. Τέλος, υπολογίζεται τα απαραίτητα μέγεθος του κήπου, το οποίο θα μπορεί να απορροφήσει τα όμβρια ύδατα και έπειτα να γίνει η κατάλληλη επιλογή των φυτών που θα χρησιμοποιηθούν στον κήπο βροχής. Τα περισσότερα φυτά που χρησιμοποιούνται στους κήπους βροχής ευδοκιμούν στον ήλιο και για αυτό τον λόγο το ηλιακό φως είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας (Malaviya, 2015).

Το βάθος ενός κήπου πρέπει να είναι περίπου 40-60 εκατοστά. Στη συνέχεια θα πρέπει να κατασκευαστεί ένα μικρό ανάχωμα γύρω του (berm) με σκοπό να κρατήσει το νερό

στο κήπο βροχής κατά τη διάρκεια ισχυρών βροχοπτώσεων. Για την κατασκευή του αναχώματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί το εδαφικό υλικό που αφαιρέθηκε από την εκσκαφή του κήπου. Πιο συγκεκριμένα προτείνεται η προσθήκη άμμου για το φιλτράρισμα του νερού, εάν η ποιότητα του εδάφους δεν είναι αμμώδης. Για τη σωστή διαδικασία φιλτραρίσματος νερού σημαντικό ρόλο παίζει η αναλογία των υλικών. Ο κήπος βροχής θα πρέπει να περιλαμβάνει 60% άμμο, 20% οργανικό υλικό, και 20% καθαρό επιφανειακό έδαφος (Liu, 2015).

Σημαντικά είναι και κάποια άλλα κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη όπως (Groundwater Foundation, 2013):

- Κατάλληλες δοκιμές ώστε στο έδαφος να μην εντοπιστεί βαρύ αργιλικό έδαφος (ribbon soil test).

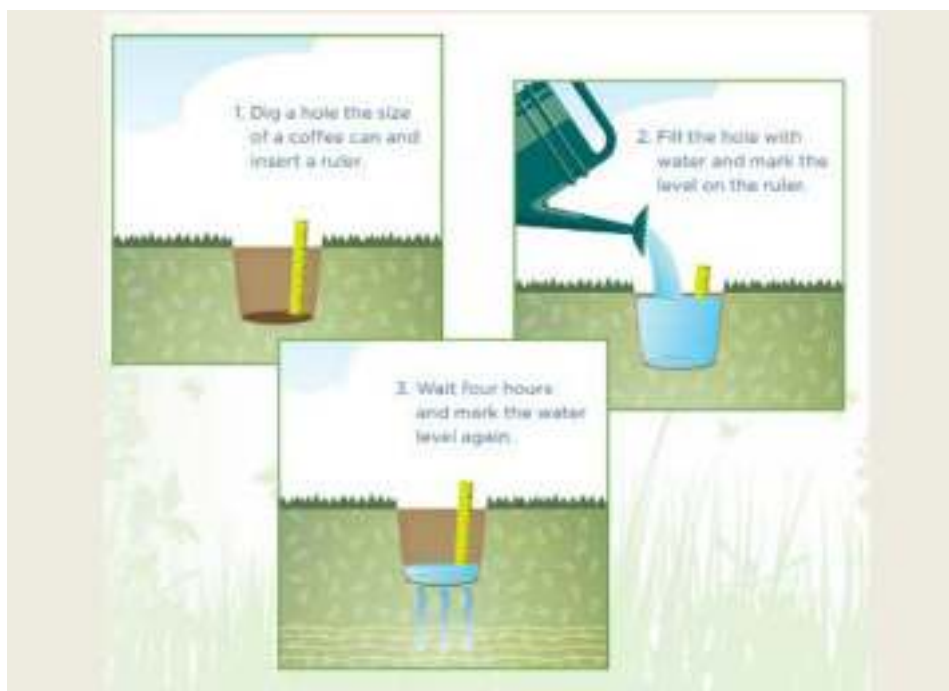
Με αυτή τη δοκιμή (Ribbon soil test) ελέγχεται εάν το έδαφος είναι αργιλικό. Το πρώτο βήμα είναι η συλλογή μικρής ποσότητας από το έδαφος που βρίσκεται 10-15 εκατοστά κάτω από την επιφάνεια. Έπειτα, προστίθενται λίγες σταγόνες νερού, έτσι ώστε με αυτό τον τρόπο το τελικό αποτέλεσμα να είναι σαν υγρός στόκος. Πλάθεται το χώμα, καθώς προστίθενται σταγόνες νερού μέχρι να δημιουργηθεί μια μπάλα ώστε να τοποθετείται ανάμεσα στον αντίχειρα και τον δείκτη. Στη συνέχεια, πιέζεται με τον αντίχειρα το έδαφος προς τα πάνω σε μια ομοιόμορφου πάχους και πλάτους λωρίδα.

Οπότε λοιπόν, εάν το έδαφος δεν μπορεί να παραμείνει σε μορφή μπάλας τότε το έδαφος είναι αμμώδες. Εάν το έδαφος σχημάτισε μια κορδέλα μήκους μικρότερου από 2,5 εκατοστά πριν σπάσει τότε το έδαφος είναι λασπώδες. Εάν το έδαφος σχημάτισε μια κορδέλα 2,5-5 εκατοστά πολύ πριν σπάσει, το έδαφος είναι ελαφρώς αργιλώδες. Αλλά αν το έδαφος κάνει μια κορδέλα μεγαλύτερη από 5 εκατοστά πριν σπάσει, τότε είναι πολύ αργιλώδες που δεν είναι κατάλληλο για κήπο βροχής (Groundwater foundation, 2013).



Εικόνα 3.6: Δοκιμή αργιλικού εδάφους (Iowa Stormwater education, 2018).

•Οι δοκιμές διήθησης (infiltration test) να δείχνουν ότι στη περιοχή διεισδύουν 1,2 cm νερού την ώρα ή περισσότερο.



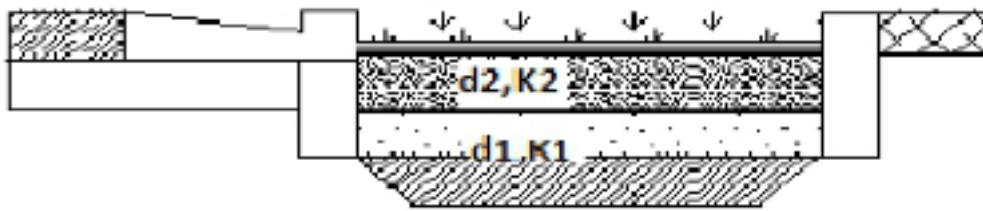
Εικόνα 3.7: Δοκιμή διήθησης (MSD, 2018).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η κλίση του κήπου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 12%.

- Η περιοχή μελέτης δεν πρέπει να ανήκει σε κάποιο ιδιόκτητο οικόπεδο.
 - Στον χώρο επιλογής για κατασκευή κήπου βροχής δεν πρέπει να υπάρχουν δέντρα , διότι μπορεί να καταστρέψει τις ρίζες των δέντρων.
 - Οι κήποι βροχής δεν ενδείκνυνται να κατασκευάζονται σε περιοχές όπου ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας είναι υψηλός, καθώς δεν θα είναι δυνατή επαρκής η στράγγιση των όμβριων υδάτων (Κατσιφαράκης Λ. Κ, 2013).
- Οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους λαμβάνονται λαμβάνοντας υπόψη τις 7 κλάσεις του εδάφους που φαίνονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Κλάσεις εδάφους-Αγωγιμότητα

Έδαφος	Υδραυλική Αγωγιμότητα(m/s)
Χαλίκι	3×10^{-2}
Χονδρόκοκη άμμος	6×10^{-3}
Μεσαία άμμος	5×10^{-4}
Λεπτόκοκη άμμος	2×10^{-4}
Ιλύς	2×10^{-5}
Ιλυώδης άργυλος	2×10^{-6}
Αργιλικό	4.7×10^{-9}



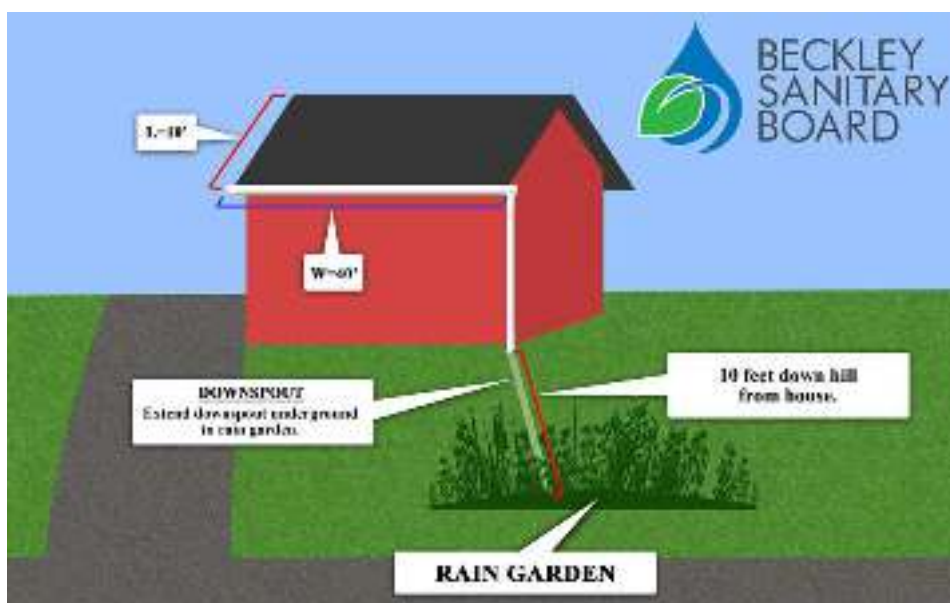
Εικόνα 3.7: Τομή ενός τυπικού κήπου βροχής (Diamantis et al., 2018).

3.5.4 Κατασκευή κήπων βροχής

Ο υπολογισμός μεγέθους του κήπου βροχής καθορίζεται από (Beckley Sanitary Board, 2014):

1. Στην Εικόνα 341.3 φαίνεται ένα παράδειγμα όπου έχουμε, το μήκος της οροφής (L) επί το πλάτος της οροφής (W).

2. Το σχήμα του τελικού κήπου βροχής μπορεί να είναι είτε ορθογωνικό είτε κυκλικό.



Εικόνα 3.8: Πρότυπο κατασκευής κήπου βροχής (Beckley Sanitary Board, 2014).

Για την κατασκευή ενός τυπικού κήπου βροχής διαστάσεων τριών μέτρων ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα σύμφωνα με (Texas Agrilife, 2013):

- 1.Αφού έχει απομακρυνθεί η απαραίτητη ποσότητα εδάφους για να δημιουργηθεί το επιθυμητό βάθος, προστίθεται χαλίκι διαμέτρου 2 έως 5 εκατοστά.
- 2.Πάνω από αυτό τοποθετείται ένας διάτρητος σωλήνας για αποστράγγιση.



Εικόνα 3.9: Τοποθέτηση διάτρητου σωλήνα αποστράγγισης (Texas, 2013).

- 3.Επειτα τοποθετείται ένα φίλτρο πάνω από το χαλίκι και τον σωλήνα ώστε να μειωθεί η διόγκωση της ζώνης των χαλικιών.



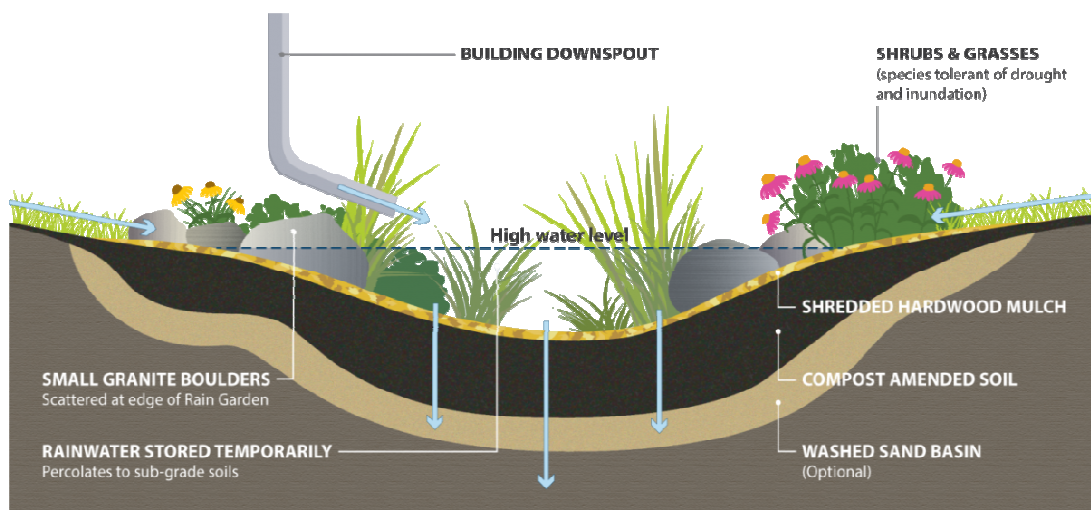
Εικόνα 3.10: Τοποθέτηση κατάλληλου φίλτρου (Texas, 2013).

4. Στη συνέχεια τοποθετούνται 40 εκατοστά του προϋπάρχοντος εδάφους πάνω από το φίλτρο (European Commission, 2012).

5. Για τα εδάφη που είναι αμμώδη προστίθεται 50-75 % φυσικό έδαφος και 25-50 % μείγμα κομποστοποίησης. Εάν το έδαφος είναι αργιλικό προστίθεται φυσικό έδαφος από άλλη τοποθεσία που διαθέτει αμμώδες έδαφος.

6. Επιπλέον γίνεται η προσθήκη πέντε εκατοστών τεμαχισμένο σκληρό ξύλο, πάνω στο χώμα και γύρω από τα φυτά. Αυτή η στρώση εμποδίζει τα ζιζάνια να αναπτυχθούν στην επιφάνεια του εδάφους, διατηρεί το έδαφος υγρό, και θα βοηθά στην πρόληψη της συμύκνωσης του εδάφους.

7. Η τελευταία πάνω στρώση θα είναι 15 εκατοστά και σε αυτή θα κατακρατείται το νερό.



Εικόνα 3.11: Τελικός σχεδιασμός κήπου βροχής (Texas, 2013).

3.5.5 Κατακράτηση ρύπων σε κήπους βροχής

Η λειτουργία των κήπων βροχής βασίζεται στη χημική, βιολογική σύσταση καθώς και τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, των φυτών και των μικροβίων για να μπορέσουν να κατακρατήσουν τους ρύπους από τα όμβρια ύδατα (Texas Agrilife, 2013).

- Διήθηση νερού:

Με την εισροή του νερού στον κήπο βροχής επιβραδύνεται η ταχύτητά του. Τα φυτά που χρησιμοποιούνται στον κήπο βροχής έχουν την ικανότητα να παγιδεύουν κάποιους ρύπους με τη διαδικασία της διήθησης. Οι κυριότεροι ρύποι που εγκλωβίζονται είναι μερικά μικρόβια, άλλα στερεά αιωρούμενα που βρίσκονται στο νερό, και σωματίδια τα οποία συνδέονται με το έδαφος όπως είναι ο φώσφορος. Τα στερεά τείνουν να παραμείνουν στη πάνω στρώση του κήπου βροχής και να τον φράζουν. Για αυτό τον λόγο ο κήπος πρέπει να συντηρείται τακτικά και να απομακρύνονται αποτελεσματικά τα στερεά.

- Χημικές αντιδράσεις στο έδαφος:

Η προσρόφηση καθώς και η εξάτμιση είναι δύο βασικές διαδικασίες, με τις οποίες αλληλοεπιδρά το έδαφος με τους ρύπους. Όταν οι ρύποι προσκολλώνται στα σωματίδια του εδάφους εμφανίζεται η προσρόφηση. Ενώ όταν οι ρύποι εξατμιστούν έχουμε το φαινόμενο της εξάτμισης.

- Πρόσληψη από τα φυτά:

Στους κήπους βροχής επιλέγονται φυτά με υψηλή πρόσληψη θρεπτικών ουσιών. Τα φυτά έχουν την ιδιότητα να απορροφούν τα θρεπτικά συστατικά μέσω των ριζών τους και τα χρησιμοποιούν για την ανάπτυξη τους και για άλλες διαδικασίες. Όταν τα φυτά μαραθούν τα θρεπτικά συστατικά απελευθερώνονται πίσω στον κήπο βροχής. Για να αποτραπεί αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητο να αφαιρούνται τα νεκρά φυτά τακτικά.

- Βιολογική αποδόμηση στις ριζικές ζώνες:

Τα μικρόβια τα οποία βρίσκονται στο έδαφος διασπών οργανικές και ανόργανες ενώσεις. Δύο μικροβιακές διεργασίες που απομακρύνουν το άζωτο από το έδαφος είναι η νιτροποίηση και η απονιτροποίηση.

Στη διαδικασία της νιτροποίησης τα βακτήρια μετατρέπουν τα προϊόντα αζώτου που δεν λαμβάνονται εύκολα από τα φυτά.

Η απονιτροποίηση λαμβάνει χώρα όταν τα βακτήρια μετατρέπουν τα νιτρικά άλατα σε αέρια, τα οποία έπειτα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 3.12: Διαδικασίες λειτουργίας κήπων βροχής (extension.unh.edu).

3.5.6 Φυτά για κήπους βροχής

Οι λειτουργικές και αισθητικές ανάγκες του χώρου, όπως και τα κλιματικά και εδαφολογικά χαρακτηρίστηκα της εκάστοτε περιοχής μελέτης αποτελούν βασικούς παράγοντες για την επιλογή των φυτών (Κατσιφαράκης, 2013).

Τα φυτά τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στους κήπους βροχής θα πρέπει να είναι ιθαγενή. Επιλέγονται αυτά καθώς δεν απαιτούν λίπασμα ή φυτοφάρμακα, χρησιμοποιούν καλύτερα το νερό και τα θρεπτικά συστατικά καθώς έχουν καλά ριζικά συστήματα. Επιπλέον, προσαρμόζονται εύκολα στο έδαφος, το κλίμα και προσελκύουν τοπικά και μεταναστευτικά πουλιά. Μπορούν να φυτευτούν πολυετή φυτά, θάμνοι, αγριολούλουδα ή μία σύνθεση και των τριών (Τσαλικίδης, 2010).

Η κατασκευή των κήπων επιβάλλει την γρήγορη απομάκρυνση των όμβριων υδάτων από την λεκάνη κατάκλυσης και με αυτό τον τρόπο η επιλογή των φυτών γίνεται με βάση την παραδοχή πως οι κήποι βροχής δεν αποτελούν υγροτόπους (Κωτόπουλος, 2014).

Τα φυτά που θα φυτευθούν σε ένα κήπο βροχής θα πρέπει να ανταπεξέλθουν σε συνθήκες υγρού περιβάλλοντος για 48 ώρες (τόσος χρόνος απαιτείται για να απορροφηθεί από τον κήπο το νερό της βροχής) (Texas Agrilife, 2013).

Αξίζει να σημειωθεί ότι θα πρέπει να αποφεύγεται η φύτευση δέντρων, γιατί τα δέντρα απορροφούν περισσότερο νερό από τα φυτά και έχουν επιθετικό ριζικό σύστημα, το οποίο δεν ενδείκνυται όταν υπάρχει σωλήνας αποστράγγισης.

Οι κήποι βροχής είναι δυνατό να περιλαμβάνουν διάφορες ζώνες. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να περιλαμβάνουν την ξηρή ζώνη δηλαδή το πάνω μέρος του αναχώματος όπου κατακρατείται το νερό της βροχής, την υγρή ζώνη αφορά το κεντρικό τμήμα του κήπου βροχής όπου συγκεντρώνεται το νερό και για μικρές περιόδους μπορεί να κατακλύζεται τέλος την ενδιάμεση ζώνη η οποία ξεκινά από το ύψος της στάθμης της υπερχειλίσης και στη συνέχεια πάει προς τα πάνω. Η ενδιάμεση ζώνη μαζεύει το νερό στα αρχικά στάδια της βροχής και μετά αυτό διαφεύγει (in.gov).

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται διάφορα είδη φυτών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κήπους βροχής στη χώρα μας (Λιώλης, 2017). Όπου η ζώνη Α είναι η χαμηλότερη-υγρότερη ζώνη και ζώνη Β είναι η ενδιάμεση.

Πίνακας 3.2: Τα είδη πλατύφυλλων πολυετών ποωδών φυτών που χρησιμοποιούνται σε κήπους βροχής.

Επιστημονική Ονομασία	Ζώνη Α	Ζώνη Β
<i>Achillea millefolium</i>		•
<i>Ajuga reptans</i>	•	•
<i>Aster novae-angliae</i>	•	•
<i>Astilbe</i> sp		•
<i>Bergenia</i> sp		•
<i>Echinacea purpurea</i>		•
<i>Eupatorium cannabinum</i>		•
<i>Filipendula ulmaria</i>		•
<i>Fragaria</i> sp		•
<i>Hosta</i> sp		•
<i>Iris pseudacorus</i>	•	•
<i>Liatris spicata</i>	•	•
<i>Lythrum salicaria</i>	•	•
<i>Mentha longifolia</i>	•	•
<i>Mentha aquatica</i>	•	•

Petasites hybridus	•	•
Rudbeckia fulgida		•
Vinca minor		•

Πίνακας 3.3: Τα είδη αγρωστώδη και αγρωστοειδή φυτών που χρησιμοποιούνται σε κήπους βροχής

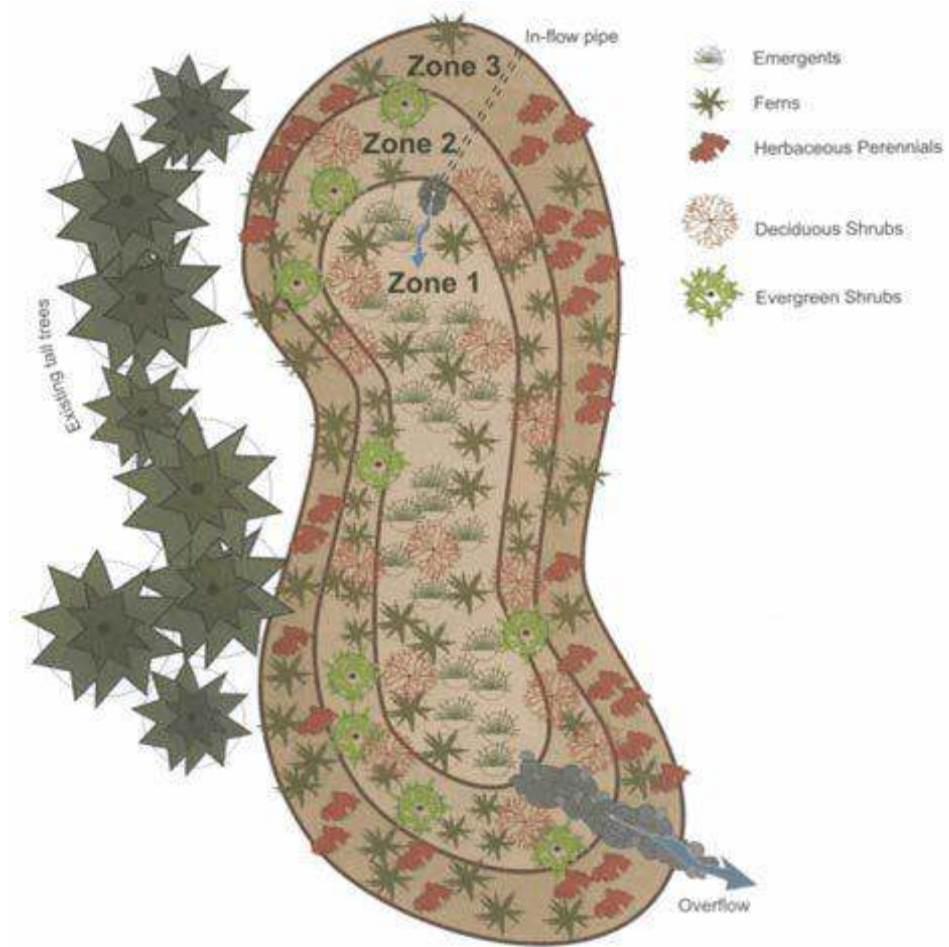
Επιστημονική Ονομασία	Ζώνη Α	Ζώνη Β
Arundo donax	•	•
Calamagrostis x acutiflora		•
Carex pendula	•	•
Deschampsia caespitosa	•	•
Eleocharis acicularis	•	•
Eleocharis palustris	•	•
Equisetum hyemale	•	
Juncus effusus	•	
Juncus inflexus	•	
Juncus pratens	•	•
Miscanthus sinensis		•
Molinia caerulea	•	•
Panicum virgatum	•	•
Scirpus cernuus	•	•

Salix caprea	•	•
Salix cinerea	•	•
Salix purpurea	•	•
Sambucus nigra	•	•
Symphoricarpus albus		•
Tamarix parviflora	•	•
Viburnum opulus		•
Vitex agnus-castus		•

Πίνακας 3.4: Τα είδη κάποιων δένδρων που χρησιμοποιούνται σε κήπους βροχής

Επιστημονική Ονομασία	Ζώνη Α	Ζώνη Β
Alnus cordata	•	•
Alnus glutinosa	•	•
Alnus incana	•	•
Fraxinus angustifolia	•	•
Gleditschia triacanthos	•	•
Liquidambar sp	•	•
Platanus orientalis	•	•
Salix alba	•	•
Taxodium distichum	•	•

Είναι αξιοσημείωτο σε μεγάλους αστικούς χώρους οι κήποι βροχής να παρουσιάζουν ζώνες ανάλογα με την αντοχή των φυτών στο νερό σύμφωνα με την Εικόνα 3.13.



Εικόνα 3.13 : Ζώνες ανάλογα με την αντοχή των φυτών στο νερό (metrofieldguide.com).

Παρακάτω παρουσιάζονται τρεις σημαντικές ζώνες ανάλογα με την αντοχή των φυτών.

Ζώνη 1: Υγρή ζώνη στο κέντρο, όπου συλλέγεται το νερό και μπορεί να κατακλύζεται για σύντομες περιόδους.

Ζώνη 2: Ενδιάμεση ζώνη που μπορεί να συγκεντρώσει νερό στα πρώτα στάδια της βροχής αλλά που στη συνέχεια αυτό απομακρύνεται. Αρχίζει από το ύψος της υπερχείλισης.

Ζώνη 3: Ξηρή ζώνη εξωτερικά, που συνήθως αφορά το πάνω μέρος του αναχώματος που συγκρατεί το νερό της βροχής.

3.5.7 Συντήρηση κήπων βροχής

Η αποτελεσματικότητα καθώς και η σωστή λειτουργία του κήπου βροχής εξασφαλίζεται από τη συνεχή συντήρηση και παρακολούθηση (monitoring). Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να τηρούνται οι παρακάτω κανόνες:

- Αφαίρεση των σκουπιδιών και των υπολειμμάτων από την επιφάνεια του κήπου, ώστε το νερό να μπορεί να αποστραγγίζεται ελεύθερα.
- Για να μειωθεί η μόλυνση του νερού συνιστάται η αφαίρεση των ζιζανίων όσο αυτά είναι μικρά καθώς και των νεκρών φυτών.
- Άμεση αφαίρεση των μολυσμένων φυτών το συντομότερο μόλις διαπιστωθεί η ασθένεια.
- Αφαίρεση κάθε στρώματος αργίλου που σχηματίζεται από την καθίζηση στην κορυφή του κήπου βροχής.
- Απαραίτητη διαδικασία σε περίπτωση περιόδου ξηρασίας είναι το πότισμα ιδιαίτερα όταν έχει πέσει λιγότερο από 1 εκατοστό βροχής τις προηγούμενες 3 εβδομάδες (Texas Agrilife, 2013).
- Ο σωλήνας αποστράγγισης θα πρέπει να καθαρίζεται, ώστε να μην συσσωρεύονται ιζήματα ή άλλα χοντρόκοκκα υλικά τα οποία μειώνουν τη χωρητικότητά του.

Τέλος είναι απαραίτητο κατά τον πρώτο χρόνο κατασκευής του κήπου βροχής το συχνό πότισμα καθώς τα φυτά είναι νέα και χρειάζονται να αναπτύξουν ρίζες (MSD, 2018).

3.5.8 Κόστος των κήπων βροχής

Το κόστος ενός κήπου βροχής διαμορφώνεται από διάφορους παράγοντες. Αρχικά, από το είδος του εδάφους της περιοχής κατασκευής, το μέγεθος της περιοχής που διοχετεύει όμβρια στον κήπο βροχής και τα είδη των φυτών που επιλέγονται (Groundwater foundation, 2013).

Επιπρόσθετα, η εκσκαφή του υπάρχοντος εδάφους, η εισαγωγή του νέου στρώματος, το χαλίκι, το φίλτρο, η στρώση από τα τεμαχισμένα ξύλα, ο διάτρητος σωλήνας, η κατασκευή υπερχειλίσης και τα φυτά παίζουν σημαντικό ρόλο στην τελική κοστολόγηση του κήπου βροχής. Οι τιμές που παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.1.9 είναι μία εκτίμηση του κόστους κατασκευής των κήπων βροχής στην Αμερική. Οι τιμές μπορεί να διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και να ανεβαίνει το κόστος αρκετά όταν κάποια εταιρία αναλάβει την κατασκευή τους. Με βάση τον πίνακα αυτό το κόστος ενός κήπου βροχής για 1 τετραγωνικό μέτρο κυμαίνεται γύρω στα 64,5 ευρώ. Η τιμή αυτή είναι απλώς ενδεικτική.

Table 5. Cost estimate for rain garden construction.

Activity/Material	Unit	Unit cost	Cost for 200 ft ²
Excavation/hauling	Cubic yard	\$6.30	\$150
New soil import and installation	Cubic foot	\$.5	\$200
Gravel import and installation	Cubic foot	\$.5	\$150
Filter fabric	Square foot	\$.5	\$100
Mulch	Square foot	\$0.5	\$100
Perforated pipe	Linear foot	\$2	\$50
Overflow drop box	1 box	\$50	\$50
Plants	Square foot	\$2	\$400
Total			\$1,200
Cost/ft²			\$6

Εικόνα 3.14: Εκτίμηση του κόστους κατασκευής κήπου βροχής (Texas, 2013).

3.5.9 Πλεονεκτήματα των κήπων βροχής

Η κατασκευή των κήπων βροχής είναι πολύ σημαντική και συμβάλλει θετικά σε πολλά επίπεδα. Αρχικά βοηθά στη διατήρηση καλής ποιότητας νερού της βροχής δημιουργώντας οικοτόπους, αποτρέποντας τις τοπικές πλημμύρες καθώς και την περαιτέρω ρύπανση των υδάτων (Raingarden Network, 2014).

Άλλα οφέλη που παρέχουν οι κήποι βροχής είναι (Raingarden Network, 2014):

α) Βιώσιμο έργο και στις 4 εποχές του χρόνου

β) Χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης του κήπου

γ) Αειφορία και αστική βελτίωση

δ) Μείωση στάσιμων νερών

ε) Μείωση ποσότητας νερού που καταλήγει στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων ή στον αποδέκτη

Αξίζει να σημειωθεί ότι στους κήπους βροχής μπορεί να τοποθετηθεί μια υπόγεια δεξαμενή στην οποία θα καταλήγει το νερό της βροχής αντί να οδηγείται απευθείας στο αποχετευτικό δίκτυο της πόλης. Η συλλογή βρόχινου νερού σε μια δεξαμενή είναι μια αρχαία πρακτική που επιστρέφει τώρα για καθαρά πρακτικούς λόγους. Είναι μία έξυπνη και εύκολη λύση για μελλοντική χρήση νερού. Η συλλογή των ομβρίων υδάτων γίνεται για διαφορετικούς λόγους ανάλογα με την περιοχή (Raingarden Network, 2014).

ζ) Χρήση ως εναλλακτική πηγή νερού

η) Χρήση ως πηγή νερού κατά τη διάρκεια ξηρής περιόδου

θ) Μείωση χρήσης των δημοτικών υδάτων, καθώς τα νερό που εισέρχεται στον κήπο μπορεί να αποθηκευτεί και έπειτα να επαναχρησιμοποιηθεί για άρδευση

ι) Μείωση αστικής επιφανειακής απορροής

3.5.10 Κατασκευή δεντροδόχων βιοκατακράτησης στη Θεσσαλονίκη

Στη Θεσσαλονίκη επί της οδού 28ης Οκτωβρίου έχει γίνει μία πρώτη προσέγγιση κατασκευής κήπων βροχής. Το συγκεκριμένο έργο έγινε στα πλαίσια της δράσης «Integrated Green Cities», η οποία εντάσσεται στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα εδαφικής συνεργασίας Ελλάδα - Βουλγαρία 2007-2013. Σύμφωνα με τη μελέτη, στην περιοχή τοποθετήθηκαν επτά στεγανά παρτέρια βιοκατακράτησης, τα οποία βρίσκονται δίπλα ή κοντά στην οικοδομική γραμμή. Μέσω των ειδικών παρτεριών συλλέγονται τα όμβρια ύδατα από το οδόστρωμα, το πεζοδρόμιο και τις υδρορροές των πολυκατοικιών, καθαρίζονται με φυσικό τρόπο και στη συνέχεια οδηγούνται σε μια μικρή τάφρο από όπου καταλήγουν σε αποχετευτικό αγωγό.



Εικόνα 3.15: Παρτέρια βιοκατακράτησης στη Θεσσαλονίκη (voria.gr).

Κεφάλαιο 4^ο: Περιοχή έρευνας

4.1 Γενικά

Για να γίνει εκτίμηση της συμβολής των οικολογικών μεθόδων στη διαχείριση ομβρίων υδάτων σε αστικές περιοχές θα μελετηθεί η εφαρμογή των κήπων βροχής στα κεφάλαια που ακολουθούν, ώστε να αξιολογηθεί ο ρόλος τους στον μετριασμό των έντονων προβλημάτων κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης. Η σπουδαιότητα του ρόλου τους θα κριθεί από το εάν και πόση ανακούφιση προσφέρουν στο αποχετευτικό σύστημα των αστικών περιοχών όπου θα εφαρμοστούν. Αξίζει να σημειωθεί ότι η διερεύνηση των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της απορροής είναι πολύ σημαντική, καθώς οι ρύποι της ατμόσφαιρας μαζί με άλλους ρύπους που κατακρατούνται σε πεζοδρόμια, δρόμους, και άλλες αδιαπέρατες επιφάνειες του αστικού ιστού συμπαρασύρονται με την απορροή των ομβρίων. Το φορτίο των ρύπων σε πολλές περιπτώσεις είναι όμοιο με αυτό των αποβλήτων του δικτύου αποχέτευσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεταβάλει καθοριστικά τα βιολογικά και χημικά χαρακτηριστικά των τελικών αποδεκτών όπου καταλήγουν οι απορροές.

Η έρευνα μας αφορά την πόλη της Θεσσαλονίκης. Επικεντρώνεται κυρίως στο κέντρο και οδούς όπου παρουσιάζονται τα περισσότερα προβλήματα κατά τη διάρκεια μιας έντονης βροχόπτωσης. Ήδη τα τελευταία χρόνια παρατηρούνται πλημμύρες σε υπόγεια σπιτιών και μαγαζιών καθώς και υλικές ζημιές λόγω παλαιότητας κτιρίων.

Η Θεσσαλονίκη των νερών (Μπλιώνης, 2017), γνωστή και ως η πόλη των χειμάρρων πολλοί από τους οποίους έχουν καλυφθεί από την έντονη αστικοποίηση. Το φαινόμενο της έντονης αστικοποίησης χωρίς ικανοποιητικό σχεδιασμό οδήγησε στο να σκεπαστούν οι χείμαρροι και μαζί με αυτούς ότι συνδέεται με την έννοια του οικοσυστήματος, των υγροτόπων και γενικά της πράσινης βιώσιμης πόλης.



Εικόνα 4.1: Η πόλη της Θεσσαλονίκης.(Δήμος Θεσσαλονίκης, 2018)

4.2 Περιγραφή περιοχής

Η Θεσσαλονίκη είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Ελλάδας. Αποτελεί την έδρα του Δήμου Θεσσαλονίκης και την πρωτεύουσα της Περιφερειακής Ενότητας Θεσσαλονίκης. Ιδρύθηκε από τον Μακεδόνα στρατηγό Κάσσανδρο το 316 π.Χ. Είναι αμφιθεατρικά κτισμένη πάνω στις πλαγιές του Κέδρινου λόφου και γύρω από το δάσος του Σειχ Σου.

Από την αρχαιότητα έως τη σημερινή η εποχή η γεωγραφία της πόλης, η φυσική της οχύρωση καθώς και η ύπαρξη λιμανιού καθιστούν την Θεσσαλονίκη ως ένα σημείο μεγάλης στρατηγικής σημασίας, τόσο οικονομικά όσο και πολιτισμικά.

Το κλίμα της Θεσσαλονίκης χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό. Ο χειμώνας είναι από ήπιος έως κρύος και βροχερός με μέση ημερήσια θερμοκρασία για μήνα Ιανουάριο 4,8°C. Το χιόνι όταν πέφτει στην πόλη λιώνει σε λίγες μέρες με εξαίρεση τις έντονες χιονοπτώσεις που σημειώθηκαν στην πόλη τα έτη 1968, 1988, 2001, 2016 και το 2017. Τα καλοκαίρια είναι ζεστά και ξηρά και σε περίοδο καύσωνα η θερμοκρασία να ξεπερνά τους 40 °C.

Σύμφωνα με την Απογραφή του 2011 (Ελληνική Στατιστική Αρχή,2011) το Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης έχει μόνιμο πληθυσμό 788.952 κατοίκους. Ο Νομός Θεσσαλονίκης έχει πληθυσμό 1.110.312 κατοίκους και κατέχει το 9,4% του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Τέλος παράγει το 9,9 % του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος της χώρας και το 2,16% της συνολικής μεταποιητικής παραγωγής. Αποτελείται από έξι δήμους και μία Δημοτική Ενότητα (Δήμος Πυλαίας-Χορτιάτη) και όλοι μαζί αποτελούν το Πολεοδομικό Συγκρότημα της Θεσσαλονίκης με βάση την Εικόνα 4.2 και τα αποτελέσματα της Απογραφής του 2011 που φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 4.2.

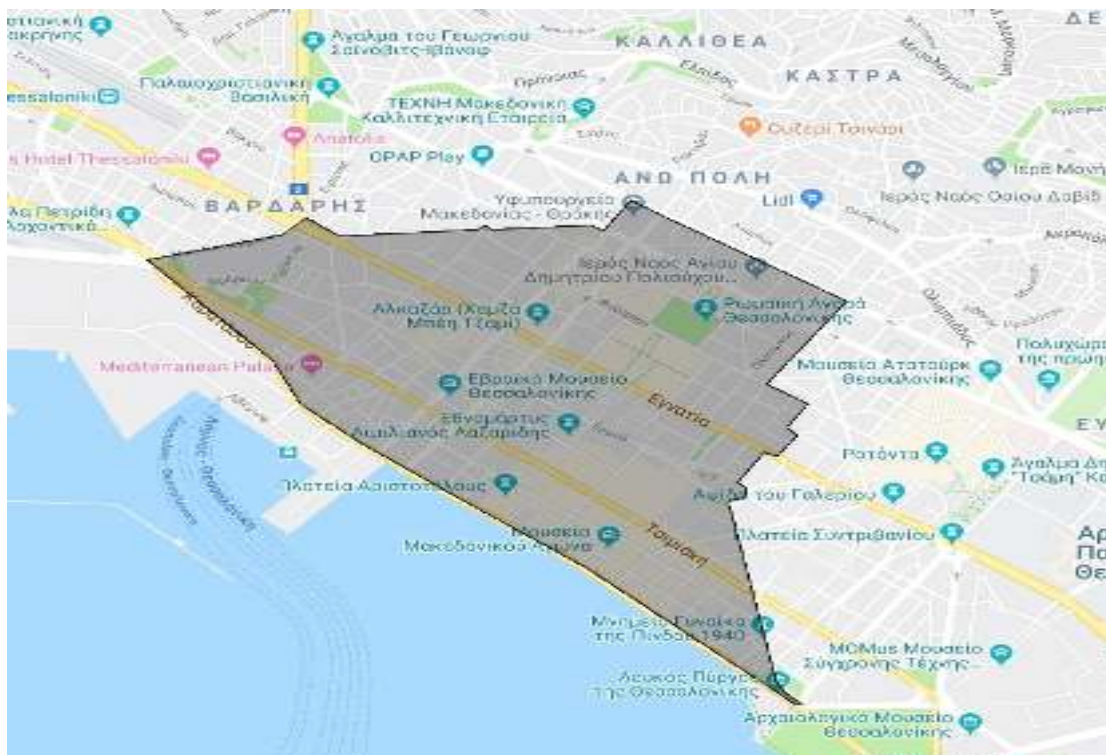


Εικόνα 4.2: Οι δήμοι του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης (Δήμος Θεσσαλονίκης, 2018).

Πίνακας 4.2: Στοιχεία των δήμων από την Απογραφή του 2011(Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011).

Δήμος	Έδρα	Δημοτικές ενότητες	Πληθυσμός
Θεσσαλονίκης	Θεσσαλονίκη	Θεσσαλονίκη, Τριανδρία	325.182
Καλαμαριάς	Καλαμαριά	Καλαμαριά	91.518
Νεάπολης-Συκεών	Συκιές	Άγιος Παύλος, Νεάπολη, Συκιές, Πεύκα	84.741
Παύλου Μελά	Σταυρούπολη	Νέα Ευκαρπία, Πολίχνη, Σταυρούπολη	99.240
Κορδελιού- Ευόσμου	Εύοσμος	Ελευθέριο- Κορδελιό, Ευόσμος	101.010
Αμπελοκήπων- Μενεμένης	Αμπελόκηποι	Αμπελόκηποι, Μενεμένη	52.127
Πυλαίας Χορτιάτη	Πανόραμα	Πυλαία, Χορτιάτης, Ασβεστοχώρι, Εξοχή, Φίλυρο, Πανόραμα	70.653

Η έρευνα μας παρακάτω εξελίσσεται κυρίως στο ιστορικό κέντρο της Θεσσαλονίκης. Αυτό ορίζεται βορειοδυτικά από την Πλατεία Δημοκρατίας (πλατεία Βαρδαρίου), από την Πανεπιστημιούπολη νοτιοανατολικά, από την παραλιακή οδό Λεωφόρο Νίκης νοτιοδυτικά και βορειοανατολικά από την οδό Αγίου Δημητρίου. Αποτελείται από τις συνοικίες Βαρδάρης, Λαδάδικα, Άνω Λαδάδικα, Φράγκων, Καπάνι, Αριστοτέλους, Διαγώνιος, Ναβαρίνου, Ροτόντα, Αγία Σοφία, Πλατεία Αρχαίας Αγοράς, Ιπποδρόμιο και Λευκός Πύργος. Οι κεντρικοί δρόμοι είναι Τσιμισκή, Εγνατία, Λεωφόρος Νίκης, Λαγκαδά, Βασιλίσσης Όλγας, Μοναστηρίου και Αγίου Δημητρίου.



Εικόνα 4.3: Το ιστορικό κέντρο της Θεσσαλονίκης.

4.3 Αποχετευτικό δίκτυο – Ιστορική αναδρομή

Στα Ρωμαϊκά χρόνια παρουσιάζονται τα πρώτα έργα αποχέτευσης στη Θεσσαλονίκη. Από τα ευρήματα σε διάφορα μέρη της πόλης έδειξαν ότι οι Ρωμαίοι κατασκεύασαν στην πόλη πολλά λουτρά καθώς και το υδραγωγείο Χορτιάτη για να καλύψουν την ανάγκη τους για νερό. Τα νερά που χρησιμοποιούσαν στα λουτρά κατέληγαν στην θάλασσα μέσω υπογείων καναλιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα λύματα στη Θεσσαλονίκη οδηγούνται με φυσική ροή προς τη θάλασσα εξαιτίας της τοπογραφίας και της γεωγραφικής θέσης της πόλης.

Περίπου τον 10ο αιώνα εντοπίζεται η ύπαρξη ενός τείχους μέσα στο λιμάνι. Αυτό είχε δύο ρόλους. Από τη μία προστάτευε τον κόλπο από τα κύματα και από την άλλη έδιωχνε προς την ανοιχτή θάλασσα τα λύματα. Τα γνωστά "τζυρεμβόλια ή συριγγέμβολο είναι σωλήνες εκείνης της εποχής, οι οποίοι μετέφεραν τα ακάθαρτα νερά. Το αποχετευτικό σύστημα στη Θεσσαλονίκη αποτελούνταν από βόθρους.

Πιθανόν στα Ρωμαϊκά χρόνια η Θεσσαλονίκη διέθετε δύο κεντρικούς αγωγούς "Αμάρας ή Τσυρέμβολα", οι οποίοι ήταν κάθετοι προς τη θάλασσα. Ο ένας αγωγός κάλυπτε τη δυτική πλευρά της πόλης και έφτανε μέχρι το λιμάνι, περνώντας από τον Βαρδάρη και από τις οδούς Λέοντος Σοφού και Φράγκων. Ο δεύτερος αγωγός κάλυπτε την ανατολική πλευρά και ξεκινούσε από την Καμάρα και μέσω του Ιπποδρομίου κατευθυνόταν στη θάλασσα.

Περίπου στις αρχές του 14ου αιώνα εκτιμάται ότι η Θεσσαλονίκη είχε πληθυσμό περίπου 40.000 κατοίκους. Το υδραγωγείο του Χορτιάτη έφτανε μέχρι το Επταπύργιο. Το νερό μέσα στην Ακρόπολη προερχόταν από την πρώτη διακλάδωση και παράλληλα τροφοδοτούσε τη δεξαμενή που βρισκόταν σε εκείνο το σημείο. Μία δεύτερη διακλάδωση υπήρχε εξωτερικά των ανατολικών τειχών όπου βρισκόταν σαν συνέχεια του υδαταγωγού. Εντός της πόλης και πιο συγκεκριμένα από την πύλη της Άννας Παλαιολογίνας διερχόταν η κύρια διαδρομή παράλληλα με τα τείχη έως τη μονή Βλατάδων. Στη μονή υπήρχε μια υπόγεια δεξαμενή όπου το νερό διαμέσου των αγωγών έδινε νερό σε άλλες πιο μικρές δεξαμενές και κοινόχρηστες βρύσες πιο νότια στην πόλη. Αξίζει να σημειωθεί ότι η λειτουργία ενός δικτύου διανομής νερού στην περιοχή της μονής πριν το 14ο αιώνα από τα ευρήματα της περιοχής θεωρείται βέβαιη. Μια τρίτη διακλάδωση ξεκινούσε μετά την πύλη Παλαιολογίνας προς τον Άγιο Νικόλαο Ορφανό ανατολικά της πόλης, εκεί όπου υπήρχε μια δεξαμενή. Από την οδό Εξάρχη Λάζου και μετά από την Αρριανού περνούσε ο αγωγός και από το ύψος της Φιλίππου συνέχιζε διακλάδωση προς τη Ροτόντα. Στην περιοχή του ναού της Υπαπαντής υπήρχε μία άλλη διακλάδωση και τελικά ο αγωγός συνέχιζε ως τη θάλασσα.

Τρία λουτρά ή <βαλανεία> υπήρχαν από τη βυζαντινή εποχή. Το πρώτο βρισκόταν βόρεια του ναού Αγίου Δημητρίου επί του χειμάρρου της ρωμαϊκής αγοράς. Ένα ακόμα λουτρό βρισκόταν στον ίδιο χείμαρρο στην Παναγία Χαλκέων. Το τρίτο λουτρό υπήρχε στην περιοχή Κουλέ Καφέ της Άνω γνωστό ως Kule Hamam επί του χειμάρρου των ανατολικών λουτρών και είναι το μοναδικό που σώζεται στη Θεσσαλονίκη. (Krigas, 1999)

Σημαντικό ρόλο κατά την Οθωμανική περίοδο είχαν τα λουτρά. Η κατασκευή τους δήλωνε την ύπαρξη χειμάρρων καθώς και τη σχέση τους με το αποχετευτικό δίκτυο αφού μεγάλες ποσότητες ακαθάρτων νερών προερχόταν από τα λουτρά. Οι όπου κατασκευαζόταν τα λουτρά είχαν άμεση σχέση για κοντινή σύνδεση με το αποχετευτικό δίκτυο και τα προηγούμενα χρόνια για απευθείας διάθεσης τους στους χείμαρρους. Οι αποχετεύσεις και οι χείμαρροι εκείνη την περίοδο δεχόταν κρατική μέριμνα για την συντήρηση τους για παράδειγμα για επισκευές και καθαρισμό καθώς ανήκαν στο κράτος.

Καταλήγοντας λοιπόν, στα αρχαία χρόνια το αποχετευτικό σύστημα της Θεσσαλονίκης αντιμετώπιζε προβλήματα και ήταν υποτυπώδες. Στα μετέπειτα χρόνια έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες και τεχνικές μελέτες για τη σωστή λειτουργία και την επίλυση προβλημάτων (Αυγολούπης, 2009).

Η σημαντικότερη μελέτη έγινε από τον Ιταλό μηχανικό Andruzzi και τα κυριότερα σημεία της ήταν:

- 1) Τα όμβρια ύδατα εξαιτίας των μεγάλων κλίσεων απορρέουν από τους δρόμους προς τη θάλασσα. Τα ακάθαρτα νερά τα αποχέτευαν με τη βοήθεια των βόθρων και αυτό επέφερε τη μόλυνση του εδάφους και μία δαπανηρή συντήρηση.
- 2) Παντοροϊκό σύστημα παρατηρούνταν στα χαμηλά σημεία, όπου σε κάποια σημεία οι διατομές των αγωγών ήταν ιδιαίτερα μεγάλες και σε κάποια άλλα ήταν ανεπαρκείς. Ο λόγος ήταν η φθορά λόγω παλαιότητας και μεταφορά ακαθαρσιών. Με αποτέλεσμα την πλημμύρα υπογείων κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων.
- 3) Ο κίνδυνος της μόλυνσης ήταν ιδιαίτερα οξυμμένος.
- 4) Αύξηση της θνησιμότητας εκείνη την εποχή εξαιτίας της μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Το πρώτο τμήμα του παντοροϊκού συστήματος της Θεσσαλονίκης άρχισε να κατασκευάζεται το 1917. Στη συνέχεια κατασκευάστηκε ο αγωγός διάθεσης στον Λευκό Πύργο καθώς και ο κεντρικός αγωγός στην οδό Α. Σβώλου. Το παντοροϊκό αυτό δίκτυο υπονόμων περιλάμβανε τις οδούς Αγίου Δημητρίου, Αγίας Σοφίας,

Κασσάνδρου, Διοικητηρίου, Ηφαιστίωνος, Γλαύστωνος, Φράγκων, Κατούνη, Δωδεκάνησου, Βασιλίσσης Σοφίας και Βασιλέως Κωνσταντίνου. Όλη αυτή η έκταση ήταν περίπου 158 εκτάρια.

Αρχικά πριν την κατασκευή του παντορροϊκού δικτύου έγινε η έκθεση Pleyber (1917), όπου στη συνέχεια βασίστηκε η μελέτη Kursteiner. Ο Pleyber πραγματοποίησε τον σχεδιασμό του για συγκεκριμένη καταγεγραμμένη βροχόπτωση τον Οκτώβριο του 1918 με ύψος βροχής 165mm σε διάστημα 11,5 ωρών. Το σημείο διάθεσης ήταν εντός της γεωργικής σχολής και ο προσανατολισμός του δικτύου ήταν προς ανατολικά. Κρίσιμη είναι η ένταση των βροχοπτώσεων μικρής διάρκειας και για αυτό το λόγο ο Kursteiner έλαβε υπόψη του της αρχές της υδρολογίας και τις μικρές διάρκειες βροχοπτώσεις. Έπειτα όρισε συντελεστές απορροής για το κέντρο της πόλης 0,75, για βιομηχανίες 0,60 και για περιφερειακές ζώνες 0,50, αφού πρώτα προσδιόρισε ένταση ωριαίας βροχόπτωσης 128l/(s*ha). Η ακρίβεια αυτής της προσέγγισης ήταν εξαιρετική με βάση τα σημερινά δεδομένα. Ο Kursteiner για τους υπολογισμούς του βασίστηκε στην ορθολογική μέθοδο, η οποία χρησιμοποιείται και σήμερα ως επί το πλείστον. Οι πληθυσμιακές εκτιμήσεις που έκανε επίσης, είχαν μεγάλη ακρίβεια. Αξιοσημείωτο είναι φυσικά ότι οι συντελεστές απορροής της επιφάνειας κ έχουν αλλάξει σημαντικά με αποτέλεσμα να μην επαρκούν.

Ο Fantoli όρισε νέα ηπιότερα βροχομετρικά δεδομένα πιο αξιόπιστα με βάση τις νεώτερες μελέτες. Οι υδρολογικοί του υπολογισμοί χρησιμοποιήθηκαν από τη μελέτη του Andruzzi το 1922. Αυτός εισήγαγε το βαθμό αναμοιομορφίας και όρισε καινούργιους συντελεστές απορροής ανά περιοχή. Οι υπολογισμοί του βασίζονται στον υπολογισμό του όγκου αποθήκευσης στο αποχετευτικό δίκτυο σύμφωνα με τη μέθοδο Palini και διαφέρει από την ορθολογική. Έπειτα κατασκευάστηκε προσωρινά υποθαλάσσιος αγωγός διάθεσης στον Λευκό Πύργο ο οποίος βασιζόταν στη μελέτη Andruzzi.

Στη συνέχεια με την κατασκευή νέων αγωγών, το παντορροϊκό δίκτυο επεκτάθηκε στην περιοχή της Άνω Πόλης και κυρίως στις οδούς Κρυστάλλη, Ίωνος Δραγούμη, Παπαζώλη, Χαλκέων, Ιουστινιανού, Αγίας Σοφίας, Εγνατίας σε επιπλέον έκταση περίπου 250 εκτάρια. Η οδός Αριστοτέλους χωρίζει τη χαμηλή ζώνη σε 2 κατηγορίες

τη Βορειοδυτική και την Νοτιοανατολική. Στη συμβολή των οδών Ίωνος Δραγούμη και Βασιλέως Κωνσταντίνου (Νίκης) συλλέγονται σε φρεάτιο τα νερά της χαμηλής ζώνης βορειοδυτικά έξω μέσω του αντλιοστασίου Λιμένα στον Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό (ΚΑΑ). Ακόμα, στη συμβολή των οδών Πρίγκηπος Νικολάου και Βασιλίσσης Σοφίας από το αντλιοστάσιο του Λευκού Πύργου διοχετεύονται τα νερά της νοτιοανατολικής πλευράς προς τον ΚΑΑ, αφού προηγουμένως έχουν συλλεχθεί στο φρεάτιο στον Λευκό Πύργο.

Από τη συμβολή των οδών Ηφαιστίωνος και Παπαζώλη και κατά μήκος των οδών Κρυστάλλη, Παπαζώλη, Ιουστινιανού, Ίωνος Δραγούμη, Πλατεία Αγίας Σοφίας, Αγίας Σοφίας, Εγνατίας, Χαλκέων και Πρίγκηπος Νικολάου άρχιζε ο Κεντρικός Αποχετευτικός Αγωγός και σταματούσε επί της συμβολής Πρίγκηπος Νικολάου με Βασιλίσσης Σοφίας. Μέσω της υπερχείλισης σε αυτό το σημείο διαχωρίζονται τα ακάθαρτα με τα όμβρια ύδατα. Τα όμβρια οδηγούνται μέσω αγωγού ωσειδούς διατομής στη θάλασσα κοντά στον Λευκό Πύργο. Όλοι οι αγωγοί αποχέτευσης των προαναφερόμενων οδών αποτελούνται από τσιμεντοσωλήνες Φ30 και Φ70. Ενώ τα ακάθαρτα οδηγούνται στον Λευκό Πύργο και έπειτα στο σημείο εκβολής με υποθαλάσσιο αγωγό Φ600.

Το παντοροϊκό δίκτυο της Πανεπιστημιούπολης κατασκευάστηκε λίγο μετά, το 1960. Έχει ως αποδέκτη τον συλλεκτήρα της οδού Βασιλίσσης Όλγας, αποτελείται από αγωγούς τσιμεντοσωλήνων Φ30 και Φ60 και καλύπτει επιφάνεια 40 εκταρίων. Εκείνη την εποχή περίπου στην περιοχή του Μικρού Εμβόλου προβλεπόταν η κατασκευή βιολογικού καθαρισμού. Επιπλέον τότε, πραγματοποιήθηκαν μελέτες και υλοποιήθηκαν σημαντικά έργα όπως η μελέτη των δικτύων κάτω από την παραλιακή λεωφόρο για τον Δήμο.

Το δίκτυο εξελίχθηκε σταδιακά βασιζόμενο στην κατεύθυνση των χειμάρρων με φορά προς τη θάλασσα, έτσι ώστε να αποφορτιστεί η κατοικημένη περιοχή από τα λύματα όσο πιο γρήγορα γίνεται. Έτσι λοιπόν δημιουργήθηκε ένα μεγάλο δίκτυο με τους αγωγούς κάθετους προς την παραλία (ακολουθούν παλιές κοίτες χειμάρρων) το οποίο συγκεντρώνει λύματα και όμβρια, χωρίς να έχει διαστασιολογηθεί για αυτούς τους λόγους.

Σημαντικό έργο εκείνη την περίοδο είναι η κατασκευή της Ανατολικής Αντιπλημμυρικής τάφρου. Αυτή αρχίζει από την κοίτη του ρέματος Κωνσταντινίδη στην Άνω Τούμπα και διατρέχει την ανατολική πλευρά συγκεντρώνοντας τις απορροές από ορεινές κοίτες ρεμάτων, όπως Μαλακοπής, Ελαιόραματος κ.α. Η εκβολή γίνεται στην περιοχή του Φοίνικα και αεροδρομίου στην θάλασσα. Έτσι, η τάφρος αυτή διακόπτει την εισροή ομβρίων προς τις κοίτες εντός τα αστικού ιστού και ενισχύει την αντιπλημμυρική προστασία της ανατολικής πόλης.

Στους συνοικισμούς Ροδοχωρίου, Βάρνας, Επαταπυργίου, Συκεών, Νεάπολης και Καλλιθέας υφίσταται ένα δίκτυο υπονόμων, το οποίο αρχικά προοριζόταν για την αποχέτευση ομβρίων υδάτων. Οι κοίτες των χειμάρρων Ρήγα Φεραίου και Συκεών ήταν οι βασικοί συλλεκτήρες, οι οποίοι διευθετήθηκαν ως κλειστοί αγωγοί και εκβάλλουν τελικά στον χείμαρρο του Δενδροποτάμου μέσω του χείμαρρου Ηλιοπόλεως. Έπειτα το δίκτυο αυτό μετατράπηκε σε παντοροϊκό, όπως και στους συνοικισμούς αντίστοιχα Τερψιθέας, Σταυρούπολης και τμήματος των Αμπελοκήπων με συλλεκτήρες τους χείμαρρους Δενδροποτάμου και Σταυρουπόλεως. Επιπλέον στους συνοικισμούς Αξιού-Βοσπόρου, Ξηροκρήνης, περιοχή Παλαιού Σιδηροδρομικού Σταθμού και περιοχή Λιμένος αναπτύχθηκε ένα μη ολοκληρωμένο παντοροϊκό δίκτυο με εκβολές σε ποικίλα σημεία του Κεντρικού Λιμένα, καθώς και βορειοδυτικά του. Σε τμήμα του συνοικισμού Ξηροκρήνης και στον Επτάλοφο υπήρχε ένα υποτυπώδες παντοροϊκό δίκτυο με κύριο αγωγό κατά μήκος της οδού Καλλιθέας. Οι επί της οδού Μοναστηρίου αγωγοί θεωρούνται εξίσου σημαντικοί.

Την περίοδο 1969-1974 πραγματοποιήθηκε η μελέτη ΘΕΣΜΕΑ, η οποία με βάση το ρυμοτομικό σχέδιο αντιμετώπιζε το θέμα της αποχέτευσης, προέβλεπε την κατασκευή του ΚΑΑ, ο οποίος θα ξεκινούσε από την περιοχή του αεροδρομίου και θα κατέληγε στον Αξιό ποταμό ενώ προέβλεψε ακόμα και την διάθεση των λυμάτων στον Αξιό ποταμό. Το 1979 η μελέτη των Κόμη και Watson περιελάμβανε τον ΚΑΑ και τα κεντρικά αντλιοστάσια και αποτέλεσε ένα ικανό πρώτο ρυθμιστικό σχέδιο. Ακολούθησε η μελέτη ΟΤΜΕ-Balfour το ίδιο έτος, όπου με βάση τις προηγούμενες οδήγησε στην κατασκευή της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων. Συμπερασματικά, όλες οι προαναφερόμενες μελέτες προτείνουν την επέκταση του

παντοροϊκού δικτύου με χρήση χωριστικών συστημάτων. Στα ίδια πλαίσια κινήθηκαν και οι τέσσερις μελέτες ΥΔΡΟΤΕΚ, Εξάρχου, Νικολόπουλος, Υδρομελετητικής για την περιοχή της Καλαμαριάς και για τις χαμηλές περιοχές.

Ο Οργανισμός Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης (ΟΑΘ) ιδρύεται το 1970. Δρούσε σε ένα ενιαίο λειτουργικό σύνολο, αφού παρέλαβε τα υφιστάμενα δίκτυα από διάφορους φορείς που τα είχαν κατασκευάσει μέχρι το 1985. Ο ΟΑΘ παρέλαβε 500 km και κατασκεύασε επιπλέον 700km. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο Κεντρικός Αποχετευτικός Αγωγός, φρεάτια συμβολής, αντλιοστάσια και καταθλιπτικοί αγωγοί αφού κατασκευάστηκαν από το δημόσιο, η κυριότητα τους παραχωρήθηκε στην ΕΥΑΘ Α.Ε.

Το 1998 μετά τη συγχώνευση των ανωνύμων εταιρειών Οργανισμός Ύδρευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε (ΟΥΘ Α.Ε) και Οργανισμός Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε (ΟΑΘ Α.Ε) ιδρύθηκε η "Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε" (ΕΥΑΘ Α.Ε.) Το 2001 μετά την μετοχοποίηση της ΕΥΑΘ διαχειριζόταν εκτός από τις επεκτάσεις των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης της περιοχής της Θεσσαλονίκης διαχειριζόταν και την αντιπλημμυρική προστασία της πόλης.



Εικόνα 4.4: Κατασκευαστικά έργα αποχετευτικού δικτύου Θεσσαλονίκης.

Αφού η ΕΥΑΘ ανέλαβε την ευθύνη του δικτύου καθώς και την κατασκευή της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων στις όχθες του Γαλλικού Ποταμού, η περιοχή της Θεσσαλονίκης με βάση τον γενικό σχεδιασμό χωρίστηκε σε ζώνες συλλογής αποβλήτων. Αρχικά έγινε ορισμός της αστικής περιοχής, με προσανατολισμό προς την ΕΕΛ και κατέχει τις περιοχές δυτικά του άξονα Θέρμης/Μίκρας. Έπειτα το 1977 τέθηκε σε λειτουργία από τον Δήμο Θεσσαλονίκης η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων "Αινεία" όπου λύματα από τις ανατολικές περιοχές συγκεντρώνονται και μεταφέρονται εκεί. Η αποχέτευση της Βιομηχανικής Περιοχής Θεσσαλονίκης (ΒΠΠΕΘ) είχε προγραμματιστεί να συνδεθεί με την ΕΕΛ, όμως η ΕΥΑΘ σήμερα έχει εγκρίνει τα υγρά απόβλητα της να μεταφέρονται στην Μονάδα Κατεργασίας Αποβλήτων (ΜΚΑ) αφού έχει προηγηθεί η χωριστή επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων.

4.4 Παντοροϊκό σύστημα

Γενικά ένα παντοροϊκό σύστημα, όπως για παράδειγμα αυτό της Θεσσαλονίκης, διαστασιοποιείται για συγκεκριμένη ένταση βροχής με δεδομένη περίοδο επαναφοράς, όπου η διάρκεια είναι μικρή αλλά αποδίδει μεγαλύτερη ποσότητα νερού. Εξαιτίας της φόρτισης που δέχονται οι αγωγοί θα πρέπει να υπάρχουν και αντίστοιχα έργα ανακούφισης του δικτύου. Είναι γεγονός ότι μη καθαρό νερό συχνά καταλήγει στον τελικό αποδέκτη απευθείας. Για αυτό τον λόγο τα έργα ανακούφισης θα πρέπει να σχεδιάζονται κατάλληλα ώστε να μην υπάρχει έντονο ρυπαντικό φορτίο.

Σε χώρες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης επικρατούν τα παντοροϊκά συστήματα, αφού ακόμα και το καλοκαίρι ο υγρός καιρός βοηθά σχεδόν τη συνεχή αραίωση των υγρών αποβλήτων και δεν επιτρέπει την ανάδυση οσμών από τα φρεάτια υδροσυλλογής (Θωμόπουλος κ.α, 1999).

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει ένα παντοροϊκό σύστημα αποχέτευσης (Μαγγανά, 2011) είναι πρώτα από όλα ότι το κόστος συντήρησης του δικτύου καθώς και του προσωπικού μειώνεται, καθώς υφίσταται ένα μόνο δίκτυο. Δεν απαιτείται χώρος εγκατάστασης και δεύτερου αγωγού αποχέτευσης, επομένως μπορεί να

εφαρμοστεί σε περιοχές με στενούς δρόμους, όπου προϋπάρχουν και άλλοι αγωγοί όπως για παράδειγμα της ύδρευσης. Επιπρόσθετα, τα όμβρια ύδατα που συλλέγονται στα αρχικά λεπτά της βροχοπτώσης μεταφέρονται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Υπάρχουν όμως και κάποια μειονεκτήματα στη χρήση παντοροϊκών συστημάτων αποχέτευσης. Μία ποσότητα των ομβρίων υδάτων κατά τη διάρκεια ισχυρών βροχοπτώσεων μαζί με αραιωμένα λύματα, μπορεί να οδηγείται απευθείας στον τελικό αποδέκτη εξαιτίας των υπερχειλίσεων. Για αυτό τον λόγο το χωριστικό σύστημα θεωρείται πιο αποτελεσματικό στην υγιεινή μεγάλων αστικών κέντρων, καθώς με το παντοροϊκό υπάρχει κίνδυνος μόλυνσεων των υδάτινων αποδεκτών. Προβλήματα πλημμυρικών φαινομένων σε υπόγεια σπιτιών ή καταστημάτων μπορεί να προκληθούν λόγω ισχυρών βροχοπτώσεων. Επιπλέον, εξαιτίας των αυξημένων παροχών, το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των ΕΕΛ και των αντλιοστασίων είναι ιδιαίτερα μεγάλο. Τέλος, σε περίοδο ξηρασίας, όπου η ταχύτητα των ακαθάρτων είναι μικρή, υπάρχει περίπτωση να υπάρξουν εναποθέσεις στον πυθμένα των αγωγών με αποτέλεσμα την εμφάνιση έντονων δυσοσμίων δια μέσου των φρεατίων.

4.5 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης (ΕΕΛΘ)

Βασική ανάγκη για την περιοχή της Θεσσαλονίκης καθώς και των Τουριστικών Περιοχών του Δήμου Θερμαϊκού ήταν η δημιουργία Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής των κατοίκων και να μη διοχετεύονται ανεπεξέργαστα στον τελικό αποδέκτη, τον Θερμαϊκό κόλπο. Μέχρι το 1990 στον Θερμαϊκό το πρόβλημα ρύπανσης ήταν πολύ έντονο, εξαιτίας της μεγάλης ποσότητας ανεπεξέργαστων λυμάτων που κατέληγαν σε αυτόν, της μορφολογίας του και της μη ύπαρξης ισχυρών ρευμάτων.

Η ΕΕΛΘ (Εικόνα 4.5) καλύπτει το πιο μεγάλο μέρος των αστικών λυμάτων της πόλης της Θεσσαλονίκης και με τη χρήση βυτίων καλύπτει τις περιοχές που δεν εξυπηρετούνται από το αποχετευτικό δίκτυο της πόλης. Με βάση πρόσφατα στοιχεία

χρησιμοποιούνται 120 βυτία/ημέρα περίπου κατά μέσο όρο και υφίστανται επεξεργασία καθημερινά 160.000 m³/ημέρα. Το πρώτο στάδιο των έργων άρχισε το έτος 1983 και ολοκληρώθηκε το 1989 με προϋπολογισμό 3,5 δισ. δρχ. Το δεύτερο στάδιο άρχισε το έτος 1995 με προϋπολογισμό 11,3 δισ. δρχ και το 1992 ξεκίνησε επίσημα η λειτουργία της εγκατάστασης. Έπειτα, το 1992 η ΕΕΛΘ πέρασε στη διαχείριση της ΕΥΑΘ Α.Ε. Στην ΕΕΛΘ τα λύματα υφίστανται δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση του αζώτου συγχρόνως.



Εικόνα 4.5: Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης (ΤΕΕ, 2018).

Ο Θερμαϊκός κόλπος είναι ο τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων βιολογικά λυμάτων. Αυτά έχουν την δυνατότητα να ανακυκλώνονται ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες και να χρησιμοποιούνται για άρδευση στις γεωργικές περιοχές Χαλάστρας-Καλοχωρίου.

Τα τελευταία χρόνια η ΕΥΑΘ Α.Ε. επιδιώκει τη διάθεση της ιλύος για χρήση σε γεωργικές καλλιέργειες, ως εδαφοβελτιωτικού. Οι μονάδες επεξεργασίας καθώς και ο εξοπλισμός που διαθέτει η ΕΕΛΘ είναι οι παρακάτω:

α) Γραμμή λυμάτων: Φρεάτιο εισόδου, Κοχλιωτό αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης, Αντλιοστάσιο υποδοχής λυμάτων από περιοχές Δήμου Δέλτα, μονάδα υποδοχής βοθρολυμάτων, μονάδα απόσμησης ΚΑΑ, εσχάρωση, εξάμμωση/απολίπανση,

μερισμός παροχής, μέτρηση παροχής, μονάδα κροκίδωσης, δεξαμενή αερισμού με επιφανειακό αερισμό, πρωτοβάθμια επεξεργασία με 3 δεξαμενές καθίζησης, δύο κυλινδρικές δεξαμενές ομβρίων υδάτων, τρία κανάλια μέτρησης παροχής τύπου Venturi, τρεις κυλινδρικές δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης, αντλιοστάσιο επανακυκλοφορίας της λάσπης, οκτώ ορθογωνικές δεξαμενές ταυτόχρονης νιτροποίησης και απονιτροποίησης των λυμάτων, οκτώ κυκλικές δεξαμενές τελικής καθίζησης, απολύμανση λυμάτων, αντλιοστάσιο εξόδου, δίδυμος αγωγός (υπεδάφιος και υποθαλάσσιος) διάθεσης στον τελικό αποδέκτη Θερμαϊκό κόλπο.

β) Γραμμή ιλύος: Αυτή περιλαμβάνει αναερόβια χώνευση ιλύος με τρεις κυλινδρικές δεξαμενές, τέσσερις δεξαμενές πάχυνσης βαρύτητας, έξι κυλινδρικές δεξαμενές μεταπάχυνσης, δευτεροβάθμια πάχυνση ιλύος, δεξαμενή ομογενοποίησης μίγματος και μονάδα θερμικής ξήρανσης ιλύος.

γ) Αγωγός διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων (δίδυμος αγωγός): Αποτελείται από τα χερσαία τμήματα μήκους 7.800 km (δύο όμοιο κλάδοι) και το υποθαλάσσιο τμήμα με το σύστημα διάχυσης εντός κόλπου σε βάθος 25m (δύο όμοιους κλάδους 2.600m ο καθένας).

4.6 Κεντρικός Αποχετευτικός Αγωγός (ΚΑΑ)

Η μελέτη για τον ΚΑΑ εκπονήθηκε το 1979 (Κόμης κ.α, 1979) και η κατασκευή του έγινε το 1990 εκτός τον Β' κλάδο στη δυτική περιοχή, όπου η μελέτη έγινε το 2011 και βρίσκεται έως τώρα υπό κατασκευή. Η κύρια αυτή μελέτη περιλαμβάνει τον αγωγό, τα φρεάτια συμβολής, τις υπερχειλίσσεις, τα κύρια αντλιοστάσια και τους καταθλιπτικούς αγωγούς του αποχετευτικού δικτύου. Το μήκος του κεντρικού αγωγού είναι 15.812m ξεκινώντας από την είσοδο της εγκατάστασης μέχρι το φρεάτιο Φ98. Στο πιο μεγάλο μέρος του η διατομή του είναι κυκλική με διαμέτρους D2100, D2400 και D2700. Οι κλίσεις του αγωγού σε όλο το μήκος του είναι πολύ μικρές. Επειδή το βάθος όπου κατασκευάστηκε ο αγωγός είναι στα 35m, κατασκευάστηκε σε αρκετό μήκος σήραγγα. Ο κεντρικός αγωγός (Εικόνα 4.6) έχει επενδυθεί στο μεγαλύτερο μέρος του με PVC και στο κάτω μέρος του με οξύμαχα τούβλα. Η επέκταση του ΚΑΑ

συνεχίστηκε και προς την Ανατολική Θεσσαλονίκη, ώστε να μπορέσει να εξυπηρετήσει και την περιοχή της Θέρμης.

Παρόλο που ο ΚΑΑ κατασκευάστηκε το 1990, όπως προαναφέρθηκε, οι συνδέσεις σε αυτόν τέθηκαν σε λειτουργία το 2003. Αυτό δικαιολογείται από την χαμηλή υδραυλική δυναμικότητα της ΕΕΛΘ μέχρι την εκπόνηση των έργων Β' φάσης και τα λύματα κατέληγαν στη θάλασσα.



Εικόνα 4.6: Κεντρικός Αποχετευτικός Αγωγός (ΚΑΑ) Θεσσαλονίκης (ΤΕΕ, 2018).

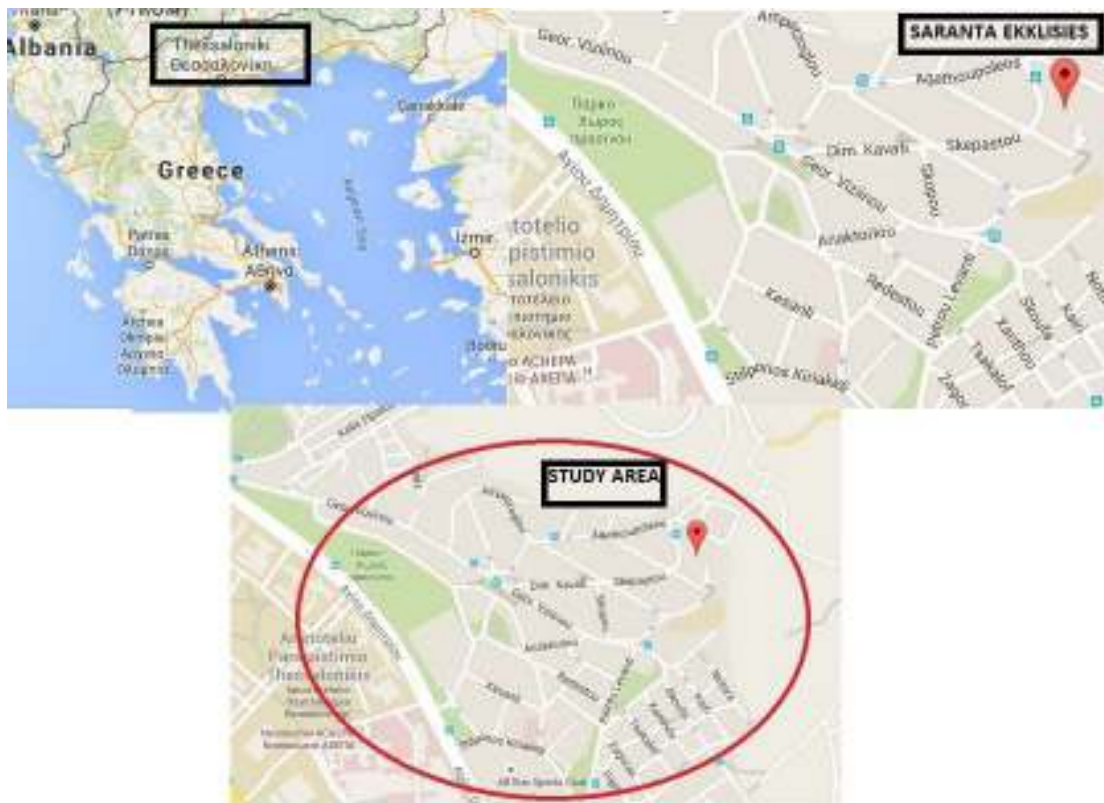
Ο ΚΑΑ, καθώς εκτείνεται παράλληλα με την ακτογραμμή, τέμνει τους πιο παλαιούς αγωγούς οι οποίοι οδηγούσαν τα λύματα από τις πιο ψηλές περιοχές στη θάλασσα. Σε αυτά τα σημεία τομής κατασκευάστηκαν τα Φρεάτια Συμβολής όπου η παροχή εκτρέπεται στον ΚΑΑ μέσω βαρύτητας. Με βάση τους Περιβαλλοντικούς Όρους (Π.Ο) εφόσον έχει πραγματοποιηθεί αραιώση 1:5 στα λύματα μπορεί να γίνει διάθεση μικτής απορροής (λυμάτων και ομβρίων) στον τελικό αποδέκτη. Για αυτό τον λόγο τα φρεάτια συμβολής διαθέτουν αγωγούς περιορισμένης διατομής (Φ250) οι οποίοι διευθετούν την παροχή προς τον ΚΑΑ. Η ΕΥΑΘ Α.Ε έχει προβεί σε βελτιώσεις στα φρεάτια συμβολής, κατασκευάζοντας δεξαμενές ανάσχεσης, οι οποίες συγκεντρώνουν την παροχή που υπερχειλίζει κατά τη διάρκεια της απορροής ομβρίων υδάτων καθώς η ακρίβεια του διαχωρισμού λυμάτων δεν είναι αρκετά ικανοποιητική.

Κεφάλαιο 5^ο: Κριτήρια χωροθέτησης κήπων βροχής.- Παραδείγματα εφαρμογής

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσονται κριτήρια χωροθέτησης για κήπους βροχής και προτείνονται τρόποι βελτίωσης του σχεδιασμού τους, μέσω παραδειγμάτων εφαρμογής στην περιοχή των Σαράντα Εκκλησιών και στην περιοχή Τούμπας Θεσσαλονίκης.

5.1 Περιοχή Σαράντα Εκκλησιών

5.1.1. Χωροθέτηση



Εικόνα 5.1.1: Χάρτης περιοχής μελέτης (Σαράντα Εκκλησιές, Θεσσαλονίκη).

Η πρώτη εφαρμογή αφορά ένα μέρος των Σαράντα Εκκλησιών, μία γειτονιά κοντά στο κέντρο της Θεσσαλονίκης,. Υπάρχουν πολύ περισσότεροι πράσινοι χώροι στις Σαράντα Εκκλησιές σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σημεία του κέντρου της πόλης, αλλά

(απεικονίζονται με μπλε και πράσινο χρώμα αντίστοιχα). Το χειρότερο πρόβλημα λιμναζόντων νερών της βροχής εμφανίζεται στην οδό Αγίου Δημητρίου.

Το πρόβλημα επιδεινώνεται με την έντονη κυκλοφορία οχημάτων και την αυξημένη ροή πεζών. Η φωτογραφία στην Εικόνα 5.1.3 η οποία τραβήχτηκε σε μικρή αλλά έντονη διάρκειας βροχόπτωση είναι αρκετά ενδεικτική. Ο σκοπός μας είναι να περιορίσουμε την όχληση εξαιτίας των βροχοπτώσεων σε όλη την περιοχή μελέτης μας μέσω των κήπων βροχής.

Η επιλογή των κατάλληλων σημείων για την κατασκευή των κήπων βροχής είναι ένα δύσκολο έργο σε πυκνοκατοικημένες περιοχές.

Η προσέγγιση μας έχει βασιστεί και σε επισκόπηση του χάρτη και σε έρευνα πεδίου κατά τη διάρκεια των βροχοπτώσεων. Τα κριτήρια επιλογής είναι:

- α) Αναμενόμενη αποτελεσματικότητα, όσον αφορά τα τρέχοντα προβλήματα επιφανειακής απορροής της βροχής, ο τοπικός όγκος κυκλοφορίας αυτοκινήτων, οι ροές πεζών. Για παράδειγμα, προτεραιότητα δόθηκε στην περιοχή δίπλα στην οδό ο Αγίου Δημητρίου και στις μεγάλες φοιτητικές εστίες, που είναι τα ψηλότερα κτίρια στην περιοχή μελέτης.
- β) Ιδιοκτησία γης. Έχουμε περιορίσει την αναζήτηση σημείων επιλογής σε δημόσια και δημοτικά οικόπεδα μόνο.
- γ) Η σχετική θέση των επιλεγμένων τοποθεσιών και η κατανομή τους στην περιοχή μελέτης.
- δ) Τήρηση της ελάχιστης απαιτούμενης απόστασης μεταξύ των κήπων βροχής και των γειτονικών κτιρίων.
- ε) Αναμενόμενα κόστη και αποτελεσματικότητα από τις απαιτούμενες δομές εισροής.

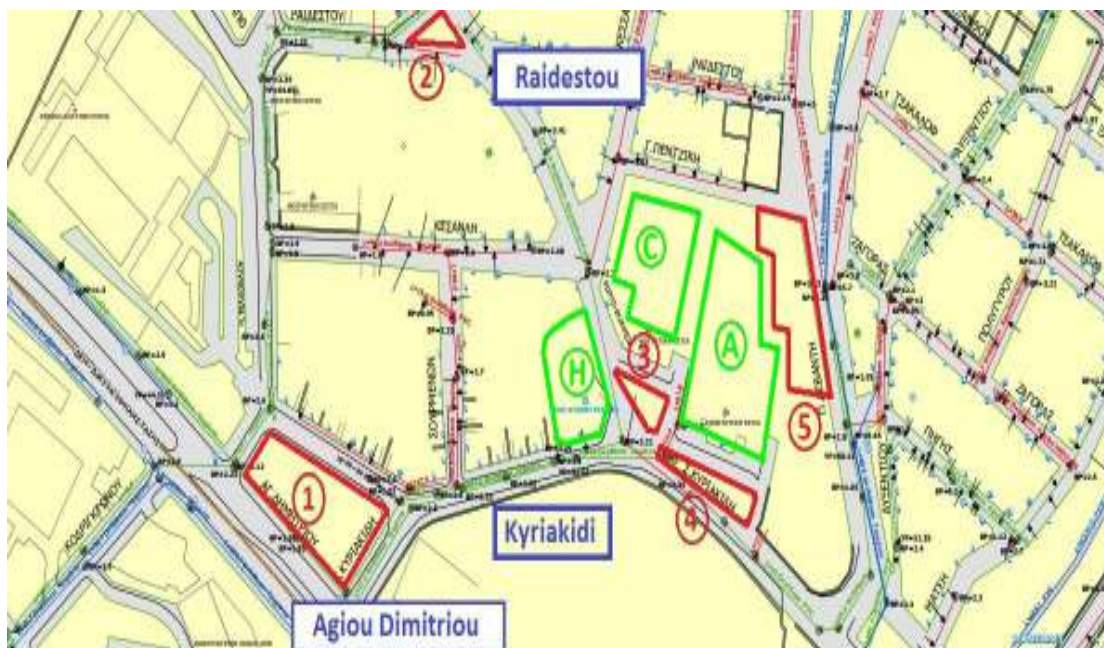


Εικόνα 5.1.3: Διασταύρωση της Αγίου Δημητρίου με Στ. Κυριακίδη κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης μικρής έντασης.

Τα σημεία που επιλέξαμε για την κατασκευή των κήπων βροχής, τα οποία επισημαίνονται με κόκκινο χρώμα στο χάρτη της Εικόνας 5.1.4, είναι τα παρακάτω:

1) Τοποθεσία K1 (Οδός Αγίου Δημητρίου): Αυτό το σημείο είναι ένα πάρκο το οποίο εκτείνεται κατά μήκος της οδού Αγίου Δημητρίου και πρακτικά έρχεται σε επαφή με την προαναφερθείσα προβληματική περιοχή. Μία από τις γωνίες της αποτυπώνεται στη φωτογραφία της Εικόνας 5.2.3. Οι δρόμοι γύρω από το πάρκο μετατρέπονται σε ρηχά ρέματα κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων και το αποχετευτικό δίκτυο αποτυγχάνει να λειτουργήσει τουλάχιστον τοπικά. Η προτεινόμενη περιοχή για κατασκευή κήπου βροχής έχει εμβαδόν 2400 m^2 .

2) Τοποθεσία K2 (διασταύρωση οδών Ραιδεστού και Ανακτορίου): Αυτό το σημείο είναι ένα μικρό πάρκο δίπλα σε δρόμο με μεγάλη κλίση, ο οποίος μεταφέρει μεγάλες ποσότητες νερού της βροχής κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης. Η προτεινόμενη έκταση για κατασκευή κήπου είναι 33 m^2 .



Εικόνα 5.1.4: Ο χάρτης δείχνει τα επιλεγμένα σημεία για κήπους βροχής από το K1 έως το K6 (ΕΥΑΘ, 2018).

3) Τοποθεσίες K3, K4, και K5 (γύρω από την Α και Γ φοιτητικές εστίες): Αυτές οι θέσεις είναι πάρκα γύρω από τις Α και Γ φοιτητικές εστίες. Η K3 τοποθετείται στην είσοδο των εστιών Γ, η K4 στην είσοδο των εστιών Α και η K5 κοντά στην ανατολική πλευρά, κατά μήκος δρόμου με μεγάλη κλίση. Οι προτεινόμενες εκτάσεις για την κατασκευή των κήπων βροχής είναι αντίστοιχα 273 m², 360 m², 1540 m².

4) Τοποθεσία K6 (απέναντι από τη φοιτητική εστία Α στην οδό Λεβαντή): Αυτή η τοποθεσία είναι ένα μικρό πάρκο απέναντι από τον κήπο βροχής K5. Η προτεινόμενη έκταση του κήπου βροχής είναι ίση με 250 m². Μαζί με τον κήπο K5, θα μετριάσει το πρόβλημα στην διασταύρωση των οδών Λεβαντή και Κυριακίδη, η οποία φέρει μεγάλο κυκλοφοριακό φορτίο.

5) Η τοποθεσία K7 είναι μέρος της κοίτης ενός ρέματος, το οποίο επιβίωσε από την αστικοποίηση. Η τρέχουσα υδραυλική του λειτουργία είναι αρκετά περιορισμένη, έτσι η κοίτη του είναι κατάλληλη για την κατασκευή κήπων βροχής (Katsifarakis et al., 2013). Οι λόγοι επιλογής αυτής της τοποθεσίας είναι:

α) Η οδός Τρίτης Σεπτεμβρίου που είναι παράλληλη με την κοίτη του ρέματος, έχει μεγάλη κλίση και μετατρέπεται σε ρηχή ροή κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων μέτριας έντασης, καθώς δέχεται την επιφανειακή απορροή από άλλες οδούς,

β) Η κυκλοφορία των αυτοκινήτων είναι μεγάλη δίπλα στη διασταύρωση με την Οδό Αγίου Δημητρίου και

γ) Τα φρεάτια υδροσυλλογής του αποχετευτικού δικτύου είναι πολύ λίγα.

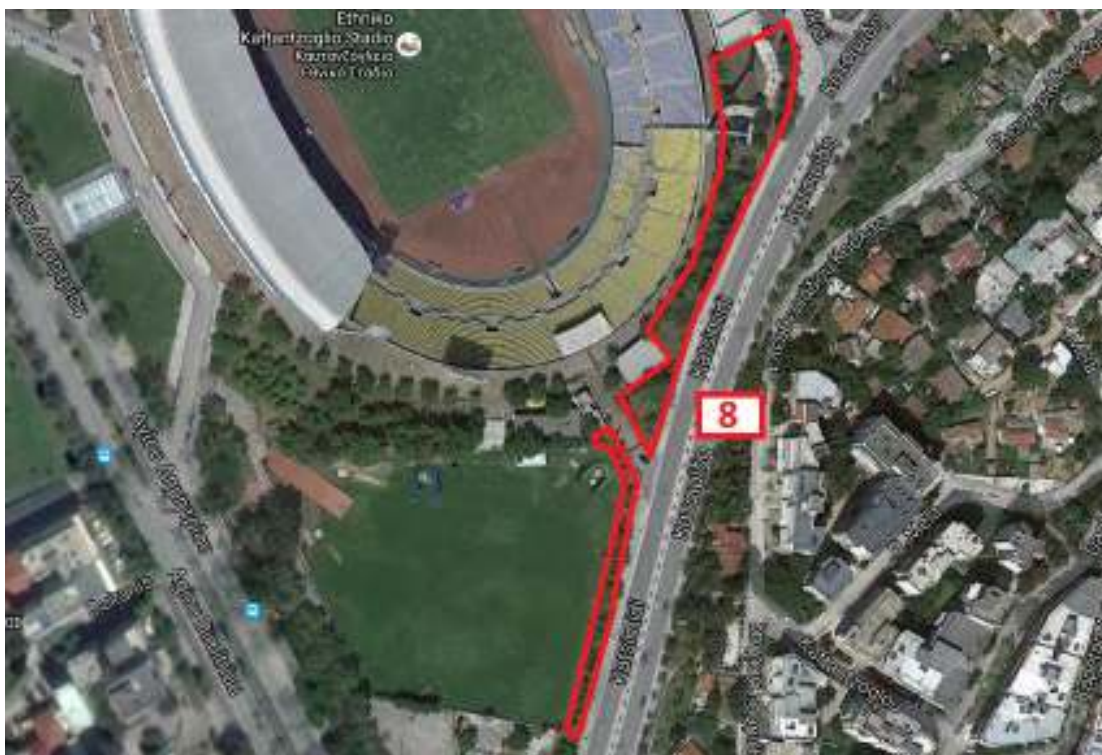
Η προτεινόμενη έκταση των κήπων βροχής είναι ίση με 5500 m².

Οι τοποθεσίες K6 και K7 φαίνονται με κόκκινο χρώμα στην Εικόνα 5.1.5.



Εικόνα 5.1.5: Στον χάρτη φαίνονται τα επιλεγμένα σημεία K6 και K7 για την κατασκευή κήπων βροχής (ΕΥΑΘ, 2018).

8) Η τοποθεσία K8 είναι ένας χώρος πρασίνου, ουσιαστικά μη προσβάσιμος στο κοινό, μεταξύ του Αθλητικού κέντρου Καυταντζογλείου και της Οδού Κατσιμίδη. Αυτή η οδός συνδέει την Περιφερειακή οδό της Θεσσαλονίκης με την Αγίου Δημητρίου (και κατόπιν συνεχίζει προς τη θάλασσα). Είχε μεγάλη κλίση και μεγάλο κυκλοφοριακό φορτίο. Για αυτούς τους λόγους, η ελάφρυνση του προβλήματος της επιφανειακής απορροής της βροχής είναι αρκετά σημαντική. Επιπρόσθετα, η διοχέτευση ομβρίων στον προτεινόμενο κήπο βροχής μπορεί να συμβάλει στον εμπλουτισμό του τοπικού ρηχού υδροφορέα, ο οποίος χρησιμοποιείται για την άρδευση των αθλητικών εγκαταστάσεων. Αποτελεσματικοί συνδυασμοί περιορισμού των πλημμυρών με εμπλουτισμό υδροφορέων έχουν αναφερθεί τόσο για αστικές όσο και για αγροτικές περιοχές (Sebti et al., 2016). Η προτεινόμενη έκταση των κήπων βροχής είναι ίση με 1200 m².



Εικόνα 5.1.6: Ο χάρτης δείχνει το επιλεγμένο σημείο K8 για κήπο βροχής (Μαυρατζώτη, 2018).

5.1.2 Υπολογισμοί-Αναλύσεις

Οι κήποι βροχής δεν υποκαθιστούν το αποχετευτικό δίκτυο, αλλά είναι περισσότερο συμπληρωματικοί σε αυτούς. Η ενσωμάτωση τους στα συστήματα διαχείρισης αστικών ομβρίων υδάτων ίσως οδηγήσει σε καθαρό οικονομικό όφελος, εξαιτίας της πιθανής μείωσης της επέκτασης του αποχετευτικού συστήματος και του κόστους συντήρησης και λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων (Sebti et al., 2016). Κατά μια έννοια, η επιλογή των θέσεων των κήπων βροχής σχετίζεται με την αναποτελεσματικότητα του τοπικού αποχετευτικού δικτύου.

Σύμφωνα με τους χάρτες της ΕΥΑΘ Α.Ε που φαίνονται στις Εικόνες 5.1.4 και 5.1.5, όπου περιλαμβάνονται λεπτομέρειες του αποχετευτικού συστήματος, που αποτελείται από αγωγούς συλλογής ομβρίων (μπλε χρώμα), παντορροϊκούς (πράσινο χρώμα) και αποχέτευσης λυμάτων (κόκκινο χρώμα). Οι υπολογισμοί επικεντρώνονται σε 3

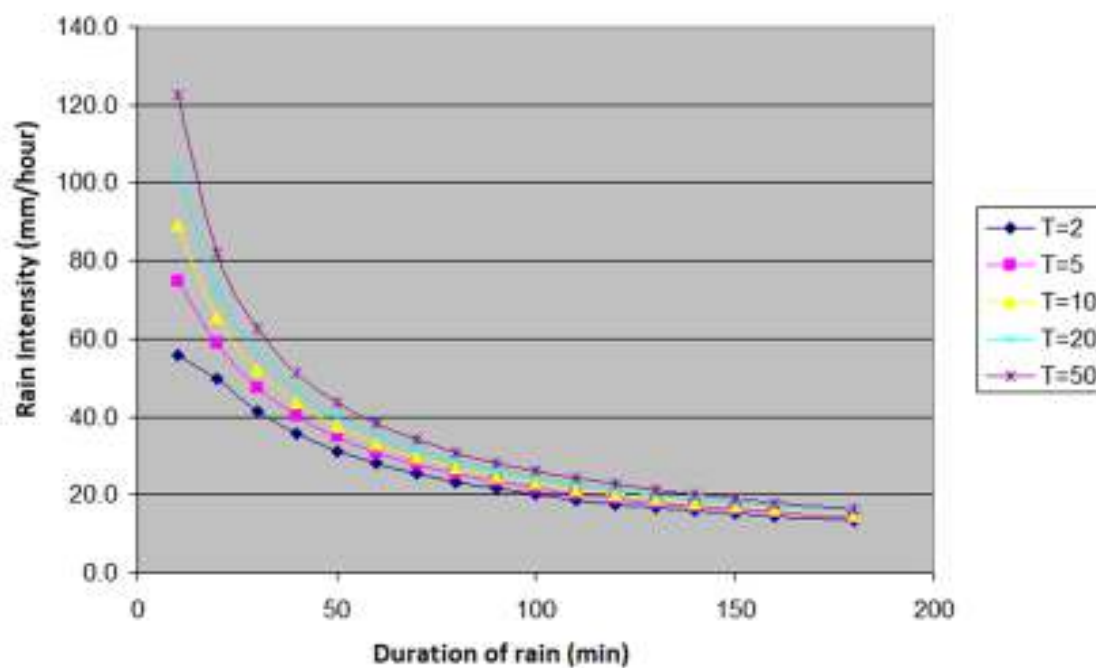
αγωγούς, εξυπηρετώντας τις δύο πιο προβληματικές οδούς και συγκεκριμένα τις διασταυρώσεις της οδού Αγίου Δημητρίου με την οδό Κυριακίδη και Τρίτης Σεπτεμβρίου, που φαίνονται στην Εικόνα 5.1.9.

Για να ελέγξουμε την παροχευτική ικανότητα του τοπικού αποχετευτικού δικτύου και η ικανότητα αποθήκευσης των κήπων βροχής, λαμβάνουμε υπόψη μια περίοδο επαναφοράς 2 ετών, δηλαδή την εντονότερη βροχόπτωση που είναι πιθανό να συμβεί σε διάστημα δύο ετών. Για να υπολογίσουμε τις ποσότητες επιφανειακής ροής, χρησιμοποιείται το διάγραμμα της Εικόνας 5.1.10 , που δίνεται στο (Σπυρίδης κ.α, 2011). Ο άξονας X του διαγράμματος αποτυπώνει τη διάρκεια της βροχόπτωσης , ενώ ο άξονας Y δείχνει την ένταση. Οι διαφορετικές καμπύλες αντιπροσωπεύουν τη μεγαλύτερη βροχόπτωση που είναι πιθανό να συμβεί μία φορά κάθε 2, 5, 10, 20 και 50 χρόνια.

Καταρχάς ελέγξαμε αν οι δύο παντοροϊκοί αγωγοί (1A και 1B) στην οδό Αγίου Δημητρίου στο σημείο P1 και ο παντοροϊκός αγωγός 2 στο σημείο P2, μπορούν να παροχετεύσουν τη μέγιστη ποσότητα της επιφανειακής απορροής της περιοχής η οποία εξυπηρετείται από καθέναν από αυτούς. Οι διάμετροι τους είναι ίσες με $D1A=500\text{mm}$, $D1B=300\text{mm}$, $D2=400\text{mm}$, ενώ οι κλίσεις τους (δεν ακολουθούν την οδό Αγίου Δημητρίου, που έχει μικρή κλίση) είναι ίσες με $I1A=1.2\%$, $I1B=1.6\%$ και $I2=1.2\%$, αντιστοίχως.



Εικόνα 5.1.8: Διασταυρώσεις Αγίου Δημητρίου με τις οδούς Στ.Κυριακίδη και 3ης Σεπτεμβρίου (Google).



Εικόνα 5.1.9: Διάγραμμα έντασης-Διάρκειας βροχόπτωσης για διάφορες περιόδους επαναφοράς T (Spyridis et al, 2011).

Εξαιτίας των μεγάλων κλίσεων των οδών, η συγκέντρωση της επιφανειακής απορροής είναι της τάξης των λίγων λεπτών μόνο. Από το διάγραμμα της Εικόνας 5.1.9, η ένταση της βροχής είναι ίση με 50mm/h, για διάρκεια ίση με 20 λεπτά, ενώ ο συντελεστής της επιφανειακής απορροής μπορεί να θεωρηθεί ίσος με 0.8. Οι περιοχές που υποτίθεται ότι αποστραγγίζονται από τους αγωγούς 1Α, 1Β και 2 είναι ίσες με 24500m², 65500m² και 9400m² αντίστοιχα. Αν η επιφανειακή ροή συλλέγονταν πλήρως από το αποχετευτικό δίκτυο η παροχή που θα έπρεπε να μεταφερθεί από τους τρεις αγωγούς θα ήταν ίση με 0,27m³/s, 0,73m³/s και 0,10m³/s αντίστοιχα. Για τον αγωγό 2, η τιμή της παροχής έχει ίσως υποεκτιμηθεί, διότι η απορροή της βροχής, που θα έπρεπε να συλλεχθεί από τους άλλους αγωγούς, καταλήγει ίσως στην οδό Τρίτης Σεπτεμβρίου (Basdeki et al., 2017).

Αν η κατά μήκος κλίση και ο συντελεστής τραχύτητας δεν μεταβάλλονται, η παροχή Q η οποία μπορεί να μεταφερθεί από έναν κυκλικό αγωγό με ροή με ελεύθερη επιφάνεια ροής παίρνει τη μέγιστη τιμή της όταν το βάθος ροής είναι ίσο με 0,94D (όπου D είναι η εσωτερική διάμετρος του αγωγού). Για να την υπολογίσουμε χρησιμοποιούμε την εξίσωση του Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (5.1.1)$$

όπου n είναι ο συντελεστής του Manning (τον παίρνουμε ίσο με 0,02 s/m^{1/3}), A είναι η διατομή του αγωγού και R_h η υδραυλική ακτίνα. Τα αποτελέσματα είναι:

$$Q_{\max 1A} = 0,29 \text{ m}^3/\text{s}, Q_{\max 1B} = 0,085 \text{ m}^3/\text{s}, Q_{\max 2} = 0,16 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Οι παραπάνω υπολογισμοί συνοψίζονται στον Πίνακα 5.1.1, μαζί με τα χαρακτηριστικά των αγωγών.

Πίνακας 5.1.1: Σύνοψη των υδραυλικών και υδρολογικών υπολογισμών.

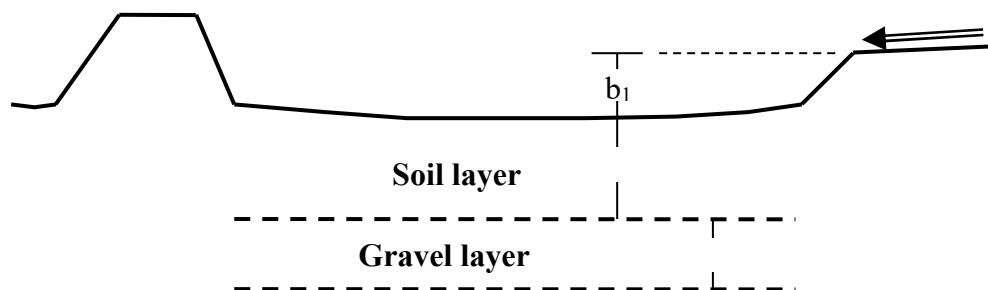
Αρ. Αγωγού	Διάμετρος αγωγού D (mm)	Κλίση αγωγού I	Q _{max} (m ³ /s)	Έκταση εξυπηρετούμενης περιοχής (m ²)	Q για περίοδο επαναφοράς 2 χρόνων
IA	500	1.2%	0.290	24.500	0.27
IB	300	1.6%	0.085	65.000	0.73
2	400	1.2%	0.160	9.400	0.10

Εξετάζοντας τους αγωγούς στο σημείο P1 συμπεραίνουμε ότι ο αγωγός 1IA είναι επαρκής, ενώ ο αγωγός 1B είναι ικανός να παροχετεύσει μόνο ένα μέρος της απορροής της βροχής. Επομένως, οι κήποι βροχής πρέπει να ελαφρύνουν το φορτίο του αγωγού 1B. Στην επιλογή των θέσεων των κήπων βροχής K1 και K5 λαμβάνεται υπόψη και αυτό το κριτήριο.

Εξετάζοντας τον αγωγό στο σημείο P2 συμπεραίνουμε ότι η παροχευτική του ικανότητα είναι αρκετή. Επομένως, το πρόβλημα στο P2 οφείλεται στον μικρό αριθμό των φρεατίων υδροσυλλογής του αποχετευτικού δικτύου και στις μεγάλες κλίσεις του δρόμου που οδηγούν την απορροή σε αυτό.

Για κάνουμε μια προκαταρκτική εκτίμηση του όγκου του νερού της βροχής, που μπορεί να συγκρατηθεί από τους προτεινόμενους κήπους βροχής, χρησιμοποιούμε μια τυπική τομή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.1.10. Σε αυτή την περίπτωση η ικανότητα αποθήκευσης του κήπου βροχής εξαρτάται από τους ακόλουθους τρεις παράγοντες: α) το ενεργό πορώδες του στρώματος του χαλικιού, β) το ενεργό πορώδες του στρώματος του εδάφους και γ) τη διαφορά μεταξύ της στάθμης του αναχώματος του κήπου βροχής (ή της επιφάνειας του εισρέοντος νερού) και του επιπέδου της επιφάνειας του εδάφους.

Θεωρούμε ότι: α) το πάχος του στρώματος του χαλικιού είναι $b_3=0,25\text{m}$ ενώ το ενεργό του πορώδες ισούται με 0,30, β) το πάχος του στρώματος του εδάφους είναι $b_2=0,40\text{m}$ και το ενεργό του πορώδες ισούται με 0,20 και γ) η διαφορά μεταξύ του επιπέδου της επιφάνειας του εδάφους και της στάθμης του αναχώματος του κήπου βροχής είναι $b_1=0,15\text{m}$.



Εικόνα 5.1.10: Σκαρίφημα κήπου βροχής (κατακόρυφη τομή) (Katsifarakis et al., 2013).

Επομένως, ο όγκος του νερού S_k ο οποίος μπορεί να αποθηκευτεί σε κάθε τετραγωνικό μέτρο του κήπου βροχής δίνεται σε:

$$S_k = 0,25 \cdot 0,3 + 0,4 \cdot 0,2 + 0,15 = 0,305 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Αυτή η τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τους προκαταρκτικούς υπολογισμούς για όλα τις επιλεγμένες θέσεις για κήπους βροχής εκτός από την K7, που βρίσκεται στην κοίτη του ρέματος. Ο υπολογισμός του ολικού όγκου απορροής του νερού της βροχής που μπορεί να συγκρατηθεί από κάθε προτεινόμενο κήπο βροχής είναι απλός. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 5.1.2, όπου η τιμή για K7 μπορεί να θεωρηθεί ως κατώτατο όριο.

Πίνακας 5.1.2: Κατά προσέγγιση αποθηκευτική ικανότητα των προτεινόμενων θέσεων για κήπους βροχής.

Σημείο	Όγκος (m^3)	Σημείο	Όγκος (m^3)
K1	736	K5	470
K2	10	K6	76
K3	83	K7	1700
K4	110	K8	365

Ο συνολικός όγκος απορροής Vol από μία περιοχή S μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$Vol=S*i*T*f \quad (5.1.2)$$

όπου i είναι η ένταση της βροχής, T είναι η διάρκεια της βροχής και f είναι ο συντελεστής επιφανειακής απορροής.

Σύμφωνα με το διάγραμμα της Εικόνας 5.1.9, η ένταση της ισχυρότερης βροχόπτωσης που διαρκεί δύο ώρες, δηλαδή όσο και η εξεταζόμενη περίοδος επαναφοράς, είναι 20mm/h, Για $f=0.85$, προκύπτει από την εξίσωση 3, ότι ο όγκος συνολικής απορροής νερού της βροχής που αποστραγγίζεται από τους αγωγούς 1A, 1B, 2 ισούται με 830m³, 2200m³ και 320m³ αντίστοιχα.

Ο κήπος βροχής K1 μπορεί να εξυπηρετήσει την επιφανειακή απορροή της περιοχής των αγωγών 1A και 1B, ενώ οι K2 ως K6 του αγωγού 1B. Η περιοχή του αγωγού 2 εξυπηρετείται από τον K7, ενώ ο K8 δεν σχετίζεται με τις 2 εξεταζόμενες διασταυρώσεις. Προκύπτει επομένως ότι οι προτεινόμενοι κήποι βροχής μπορούν να ελαττώσουν σημαντικά το πρόβλημα της απορροής των ομβρίων στην περιοχή μελέτης.

Επιπλέον, οι αρχικές εκτιμήσεις έδειξαν ότι η κατασκευή των κήπων βροχής είναι μία οικονομικά αποτελεσματική λύση, διότι η σημαντική βελτίωση του υπάρχοντος αποχετευτικού δικτύου απαιτεί την αντικατάσταση του αγωγού B και την κατασκευή περισσότερων υδροσυλλογής κατά μήκος και των τριών αγωγών. Από την άλλη μεριά το κόστος κατασκευής των κήπων βροχής μπορεί να είναι μικρότερο από 50€/m² (χωρίς το κόστος των διατάξεων εισροής) και μπορεί να συνδυαστεί με αποκατάσταση χώρων πρασίνου (και συγκεκριμένα του μέρους B του K7).

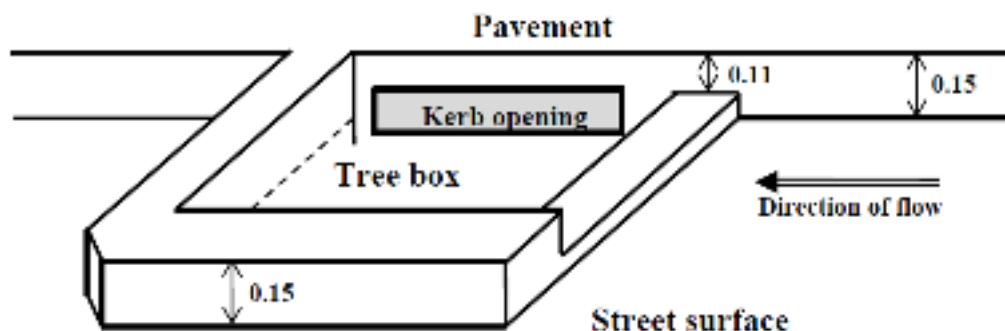
Ακόμα, ένας από τους μικρούς κήπους βροχής (όπως K3) μπορεί να κατασκευαστεί πρώτος, για να εκτιμηθεί ακριβέστερα το κόστος και η αποτελεσματικότητά του (Welker et al. 2013).

Στην πραγματικότητα, η παρακολούθηση των προτεινόμενων θέσεων κατασκευής των κήπων βροχής θα πρέπει να ξεκινήσει τουλάχιστον ένα χρόνο πριν την κατασκευή τους για λόγους σύγκρισης.

5.1.3 Σχεδιασμός και τεχνικά χαρακτηριστικά

Εξαιτίας των μεγάλων κλίσεων των οδών της περιοχής μελέτης, οι διατάξεις εισόδου και εξόδου του νερού στους προτεινόμενους κήπους βροχής χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή, διότι τα απλά ανοίγματα στα κράσπεδα των πεζοδρομίων ίσως δεν αρκούν για να εκτρέψουν την απορροή ομβρίων σε αυτούς. Μία επιλογή είναι να συνδυάσουμε τα ανοίγματα στα κράσπεδα με δενδροδόχους βιοκατακράτησης όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.1.11. Το μικρό κατώφλι κατά μήκος των εισόδων των δενδροδόχων στοχεύει να εκτρέψει πολύ μικρές ροές από τον κήπο βροχής προς το αποχετευτικό σύστημα, για τους ακόλουθους λόγους: α) Αυτές οι μικρές ροές δεν προκαλούν οχλήσεις και β) Αυτές μπορεί να μεταφέρουν μεγάλο ρυπαντικό φορτίο, το οποίο θα πρέπει να καταλήγει στις εγκαταστάσεις αποχέτευσης. Τέτοιες διατάξεις εισόδου μπορούν να προσαρμοστούν στα περισσότερα από τις προτεινόμενες θέσεις κήπων βροχής.

Ειδικά στο τμήμα Β του κήπου K7, όπου η κοίτη του ρέματος είναι σημαντικά χαμηλότερη από την επιφάνεια του δρόμου, η διοχέτευση του νερού θα πρέπει να γίνεται με λούκι στερεωμένο στον τσιμεντένιο τοίχο, ο οποίος συγκρατεί τον δρόμο και το πεζοδρόμιο της οδού Τρίτης Σεπτεμβρίου.



Εικόνα 5.1.11: Δομή εισόδου συνδυαζόμενη με άνοιγμα κρασπέδου και χώρος δένδρων.

Από τις διατάξεις εκροής, ιδιαίτερο σχεδιασμό χρειάζεται αυτή της θέσης K1. Το όριο του υπάρχοντος πάρκου με το πεζοδρόμιο της οδού Αγίου Δημητρίου είναι ένα τσιμεντένιο τοιχίο, με μέγιστο ύψος 0,55m. Η στάθμη του εδάφους στο μεγαλύτερο μέρος του κήπου θα πρέπει να χαμηλώσει από 0,10 μέχρι 0,20m. Επιπλέον, θα πρέπει να κατασκευαστεί ένα χαμηλό ανάχωμα κατά μήκος της οδού Κυριακίδη. Τέλος, στη στέψη του τοιχίου θα πρέπει να κατασκευαστεί ένας αγωγός, για να συλλέγει το νερό της βροχής που θα υπερχειλίζει και να το οδηγεί μέσω ενός μικρού υδροσωλήνα στο αποχετευτικό δίκτυο.

5.2. Περιοχή Τούμπας



Εικόνα 5.2.1: Χάρτης της περιοχής μελέτης (Άνω Τούμπα, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα)

Μία ακόμα περιοχή μελέτης βρίσκεται στο πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης, στη Δ΄ Δημοτική Κοινότητα και στη Πλατεία Μικρασιατικού και Θρακικού Ελληνισμού, επί των οδών Κλεάνθους και Λαμπράκη, όπου υπάρχουν το κολυμβητήριο, το σχολείο, το πολιτιστικό κέντρο και το γήπεδο. Θεωρείται σκόπιμη η εγκατάσταση των κήπων βροχής σε αυτή την περιοχή, καθώς υπάρχουν ήδη χώροι πρασίνου και η κλίση του εδάφους στην παρακείμενη περιοχή είναι μεγάλη, με συνέπεια τη μεγάλη απορροή ομβρίων προς την περιοχή μελέτης. Επίσης αποτελεί τη κεντρική πλατεία της περιοχής, δηλαδή ένα χώρο που προσελκύει το ενδιαφέρον των περιοίκων για ψυχαγωγία.

Στην εξεταζόμενη περιοχή δημιουργούνται προβλήματα κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων, όπως για παράδειγμα μέρος των όμβριων υδάτων απορρέει επιφανειακά ή λιμνάζει στα οδοστρώματα και καλύπτει πεζοδρόμια, δημιουργώντας προβλήματα και καθυστέρηση στην κυκλοφορία των πεζών και των αυτοκινήτων. Σε ακραίες περιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί πλημμύρες υπογείων κατοικίας και καταστημάτων.

Γι' αυτό τον λόγο η κατασκευή των κήπων βροχής θα έχει οφέλη για την περιοχή, καθώς θα λειτουργήσει συμπληρωματικά με το υπάρχον δίκτυο αγωγών ομβρίων και επίσης αποτελεί μία λύση με χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης.

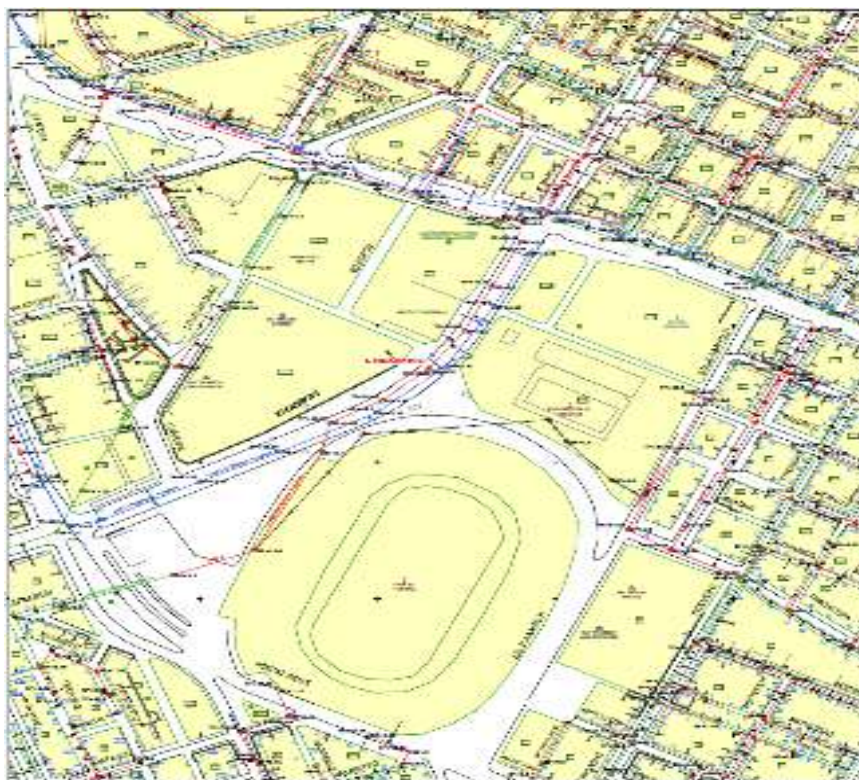
Στη παρακάτω Εικόνα 5.2.2 φαίνεται η κατάσταση που επικρατεί κατά τη διάρκεια έντονης βροχόπτωσης σε δρόμους της εξεταζόμενης περιοχής.



Εικόνα 5.2.2: Διασταύρωση Γρ. Λαμπράκη με Αγίας Μαρίνας κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης (Μαυραντζώτη, 2019).

Το διαθέσιμο δίκτυο αποχέτευσης στην περιοχή μελέτης παρουσιάζεται στο χάρτη της Εικόνας 5.2.3, που παρασχέθηκε από την Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε.. Αποτελείται από αγωγούς

ομβρίων, αποχέτευσης λυμάτων και παντοροϊκούς που απεικονίζονται στο χάρτη με μπλε, κόκκινο και πράσινο χρώμα αντίστοιχα.



Εικόνα 5.2.3: Χάρτης του αποχετευτικού δικτύου της περιοχής μελέτης (ΕΥΑΘ, 2018).

Οι τοποθεσίες όπου θα γίνει η εγκατάσταση των κήπων βροχής φαίνονται στην Εικόνα 5.2.4.



Εικόνα 5.2.4: Χάρτης όπου σημειώνονται οι περιοχές εγκατάστασης των κήπων βροχής.

Και οι τέσσερις παραπάνω τοποθεσίες αποτελούν σήμερα χώρους πρασίνου και υπάρχει μια καφετέρια ανάμεσά τους. Η τοποθεσία K1 έχει εμβαδόν $124,1 \text{ m}^2$, η K2 είναι 324 m^2 , η K3 είναι $44,07 \text{ m}^2$ και η K4 έχει εμβαδόν 613 m^2 .

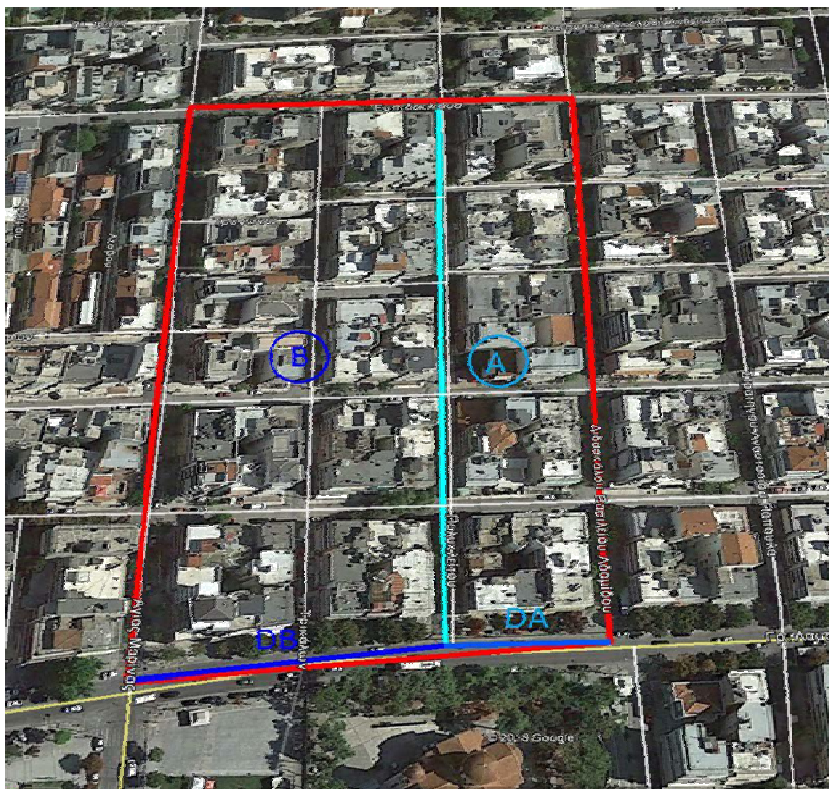
5.2.1. Υπολογισμοί και αποτελέσματα

Το έργο θα υπολογιστεί και θα διαστασιολογηθεί με έναν συγκεκριμένο συνδυασμό έντασης και διάρκειας βροχής. Αυτό συνεπάγεται ότι το έργο δε θα είναι σε θέση να ανταποκριθεί πλήρως σε περίπτωση που υπάρξουν πιο έντονα καιρικά φαινόμενα με μεγαλύτερη ένταση ή/και διάρκεια. Ο συνδυασμός καθορίζεται με βάση τη

σπουδαιότητα των συνεπειών αστοχίας που όσο πιο σοβαρή είναι, τόσο πιο σπάνια θέλουμε να εμφανίζεται.

Επειδή για την περιοχή της Τούμπας δεν υπάρχουν ειδικές καμπύλες, στους υπολογισμούς για την διαστασιολόγηση του κήπου βροχής θα χρησιμοποιηθεί το διάγραμμα όμβριων καμπύλων για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Έπειτα καθορίζεται η λεκάνη απορροής από την οποία θα προκύψει η ποσότητα του νερού που συλλέγεται και διοχετεύεται στο έργο. Η λεκάνη απορροής της περιοχής μελέτης ορίζεται από τις οδούς: Γρηγορίου Λαμπράκη, Αγίας Μαρίνας, Εμπεδοκλέους και Διδασκάλου Βασιλείου Αδαμίδου. Το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης απορροής υπολογίστηκε $27660,45 \text{ m}^2$. Θα χωριστεί σε δύο μέρη Α και Β, διότι από τον χάρτη της Ε.Υ.Α.Θ. προκύπτει πως την περιοχή εξυπηρετούν δύο αγωγοί ομβρίων υδάτων, ο D_A με διάμετρο 400 mm, και ο D_B με διάμετρο 800 mm. Τα αντίστοιχα εμβαδά των Α και Β είναι $S_A = 9358,41 \text{ m}^2$ και $S_B = 18302,04 \text{ m}^2$.



Εικόνα 5.2.5: Η λεκάνη απορροής της περιοχής μελέτης και οι υφιστάμενοι αγωγοί ομβρίων υδάτων.

Αρχικά υπολογίζουμε εάν οι υφιστάμενοι αγωγοί ομβρίων είναι ικανοί να παροχετεύσουν την ποσότητα βροχής που απορρέει από τη λεκάνη απορροής. Λόγω των μεγάλων κλίσεων των δρόμων, από τους οποίους αποτελείται η λεκάνη απορροής, ο χρόνος συρροής είναι της τάξεως των λίγων μόνο λεπτών. Από το διάγραμμα των ομβρίων καμπυλών, η ένταση βροχής i ισούται με 50 mm/ hr, για διάρκεια ίση με 20 min.

Η απαιτούμενη παροχή των αγωγών αποχέτευσης προκύπτει από τη σχέση:

$$Q = S \cdot 50 \cdot 10^{-3} \text{ m} / 3600 \text{ s}$$

Τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 5.2.1.

Πίνακας 5.2.1: Η απαιτούμενη παροχή των αγωγών αποχέτευσης.

	D _A	D _B
Q _{req}	0,130 m ³ /s	0,254 m ³ /s

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι μέγιστες παροχές του κάθε αγωγού με τον τύπο του Manning. Ο μέγιστη παροχή Q_{max}, η οποία μπορεί να μεταφερθεί από έναν κυκλικό σωλήνα υπό συνθήκες ροής με ελεύθερη επιφάνεια, επιτυγχάνεται όταν το βάθος ροής είναι ίσο με 0,94*D (όπου D είναι η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα).

Για $y = 0,94 \cdot D$ η παροχή του αγωγού είναι ανάλογη του όρου $2,129 \cdot r^{8/3}$, όπου r η εσωτερική ακτίνα του σωλήνα.

Συνεπώς προκύπτουν οι τιμές του Πίνακα 5.2.2:

Πίνακας 5.2.2: Η μέγιστη παροχή.

	D _A	D _B
Q _{max}	0,022 m ³ /s	0,141 m ³ /s

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει πως $Q_{\max A} < Q_{\text{req}A}$ και $Q_{\max B} < Q_{\text{req}B}$, τότε οι υπάρχοντες αγωγοί ομβρίων δεν είναι σε θέση να εξυπηρετήσουν πλήρως την απορροή στη χειρότερη περίπτωση βροχής με μικρή διάρκεια και μεγάλη ένταση. Οπότε η κατασκευή κήπων βροχής θα προσφέρει μια επιπρόσθετη βοήθεια στην υπάρχουσα κατάσταση.

Έπειτα υπολογίζεται ο όγκος του όμβριου νερού που μπορεί να συγκρατηθεί από τους προτεινόμενους κήπους βροχής, λαμβάνοντας υπόψη μια τυπική διατομή.

Θεωρούμε ότι α) το πλάτος του στρώματος χαλικιών είναι $b_3 = 0,25 \text{ m}$, και το αποτελεσματικό του πορώδες είναι ίσο με 0,30, β) το πλάτος του εδάφους είναι $b_2 = 0,4 \text{ m}$ και το αποτελεσματικό του πορώδες ίσο με 0,20 και γ) η διαφορά μεταξύ του επιπέδου της επιφάνειας του εδάφους και της στάθμης του αναχώματος του κήπου βροχής είναι $b_1=0,15\text{m}$.

Ο όγκος του νερού που μπορεί να αποθηκευτεί σε κάθε τετραγωνικό μέτρο του κήπου βροχής υπολογίζεται από τη παρακάτω σχέση:

$$S_K = 0,25 * 0,3 + 0,4 * 0,2 + 0,15 = 0,305 \text{ m}^3 / \text{m}^2$$

Και ο τύπος που υπολογίζει τον όγκο αποθήκευσης του κάθε κήπου είναι:

$$V = S_K * E \quad (5.1.3)$$

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 5.2.3

Πίνακας 5.2.3: Ο όγκος αποθήκευσης του κάθε κήπου βροχής.

	V
K ₁	37,85 m ³
K ₂	98,82 m ³
K ₃	13,44 m ³
K ₄	186,97 m ³
Σύνολο	337,08 m ³

Τέλος υπολογίζεται ο συνολικός όγκος απορροής βροχής V_{ol} από μια τη λεκάνη απορροής από τη σχέση:

$$V_{ol} = S * i * T * f \quad (5.1.4)$$

Όπου i είναι η ένταση της βροχής, T η διάρκεια της βροχής και f συντελεστής απορροής ίσος με 0,85.

Στον παραπάνω τύπο οι υπολογισμοί θα γίνουν για τη περίπτωση βροχής με διάρκεια για την εξεταζόμενη περίοδο επαναφοράς, ίση με 2 ώρες.

Σύμφωνα με το διάγραμμα των όμβριων καμπυλών αυτή έχει ένταση 20 mm/ hr.

Οι τιμές που προκύπτουν δίνονται στον Πίνακα 5.2.4:

Πίνακας 5.2.4: Ο όγκος απορροής.

	V_{ol}
A	318,19 m ³
B	622,27 m ³
Σύνολο	940,46 m ³

Όπως υπολογίστηκε παραπάνω και οι τέσσερις κήποι βροχής μαζί μπορούν να αποθηκεύσουν ποσότητα βροχής ίση με 337,08 m³, ενώ η συνολική ποσότητα βροχής που απορρέει από τις 2 περιοχές είναι 940,46 m³.

Συνεπώς οι κήποι βροχής μπορούν να προσφέρουν μια επιπρόσθετη βοήθεια στο υπάρχον αποχετευτικό δίκτυο για το 1/3 της βροχής που απορρέει από τις περιοχές A και B, για την εντονότερη βροχόπτωση που αναμένεται στην περιοχή της Τούμπας, με περίοδο επαναφοράς 2 ετών. Από τους υπολογισμούς φαίνεται ότι οι κήποι βροχής έχουν μεγάλη δυνατότητα απορρόφησης ομβρίων υδάτων.

5.3 Συμπεράσματα από τις δύο εφαρμογές στη Θεσσαλονίκη

Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας των αστικών συστημάτων συλλογής ομβρίων αποτελεί σημαντικό ζήτημα σε πολλές μεγάλες πόλεις. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή αναλύονται δύο περιοχές της Θεσσαλονίκης οι Σαράντα Εκκλησιές και η Τούμπα. Είναι γεγονός ότι και οι δύο περιοχές χαρακτηρίζονται από μεγάλες κλίσεις δρόμων και από ένα μη επαρκώς συντηρημένο σύστημα αγωγών όμβριων υδάτων, με αποτέλεσμα σε περίπτωση έντονης βροχόπτωσης να δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα. Το πλεονεκτήματα που θα προσφέρει η εγκατάσταση κήπων βροχής στην περιοχή είναι πολλά μεταξύ άλλων αποτελεί μια οικονομική λύση έναντι στην ανακατασκευή του δικτύου αποχέτευσης.

Συμπερασματικά, με βάση τους παραπάνω υπολογισμούς, η εφαρμογή 8 κήπων βροχής στην περιοχή των Σαράντα Εκκλησιών καθώς και 4 κήπων βροχής στην περιοχή της Τούμπας στη χειρότερη περίπτωση βροχόπτωσης, θα μπορεί να αποθηκεύσει ένα ικανοποιητικό ποσοστό νερού της βροχής που απορρέει από την αντίστοιχη λεκάνη απορροής.

Οι κήποι βροχής δηλαδή μπορούν να λειτουργήσουν επιπρόσθετα με το δίκτυο αποχέτευσης όμβριων υδάτων της ΕΥΑΘ, και να ανακουφίσουν τη συμφόρηση που δημιουργείται έπειτα από ένα περιστατικό έντονης βροχόπτωσης. Τέλος, κάποιες σχεδιαστικές λεπτομέρειες των δομών εισροής και εκροής κατά μήκος των δρόμων με μεγάλες κλίσεις παρουσιάστηκαν, οι οποίες μπορεί να είναι χρήσιμες σε μελέτες από άλλα αστικά πλαίσια

Κεφάλαιο 6^ο : Απορροή ομβρίων σε αστικές περιοχές και κήποι βροχής. Υπολογισμοί και παράδειγμα εφαρμογής

6.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό διερευνήθηκε η δυνατότητα ποσοτικού υπολογισμού της επιφανειακής απορροής του νερού της βροχής σε αστικές περιοχές. Βασική ιδέα είναι η προσομοίωση του οδικού δικτύου μιας περιοχής με δίκτυο ανοικτών αγωγών. Μία οδός ορίζεται ως κεντρικό υδατόρρευμα, με βάση τις κλίσεις του εδάφους. Η απορροή της βροχής προσομοιώνεται μέσω του προγράμματος Hec-Hms (Hydrologic Modeling System).

Η προτεινόμενη μεθοδολογία παρουσιάζεται μέσω ενός παραδείγματος εφαρμογής, στην περιοχή της οδού Εθνικής Αμύνης, η οποία παρουσιάζει έντονα προβλήματα κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων. Εξετάζονται 3 σενάρια. Το πρώτο αναφέρεται σε μια συνήθη κατάσταση όπου κάποια φρεάτια υδροσυλλογής δεν λειτουργούν, στο δεύτερο όλα τα φρεάτια λειτουργούν κανονικά, ενώ το τρίτο προβλέπει την εφαρμογή 5 κήπων βροχής στην περιοχή.

6.2 Υπολογισμός της επιφανειακής απορροής των ομβρίων στην περιοχή μελέτης.

Η οδός Εθνικής Αμύνης βρίσκεται στο κέντρο της Θεσσαλονίκης και παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα σε περίπτωση έντονης βροχόπτωσης, ακόμη και μικρής διάρκειας. Τον Μάιο του 2018 κατά τη διάρκεια έντονης βροχόπτωσης ο δρόμος μετατράπηκε σε χείμαρρο με αποτέλεσμα να θέσει σε κίνδυνο τη ζωή πολιτών όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.2.1. Πιο πρόσφατα τον Ιούνιο του 2020 και πάλι σε μία δυνατή βροχόπτωση η Εθνικής Αμύνης όπως φαίνεται στις παρακάτω Εικόνα 6.2.2 και Εικόνα 6.2.3 γέμισε με ορμητικά νερά με αποτέλεσμα ένας οδηγός δίκυκλου να παρασυρθεί στο ύψος Εγνατίας με Εθνικής Αμύνης.



Εικόνα 6.2.1: Η οδός Εθνικής Αμύνης έχει μετατραπεί σε χείμαρρο τον Μάιο 2018 (vorla.gr).



Εικόνα 6.2.2: Η οδός Εθνικής Αμύνης στο τέλος μπροστά από Λευκό Πύργο έχει μετατραπεί σε χείμαρρο τον Ιούνιο 2020 (vorla.gr).



Εικόνα 6.2.3: Δικυκλιστής παρασύρεται από τα ορμητικά νερά στο ύψος Εγνατίας με Εθνικής Αμύνης τον Ιούνιο 2020 (vorla.gr).



Εικόνα 6.2.4: Τα προβλήματα εξαιτίας της έντονης βροχόπτωσης στο κέντρο της Θεσσαλονίκης τον Μάιο του 2018 (vorla.gr).

Ο μεγάλος όγκος νερού από τα ψηλά σημεία στην προσπάθεια να καταλήξει στον τελικό αποδέκτη δημιούργησε πολύ έντονα προβλήματα στο κέντρο της πόλης ώστε

οδηγοί και πεζοί να κινδυνεύσουν εξαιτίας της ορμητικότητας των νερών αυτών με βάση την Εικόνα 6.2.3.

Χαρακτηριστικοί χάρτες του αποχετευτικού δικτύου της οδού Εθνικής Αμύνης παρουσιάζονται παρακάτω στις Εικόνες 6.2.5, 6.2.6, 6.2.7 και 6.2.8.



Εικόνα 6.2.5: Το αποχετευτικό δίκτυο από την αρχή της Εθνικής Αμύνης μέχρι τη συμβολή της με την οδό Αρμενοπούλου (ΕΥΑΘ, 2018).



Εικόνα 6.2.6: Το αποχετευτικό δίκτυο της Εθνικής Αμύνης μέχρι τη συμβολή με την οδό Σβώλου (ΕΥΑΘ, 2018).



Εικόνα 6.2.7: Το αποχετευτικό δίκτυο της Εθνικής Αμύνης στη συμβολή με την Τσιμισκή (ΕΥΑΘ, 2018).



Εικόνα 6.2.8: Το αποχετευτικό δίκτυο της Εθνικής Αμύνης μέχρι τον τελικό της αποδέκτη, Θερμαϊκό κόλπο (ΕΥΑΘ, 2018).

Μελετώντας λοιπόν την επιφανειακή απορροή των όμβριων υδάτων στην οδό Εθνικής Αμύνης ώστε να διερευνηθούν τα σημεία εισόδου και εξόδου των ομβρίων, χωρίσαμε την επιμέρους περιοχή σε 13 υπολεκάνες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.2.9 με τη χρήση του Google Earth.



Εικόνα 6.2.9: Οι υπολεκάνες απορροής στην περιοχή μελέτης μας Εθνικής Αμύνης.

Έπειτα με βάση την κλίση των πλευρικών οδικών αρτηριών έγινε ο προσδιορισμός των σημείων εισόδου και εξόδου στην οδό Εθνικής Αμύνης, όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.2.10 παρακάτω.



Εικόνα 6.2.10: Προσδιορισμός των σημείων εισόδου και εξόδου πάνω στην οδό Εθνικής Αμύνης (με μπλε σημειώνονται τα σημεία εισόδου και με κόκκινο τα σημεία εξόδου).

Τα εμβαδά των υπολεκανών και τα σημεία εισόδου και εξόδου παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.2.1 που ακολουθεί.

Πίνακας 6.2.1: Η επιφάνεια των υπολεκανών καθώς και τα σημεία εισόδου-εξόδου του νερού της βροχής.

Υπολεκάνες	Σημεία Εισόδου	Σημεία Εξόδου	Α (επιφάνεια σε km ²)
1	Σ1	-	0,15
2	Σ1	-	0,26
3	Σ2	-	0,15
4	Σ4	-	0,15
5	Σ3	-	0,15

6	-	E1	0,15
7	Σ5	-	0,18
8	Σ6	-	0,18
9	Σ7	-	0,18
10	Σ8	-	0,18
11	-	E2	0,06
12	-	E3	0,06
13	Σ9	-	0,06

Έπειτα για να υπολογίσουμε το χρόνο συγκεντρώσεως της κάθε λεκάνης απορροής, δηλαδή τη χρονική καθυστέρηση με την οποία εμφανίζεται η παροχή αιχμής απορροής σε σχέση με τον χρόνο που άρχισε η βροχή στην λεκάνη, χρησιμοποιούμε τη μέθοδο Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_{mn} - H_{\min}}} \quad (6.2.1)$$

όπου

A: η επιφάνεια σε km²

L: ο μέγιστος υδραυλικός δρόμος σε km

H_{mn}: μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής

H_{min}: υψόμετρο της λεκάνης απορροής (σημείο εξόδου)

T_c: χρόνος συγκεντρώσεως σε ώρες (σε ώρες h)

Πίνακας 6.2.2: Ο Χρόνος Συρροής για κάθε υπολεκάνη.

Υπολεκάνες	Σημεία Εισόδου	Σημεία Εξόδου	Χρόνος Συρροής - Giandotti (h)
1	Σ1	-	0,793
2	Σ1	-	0,667
3	Σ2	-	0,788
4	Σ4	-	0,786

5	Σ3	-	1,121
6	-	E1	1,121
7	Σ5	-	1,568
8	Σ6	-	1,568
9	Σ7	-	1,568
10	Σ8	-	1,568
11	-	E2	0,963
12	-	E3	0,963
13	Σ9	-	0,963

Στην παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκε περίοδος επαναφοράς 2 ετών.

Για να υπολογιστούν οι απορροές των ομβρίων χρησιμοποιήθηκε και πάλι το διάγραμμα της Εικόνας 6.1.9. Ο Πίνακας 6.2.3 που ακολουθεί περιγράφει τις συνολικές κατακρημνίσεις και την παροχή αιχμής της κάθε υπολεκάνης, σε σχέση με το χρόνο συρροής.

Πίνακας 6.2.3: Συνολικές κατακρημνίσεις και η παροχή αιχμής για κάθε υπολεκάνη.

Υπολεκάνες	Σημεία Εισόδου	Σημεία Εξόδου	Συνολικές Κατακρημνίσεις	Παροχή αιχμής (m ³ /s)
1	Σ1	-	3005,181	1,0544
2	Σ1	-	5156,066	2,146
3	Σ2	-	2136,038	0,754
4	Σ4	-	1334,788	0,471
5	Σ3	-	1712,541	0,424
6	-	E1	1892,373	0,469
7	Σ5	-	1903,439	0,337
8	Σ6	-	2140,242	0,379
9	Σ7	-	352,713	0,062
10	Σ8	-	241,442	0,042
11	-	E2	233,391	0,067

12	-	E3	464,169	0,134
13	Σ9	-	371,817	0,107

Για να υπολογιστεί η παροχή των σημείων εισόδου- εξόδου της κάθε υπολεκάνης χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τύπο του Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (6.2.2)$$

όπου:

A: είναι η διατομή του αγωγού

n: είναι ο συντελεστής του Manning

R_h: η υδραυλική ακτίνα

Έπειτα από την παροχή αιχμής εάν αφαιρεθεί η παροχή των σημείων εισόδου-εξόδου προκύπτει η παροχή που εισρέει στην Εθνικής Αμύνης από την κάθε επιμέρους υπολεκάνη σύμφωνα με τον Πίνακα 6.2.4.

Πίνακας 6.2.4: Η παροχή στα σημεία εισόδου-εξόδου και η παροχή που καταλήγει στον κεντρικό δρόμο Εθνικής Αμύνης.

Υπολεκάνες	Μέγιστη παροχή που διοχετεύει ο δρόμος(m ³ /s)	Παροχή που καταλήγει στην Εθνικής Αμύνης(m ³ /s)
1	0,831	0,223
2	1,099	1,047
3	0,827	-0,072
4	0,459	0,012
5	0,578	-0,153
6	0,527	-0,058
7	0,289	0,047

8	0,463	-0,084
9	0,458	-0,396
10	0,513	-0,471
11	0,440	-0,373
12	0,457	-0,323
13	0,361	-0,254

Οι αρνητικές τιμές δείχνουν ότι δεν μένει τίποτα στο δρόμο. Υπάρχει καλό σύστημα υπονόμων.

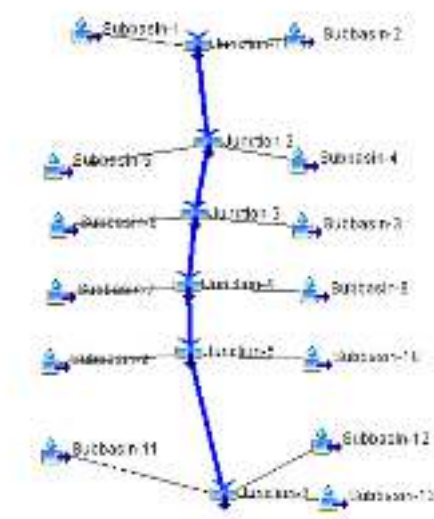
6.3 Εφαρμογή του Hec-HMS

Το λογισμικό υδρολογικής προσομοίωσης Hec-HMS (Εικόνα 6.3.1) παρουσιάζει μια απλοποιημένη παράσταση των δικτύων για τα οποία είναι γνωστά ή μπορούν να εκτιμηθούν με ακρίβεια, διάφορα στοιχεία υδραυλικής. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν χρειάζεται η γνώση όλων των λεπτομερειών, γεωμετρικών και υδραυλικών του δικτύου (Κουλίκας, 2009).

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή έγινε προσαρμογή του προγράμματος Hec-Hms σε μια αστική περιοχή όπου οι δρόμοι θεωρούνται υδατορρέματα και οι αστικές ζώνες όπου πέφτει το νερό της βροχής θεωρούνται ως υπολεκάνες.

Στην περίπτωση της Εθνικής Αμύνης έχουμε:

- 1) 13 υπολεκάνες (sub-basins)
- 2) 6 σημεία όπου ενώνονται οι απορροές από τους παρακείμενους δρόμους, δηλαδή 6 συμβολές (junctions)
- 3) 5 αγωγούς (reaches) που ενώνουν τις συμβολές μεταξύ τους.



Εικόνα 6.3.1: Δοκιμαστικό μοντέλο Hec-HMS-4.3 για το τμήμα της Εθνικής Αμύνης.

Αυτό το μοντέλο περιγράφει τα παρακάτω στοιχεία:

- α) Υπολεκάνες απορροής: Με βάση το μετεωρολογικό μοντέλο ή με μετρήσεις πραγματικού χρόνου, αυτές οι λεκάνες τροφοδοτούν το δίκτυο με όμβρια.
- β) Σημεία ελέγχου και συνδέσεων: Εκεί πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί και η παρακολούθηση της εξέλιξης διαφόρων παραμέτρων όπως είναι για παράδειγμα οι παροχές.
- γ) Αγωγοί: Είναι οι αγωγοί του δικτύου. Παρουσιάζονται στο μοντέλο πολύ απλά με μοναδικά στοιχεία τη βασική ροή δηλαδή τα λύματα και τον χρόνο για την διέλευση της παροχής από το σημείο ελέγχου στα ανάντη, προς το σημείο ελέγχου στα κατόντη.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την περίπτωση τετράωρης βροχόπτωσης με 25mm/h και χρονικό βήμα μίας ώρας. Στον Πίνακα 6.3.1 είναι ένας συνοπτικός συνολικός πίνακας όπου μας εμφανίζει την περιοχή απορροής (km²), την

παροχή αιχμής (m^3/s), την ώρα και ημερομηνία αιχμής καθώς και την ένταση της βροχής σε mm.

Πίνακας 6.3.1: Συνολικά αποτελέσματα από το Hec-Hms.

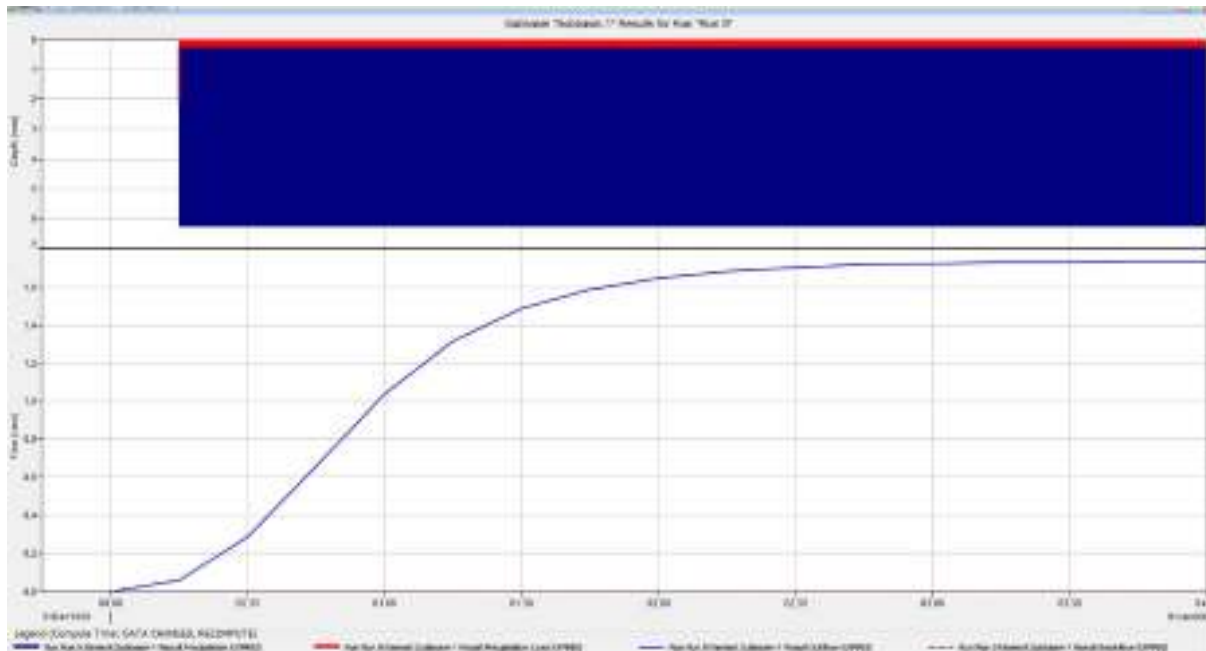
Εξωτερική Διάβαση	Ενταση βροχής (mm)	Παροχή (m³/s)	Ώρα αιχμής	Ημερομηνία αιχμής
Συμβολή 1	1.5	8.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 2	1.5	6.1	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 3	3.0	2.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 4	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 5	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 6	3.0	12.2	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 7	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 8	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 9	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 10	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 11	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 12	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 13	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 14	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 15	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 16	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 17	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 18	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 19	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 20	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 21	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 22	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 23	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 24	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 25	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 26	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 27	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 28	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 29	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 30	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 31	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 32	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 33	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 34	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 35	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 36	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 37	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 38	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 39	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 40	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 41	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 42	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 43	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 44	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 45	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 46	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 47	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 48	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 49	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 50	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 51	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 52	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 53	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 54	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 55	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 56	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 57	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 58	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 59	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 60	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 61	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 62	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 63	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 64	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 65	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 66	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 67	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 68	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 69	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 70	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 71	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 72	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 73	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 74	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 75	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 76	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 77	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 78	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 79	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 80	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 81	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 82	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 83	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 84	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 85	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 86	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 87	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 88	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 89	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 90	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 91	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 92	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 93	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 94	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 95	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 96	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 97	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 98	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 99	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03
Συμβολή 100	3.0	1.7	08:00:00 04/03	04/03

Από τον Πίνακα 6.3.1 φαίνεται ότι στην Συμβολή 6 όπου είναι η τελική, καταλήγουν συνολικά τα όμβρια ύδατα από όλες τις υπολεκάνες και η παροχή αιχμής είναι $12.2 \text{ m}^3/\text{s}$. Αρκετά μεγάλη παροχή για μεσαίας έντασης βροχόπτωση, η οποία λειτουργεί στο πέραςμα της σαν χείμαρρος μέχρι να φτάσει στον τελικό αποδέκτη στην περίπτωση μας τον Θερμαϊκό κόλπο.

Υπολεκάνη 1

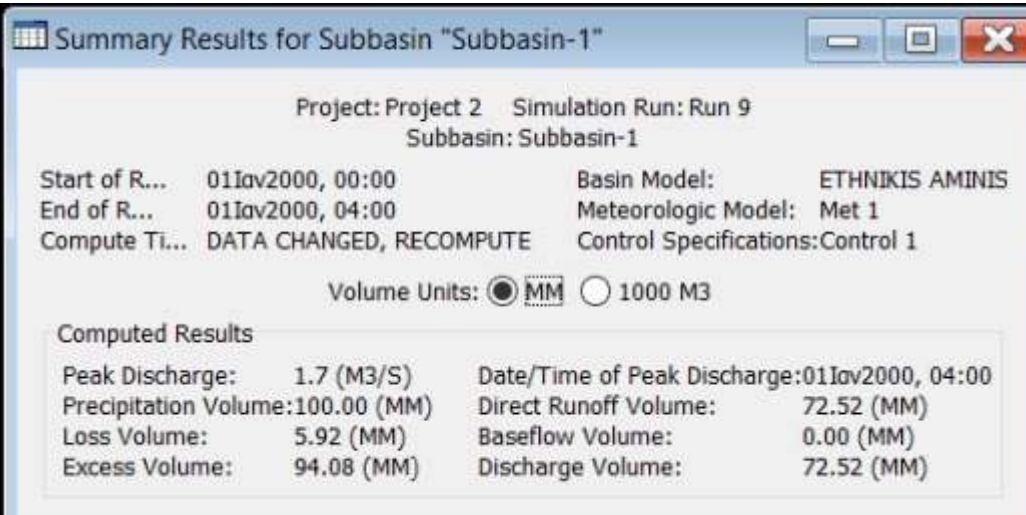
Στην Εικόνα 6.3.2 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 1 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχόπτωση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow). Ως υπολεκάνη 1 θεωρείται ένα κομμάτι της περιοχής της Άνω Πόλης μέχρι τη συμβολή της οδού Αγίου Δημητρίου με Εθνικής Αμύνης. Αν είχαμε και βασική ροή (baseflow) θα εμφανιζόταν

με κόκκινη διακεκομμένη γραμμή. Εδώ εμφανίζεται μηδενική καθώς έχουμε ένα τεχνητό σύστημα. Βασική ροή είναι το τμήμα της ροής που διατηρείται μεταξύ συμβάντων νετού, τροφοδοτείται σε ροές με καθυστερημένες διαδρομές.



Εικόνα 6.3.2: Διάγραμμα υπολεκάνης 1 από Hec-Hms.

Πίνακας 6.3.2: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 1.

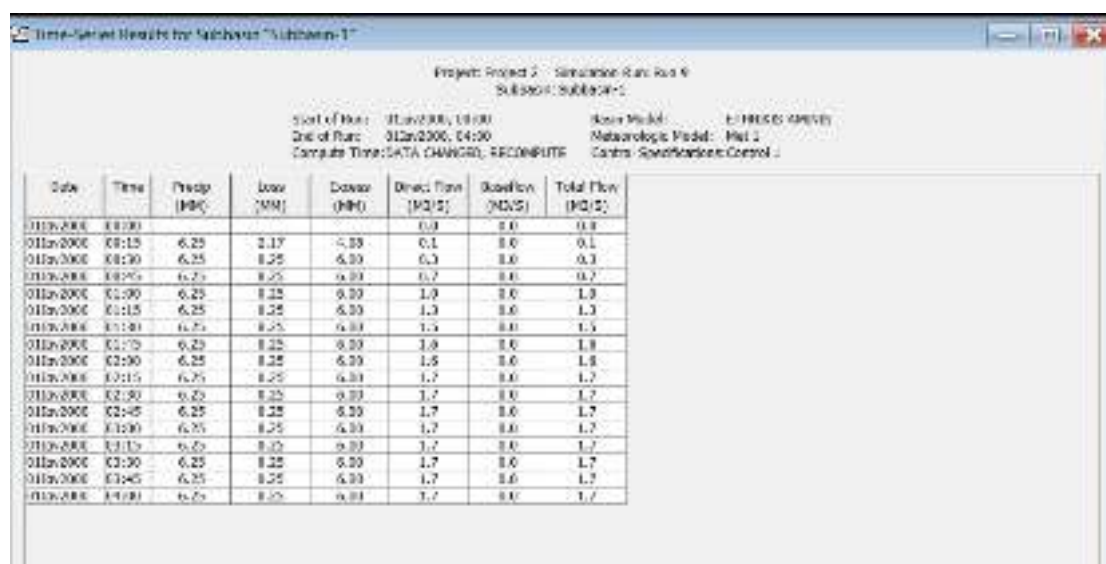
The image shows a software window titled "Summary Results for Subbasin 'Subbasin-1'". It contains project information, simulation parameters, and computed results. The window has standard Windows-style controls (minimize, maximize, close) in the top right corner. The project is "Project 2", simulation run "Run 9", for "Subbasin: Subbasin-1". The simulation period is from 01Jan2000 00:00 to 01Jan2000 04:00. The basin model is "ETHNIKIS AMINIS", meteorologic model is "Met 1", and control specifications are "Control 1". The volume units are set to "MM" (millimeters) via a radio button. The computed results are displayed in a table with two columns: the first column lists the result type and value in parentheses, and the second column lists the date/time of peak discharge and the volume in parentheses.

Summary Results for Subbasin "Subbasin-1"			
Project: Project 2		Simulation Run: Run 9	
Subbasin: Subbasin-1			
Start of R...	01Jan2000, 00:00	Basin Model:	ETHNIKIS AMINIS
End of R...	01Jan2000, 04:00	Meteorologic Model:	Met 1
Compute Ti...	DATA CHANGED, RECOMPUTE	Control Specifications:	Control 1
Volume Units:		☒ MM ☐ 1000 M3	
Computed Results			
Peak Discharge:	1.7 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01Jan2000, 04:00
Precipitation Volume:	100.00 (MM)	Direct Runoff Volume:	72.52 (MM)
Loss Volume:	5.92 (MM)	Baseflow Volume:	0.00 (MM)
Excess Volume:	94.08 (MM)	Discharge Volume:	72.52 (MM)

Στον Πίνακα 6.3.2 εμφανίζονται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.

Στον Πίνακα 6.3.3 που ακολουθεί δίνονται οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 1. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο παράδειγμά μας δε λαμβάνεται υπόψη η baseflow, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα. Το πρόγραμμα μετράει θεωρητικά από την έναρξη της βροχόπτωσης.

Πίνακας 6.3.3: Χρονοσειρές για την υπολεκάνη 1.



Date	Time	Precip (mm)	Loss (mm)	Down (mm)	Direct Flow (m3/s)	Baseflow (m3/s)	Total Flow (m3/s)
01Jan2000	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:15	6.25	2.17	4.08	0.1	0.0	0.1
01Jan2000	00:30	6.25	0.25	6.00	0.3	0.0	0.3
01Jan2000	00:45	6.25	0.25	6.00	0.7	0.0	0.7
01Jan2000	01:00	6.25	0.25	6.00	1.0	0.0	1.0
01Jan2000	01:15	6.25	0.25	6.00	1.3	0.0	1.3
01Jan2000	01:30	6.25	0.25	6.00	1.5	0.0	1.5
01Jan2000	01:45	6.25	0.25	6.00	1.8	0.0	1.8
01Jan2000	02:00	6.25	0.25	6.00	1.5	0.0	1.5
01Jan2000	02:15	6.25	0.25	6.00	1.7	0.0	1.7
01Jan2000	02:30	6.25	0.25	6.00	1.7	0.0	1.7
01Jan2000	02:45	6.25	0.25	6.00	1.7	0.0	1.7
01Jan2000	03:00	6.25	0.25	6.00	1.7	0.0	1.7
01Jan2000	03:15	6.25	0.25	6.00	1.7	0.0	1.7
01Jan2000	03:30	6.25	0.25	6.00	1.7	0.0	1.7
01Jan2000	03:45	6.25	0.25	6.00	1.7	0.0	1.7
01Jan2000	04:00	6.25	0.25	6.00	1.7	0.0	1.7

Υπολεκάνη 2

Στην Εικόνα 6.3.3 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 2 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχόπτωση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow). Ως υπολεκάνη 2 θεωρείται ένα κομμάτι της περιοχής της Ευαγγελίστριας μέχρι τη συμβολή της οδού Αγίου Δημητρίου με Εθνικής Αμύνης. Ενώ στον Πίνακα 6.3.4 που ακολουθεί εμφανίζονται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.



Εικόνα 6.3.3: Διάγραμμα υπολεκάνης 2 από Hec-Hms.

Πίνακας 6.3.4: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 2.

Summary Results for Subbasin "Subbasin-2"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 9
Subbasin: Subbasin-2

Start of R... 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of R... 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Ti... DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1.0 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Precipitation Volume: 100.00 (MM) Direct Runoff Volume: 68.69 (MM)
Loss Volume: 5.92 (MM) Baseflow Volume: 0.00 (MM)
Excess Volume: 94.08 (MM) Discharge Volume: 68.69 (MM)

Στον Πίνακα 6.3.5 που ακολουθεί είναι οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 2. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο

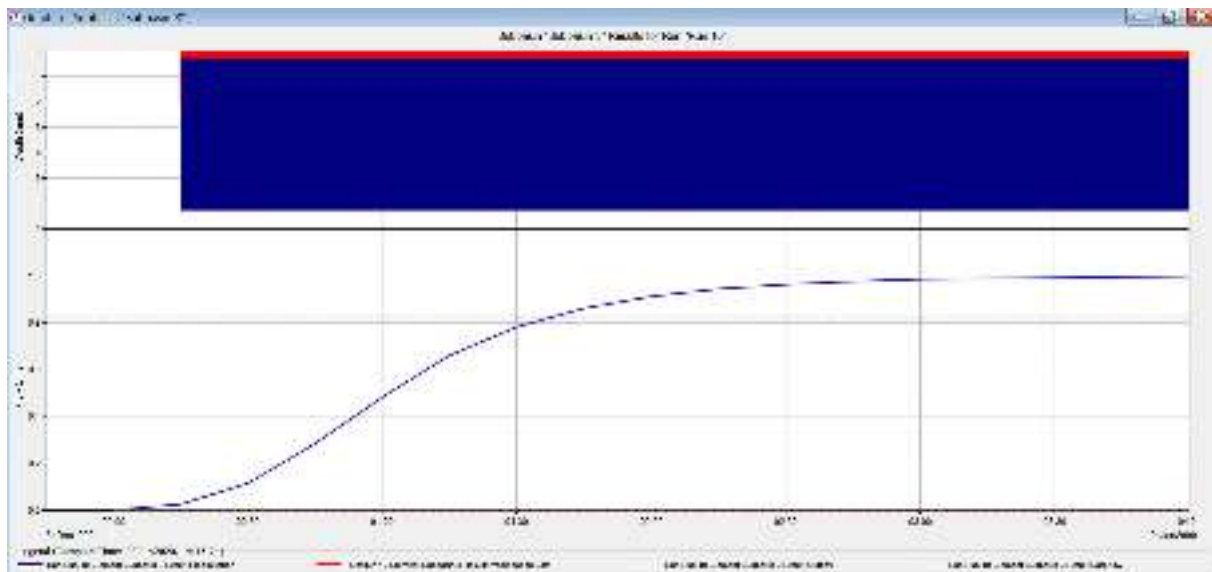
παράδειγμα μας δε λαμβάνεται υπόψη η baseflow, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα.

Πίνακας 6.3.5: Οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 2

Project: Project 2 - Simulation Run Run 5 Subbasin: Subbasin-2							
Start of Run: 01-Jan-2000, 00:00				Base Model: ETHANOS AMENIS			
End of Run: 01-Jan-2000, 04:00				Meteorologic Model: Met 1			
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE				Control Specifications: Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (MG/S)	Baseflow (MG/S)	Total Flow (MG/S)
01-Jan-2000	00:00				0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:15	6.25	2.17	4.08	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:30	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:45	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:00	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:15	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:30	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:45	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:00	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:15	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:30	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:45	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:00	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:15	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:30	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:45	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	04:00	6.25	6.25	0.00	0.0	0.0	0.0

Υπολεκάνη 3

Στην Εικόνα 6.3.4 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 3 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχόπτωση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow). Ως υπολεκάνη 3 θεωρείται το τρίγωνο που εσωκλείεται από τις οδούς Αγίου Δημητρίου, Ιαπωνίδου και την Αρριανού με την προέκτασή της. Ενώ στον Πίνακα 6.3.6 που ακολουθεί εμφανίζεται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.



Εικόνα 6.3.4: Διάγραμμα υπολεκάνης 3 από Hec-Hms

Πίνακας 6.3.6: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 3.

Summary Results for Subbasin "Subbasin-3"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Subbasin: Subbasin-3

Start of Run: 01Iov2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Iov2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time:08Iouv2020, 14:15:24 Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	1.0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01Iov2000, 04:00
Precipitation Volume:	100.00 (MM)	Direct Runoff Volume:	68.85 (MM)
Loss Volume:	5.92 (MM)	Baseflow Volume:	0.00 (MM)
Excess Volume:	94.08 (MM)	Discharge Volume:	68.85 (MM)

Στον Πίνακα 6.3.7 που ακολουθεί είναι οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 3. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο παράδειγμα μας δε λαμβάνεται υπόψη η baseflow, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα.

Πίνακας 6.3.7:Χρονοσειρές για την υπολεκάνη 3.

Time Series Results for Subbasin "Subbasin 3"

Project: Project 2 - Simulation Results II
Subbasin: Subbasin 3

Start of Run: 01-Jan-01, 00:00 Run # Model: 1000000000000000
End of Run: 01-Dec-01, 04:00 Number of Iterations: 1000
Simulation Time: 01-Jan-01, 04:00:00 Control Specifications: Control 1

Code	Time	Inflow (mm)	Loss (mm)	Storage (mm)	Direct Flow (mm/s)	Baseflow (mm/s)	Total Flow (mm/s)
01-Jan-01	00:00				0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	00:15	0.25	2.27	4.00	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	00:30	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	00:45	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	01:00	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	01:15	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	01:30	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	01:45	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	02:00	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	02:15	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	02:30	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	02:45	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	03:00	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	03:15	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	03:30	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	03:45	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-01	04:00	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0

Υπολεκάνη 4

Στην Εικόνα 6.3.5 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 4 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχοπτώση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow).Ως υπολεκάνη 4 θεωρείται το τετράγωνο που σχηματίζεται από τις οδούς Αγίου Δημητρίου, Εθνικής Αμύνης, Εγνατίας και Αρριανού. Ενώ στον Πίνακα 6.3.8 που ακολουθεί εμφανίζεται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.



Εικόνα 6.3.5: Διάγραμμα υπολεκάνης 4 από Hec-Hms.

Πίνακας 6.3.8: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 4

Summary Results for Subbasin "Subbasin-4"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 9
Subbasin: Subbasin-4

Start of R... 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of R... 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Ti... DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1.0 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Precipitation Volume: 100.00 (MM) Direct Runoff Volume: 58.72 (MM)
Loss Volume: 5.92 (MM) Baseflow Volume: 0.00 (MM)
Excess Volume: 94.08 (MM) Discharge Volume: 58.72 (MM)

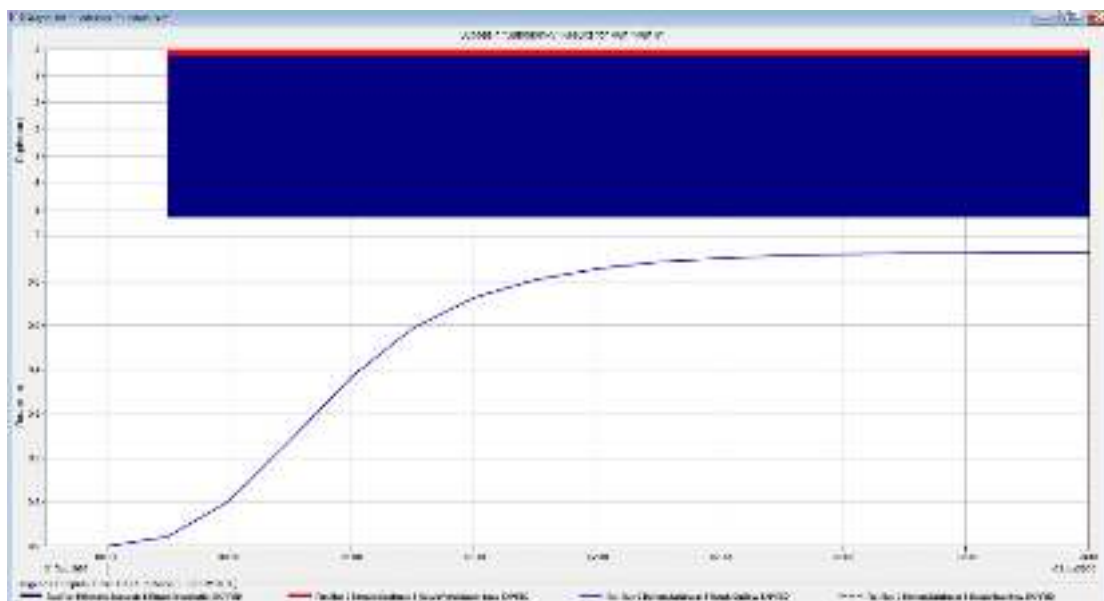
Στον Πίνακα 6.3.9 που ακολουθεί είναι οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 4. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο παράδειγμα μας δε λαμβάνεται υπόψη η baseflow, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα.

Πίνακας 6.3.9:Χρονοσειρές για την υπολεκάνη 4.

Project: Project 2 - Simulation kuh: kuh v Subbasin: Subbasin 4							
Start of Run: 01Jan2000, 00:00 End of Run: 01Jan2000, 04:00 Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE				Basin Model: ETHIOKIS AMOIS Meteorologic Model: Met 1 Control Specifications: Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2000	00:00				0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:15	6.25	2.17	4.08	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:30	6.25	0.25	6.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:45	6.25	0.25	6.00	0.1	0.0	0.1
01Jan2000	01:00	6.25	0.25	6.00	0.3	0.0	0.3
01Jan2000	01:15	6.25	0.25	6.00	0.4	0.0	0.4
01Jan2000	01:30	6.25	0.25	6.00	0.5	0.0	0.5
01Jan2000	01:45	6.25	0.25	6.00	0.7	0.0	0.7
01Jan2000	02:00	6.25	0.25	6.00	0.8	0.0	0.8
01Jan2000	02:15	6.25	0.25	6.00	0.8	0.0	0.8
01Jan2000	02:30	6.25	0.25	6.00	0.9	0.0	0.9
01Jan2000	02:45	6.25	0.25	6.00	0.9	0.0	0.9
01Jan2000	03:00	6.25	0.25	6.00	0.9	0.0	0.9
01Jan2000	03:15	6.25	0.25	6.00	1.0	0.0	1.0
01Jan2000	03:30	6.25	0.25	6.00	1.0	0.0	1.0
01Jan2000	03:45	6.25	0.25	6.00	1.0	0.0	1.0
01Jan2000	04:00	6.25	0.25	6.00	1.0	0.0	1.0

Υπολεκάνη 5

Στην Εικόνα 6.3.6 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 5 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχοπτώση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow). Ως υπολεκάνη 5 θεωρείται το τμήμα του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου που ξεκινάει από την οδό Αγίου Δημητρίου μέχρι την πλατεία Χημείου πριν τη Φιλοσοφική σχολή.



Εικόνα 6.3.6: Διάγραμμα υπολεκάνης 5 από Hec-Hms

Ενώ στον Πίνακα 6.3.10 που ακολουθεί εμφανίζεται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.

Πίνακας 6.3.10: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 5.

Summary Results for Subbasin "Subbasin-5"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Subbasin: Subbasin-5

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jun2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1.0 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Precipitation Volume: 100.00 (MM) Direct Runoff Volume: 68.85 (MM)
Loss Volume: 5.92 (MM) Baseflow Volume: 0.00 (MM)
Excess Volume: 94.08 (MM) Discharge Volume: 68.85 (MM)

Στον Πίνακα 6.3.11 που ακολουθεί είναι οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 5. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο παράδειγμα μας δε λαμβάνεται υπόψη βασική ροή, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα.

Πίνακας 6.3.11: Χρονοσειρές για την υπολεκάνη 5.

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10							
Subbasin: Subbasin-5							
Start of Run:		01Jan2000, 00:00		Basin Model:		ETHNIKIS AMINIS	
End of Run:		01Jan2000, 04:00		Meteorologic Model:		Met 1	
Compute Time:		08Ιουν2020, 14:15:24		Control Specifications:		Control 1	
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2000	00:00	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:15	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:30	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:45	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:00	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:15	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:30	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:45	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:00	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:15	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:30	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:45	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:00	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:15	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:30	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:45	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	04:00	0.25	0.00	0.25	0.0	0.0	0.0

Υπολεκάνη 6

Στην Εικόνα 6.3.7 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 6 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχοπτώση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow). Υπολεκάνη 6 ξεκινάει από το τέλος της υπολεκάνης 5 δηλαδή από πλατεία Χημείου και φτάνει μέχρι την Εγνατία.



Εικόνα 6.3.7: Διάγραμμα υπολεκάνης 6 από Hec-Hms

Ενώ στον Πίνακα 6.3.12 που ακολουθεί εμφανίζεται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.

Πίνακας 6.3.12: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 6.

Summary Results for Subbasin "Subbasin-6"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 9
Subbasin: Subbasin-6

Start of R... 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of R... 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Ti... DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1.0 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge:01Jan2000, 04:00
Precipitation Volume:100.00 (MM) Direct Runoff Volume: 58.72 (MM)
Loss Volume: 5.92 (MM) Baseflow Volume: 0.00 (MM)
Excess Volume: 94.08 (MM) Discharge Volume: 58.72 (MM)

Στον Πίνακα 6.3.13 που ακολουθεί είναι οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 6. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο παράδειγμα μας δε λαμβάνεται υπόψη η baseflow, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα.

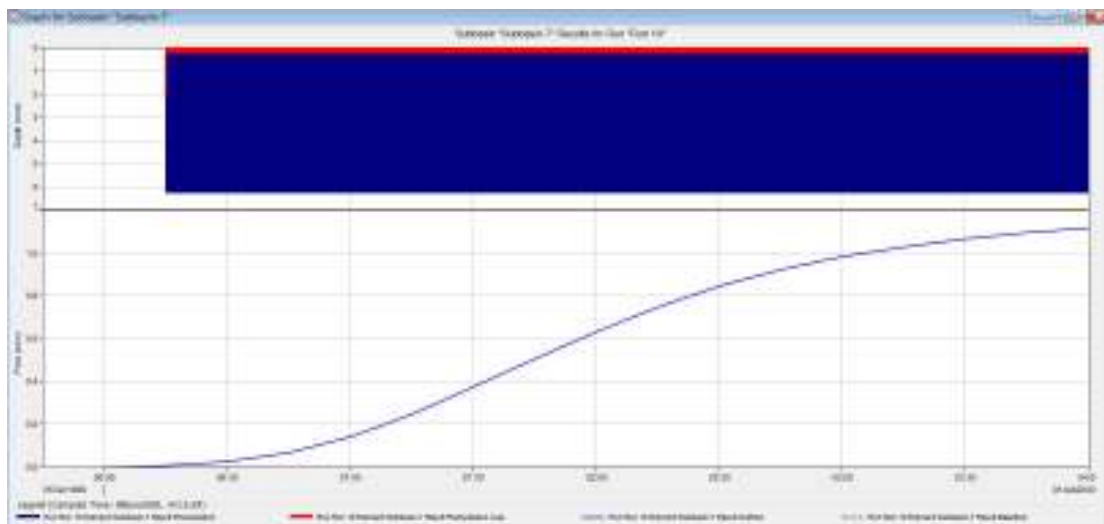
Πίνακας 6.3.13: Χρονοσειρές για την υπολεκάνη 6.

Project: Project 2 Simulation Run: Run 9 Subbasin: Subbasin-6							
Start of Run: 01Jan2000, 00:00		Basin Model: ETHNIKIS AMINIS					
End of Run: 01Jan2000, 04:00		Meteorologic Model: Met 1					
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE		Control Specifications: Control 1					
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01Jan2000	00:00				0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:15	6.25	2.17	4.08	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:30	6.25	0.25	6.00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:45	6.25	0.25	6.00	0.1	0.0	0.1
01Jan2000	01:00	6.25	0.25	6.00	0.3	0.0	0.3
01Jan2000	01:15	6.25	0.25	6.00	0.4	0.0	0.4
01Jan2000	01:30	6.25	0.25	6.00	0.5	0.0	0.5
01Jan2000	01:45	6.25	0.25	6.00	0.7	0.0	0.7
01Jan2000	02:00	6.25	0.25	6.00	0.8	0.0	0.8
01Jan2000	02:15	6.25	0.25	6.00	0.8	0.0	0.8
01Jan2000	02:30	6.25	0.25	6.00	0.9	0.0	0.9
01Jan2000	02:45	6.25	0.25	6.00	0.9	0.0	0.9
01Jan2000	03:00	6.25	0.25	6.00	0.9	0.0	0.9
01Jan2000	03:15	6.25	0.25	6.00	1.0	0.0	1.0
01Jan2000	03:30	6.25	0.25	6.00	1.0	0.0	1.0
01Jan2000	03:45	6.25	0.25	6.00	1.0	0.0	1.0
01Jan2000	04:00	6.25	0.25	6.00	1.0	0.0	1.0

Υπολεκάνη 7

Στην Εικόνα 6.3.8 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 7 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχόπτωση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η

μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow). Ως υπολεκάνη 7 θεωρείται η περιοχή μεταξύ των οδών Εγνατίας και Σβώλου από το ύψος της Αγίας Σοφίας ως την Εθνικής Αμύνης .



Εικόνα 6.3.8: Διάγραμμα υπολεκάνης 7 από Hec-Hms.

Ενώ στον Πίνακα 6.3.14 που ακολουθεί εμφανίζεται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.

Πίνακας 6.3.14: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 7

Summary Results for Subbasin "Subbasin-7"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Subbasin: Subbasin-7

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jan2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1.1 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Precipitation Volume: 100.00 (MM) Direct Runoff Volume: 46.21 (MM)
Loss Volume: 5.92 (MM) Baseflow Volume: 0.00 (MM)
Excess Volume: 94.08 (MM) Discharge Volume: 46.21 (MM)

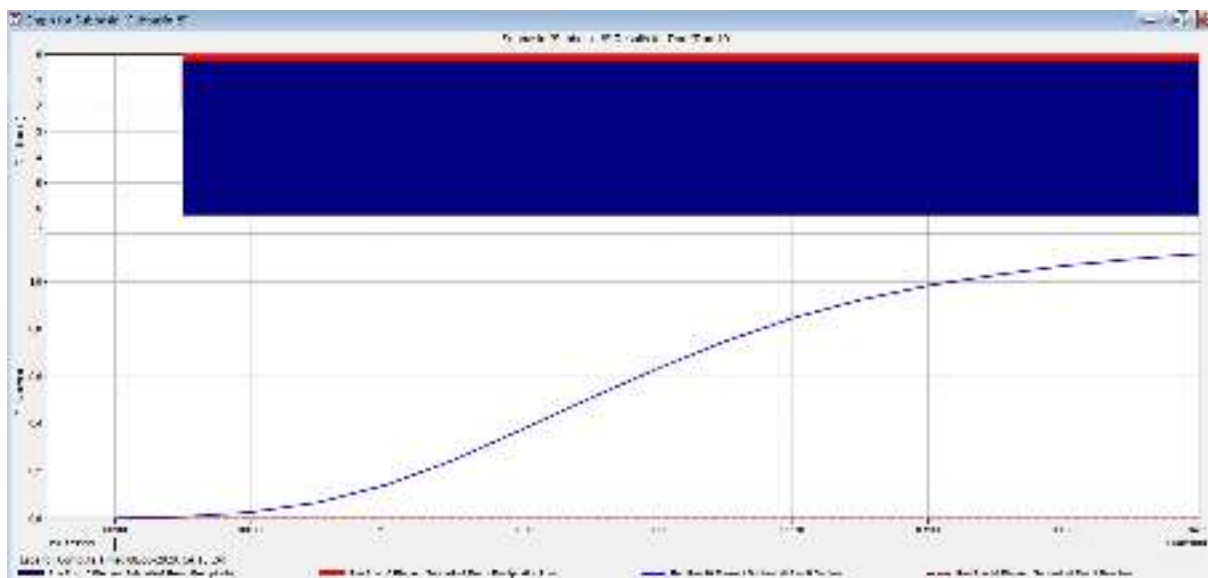
Στον Πίνακα 6.3.15 που ακολουθεί είναι οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 7. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο παράδειγμα μας δε λαμβάνεται υπόψη η baseflow, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα.

Πίνακας 6.3.15:Χρονοσειρές για την υπολεκάνη 7.

Date	Time	Inflow (mm)	Outflow (mm)	Loss (mm)	Excess (mm)	Total (mm)
2011-01-01	00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	01:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	02:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	03:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	04:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	05:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	06:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	07:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	08:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	10:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	11:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	12:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	13:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	14:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	15:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	16:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	18:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	20:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	21:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	22:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	23:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011-01-01	24:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Υπολεκάνη 8

Στην Εικόνα 6.3.9 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 8 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχοπτώση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow). Ως υπολεκάνη 8 θεωρείται η περιοχή μεταξύ των οδών Σβώλου και Τσιμισκή. Ενώ στον Πίνακα 6.3.16 που ακολουθεί εμφανίζεται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.



Εικόνα 6.3.9: Διάγραμμα υπολεκάνης 8 από Hec-Hms.

Πίνακας 6.3.16: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 8.

Summary Results for Subbasin "Subbasin-8"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Subbasin: Subbasin-8

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jan2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1.1 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Precipitation Volume: 100.00 (MM) Direct Runoff Volume: 46.21 (MM)
Loss Volume: 5.92 (MM) Baseflow Volume: 0.00 (MM)
Excess Volume: 94.08 (MM) Discharge Volume: 46.21 (MM)

Στον Πίνακα 6.3.17 που ακολουθεί είναι οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 8. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο παράδειγμα μας δε λαμβάνεται υπόψη η baseflow, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα.

Πίνακας 6.3.17:Χρονοσειρές για την υπολεκάνη 8.

Analysis of Variance for Total Fat (g)

Source of Variation: SS, DF, MS, F, P-Value, Total SS

Model Sum of Squares: 11.111111111111111

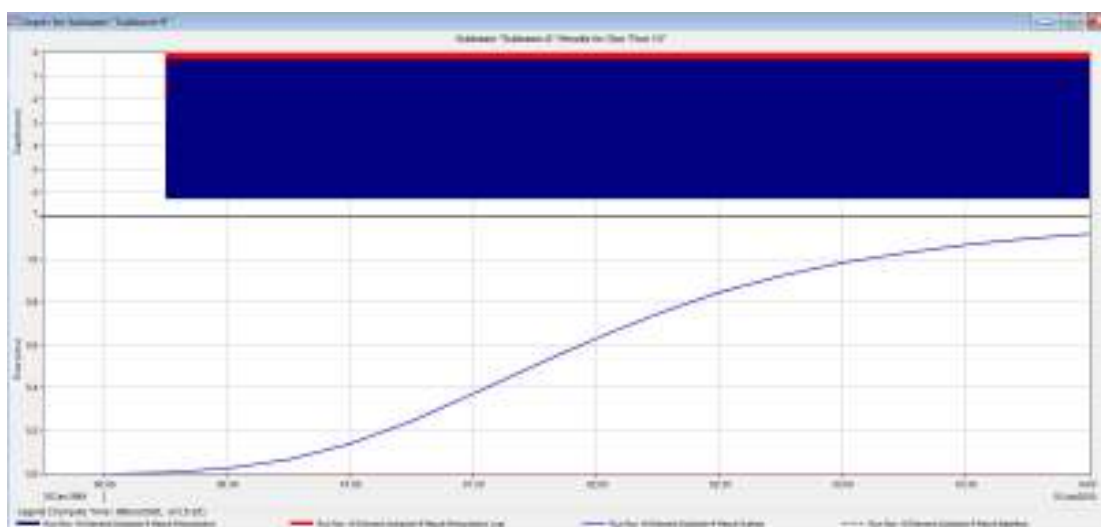
Error Sum of Squares: 11.111111111111111

Total Sum of Squares: 22.22222222222222

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Value	P-Value	Total Sum of Squares
Model	11.111111111111111	1	11.111111111111111	1.00	0.33	11.111111111111111
Error	11.111111111111111	1	11.111111111111111	1.00	0.33	11.111111111111111
Total	22.22222222222222	2	11.111111111111111	1.00	0.33	22.22222222222222

Υπολεκάνη 9

Στην Εικόνα 6.3.10 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 9 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχόπτωση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow). Ως υπολεκάνη 9 θεωρείται η περιοχή που εσωκλείεται από τις οδούς Τσιμισκή και Μητροπόλεως.



Εικόνα 6.3.10 Διάγραμμα υπολεκάνης 9 από Hec-Hms.

Ενώ στον Πίνακα 6.3.18 που ακολουθεί εμφανίζεται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.

Πίνακας 6.3.18: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 9.

Summary Results for Subbasin "Subbasin-9"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Subbasin: Subbasin-9

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Ιουν2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	1.1 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01Jan2000, 04:00
Precipitation Volume:	100.00 (MM)	Direct Runoff Volume:	46.21 (MM)
Loss Volume:	5.92 (MM)	Baseflow Volume:	0.00 (MM)
Excess Volume:	94.08 (MM)	Discharge Volume:	46.21 (MM)

Πίνακας 6.3.19: Χρονοσειρές για την υπολεκάνη 9.

Time Series Results for Subbasin: Subbasin-9

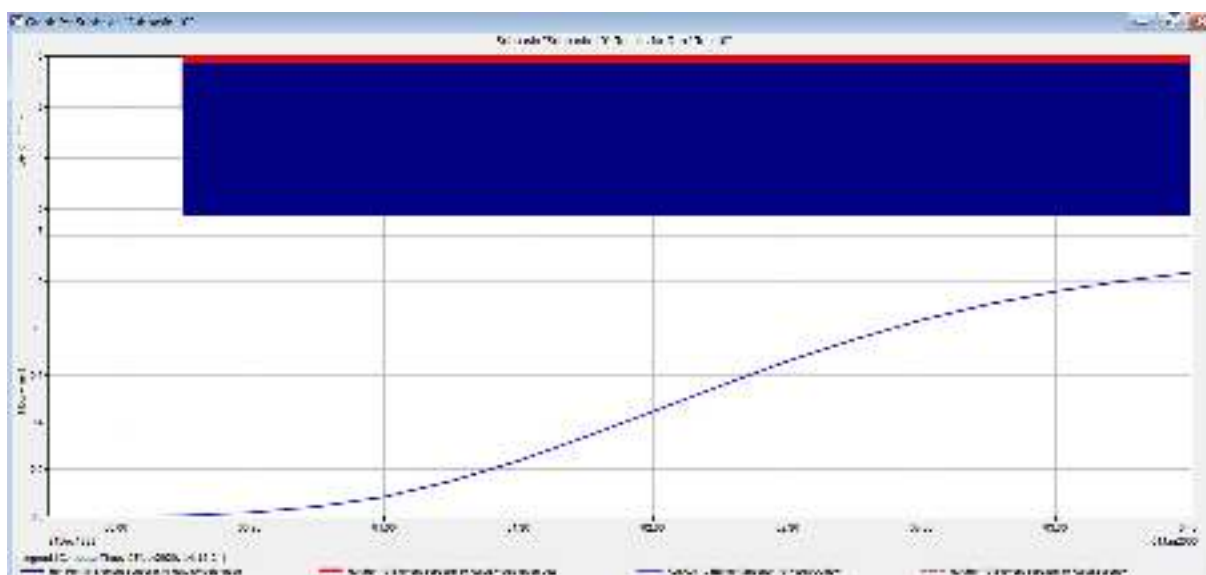
Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Subbasin: Subbasin-9

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Baseflow (MM)	Direct Runoff (MM)	Discharge (MM)	Q (M3/S)
01Jan2000	00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	04:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Επιπλέον, στον Πίνακα 6.3.19 δίνονται οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 9. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο παράδειγμα μας δε λαμβάνεται υπόψη βασική ροή, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα.

Υπολεκάνη 10

Στην Εικόνα 6.3.11 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 10 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχόπτωση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow). Ως υπολεκάνη 10 θεωρείται η περιοχή από τη συμβολή των οδών Μητροπόλεως και Παύλου Μελά έως την οδό Εθνικής Αμύνης.



Εικόνα 6.3.11 Διάγραμμα υπολεκάνης 10 από Hec-Hms.

Ενώ στον Πίνακα 6.3.20 που ακολουθεί εμφανίζεται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.

Πίνακας 6.3.20: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 10.

Summary Results for Subbasin "Subbasin-10"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Subbasin: Subbasin-10

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jan2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	1.0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01Jan2000, 04:00
Precipitation Volume:	100.00 (MM)	Direct Runoff Volume:	37.50 (MM)
Loss Volume:	5.92 (MM)	Baseflow Volume:	0.00 (MM)
Excess Volume:	94.08 (MM)	Discharge Volume:	37.50 (MM)

Στον Πίνακα 6.3.21 που ακολουθεί είναι οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 10. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο παράδειγμα μας δε λαμβάνεται υπόψη η baseflow, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα.

Πίνακας 6.3.21: Χρονοσειρές για την υπολεκάνη 10.

Time Series Results for Subbasin: Subbasin-10

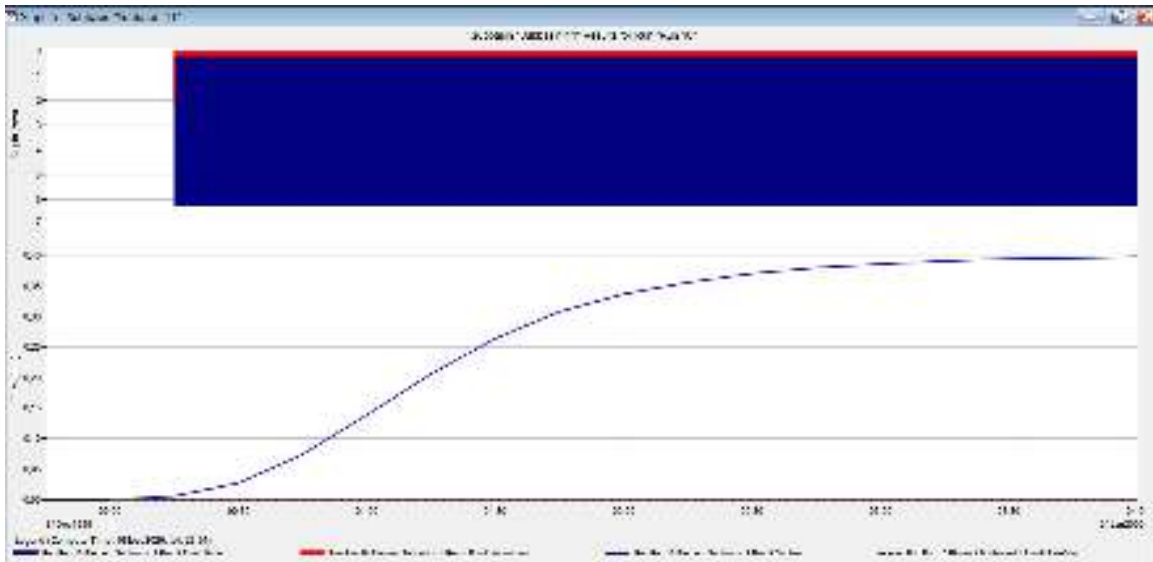
Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Subbasin: Subbasin-10

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jan2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Runoff (MM/S)	Baseflow (MM/S)	Total Runoff (MM/S)
01Jan2000	00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	00:55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	01:55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	02:55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	03:55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01Jan2000	04:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Υπολεκάνη 11

Στην Εικόνα 6.3.12 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 11 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχόπτωση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow). Ως υπολεκάνη 11 θεωρείται το τρίγωνο μεταξύ των οδών Αγγελάκη, Δεσπεραί και Εθνικής Αμύνης.



Εικόνα 6.3.12 Διάγραμμα υπολεκάνης 11 από Hec-Hms

Πίνακας 6.3.22: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 11

Summary Results for Subbasin "Subbasin-11"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Subbasin: Subbasin-11

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jan2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 0.4 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Precipitation Volume: 100.00 (MM) Direct Runoff Volume: 63.44 (MM)
Loss Volume: 5.92 (MM) Baseflow Volume: 0.00 (MM)
Excess Volume: 94.08 (MM) Discharge Volume: 63.44 (MM)

Ενώ στον Πίνακα 6.3.22 εμφανίζεται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.

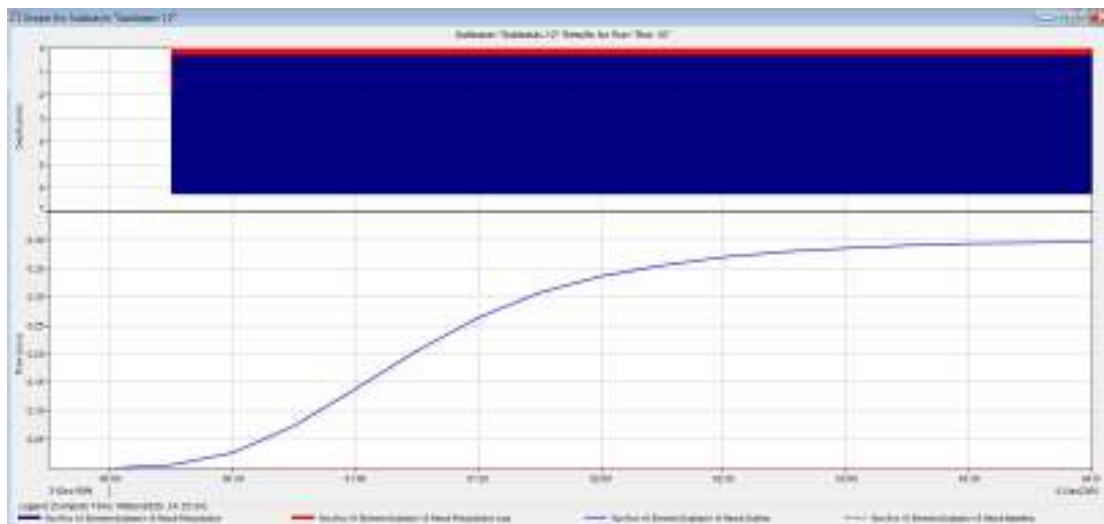
Στον Πίνακα 6.3.23 που ακολουθεί είναι οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 11. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο παράδειγμα μας δε λαμβάνεται υπόψη η baseflow, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα.

Πίνακας 6.3.23:Χρονοσειρές για την υπολεκάνη 11

Date	Time	Inflow (mm)	Loss (mm)	Outflow (mm)	Baseflow (mm/s)	Baseflow (mm/s)	Total Flow (mm/s)
01/24/2000	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	00:15	0.25	0.17	0.08	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	00:30	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	00:45	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	01:00	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	01:15	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	01:30	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	01:45	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	02:00	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	02:15	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	02:30	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	02:45	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	03:00	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	03:15	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	03:30	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	03:45	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0
01/24/2000	04:00	0.25	0.25	0.00	0.0	0.0	0.0

Υπολεκάνη 12

Στην Εικόνα 6.3.13 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 12 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχόπτωση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow). Ως υπολεκάνη 12 θεωρείται το τρίγωνο που σχηματίζεται από τις οδούς Δεσπεραί, Τσιμισκή και Εθνικής Αμύνης.



Εικόνα 6.3.13 Διάγραμμα υπολεκάνης 12 από Hec-Hms.

Ενώ στον Πίνακα 6.3.24 που ακολουθεί εμφανίζεται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.

Πίνακας 6.3.24: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 12

Summary Results for Subbasin "Subbasin-12"			
Project: Project 2		Simulation Run: Run 10	
		Subbasin: Subbasin-12	
Start of Run:	01Jan2000, 00:00	Basin Model:	ETHNIKIS AMINIS
End of Run:	01Jan2000, 04:00	Meteorologic Model:	Met 1
Compute Time:	08Ιουν2020, 14:15:24	Control Specifications:	Control 1
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	0.4 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01Jan2000, 04:00
Precipitation Volume:	100.00 (MM)	Direct Runoff Volume:	63.44 (MM)
Loss Volume:	5.92 (MM)	Baseflow Volume:	0.00 (MM)
Excess Volume:	94.08 (MM)	Discharge Volume:	63.44 (MM)

Στον Πίνακα 6.3.25 που ακολουθεί είναι οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 12. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο

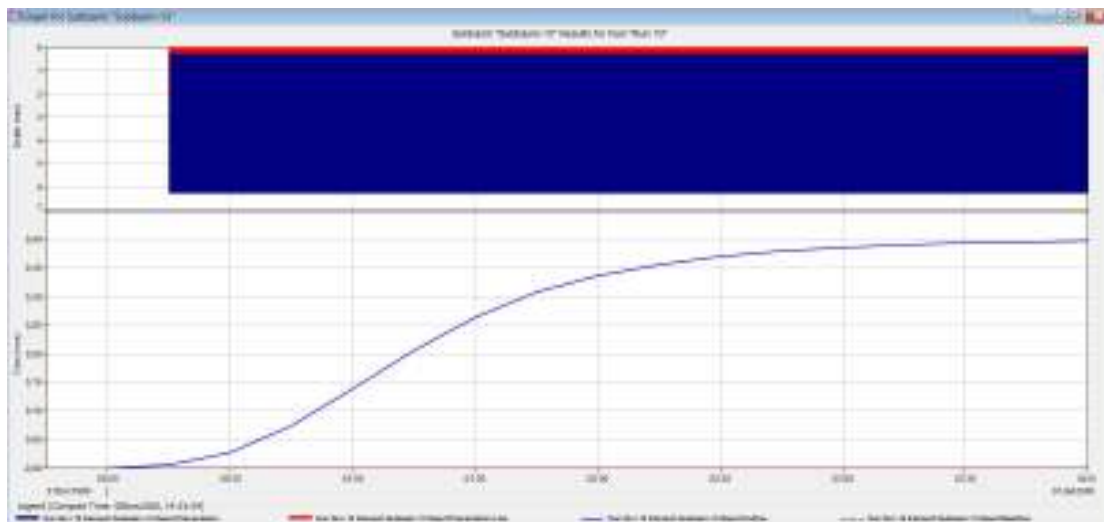
παράδειγμα μας δε λαμβάνεται υπόψη η baseflow, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα.

Πίνακας 6.3.25:Χρονοσειρές για την υπολεκάνη 12.

Time-Series Results for Subbasin "Subbasin-12"							
Project: Project 2 Simulation Run: Run 10 Subbasin: Subbasin-12				Basin Model: 51 HMRUS HYDUS Atmospheric Model: None Control: SpecifiedRainControl			
Start of Run: 01/01/2000, 00:00		End of Run: 01/04/2000, 00:00		Compute Times (81360000, 40, 1574)			
Date	Time	Inflow (MM)	Loss (MM)	Storage (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01-Jan-2000	00:00	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	00:15	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	00:30	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	00:45	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	01:00	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	01:15	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	01:30	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	01:45	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	02:00	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	02:15	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	02:30	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	02:45	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	03:00	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	03:15	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	03:30	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	03:45	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0
01-Jan-2000	04:00	6.25	2.17	4.00	0.0	0.0	3.0

Υπολεκάνη 13

Στην Εικόνα 6.3.14 φαίνεται το γράφημα της υπολεκάνης 13 όπου μας εμφανίζει στο πάνω σχήμα τη βροχοπτώση και τις απώλειες, ενώ στο κάτω σχήμα παροχής χρόνου η μπλε γραμμή εκφράζει την εκροή της λεκάνης (outflow). Ως υπολεκάνη 13 θεωρείται η περιοχή που σχηματίζεται από τις οδούς Τσιμισκή, Ν. Γερμανού και Εθνικής Αμύνης.



Εικόνα 6.3.14 Διάγραμμα υπολεκάνης 13 από Hec-Hms.

Ενώ στον Πίνακα 6.3.26 που ακολουθεί εμφανίζεται η παροχή αιχμής, η συνολική κατακρήμνιση, η συνολική απώλεια, η συνολική περίσσεια κατακρήμνισης, η ημερομηνία και η ώρα αιχμής, η άμεση απορροή, η συνολική βασική ροή και η μέση παροχή.

Πίνακας 6.3.26: Συνοπτικά αποτελέσματα για την υπολεκάνη 13.

Summary Results for Subbasin "Subbasin-13"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Subbasin: Subbasin-13

Start of Run: 01Iav2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Iav2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time:08Iouv2020, 14:15:24 Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	0.4 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01Iav2000, 04:00
Precipitation Volume:	100.00 (MM)	Direct Runoff Volume:	63.44 (MM)
Loss Volume:	5.92 (MM)	Baseflow Volume:	0.00 (MM)
Excess Volume:	94.08 (MM)	Discharge Volume:	63.44 (MM)

Στον Πίνακα 6.3.27 που ακολουθεί είναι οι χρονοσειρές για την υπολεκάνη 13. Μας εμφανίζει ημερομηνία, ώρα, κατακρήμνιση, απώλεια, περίσσεια παροχή. Στο

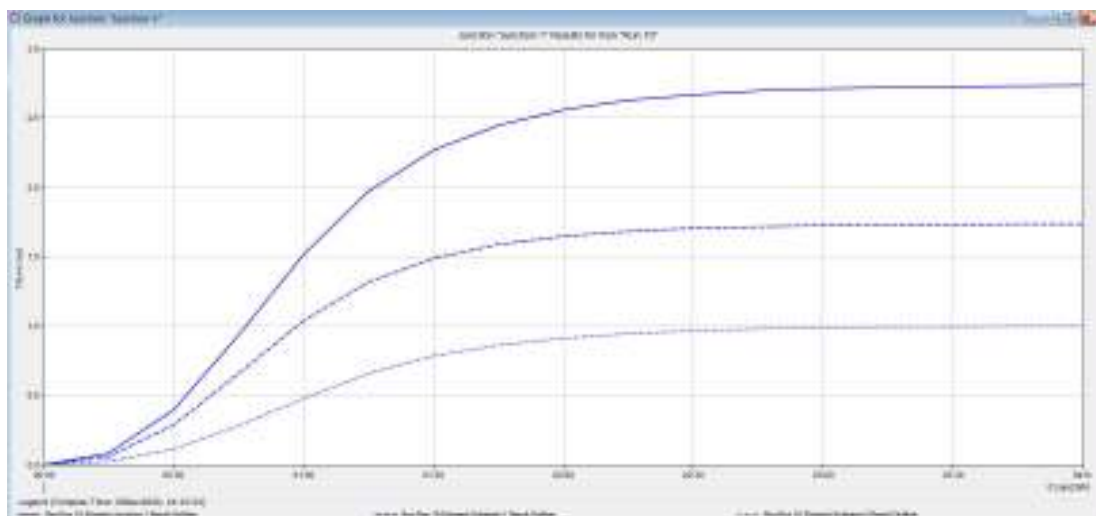
παράδειγμα μας δε λαμβάνεται υπόψη η baseflow, η συνολική παροχή είναι ίδια με την παροχή κάθε ώρα.

Πίνακας 6.3.27: Χρονοσειρές για την υπολεκάνη 13.

Date	Time	Precip (mm)	Loss (mm)	Evapotranspiration (mm)	Base Flow (mm)	Total Flow (mm)
01-Jan-2000	00:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	04:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	05:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	06:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	07:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	08:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	09:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	10:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	11:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	12:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	13:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	14:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	15:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	16:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	17:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	18:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	19:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	20:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	21:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	22:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2000	23:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0
01-Feb-2000	00:00	6.25	2.25	0.0	0.0	0.0

Συμβολή 1

Η Εικόνα 6.3.15 είναι ένα γράφημα για τη Συμβολή 1 και εμφανίζει το διάγραμμα παροχής- χρόνου. Η συνεχής μπλε γραμμή είναι η εκροή από λεκάνες απορροής και εισρέει στην Εθνικής Αμύνης, άρα η εισροή στην οδό. Το άθροισμα των δύο διακεκομμένων μας δίνει τη συνεχή γραμμή.



Εικόνα 6.3.15: Γράφημα για τη Συμβολή 1.

Πιο κάτω ακολουθεί ο συνοπτικός Πίνακας 6.3.28 για τη Συμβολή 1. Εμφανίζεται η εκροή αιχμής, ημερομηνία και ώρα της εκροής αιχμής και την συνολική εκροή της συμβολής.

Πίνακας 6.3.28: Συνοπτικός πίνακας για τη Συμβολή 1.

Summary Results for Junction "Junction-1"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Junction: Junction-1

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jan2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 2.7 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Volume: 71.12 (MM)

Έπειτα παρουσιάζονται χρονοσειρές στον Πίνακα 6.3.29. Φαίνονται η ημερομηνία και η ώρα, η εισροή από κάθε λεκάνη που συνδέεται με τη συμβολή και την εκροή (άθροισμα εισροών) από τις λεκάνες απορροής που εισρέει στην οδό Εθνικής Αμύνης.

Πίνακας 6.3.29: Χρονοσειρές για τη Συμβολή 1.

Time Series Results for Junction Junction-1

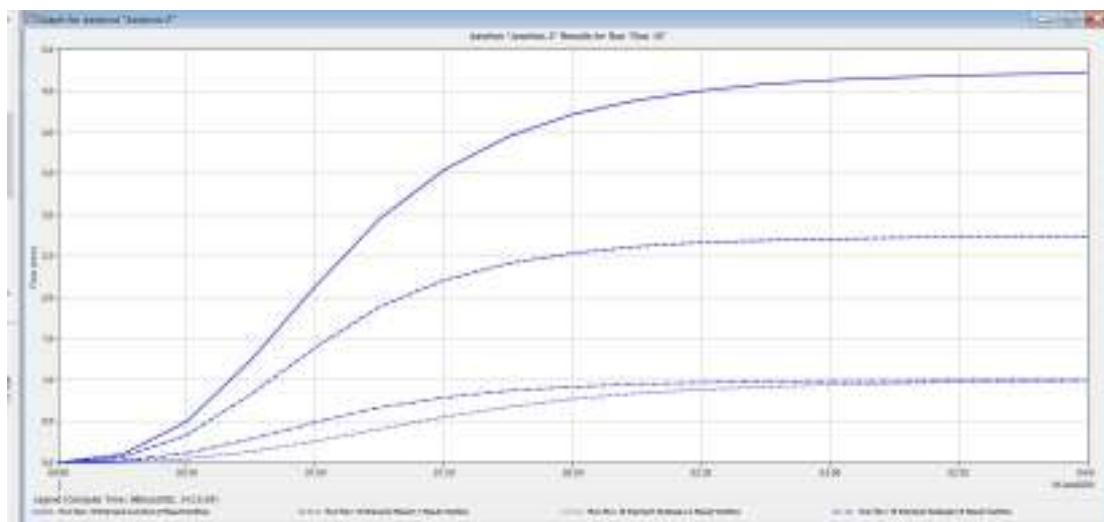
Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Junction: Junction-1

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jan2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Inflow 1 (M3/S)	Inflow 2 (M3/S)	Outflow (M3/S)
01Jan2000	00:00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:05	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:10	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:15	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:20	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:30	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:35	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:40	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:45	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:50	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:55	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:05	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:10	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:15	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:20	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:30	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:35	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:40	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:45	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:50	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:55	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:05	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:10	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:15	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:20	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:30	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:35	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:40	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:45	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:50	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:55	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:00	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:05	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:10	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:15	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:20	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:25	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:30	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:35	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:40	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:45	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:50	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:55	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	04:00	0.0	0.0	0.0

Συμβολή 2

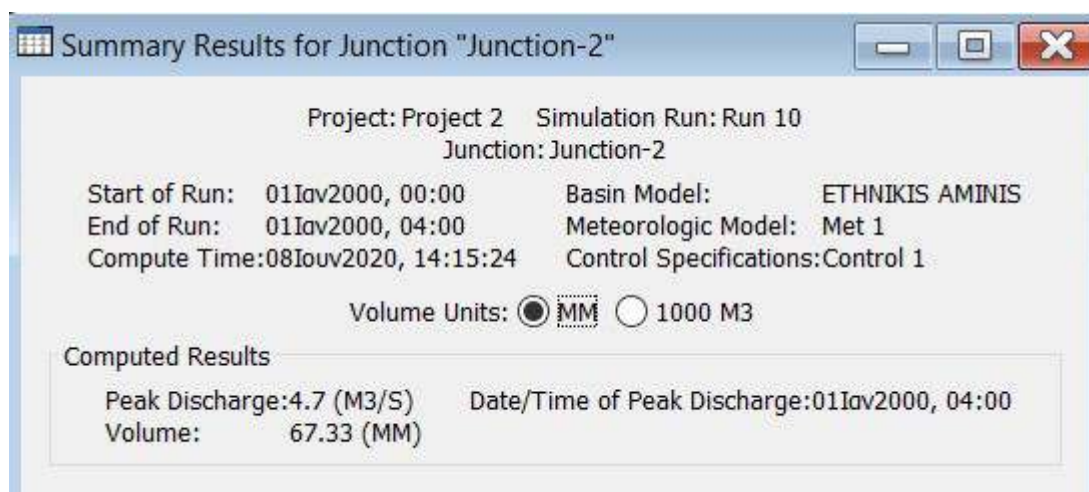
Η Εικόνα 6.3.16 είναι ένα γράφημα για τη Συμβολή 2 και εμφανίζει το διάγραμμα παροχής χρόνου. Η συνεχής μπλε γραμμή είναι η εκροή από λεκάνες απορροής και εισρέει στην Εθνικής Αμύνης άρα η εισροή στην οδό. Το άθροισμα των δύο διακεκομμένων μας δίνει τη συνεχή γραμμή.



Εικόνα 6.3.16: Γράφημα για τη Συμβολή 2.

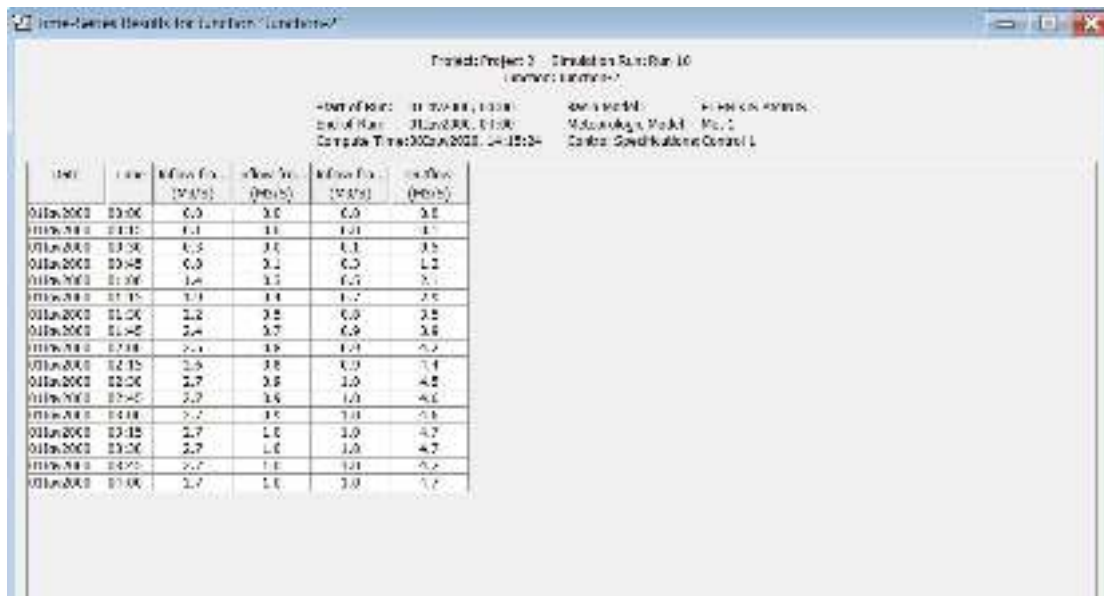
Πιο κάτω ακολουθεί ο συνοπτικός Πίνακας 6.3.30 για τη Συμβολή 2. Εμφανίζεται η εκροή αιχμής, ημερομηνία και ώρα της εκροής αιχμής και την συνολική εκροή της συμβολής.

Πίνακας 6.3.30: Συνοπτικός πίνακας για τη Συμβολή 2.



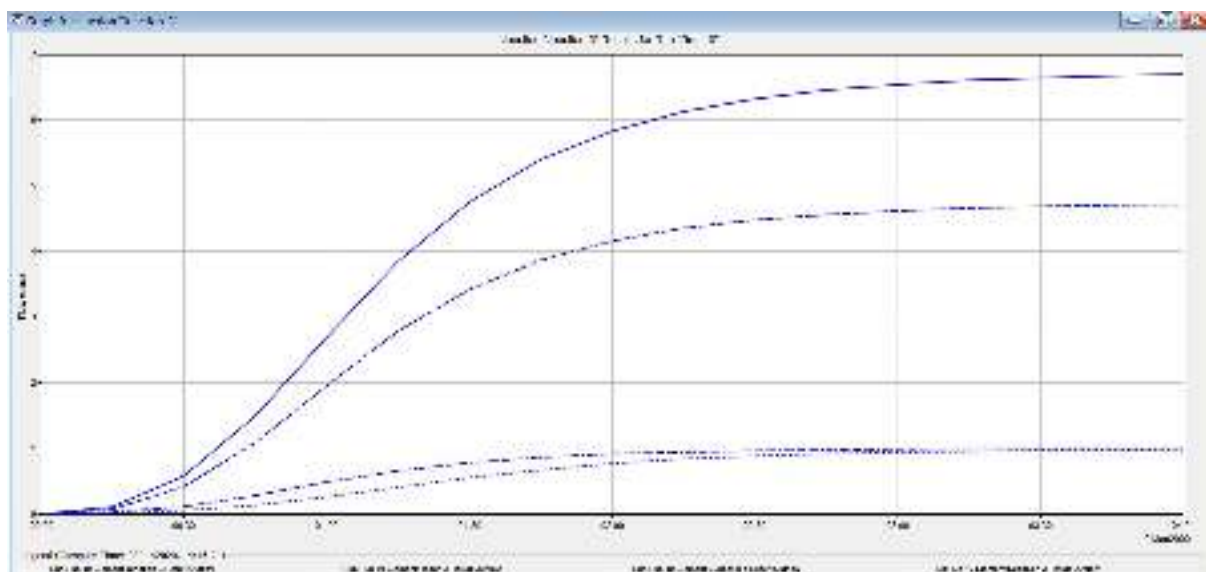
Έπειτα παρουσιάζονται χρονοσειρές στον Πίνακα 6.3.31. Φαίνονται η ημερομηνία και η ώρα, η εισροή από κάθε λεκάνη που συνδέεται με τη συμβολή και την εκροή (άθροισμα εισροών) από τις λεκάνες απορροής που εισρέει στην οδό Εθνικής Αμύνης.

Πίνακας 6.3.31:Χρονοσειρές για τη Συμβολή 2.



Date	Time	Inflow from (m³/s)	Inflow from (m³/s)	Inflow from (m³/s)	Outflow (m³/s)
01-Jan-2003	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	01:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	02:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	03:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	04:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	05:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	06:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	07:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	08:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	09:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	10:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	11:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	12:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	13:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	14:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	15:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	16:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	17:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	18:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	19:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	20:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	21:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	22:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	23:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01-Jan-2003	01:00	0.0	0.0	0.0	0.0

Συμβολή 3



Εικόνα 6.3.16: Γράφημα για τη Συμβολή 3.

Η Εικόνα 6.3.16 είναι ένα γράφημα για τη Συμβολή 3 και εμφανίζει το διάγραμμα παροχής χρόνου. Η συνεχής μπλε γραμμή είναι η εκροή από λεκάνες απορροής και εισρέει στην Εθνικής Αμύνης άρα η εισροή στην οδό. Το άθροισμα των δύο διακεκομμένων μας δίνει τη συνεχή γραμμή.

Πιο κάτω ακολουθεί ο συνοπτικός Πίνακας 6.3.32 για τη Συμβολή 3. Εμφανίζεται η εκροή αιχμής, ημερομηνία και ώρα της εκροής αιχμής και την συνολική εκροή της συμβολής.

Πίνακας 6.3.32: Συνοπτικός πίνακας για τη Συμβολή 3.

Summary Results for Junction "Junction-3"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Junction: Junction-3

Start of Run: 01Iav2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Iav2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time:08Iouv2020, 14:15:24 Control Specifications:Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

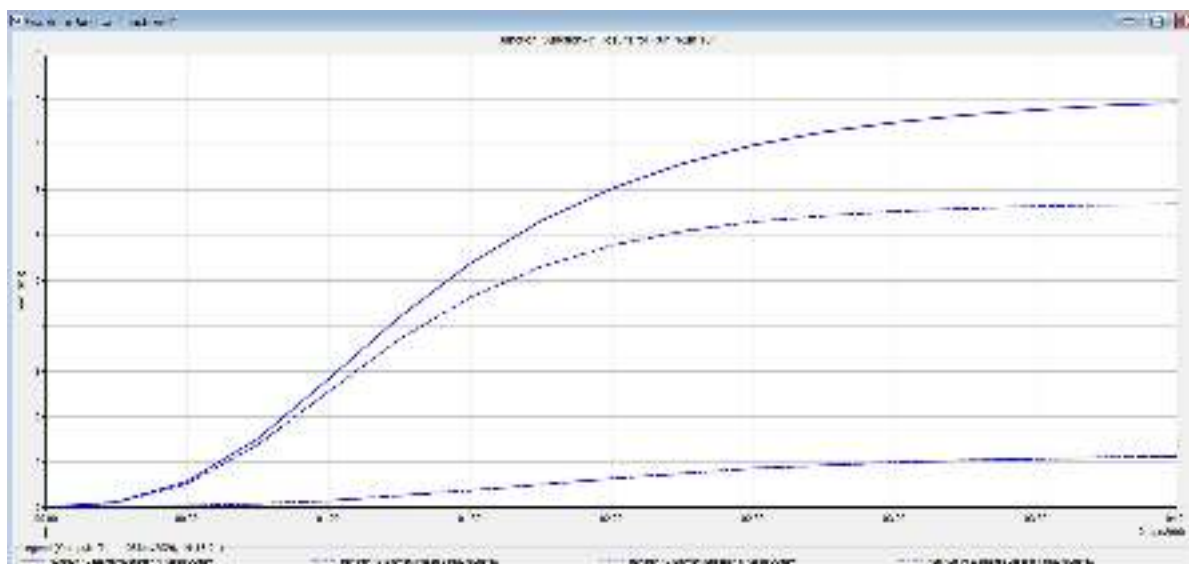
Peak Discharge:6.7 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge:01Iav2000, 04:00
Volume: 65.44 (MM)

Πίνακας 6.3.33: Χρονοσειρές για τη Συμβολή 3.

Time Series Results for Junction Junction-3				
Project: Project 2 Simulation Run: Run 10 Junction: Junction-3				
Start of Run: 01Jan2000, 00:00 End of Run: 01Jan2000, 04:00 Compute Time: 08Jun2020, 14:15:24				
Time	Inflow (MM)	Outflow (MM)	Storage (MM)	Volume (MM)
01Jan2000 00:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 00:05	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 00:10	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 00:15	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 00:20	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 00:25	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 00:30	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 00:35	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 00:40	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 00:45	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 00:50	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 00:55	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 01:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 01:05	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 01:10	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 01:15	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 01:20	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 01:25	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 01:30	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 01:35	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 01:40	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 01:45	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 01:50	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 01:55	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 02:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 02:05	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 02:10	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 02:15	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 02:20	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 02:25	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 02:30	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 02:35	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 02:40	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 02:45	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 02:50	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 02:55	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:05	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:10	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:15	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:20	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:25	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:30	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:35	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:40	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:45	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:50	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:55	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 04:00	0.0	0.0	0.0	0.0

Χρονοσειρές παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.3.33. Φαίνονται η ημερομηνία και η ώρα, η εισροή από κάθε λεκάνη που συνδέεται με τη συμβολή και την εκροή (άθροισμα εισροών) από τις λεκάνες απορροής που εισρέει στην οδό Εθνικής Αμύνης.

Συμβολή 4



Εικόνα 6.3.17: Γράφημα για τη Συμβολή 4.

Η Εικόνα 6.3.17 είναι ένα γράφημα για τη Συμβολή 4 και εμφανίζει το διάγραμμα παροχής χρόνου. Η συνεχής μπλε γραμμή είναι η εκροή από λεκάνες απορροής και εισρέει στην Εθνικής Αμύνης άρα η εισροή στην οδό. Το άθροισμα των δύο διακεκομμένων μας δίνει τη συνεχή γραμμή.

Πιο κάτω ακολουθεί ο συνοπτικός Πίνακας 6.3.34 για τη Συμβολή 4. Εμφανίζεται η εκροή αιχμής, ημερομηνία και ώρα της εκροής αιχμής και την συνολική εκροή της συμβολής.

Τέλος, στον Πίνακα 6.3.35 παρουσιάζονται χρονοσειρές. Φαίνονται η ημερομηνία και η ώρα, η εισροή από κάθε λεκάνη που συνδέεται με τη συμβολή και την εκροή (άθροισμα εισροών) από τις λεκάνες απορροής που εισρέει στην οδό Εθνικής Αμύνης.

Πίνακας 6.3.34: Συνοπτικός πίνακας για τη Συμβολή 4.

Summary Results for Junction "Junction-4"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Junction: Junction-4

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jan2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 8.9 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Volume: 59.80 (MM)

Πίνακας 6.3.35: Χρονοσειρές για τη Συμβολή 4.

Time Series Results for Junction Junction-4

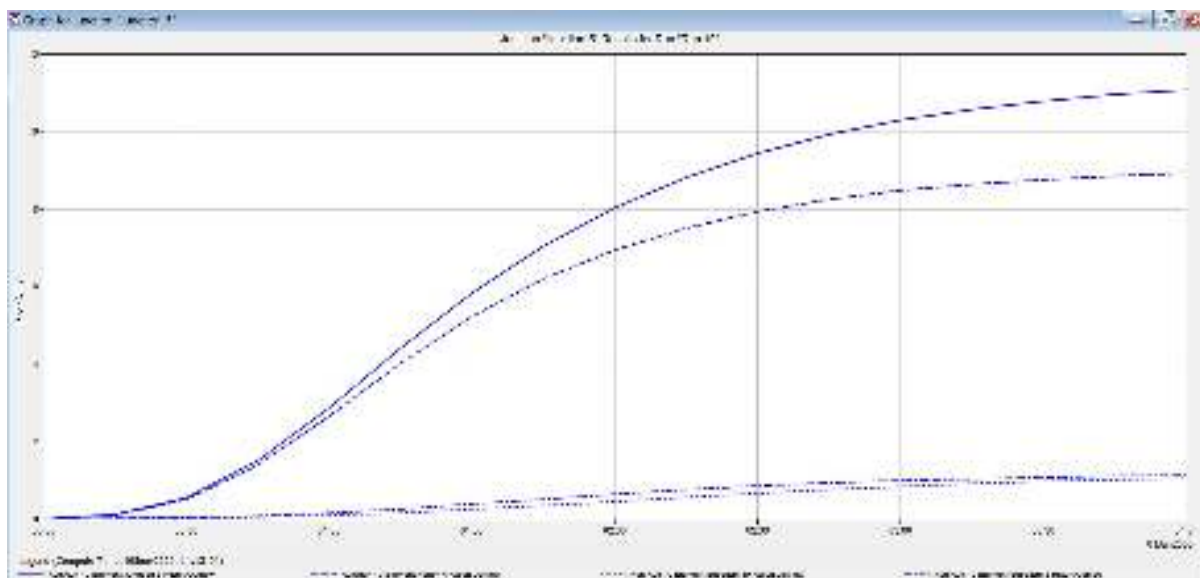
Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Junction: Junction-4

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jan2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Time	Flow (mm)	Volume (mm)	Flow (mm)	Volume (mm)
01Jan2000 03:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000 03:15	0.1	0.0	0.1	0.1
01Jan2000 03:30	1.0	0.1	1.0	1.1
01Jan2000 03:45	3.7	0.1	3.7	5.8
01Jan2000 04:00	8.9	0.1	8.9	14.7
01Jan2000 04:15	3.7	0.2	3.7	42.0
01Jan2000 04:30	0.0	0.0	0.0	59.8
01Jan2000 04:45	0.0	0.0	0.0	59.8
01Jan2000 05:00	0.0	0.0	0.0	59.8
01Jan2000 05:15	0.1	0.0	0.1	70.0
01Jan2000 05:30	0.1	0.0	0.1	70.0
01Jan2000 05:45	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 06:00	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 06:15	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 06:30	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 06:45	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 07:00	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 07:15	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 07:30	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 07:45	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 08:00	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 08:15	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 08:30	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 08:45	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 09:00	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 09:15	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 09:30	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 09:45	0.0	0.0	0.0	80.0
01Jan2000 10:00	0.0	0.0	0.0	80.0

Συμβολή 5

Η Εικόνα 6.3.18 είναι ένα γράφημα για τη Συμβολή 5 και εμφανίζει το διάγραμμα παροχής χρόνου. Η συνεχής μπλε γραμμή είναι η εκροή από λεκάνες απορροής και εισρέει στην Εθνικής Αμύνης άρα η εισροή στην οδό. Το άθροισμα των δύο διακεκομμένων μας δίνει τη συνεχή γραμμή.



Εικόνα 6.3.18: Γράφημα για τη Συμβολή 5.

Πιο κάτω ακολουθεί ο συνοπτικός Πίνακας 6.3.36 για τη Συμβολή 5. Εμφανίζεται η εκροή αιχμής, ημερομηνία και ώρα της εκροής αιχμής και την συνολική εκροή της συμβολής.

Πίνακας 6.3.36: Συνοπτικός πίνακας για τη Συμβολή 5.

Summary Results for Junction "Junction-5"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Junction: Junction-5

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jun2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

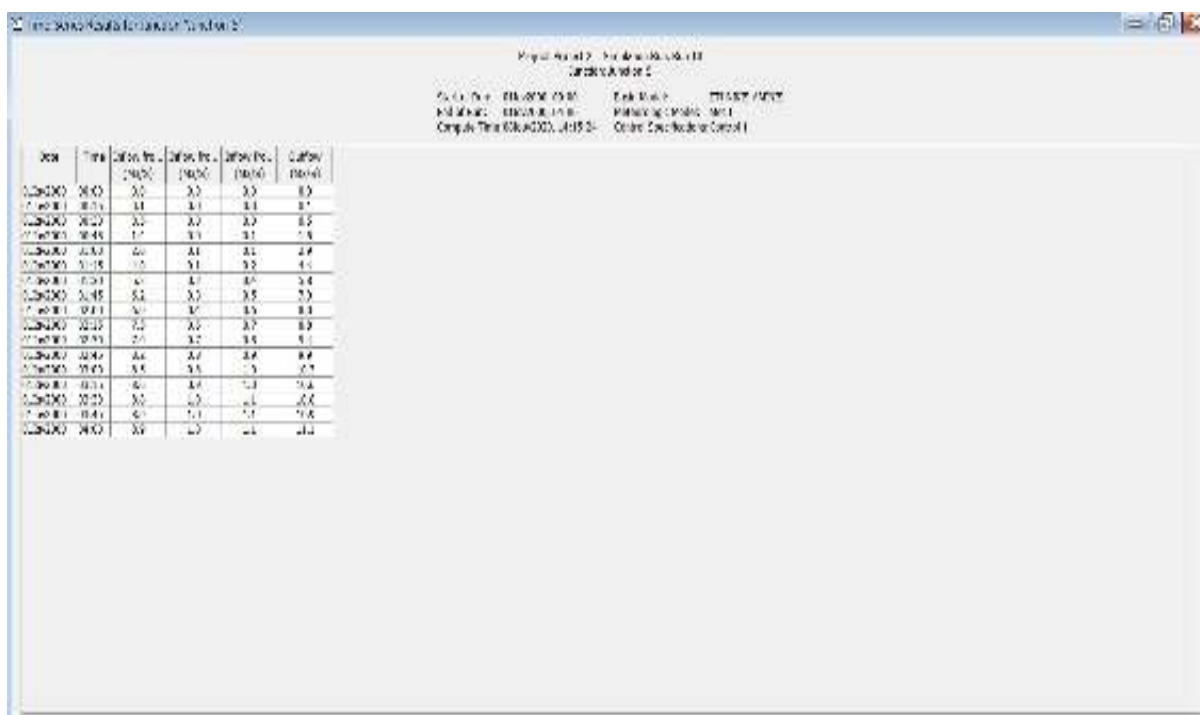
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 11.1 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Volume: 55.45 (MM)

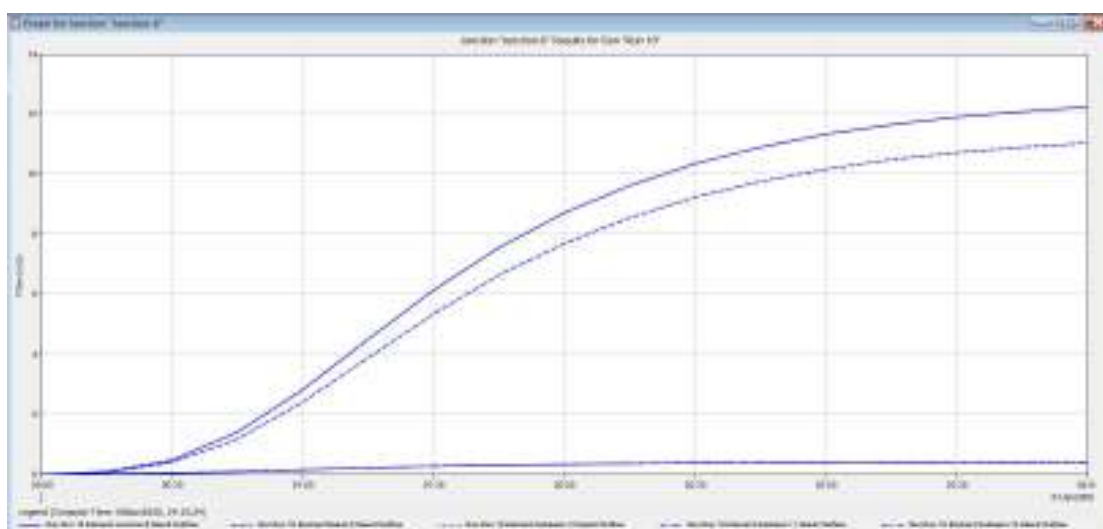
Έπειτα παρουσιάζονται χρονοσειρές στον Πίνακα 6.3.37. Φαίνονται η ημερομηνία και η ώρα, η εισροή από κάθε λεκάνη που συνδέεται με τη συμβολή και την εκροή (άθροισμα εισροών) από τις λεκάνες απορροής που εισρέει στην οδό Εθνικής Αμύνης.

Πίνακας 6.3.37: Χρονοσειρές για τη Συμβολή 5.



Συμβολή 6

Η Εικόνα 6.3.19 είναι ένα γράφημα για τη Συμβολή 6 και εμφανίζει το διάγραμμα παροχής χρόνου. Η συνεχής μπλε γραμμή είναι η εκροή από λεκάνες απορροής και εισρέει στην Εθνικής Αμύνης άρα η εισροή στην οδό. Το άθροισμα των δύο διακεκομμένων μας δίνει τη συνεχή γραμμή.



Εικόνα 6.3.19: Γράφημα για τη Συμβολή 6.

Πιο κάτω ακολουθεί ο συνοπτικός Πίνακας 6.3.38 για τη Συμβολή 6.Εμφανίζεται η εκροή αιχμής, ημερομηνία και ώρα της εκροής αιχμής και την συνολική εκροή της συμβολής.

Πίνακας 6.3.38: Συνοπτικός πίνακας για τη Συμβολή 6.

Summary Results for Junction "Junction-6"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Junction: Junction-6

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jan2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 12.2 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Volume: 54.47 (MM)

Έπειτα παρουσιάζονται χρονοσειρές στον Πίνακα 6.3.39. Φαίνονται η ημερομηνία και η ώρα, η εισροή από κάθε λεκάνη που συνδέεται με τη συμβολή και την εκροή (άθροισμα εισροών) από τις λεκάνες απορροής που εισρέει στην οδό Εθνικής Αμύνης.

Πίνακας 6.3.39: Χρονοσειρές για τη Συμβολή 6.

Time Series Results for Junction "Junction-6"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Junction: Junction-6

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jan2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

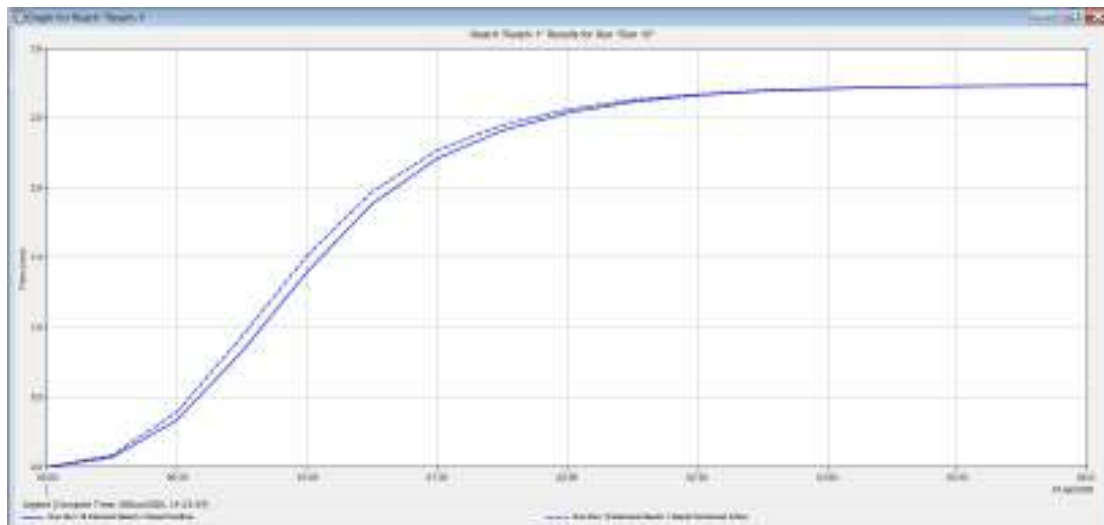
DATE	TIME	Inflow-1 (M3/S)	Inflow-2 (M3/S)	Inflow-3 (M3/S)	Inflow-4 (M3/S)	Outflow (M3/S)
01Jan2000	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	00:45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	01:45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	02:45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	03:45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01Jan2000	04:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Αγωγός 1

Ο αγωγός 1 είναι αυτός που ενώνει τις συμβολές 1 και 2 μεταξύ τους.

Παρακάτω στην Εικόνα 6.3.20 παρουσιάζεται γράφημα παροχής-χρόνου για τον αγωγό 1. Εμφανίζεται με συνεχή γραμμή η εκροή και με διακοπτόμενη ροή η εισροή. Παρατηρείται ότι λόγω της καθυστέρησης (Lag) οι δύο καμπύλες διαφέρουν αρκετά.

Εικόνα 6.3.20: Γράφημα παροχής-χρόνου για τον αγωγό 1.



Ακολουθεί συνοπτικός Πίνακας 6.3.40 για τον αγωγό 1. Εμφανίζεται η εισροή αιχμής, η εκροή αιχμής, η συνολική εισροή και εκροή καθώς και η ημερομηνία και ώρα που συμβαίνουν οι αιχμές.

Πίνακας 6.3.40: Συνοπτικός πίνακας για τον αγωγό 1.

Summary Results for Reach "Reach-1"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Reach: Reach-1

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jun2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow: 2.7 (M3/S) Date/Time of Peak Inflow: 01Jan2000, 03:45
Peak Discharge: 2.7 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Inflow Volume: 71.03 (MM) Discharge Volume: 69.92 (MM)

Στη συνέχεια ακολουθεί ο Πίνακας 6.3.41 των χρονοσειρών. Εμφανίζει κάθε χρονική στιγμή την εισροή και την εκροή.

Πίνακας 6.3.41 Χρονοσειρές για τον αγωγό 1.

Time-Series Reports for Reach "Reach-1"

Project: Project 2 - Simulation Run: Run 10
Reach: Reach-1

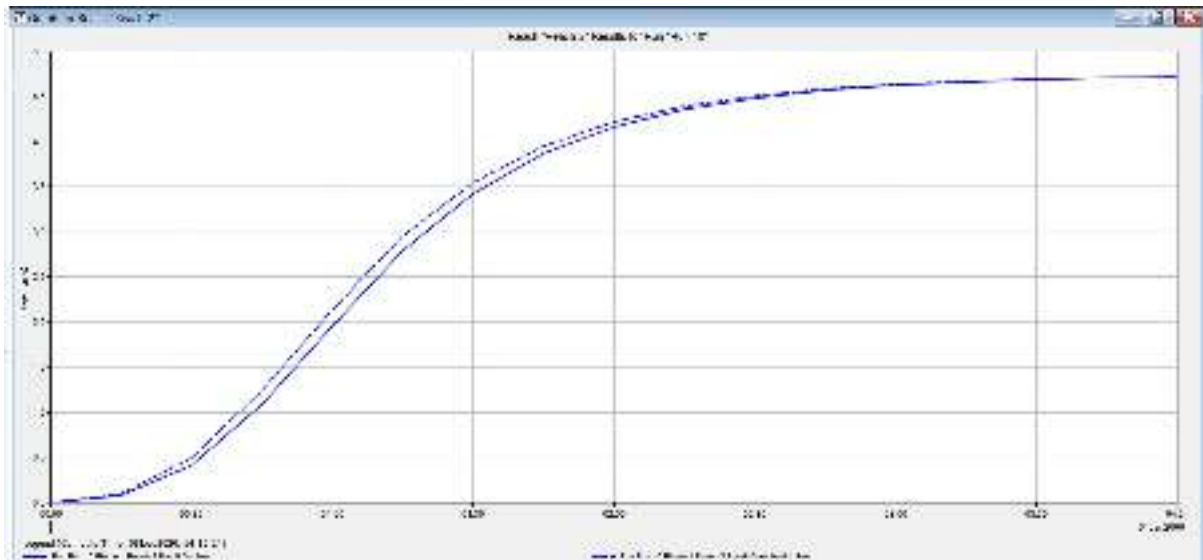
Start of Run: 01-Jan-2000, 00:00 Units: Metric CT: HECRAS AWE1D
End of Run: 01-Jan-2000, 04:00 Hydraulic Model: Hec-Ras
Computation: 01-Jan-2000, 14:10:20 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Inflow (M ³ /S)	Outflow (M ³ /S)
01-Jan-2000	00:00	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:05	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:10	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:15	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:20	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:25	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:30	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:35	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:40	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:45	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:50	0.0	0.0
01-Jan-2000	00:55	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:00	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:05	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:10	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:15	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:20	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:25	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:30	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:35	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:40	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:45	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:50	0.0	0.0
01-Jan-2000	01:55	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:00	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:05	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:10	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:15	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:20	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:25	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:30	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:35	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:40	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:45	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:50	0.0	0.0
01-Jan-2000	02:55	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:00	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:05	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:10	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:15	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:20	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:25	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:30	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:35	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:40	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:45	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:50	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:55	0.0	0.0
01-Jan-2000	04:00	0.0	0.0

Αγωγός 2

Ο αγωγός 2 συνδέει τις συμβολές 2 και 3 μεταξύ τους.

Παρακάτω στην Εικόνα 6.3.21 παρουσιάζεται γράφημα παροχής-χρόνου για τον αγωγό 2. Εμφανίζεται με συνεχή γραμμή η εκροή και με διακοπτόμενη ροή η εισροή. Παρατηρείται ότι λόγω της καθυστέρησης (Lag) οι δύο καμπύλες διαφέρουν αρκετά.



Εικόνα 6.3.21: Γράφημα παροχής-χρόνου για τον αγωγό 2.

Ακολουθεί συνοπτικός Πίνακας 6.3.42 για τον αγωγό 2. Εμφανίζεται η εισροή αιχμής, η εκροή αιχμής, η συνολική εισροή και εκροή καθώς και η ημερομηνία και ώρα που συμβαίνουν οι αιχμές.

Πίνακας 6.3.42: Συνοπτικός πίνακας για τον αγωγό 2.

Summary Results for Reach "Reach-2"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Reach: Reach-2

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jan2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

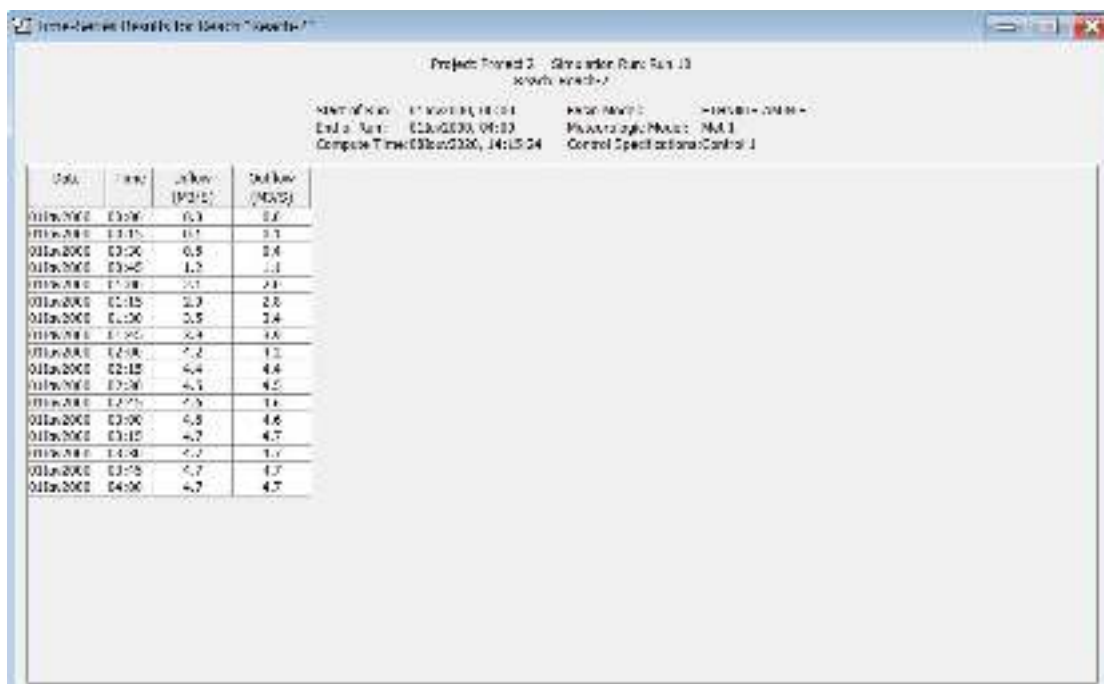
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow: 4.7 (M3/S) Date/Time of Peak Inflow: 01Jan2000, 03:45
Peak Discharge: 4.7 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Inflow Volume: 67.27 (MM) Discharge Volume: 66.13 (MM)

Στη συνέχεια ακολουθεί ο Πίνακας 6.3.43 των χρονοσειρών. Εμφανίζει κάθε χρονική στιγμή την εισροή και την εκροή.

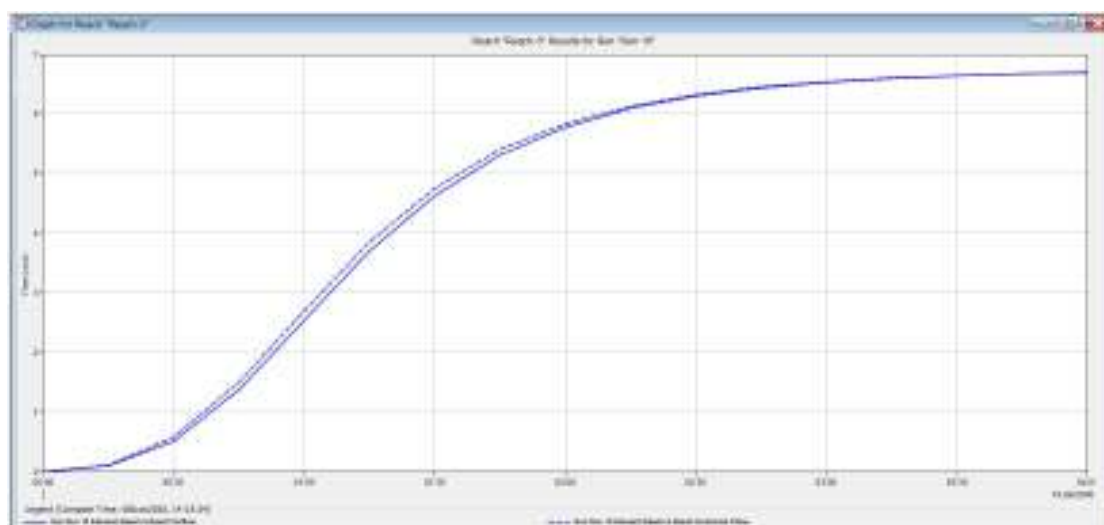
Πίνακας 6.3.43:Χρονοσειρές για τον αγωγό 2.



Αγωγός 3

Ο αγωγός 3 συνδέει της συμβολές 3 και 4 μεταξύ τους.

Παρακάτω στην Εικόνα 6.3.22 παρουσιάζεται γράφημα παροχής-χρόνου για τον αγωγό 3. Εμφανίζεται με συνεχή γραμμή η εκροή και με διακοπτόμενη ροή η εισροή. Παρατηρείται ότι λόγω της καθυστέρησης (Lag) οι δύο καμπύλες διαφέρουν αρκετά.



Εικόνα 6.3.22: Γράφημα παροχής-χρόνου για τον αγωγό 3.

Ακολουθεί συνοπτικός Πίνακας 6.3.44 για τον αγωγό 3. Εμφανίζεται η εισροή αιχμής, η εκροή αιχμής, η συνολική εισροή και εκροή καθώς και η ημερομηνία και ώρα που συμβαίνουν οι αιχμές.

Πίνακας 6.3.44: Συνοπτικός πίνακας για τον αγωγό 3.

Summary Results for Reach "Reach-3"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Reach: Reach-3

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Ιουν2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow: 6.7 (M3/S)	Date/Time of Peak Inflow: 01Jan2000, 03:45
Peak Discharge: 6.7 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01Jan2000, 04:00
Inflow Volume: 65.39 (MM)	Discharge Volume: 64.64 (MM)

Στη συνέχεια ακολουθεί ο Πίνακας 6.3.45 των χρονοσειρών. Εμφανίζει κάθε χρονική στιγμή την εισροή και την εκροή.

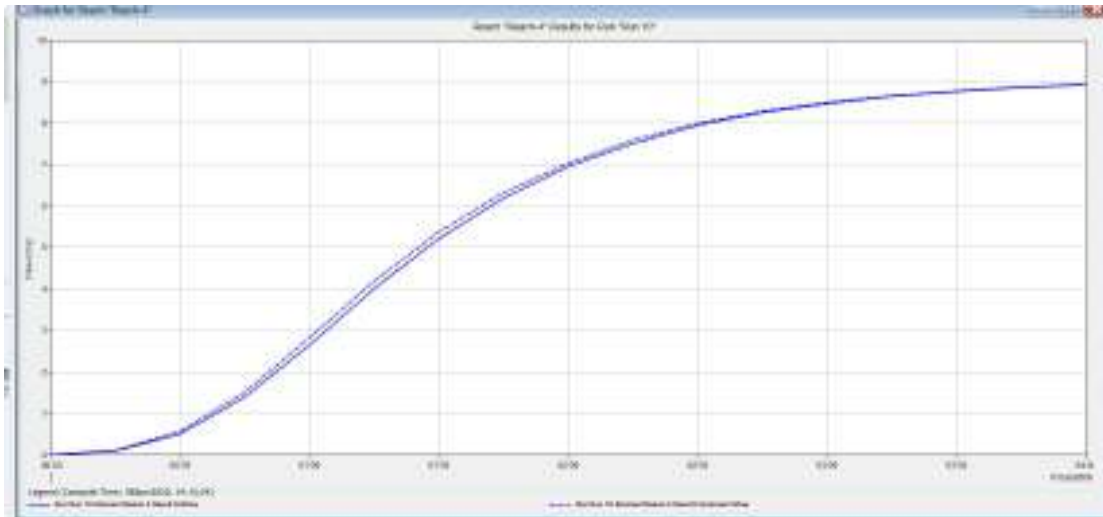
Πίνακας 6.3.45: Χρονοσειρές για τον αγωγό 3.

Date	Time	Inflow (mm)	Outflow (mm)	Volume (mm)
01-Jan	00:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	01:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	02:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	03:00	6.70	0.00	6.70
01-Jan	03:45	6.70	0.00	13.40
01-Jan	04:00	0.00	6.70	6.70
01-Jan	05:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	06:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	07:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	08:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	09:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	10:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	11:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	12:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	13:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	14:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	15:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	16:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	17:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	18:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	19:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	20:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	21:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	22:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	23:00	0.00	0.00	0.00
01-Jan	00:00	0.00	0.00	0.00

Αγωγός 4

Ο αγωγός 4 συνδέει τις συμβολές 4 και 5 μεταξύ τους.

Παρακάτω στην Εικόνα 6.3.23 παρουσιάζεται γράφημα παροχής-χρόνου για τον αγωγό 4. Εμφανίζεται με συνεχή γραμμή η εκροή και με διακοπτόμενη ροή η εισροή. Παρατηρείται ότι λόγω της καθυστέρησης (Lag) οι δύο καμπύλες διαφέρουν αρκετά.



Εικόνα 6.3.23: Γράφημα παροχής-χρόνου για τον αγωγό 4.

Ακολουθεί συνοπτικός Πίνακας 6.3.46 για τον αγωγό 4. Εμφανίζεται η εισροή αιχμής, η εκροή αιχμής, η συνολική εισροή και εκροή καθώς και την ημερομηνία και ώρα που συμβαίνουν οι αιχμές.

Πίνακας 6.3.46: Συνοπτικός πίνακας για τον αγωγό 4.

Summary Results for Reach "Reach-4"

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Reach: Reach-4

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Jun2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Inflow: 8.9 (M3/S)	Date/Time of Peak Inflow	01Jan2000, 03:45
Peak Discharge: 8.9 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01Jan2000, 04:00
Inflow Volume: 59.76 (MM)	Discharge Volume:	59.02 (MM)

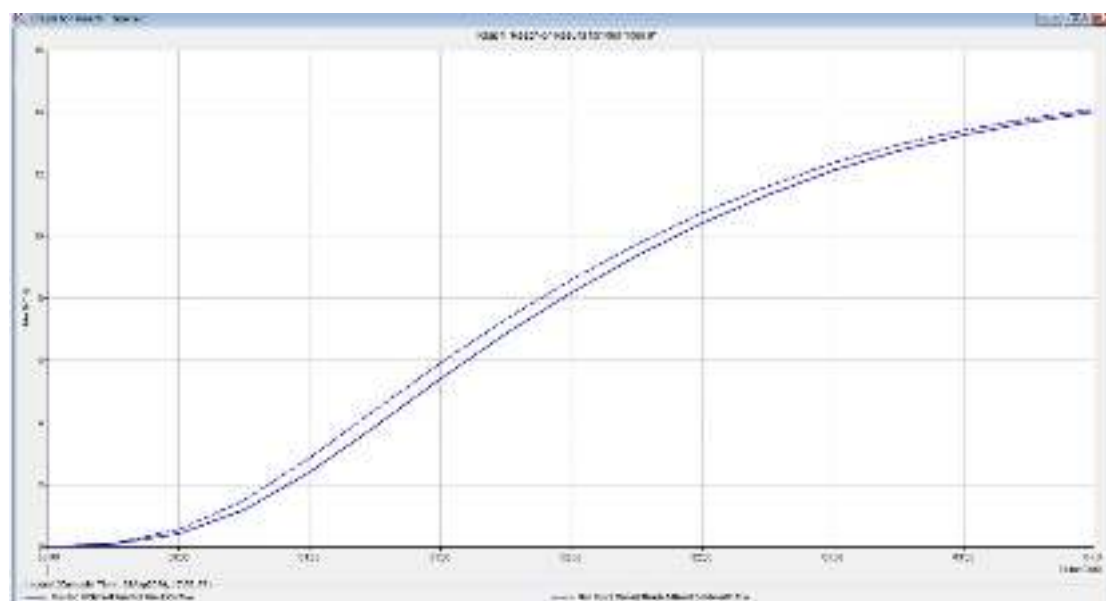
Στη συνέχεια ακολουθεί ο Πίνακας 6.3.47 των χρονοσειρών. Εμφανίζει κάθε χρονική στιγμή την εισροή και την εκροή.

Πίνακας 6.3.47:Χρονοσειρές για τον αγωγό 4.

Project: Project 2 - Alexander Rano Run 13 scgwts.kwkwts-1			
Start/End Date: 01-Jan-2000, 01-Jul-01		Water Month: 1-Jan-01 to 31-Mar-01	
End of Year: 01-Jan-02, 01:00		Maximums/Minimums: NA, 1	
Compute Time: 03-Jan-2005, 14:15:24		Control Specifications/Control: 1	
Date	Time	Inflow (MGD)	Outflow (MGD)
01-Jan-2000	03:00	0.0	0.0
01-Jan-2000	03:15	0.1	0.1
01-Jan-2000	03:30	0.5	0.5
01-Jan-2000	03:45	1.5	1.4
01-Jan-2000	04:00	2.4	2.1
01-Jan-2000	04:15	5.2	4.0
01-Jan-2000	04:30	25.4	22.2
01-Jan-2000	04:45	14.4	12.2
01-Jan-2000	05:00	7.3	6.1
01-Jan-2000	05:15	7.9	7.5
01-Jan-2000	05:30	6.1	5.6
01-Jan-2000	05:45	30.4	26.5
01-Jan-2000	06:00	0.5	0.5
01-Jan-2000	06:15	0.7	0.6
01-Jan-2000	06:30	30.4	26.5
01-Jan-2000	06:45	0.9	0.5
01-Jan-2000	07:00	0.9	0.5

Αγωγός 5

Ο αγωγός 5 συνδέει τις συμβολές 5 και 6 μεταξύ τους.



Εικόνα 6.3.24: Γράφημα παροχής-χρόνου για τον αγωγό 5.

Στην Εικόνα 6.3.24 παρουσιάζεται γράφημα παροχής-χρόνου για τον αγωγό 5. Εμφανίζεται με συνεχή γραμμή η εκροή και με διακοπτόμενη ροή η εισροή. Παρατηρείται ότι λόγω της καθυστέρησης (Lag) οι δύο καμπύλες διαφέρουν αρκετά.

Ακολουθεί συνοπτικός Πίνακας 6.3.48 για τον αγωγό 5. Εμφανίζεται η εισροή αιχμής, η εκροή αιχμής, η συνολική εισροή και εκροή καθώς και η ημερομηνία και ώρα που συμβαίνουν οι αιχμές. Στη συνέχεια ακολουθεί ο Πίνακας 6.3.49 των χρονοσειρών. Εμφανίζει κάθε χρονική στιγμή την εισροή και την εκροή.

Πίνακας 6.3.48: Συνοπτικός πίνακας για τον αγωγό 5.

Project: Project 2 Simulation Run: Run 10
Subbasin: Subbasin-5

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: ETHNIKIS AMINIS
End of Run: 01Jan2000, 04:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 08Ιουν2020, 14:15:24 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	1.0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01Jan2000, 04:00
Precipitation Volume:	100.00 (MM)	Direct Runoff Volume:	68.85 (MM)
Loss Volume:	5.92 (MM)	Baseflow Volume:	0.00 (MM)
Excess Volume:	94.08 (MM)	Discharge Volume:	68.85 (MM)

Πίνακας 6.3.49: Χρονοσειρές για τον αγωγό 5.

Date	Time	Inflow (mm/s)	Outflow (mm/s)
01Jan2000	03:00	0.0	0.0
01Jan2000	03:15	0.1	0.0
01Jan2000	03:30	0.5	0.0
01Jan2000	03:45	1.0	0.0
01Jan2000	04:00	2.0	0.0
01Jan2000	04:15	1.4	0.0
01Jan2000	04:30	0.0	0.0
01Jan2000	04:45	0.0	0.0
01Jan2000	05:00	0.0	0.0
01Jan2000	05:15	0.0	0.0
01Jan2000	05:30	0.0	0.0
01Jan2000	05:45	0.0	0.0
01Jan2000	06:00	0.0	0.0
01Jan2000	06:15	0.0	0.0
01Jan2000	06:30	0.0	0.0
01Jan2000	06:45	0.0	0.0
01Jan2000	07:00	0.0	0.0
01Jan2000	07:15	0.0	0.0
01Jan2000	07:30	0.0	0.0
01Jan2000	07:45	0.0	0.0
01Jan2000	08:00	0.0	0.0
01Jan2000	08:15	0.0	0.0
01Jan2000	08:30	0.0	0.0
01Jan2000	08:45	0.0	0.0
01Jan2000	09:00	0.0	0.0
01Jan2000	09:15	0.0	0.0
01Jan2000	09:30	0.0	0.0
01Jan2000	09:45	0.0	0.0
01Jan2000	10:00	0.0	0.0

Συμπερασματικά με βάση όλα τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρούμε με βάση το συνολικό Πίνακα 6.3.1 ότι από την τελευταία συμβολή 6 έχουμε παροχή αιχμής $12.2 \text{ m}^3/\text{s}$ για μια 4ωρη βροχόπτωση έντασης 25 mm/h , η οποία καταλήγει στον τελικό αποδέκτη, στην περίπτωση μας στον Θερμαϊκό κόλπο. Η μεγάλη παροχή είναι δυνατόν να οδηγήσει σε μεγάλες καταστροφές καθώς και να θέσουν σε κίνδυνο τη ζωή των πολιτών. (Σημειώνεται ότι η διαδρομή της οδού Εθνικής Αμύνης, είναι παραπλήσια με αυτήν του χειμάρρου Πανεπιστημίου ή Ευαγγελίστριας, που υπήρχε στην περιοχή)

Σημαντικό γεγονός είναι ότι τα πλημμυρικά φαινόμενα σχετίζονται αναλόγως με τη μορφολογία του εδάφους, την απορροφητικότητα του και τους τρόπους διαφυγής του νερού. Όλα αυτά τα δεδομένα σε συνδυασμό με το βαθμό έντασης της βροχόπτωσης συντελούν στα μικρά ή μεγάλα προβλήματα της πόλης.

6.4 Εξέταση σεναρίων.

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή προτείνεται δημιουργία σεναρίων ώστε να γίνει εκτίμηση των πλεονεκτημάτων ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης ομβρίων υδάτων.

Για να αποδοθεί πιο πιστά κάθε πιθανή κατάσταση, στη δημιουργία των σεναρίων βασικό ρόλο διατελεί η τροποποίηση των δεδομένων εισόδου. Πιο συγκεκριμένα λοιπόν, έγινε η εξέταση σεναρίων σχετικά με τη συμπεριφορά του δικτύου σε σχέση με την επιφανειακή ροή. Συνολικά εξετάστηκαν τρία σενάρια, στα οποία αναλύθηκε η μεταβολή και η προσθήκη ορισμένων παραμέτρων.

6.4.1 Σενάριο 1: Υφιστάμενη κατάσταση-Βουλωμένα φρεάτια

Στο σενάριο αυτό, έγινε διερεύνηση της επιφανειακής απορροής όμβριων υδάτων για βροχοπτώσεις με περίοδο επαναφοράς 2 ετών στην περιοχή της οδού Εθνικής Αμύνης, όπως είχαμε εξετάσει πιο πάνω στον Πίνακα 6.2.4. Στην περίπτωση αυτή ελέγχθηκε η υφιστάμενη κατάσταση σε σχέση με τη λειτουργία των φρεατίων κατά μήκος της οδού.

Πίνακας 6.4.1: Παροχές εισόδου-εξόδου στην Εθνικής Αμύνης και αριθμός φρεατίων.

Τμήμα	Παροχή (m ³ /sec)	Φρεάτια
Σ1-Σ2	3,201	1
Σ2-Σ3	3,955	1
Σ3-Σ4-E1	4,379	4
Σ4-Σ5-E2	4,426	1
Σ5-Σ6-E3	4,696	6
Σ6-Σ7	4,941	2
Σ7-Σ8-Σ9	5,183	-

Αρχικά σύμφωνα με τον Πίνακα 6.4.1 παρουσιάζονται οι παροχές για τα επτά συνολικά σημεία εισόδου και εξόδου της καθώς και τα φρεάτια υδροσυλλογής που υπάρχουν στο μήκος της οδού Εθνικής Αμύνης.

Η παροχευτικότητα των φρεατίων υδροσυλλογής τύπου σχάρας (Σωτηροπούλου, 2015) δίνεται από τον τύπο:

$$Q = 83 \times L \times W \times S^{1/2} \times H_{av}^{1.75} \quad (6.4.1)$$

Όπου:

$Q=0,1884$ η παροχή εκροής στο φρεάτιο σε m^3/sec

$L=0,9$ m το μήκος του καθαρού ανοίγματος

$W=0,6$ το πλάτος του καθαρού ανοίγματος της σχάρας σε m

$S=0,0002$ η κατά μήκος κλίση του ρείθρου σχάρας

$H_{av}=0,49997$ m, $H-(WJ/2)$

$H=0,5$ το μέγιστο βάθος ροής αμέσως ανάντη του φρεατίου (m)

$J=0,0001$, η εγκάρσια κλίση του φρεατίου

Πίνακας 6.4.2: Λειτουργικότητα φρεατίων στην περιοχή μελέτης.

Τμήμα	Αριθμός Φρεατίων	Παροχευτικότητα Φρεατίων(m^3/s)	Βουλωμένα φρεάτια
Σ1-Σ2	1	0,188	1
Σ2-Σ3	1	0,188	0
Σ3-Σ4-Ε1	4	0,754	0
Σ4-Σ5-Ε2	1	0,188	1
Σ5-Σ6-Ε3	6	1,130	0
Σ6-Σ7	2	0,377	0
Σ7-Σ8-Σ9	-	-	-

Στον Πίνακα 6.4.2 παρουσιάζονται η παροχή των τμημάτων εισόδου και εξόδου στη λεκάνη απορροής, ο αριθμός φρεατίων που υπάρχει σε κάθε τμήμα και έπειτα μετά τον προσδιορισμό της παροχευτικότητας των φρεατίων, διαπιστώνουμε ότι δύο από αυτά, ένα στο τμήμα Σ1-Σ2 και ένα στο τμήμα Σ4-Σ5-E2 δεν λειτουργούνε καθώς είναι βουλωμένα όπως βλέπουμε στην Εικόνα 6.4.1 με επιτόπια επίσκεψη την Παρασκευή 6/3/2020.



Εικόνα 6.4.1: Βουλωμένο φρεάτιο επί της οδού Εθνικής Αμύνης.

Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω η μέγιστη παροχή που μπορεί να διοχετεύει ο δρόμος Εθνικής Αμύνης στην παρούσα φάση (υφιστάμενη κατάσταση), δηλαδή χωρίς τη λειτουργία δύο φρεατίων διαμορφώνεται όπως φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα 6.4.3.

Πίνακας 6.4.3: Αποτελέσματα εφαρμογής του σεναρίου 1.

Τμήμα	Πριν (m ³ /s)	1 ^ο Σενάριο(m ³ /s)
Σ1-Σ2	3,201	3,201
Σ2-Σ3	3,955	3,265
Σ3-Σ4-E1	4,380	3,125
Σ4-Σ5-E2	4,426	4,426
Σ5-Σ6-E3	4,696	3,181
Σ6-Σ7	4,942	3,781
Σ7-Σ8-Σ9	5,183	5,183

6.4.2 Σενάριο 2:Λειτουργία όλων των φρεατίων

Στο σενάριο αυτό ελέγχθηκε η συμπεριφορά της επιφανειακής απορροής κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 2 έτη στην περιοχή μελέτης Εθνικής Αμύνης. Θεωρούμε λοιπόν ενδεικτικά ότι σε αυτή την περίπτωση όλα τα φρεάτια λειτουργούν κανονικά σε όλα τα τμήματα της λεκάνης απορροής όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.4.2.



Εικόνα 6.4.2: Σχάρα υδροσυλλογής σε λειτουργία στην Εθνικής Αμύνης.

Οπότε με βάση τα παραπάνω η μέγιστη παροχή που μπορεί να διοχετεύει ο δρόμος και παράλληλα η λειτουργία όλων των φρεατίων χωρίς κάποιο να είναι βουλωμένα διαμορφώνεται όπως φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα 6.4.4.

Πίνακα 6.4.4: Αποτελέσματα εφαρμογής του σεναρίου 2.

Τμήμα	Πριν(m ³ /s)	2οΣενάριο(m ³ /s)
Σ1-Σ2	3,201	3,012
Σ2-Σ3	3,955	3,265
Σ3-Σ4-Ε1	4,379	3,124
Σ4-Σ5-Ε2	4,426	3,784
Σ5-Σ6-Ε3	4,696	3,181
Σ6-Σ7	4,942	3,781
Σ7-Σ8-Σ9	5,183	5,183

6.4.3 Σενάριο 3: Ανακούφιση στους δρόμους μέσω εφαρμογής κήπων βροχής στην περιοχή μελέτης

Στο σενάριο αυτό έγινε εφαρμογή πέντε κήπων βροχής στην περιοχή μελέτης με σκοπό την αποφόρτιση του συστήματος. Τα πέντε σημεία Κ1,Κ2,Κ3,Κ4,Κ5 που επιλέχθηκαν, φαίνονται στην Εικόνα 6.4.3 κατά μήκος της οδού Εθνικής Αμύνης.



Εικόνα 6.4.3 : Εφαρμογή των κήπων βροχής στην περιοχή μελέτης.

Στον Πίνακα 6.4.5 υπολογίστηκε η παροχή που αποθηκεύει με βάση την επιφάνεια του (εμβαδό) ο κάθε κήπος βροχής. Η συνολική παροχή υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το εμβαδό του εκάστοτε κήπου με την αποθηκευτικότητα S_k όπως την είχαμε υπολογίσει στο Κεφάλαιο 4 διαιρώντας με τη διάρκεια βροχόπτωσης. Τα κριτήρια επιλογής σημείων κήπων βροχής στην Εθνικής Αμύνης ήταν περιορισμένα καθώς οι χώροι πρασίνου εντός του αστικού ιστού που υπήρχαν διαθέσιμοι ήταν οι μόνες επιλογές.

K1 κήπος βροχής: Είναι ένας χώρος πρασίνου μπροστά από την πλατεία του Χημείου, παράλληλα με την οδό Εθνικής Αμύνης.

K2 κήπος βροχής: Είναι ένας χώρος πρασίνου δίπλα από τον κήπο βροχής K1 μπροστά από την Πλατεία του Χημείου, παράλληλα με την οδό Εθνικής Αμύνης.

K3 κήπος βροχής: Είναι ένας χώρος πρασίνου εφαιπτόμενος με την οδό Αρμενοπούλου και Εθνικής Αμύνης.

K4 κήπος βροχής: Είναι ένας χώρος πρασίνου στη γωνία Εγνατίας με Εθνικής Αμύνης.

Κ5 κήπος βροχής: Είναι ένας χώρος πρασίνου στη συμβολή των οδών Παύλου Μελά με Εθνικής Αμύνης.

Πίνακας 6.4.6: Συνολική παροχή σε κάθε κήπο βροχής στην περιοχή μελέτης.

Κήπος	Εμβαδό(m ²)	Αποθηκευτικότητα	Συνολική παροχή(m ³ /s)
K1	1684	0,305	0,209
K2	995	0,305	0,123
K3	1169	0,305	0,148
K4	584	0,305	0,074
K5	1214	0,305	0,0686

Έπειτα στον Πίνακα 6.4.7 υπολογίζεται η αποφόρτιση που επιφέρουν οι κήποι βροχής σε σχέση με τις συνολικές κατακρημνίσεις της κάθε υπολεκάνης. Αξίζει να σημειωθεί ότι από τους πέντε κήπους βροχής κάποιοι αποφορτίζουν την ίδια υπολεκάνη. Πιο συγκεκριμένα, οι κήποι βροχής K1 και K2 αποφορτίζουν την υπολεκάνη 3, ενώ οι κήποι βροχής K3 και K4 αποφορτίζουν την υπολεκάνη 4. Ο κήπος βροχής K5 αποφορτίζει μόνος του την υπολεκάνη 5. Τέλος, στον ίδιο πίνακα φαίνεται και η νέα παροχή μετά την κατασκευή των κήπων βροχής. Ακολουθεί Εικόνα 6.4.4.

Πίνακας 6.4.7: Αποφόρτιση υπολεκάνης από τη δημιουργία κήπων βροχής και η νέα παροχή με αυτούς.

Κήπος	Σύνολο (m ³ /s)	Υπολεκάνη συνολικές κατακρημνίσεις	Αποφόρτιση	Νέα παροχή με κήπους (m ³ /s)
K1	0,209	1334,788	1334,450	0,539
K2	0,123	1334,788	-	-
K3	0,148	1712,541	1712,318	0,424
K4	0,074	1712,541	-	-
K5	0,0686	241,442	241,373	0,035



Εικόνα 6.4.5: Ένας τυπικός κήπος βροχής στην άκρη κεντρικού δρόμου.
(www.hudson.oh.us)

Τα συνολικά αποτελέσματα από την εφαρμογή των τριών σεναρίων παρουσιάζονται παρακάτω στον Πίνακα 6.4.8.

Πίνακας 6.4.8: Συνολικά αποτελέσματα τριών σεναρίων.

Παροχές (m ³ /s)				
Τμήμα	Πριν	1ο Σενάριο	2ο Σενάριο	3ο Σενάριο
Σ1-Σ2	3,201	3,201	3,012	3,012
Σ2-Σ3	3,955	3,265	3,265	2,919
Σ3-Σ4-E1	4,379	3,125	3,125	2,910
Σ4-Σ5-E2	4,426	4,426	3,784	3,784
Σ5-Σ6-E3	4,696	3,181	3,181	3,181
Σ6-Σ7	4,942	3,781	3,781	3,713
Σ7-Σ8-Σ9	5,183	5,183	5,183	5,183

Κεφάλαιο 7^ο : Ποιοτικά χαρακτηριστικά της απορροής ομβρίων σε αστικές περιοχές.

7.1 Εισαγωγή

Ο σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να ερευνήσει την ποιότητα του νερού της βροχής που απορρέει επιφανειακά και έπειτα του υπόγειου νερού στην περιοχή του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, δηλαδή να γίνει περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης. Η σχέση του νερού της βροχής και του υπογείου νερού είναι αλληλένδετη. Ενδεχόμενη μόλυνση του νερού της βροχής επηρεάζει άμεσα και την ποιότητα των υπογείων υδάτων. Πηγές μόλυνσης που καθιστούν μολυσματική την ποιότητα του νερού της βροχής αμέσως μόλις έρθει σε επαφή με τη γη θα πρέπει να διερευνηθούν (Gkikas et al.,2012).

Οι δειγματοληψίες διεξήχθησαν στα πλαίσια του έργου ‘Διαχείριση Υπογείων Υδάτων για Μη Πόσιμες Χρήσεις, Προστασία Υπογείων και Θέρμανση -Πιλοτική Εφαρμογή’ (Groundwater Resource management for non-Potable water purposes, basement protection, and heating - Pilot application)

Πραγματοποιήθηκαν πέντε δειγματοληψίες στο νερό της βροχής και στο νερό που βγαίνει από το λούκι υδρορροής εντός του προαύλιου χώρου του ΑΠΘ και από το λούκι πολυκατοικίας στο κέντρο Θεσσαλονίκης κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης. Έπειτα πραγματοποιήθηκαν έξι διαφορετικές δειγματοληψίες (πέντε στα ίδια σημεία δειγματοληψίας και μία σε άλλο σημείο) στα υπόγεια νερά του ΑΠΘ. Τα φρεάτια υπογείου νερού στο ΑΠΘ είναι σχετικά χαμηλά οπότε και το νερό της βροχής καταλήγει εύκολα σε αυτά,

Η δειγματοληψία του νερού της βροχής καθώς και του υπογείου θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική. Το νερό θα πρέπει να είναι φρέσκο για ικανοποιητικό χρόνο περίπου μίας ώρας. Η συλλογή του νερού πρέπει να γίνεται σε φιάλες καλά αποστειρωμένες του 1^{1/2} λίτρου. Τα δείγματα μέχρι να μεταφερθούν στο εργαστήριο για ανάλυση αποθηκεύονται στο ψυγείο. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε αναστολή και ανεπιθύμητων βιολογικών και χημικών αντιδράσεων. Αξίζει να σημειωθεί, ότι όταν ο

χρόνος μεταξύ δειγματοληψίας και ανάλυσης είναι μικρός, τόσο πιο αξιόπιστα είναι τα αποτελέσματα. Τα σφάλματα θα πρέπει να κατανέμονται μεταξύ αρνητικών και θετικών τιμών. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των αναλύσεων θα πρέπει να γίνεται με τη βοήθεια διαγραμμάτων όπως είναι για παράδειγμα τα κυκλικά, πολυγωνικά και άλλα.

Στο εργαστήριο του τομέα Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος έγιναν μετέπειτα οι φυσικοχημικές, μικροβιολογικές και μετρήσεις τοξικότητας.

7.2 Δεδομένα μετρήσεων

Αρχικά οι δειγματοληψίες των όμβριων υδάτων ξεκίνησαν από δειγματοληψίες τον Μάρτιο, Μάιο 2017 έπειτα τον Οκτώβριο 2018, τον Ιούνιο 2019 και τελευταία τον Ιανουάριο 2020. Δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στον προαύλιο χώρο του ΑΠΘ σε υδρρορές, σε ταράτσα πολυκατοικίας στην περιοχή Αγίας Σοφίας στο κέντρο της Θεσσαλονίκης και στη υδρορροή της ίδιας πολυκατοικίας.



Εικόνα 7.1: Ταράτσα πολυκατοικίας όπου συλλέχθηκε νερό της βροχής.



Εικόνα 7.2: Υδρορροή πολυκατοικίας στο κέντρο της Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 7.3: Η υδρορροή στο ΑΠΘ.

Οι δειγματοληψίες υπογείου νερού πραγματοποιήθηκαν τον Ιούνιο και τον Δεκέμβριο του 2018, τον Μάρτιο, Μάιο, Ιούνιο του 2019 με στόχο να καθοριστεί η ποιότητα του υπογείου νερού, μέσω κατάλληλων εργαστηριακών δοκιμών. Για αυτό τον λόγο επιλέχθηκαν τρία σημεία. Το πρώτο σημείο (A1) που φαίνεται στην Εικόνα 7.4 είναι το φρεάτιο υδροσυλλογής στο υπόγειο του Αμφιθεάτρου Π. Παναγιωτόπουλος, το οποίο ανήκει στην Πολυτεχνική Σχολή.



Εικόνα 7.4: Το πρώτο σημείο δειγματοληψίας A1.

Το δεύτερο σημείο δειγματοληψίας (A2) είναι το φρεάτιο υδροσυλλογής το οποίο βρίσκεται στη νέα πτέρυγα του Τμήματος των Αρχιτεκτόνων Μηχανικών. Το φρεάτιο αυτό φαίνεται στην Εικόνα 7.5.



Εικόνα 7.5: Το δεύτερο σημείο δειγματοληψίας A2.

Το τρίτο σημείο δειγματοληψίας (A3) είναι το φρεάτιο υδροσυλλογής, το οποίο βρίσκεται στον προαύλιο χώρο του αμφιθεάτρου Π. Παναγιωτόπουλος εντός του χώρου στάθμευσης της Πολυτεχνικής (Εικόνα 7.6). Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο του Τομέα Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος (Εικόνα 7.7.)



Εικόνα 7.6: Το τρίτο σημείο δειγματοληψίας A3.



Εικόνα 7.7: Τα σημεία δειγματοληψίας A1, A2, A3 και το εργαστήριο του τομέα Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος .

Μία άλλη δειγματοληψία σε τρία διαφορετικά φρεάτια υδροσυλλογής έγινε στον χώρο της κεντρικής βιβλιοθήκης του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης τον Φεβρουάριο του 2020. Το πρώτο σημείο (C1) είναι ένα φρεάτιο υδροσυλλογής εντός του υπογείου της κεντρικής βιβλιοθήκης του ΑΠΘ, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.8. Το δεύτερο σημείο (C2) είναι ένα φρεάτιο υδροσυλλογής (Εικόνα 7.9), το οποίο βρίσκεται στο ίδιο κτίριο της Βιβλιοθήκης σε διπλανό υπόγειο, εκεί όπου υπάρχουν τα σπάνια βιβλία του πανεπιστημίου. Και το τρίτο σημείο (C3) είναι ένα φρεάτιο υδροσυλλογής στον ανοιχτό χώρο της βιβλιοθήκης σύμφωνα με την Εικόνα 7.10.



Εικόνα 7.8: Το σημείο δειγματοληψίας C1.



Εικόνα 7.9: Το σημείο δειγματοληψίας C2.



Εικόνα 7.10: Το σημείο δειγματοληψίας C3.

7.3. Παράμετροι ποιότητας και μέθοδοι ανάλυσης

Στον παρακάτω Πίνακα 7.3.1 παρουσιάζονται οι παράμετροι που μετρήθηκαν και οι αντίστοιχες μέθοδοι ανάλυσης.

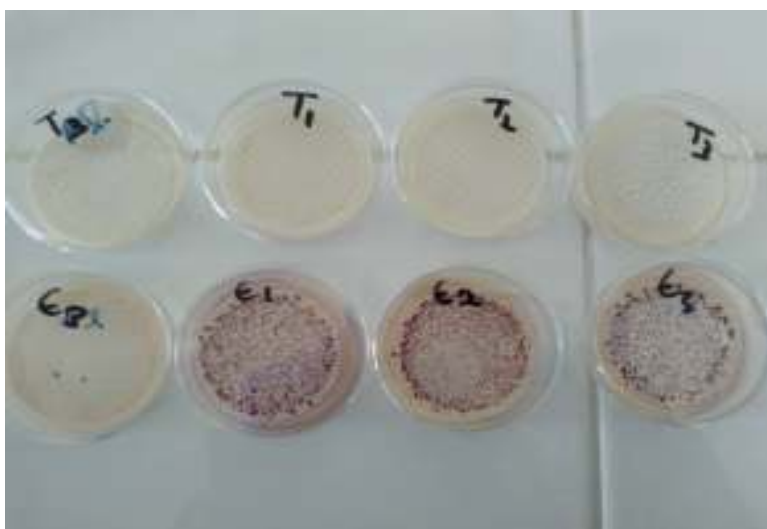
Πίνακας 7.3.1: Περιβαλλοντικές παράμετροι και μέθοδοι ανάλυσης.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	Μέθοδοι Ανάλυσης
pH	ISO 10523:2012
Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 °C ($\mu S/cm$)	ISO 7888
Αμμωνιακά (mg/L)	USEPA 350.1
Ολική Σκληρότητα ($^{\circ}d$)	2340-C. APHA-AWWA-WEF
Κάλιο (mg/L)	3400-Ca B. APHA-AWWA-WEF

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	Μέθοδοι Ανάλυσης
Μαγνήσιο (mg/L)	3500-Mg B. APHA-AWWA-WEF
Φωσφορικά (mg/L)	4500-P. APHA-AWWA-WEF
Χλωριούχα (mg/L)	4500-Cl ⁻ B. APHA-AWWA-WEF
Νιτρικά (mg/L)	US EPA 354.1
Νιτρώδη (mg/L) NO ₂ -N	Dimethylphenol
Θολότητα (NTU)	2130-B. APHA-AWWA-WEF
Ολικά αιωρούμενα στερεά (mg/L)	2540 B. APHA-AWWA-WEF
Σίδηρος (mg/L)	ICP-AES
Μαγγάνιο (mg/L)	ICP-AES
Χρώμιο (mg/L)	ICP-AES
TOC (mg/L)	5310 B. APHA-AWWA-WEF
DO (mg/L)	
Τοξικότητα (% ακινησία)	<i>Daphnia Magna</i>
Εντερόκοκκοι (CFU/100 mL)	ISO 7899-2: 2000 Limits/absent in 100ml
Ολικά κολοβακτηρίδια (CFU/100mL)	ISO 7899-2: 2000 Limits/absent in 100ml

7.4 Ανάλυση δειγμάτων

Για να είναι όσο το δυνατό πιο αξιόπιστα τα δείγματα μας θα πρέπει ο χρόνος δειγματοληψίας με το χρόνο της ανάλυσης των δειγμάτων να είναι όσο γίνεται πιο μικρός, έτσι ώστε να αποφύγουμε την αλλοίωση του δείγματος. Ο στόχος της μικροβιολογικής ανάλυσης είναι να ταυτοποιηθούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί στο δείγμα. Η ύπαρξη αυτών των μικροοργανισμών υποδεικνύει μόλυνση των υδάτων.



Εικόνα 7.4.1: Εφαρμογή της μεθόδου των διηθητικών μεμβρανών για τις μικροβιολογικές αναλύσεις

7.5 Αποτελέσματα

7.5.1 Ανάλυση παραμέτρων

1η δειγματοληψία - Ιούνιος 2018

Με βάση τα μικροβιολογικά αποτελέσματα τα ολικά Κολοβακτηρίδια στο δείγμα A2 και στο A3 ξεπέρασαν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα υπόγεια νερά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή τη νομοθεσία.

Στο δείγμα A1 οι Εντερόκοκκοι ξεπέρασαν επίσης τα όρια.

Τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών κυμάνθηκαν εντός των ανώτατων επιτρεπτών ορίων για τα υπόγεια νερά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή τη νομοθεσία. Εξαίρεση αποτελούν οι τιμές των Νιτρικών και των χλωριούχων. Η ανίχνευση αυτών των δύο παραμέτρων δείχνει πιθανότητα μόλυνσης του υπογείου νερού από υγρά απόβλητα.

Πίνακας 7.5.1: Παράμετροι που υπερβαίνουν τα όρια τιμών.

	Νιτρικά (mg/L)	Χλωριούχα (mg/L)
A2	65	280
A3	60	300
Όρια	50	250

2η δειγματοληψία - Δεκέμβριος 2018

Στα αποτελέσματα των μικροβιολογικών αναλύσεων, οι Εντερόκοκκοι και τα ολικά Κολοβακτηρίδια στα δείγματα A1, A2, A3 ξεπέρασαν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα υπόγεια νερά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή τη νομοθεσία.

Δεν παρατηρήθηκε τοξικότητα στα δείγματά.

Τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών μετρήσεων ήταν σε φυσιολογικά επίπεδα εκτός από τα Νιτρικά, Φωσφορικά και Αμμωνιακά.

Πίνακας 7.5.2: Παράμετροι που υπερβαίνουν τα όρια τιμών.

	Νιτρικά (mg/L)	Φωσφορικά (mg/L)	Αμμωνιακά (mg/L)
A1	81,4	7,14	1,6
A3	74,8	5,19	1
Όρια	50	5	0,50

3η δειγματοληψία - Μάρτιος 2019

Στα αποτελέσματα των μικροβιολογικών αναλύσεων, οι Εντερόκοκκοι καθώς και τα ολικά Κολοβακτηρίδια στα δείγματα A1, A2, A3 ξεπέρασαν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα υπόγεια νερά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή τη νομοθεσία.

Δεν παρατηρήθηκε τοξικότητα στα δείγματά.

Τα αποτελέσματα στην πλειοψηφία των φυσικοχημικών μετρήσεων ήταν σε φυσιολογικό επίπεδο εκτός από τα Νιτρικά και τα Χλωριούχα. Η ανίχνευση αυτών των δύο παραμέτρων δείχνει πιθανότητα ρύπανσης του υπογείου νερού από υγρά απόβλητα.

Πίνακας 7.5.3: Παράμετροι που υπερβαίνουν τα όρια τιμών.

	Νιτρικά (mg/L)	Χλωριούχα (mg/L)
A1	68,9	117,5
A2	-	387,7
A3	68,4	145,5
ΟΡΙΑ	50	250

4η δειγματοληψία - Μάιος 2019

Στα αποτελέσματα των μικροβιολογικών αναλύσεων, οι Εντερόκοκκοι καθώς και τα ολικά Κολοβακτηρίδια στα δείγματα A1, A2, A3 ξεπέρασαν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα υπόγεια νερά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή τη νομοθεσία.

Δεν παρατηρήθηκε τοξικότητα στα δείγματά.

Τα αποτελέσματα στην πλειοψηφία των φυσικοχημικών μετρήσεων ήταν σε φυσιολογικό επίπεδο εκτός από τα φωσφορικά, χλωριούχα και αμμωνιακά στο A2 δείγμα. Η ανίχνευση των δύο παραμέτρων (φωσφορικά και αμμωνιακά) στο υπόγειο νερό δείχνει την παρουσία αποβλήτων στο νερό. Η αύξηση συγκέντρωσης χλωριούχων έχει να κάνει με το ότι έγινε χλωρίωση στο φρεάτιο της γεώτρησης, δύο ώρες πριν διεξαχθεί η δειγματοληψία.

Πίνακας 7.5.4: Παράμετροι που υπερβαίνουν τα όρια τιμών.

	Αμμωνιακά (mg/L)	Χλωριούχα (mg/L)	Φωσφορικά (mg/L)
A1	-	900	7
A2	1,2	980	7,54
A3	-	1115	8,4
ΟΡΙΑ	0,50	250	5

5η δειγματοληψία- Ιούνιος 2019

Στα αποτελέσματα των μικροβιολογικών αναλύσεων, οι Εντερόκοκκοι στα δείγματα A1, A2, A3 και ολικά Κολοβακτηρίδια ξεπέρασαν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα υπόγεια νερά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή τη νομοθεσία.

Δεν παρατηρήθηκε τοξικότητα στα δείγματα.

Τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών ήταν σε φυσιολογικό επίπεδο, εκτός από τις τιμές των Αμμωνιακά στα δείγματα A1 και A3. Πιθανότητα μόλυνσης από απόβλητα.

Πίνακας 7.5.5: Παράμετροι που υπερβαίνουν τα όρια τιμών

	Αμμωνιακά (mg/L)
A1	1,03
A2	-
A3	0,91
OPIA	0,50

6η δειγματοληψία-Κεντρική βιβλιοθήκη- Φεβρουάριος 2020

Στα αποτελέσματα των μικροβιολογικών αναλύσεων, οι Εντερόκοκκοι στα δείγματα A1, A2, A3 και ολικά Κολοβακτηρίδια ξεπέρασαν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα υπόγεια νερά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή τη νομοθεσία.

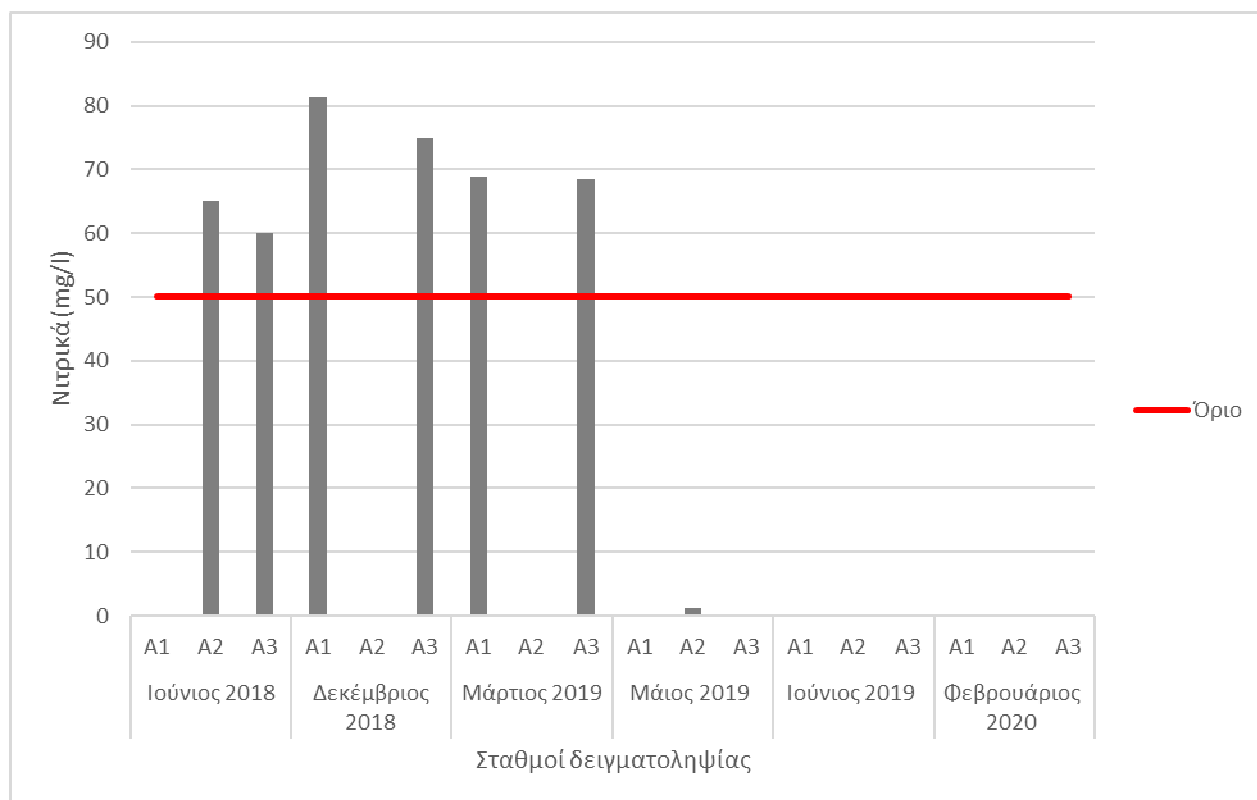
Δεν παρατηρήθηκε τοξικότητα στα δείγματα.

Τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών ήταν σε φυσιολογικό επίπεδο, εκτός από τις τιμές των Αμμωνιακά και τα Νιτρώδη και στα τρία δείγματα. Πιθανότητα μόλυνσης από απόβλητα.

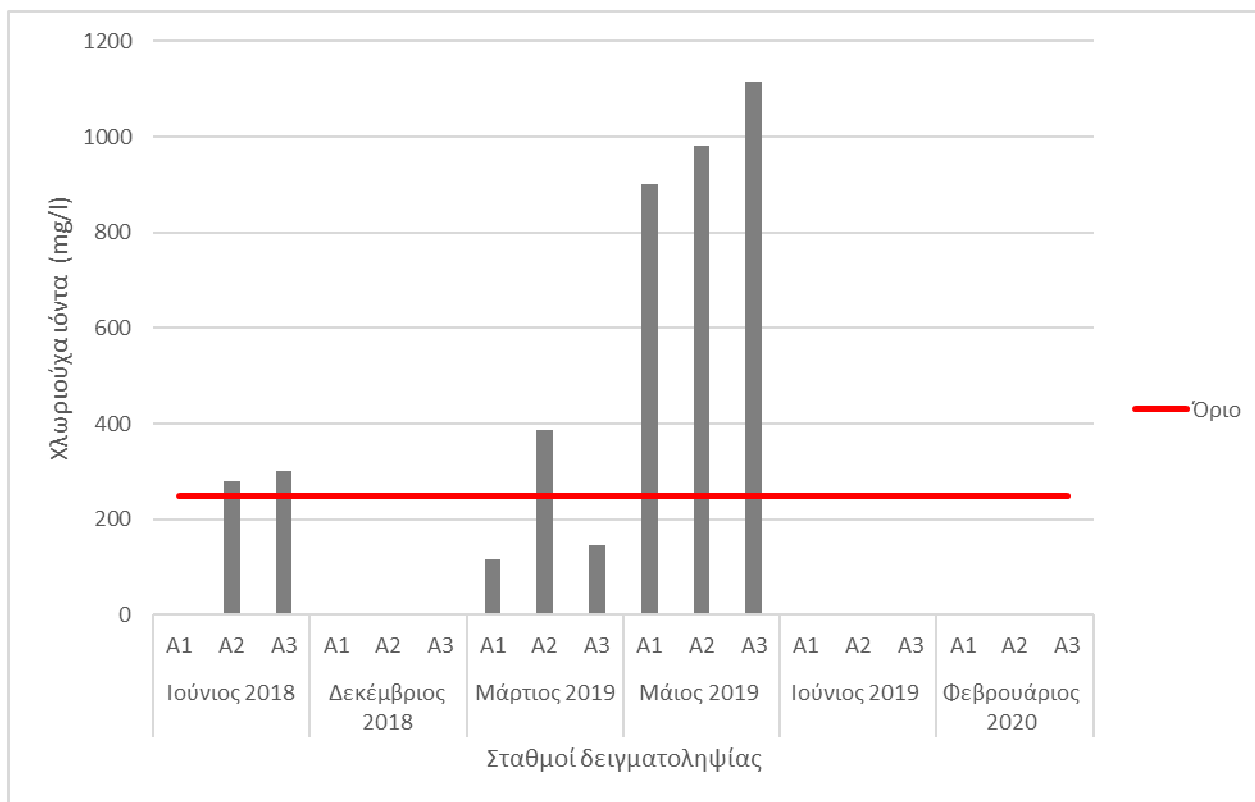
Πίνακας 7.5.6: Παράμετροι που υπερβαίνουν τα όρια τιμών

	Αμμωνιακά (mg/L)
A1	58,9
A2	51,9
A3	52,5
OPIA	0,50

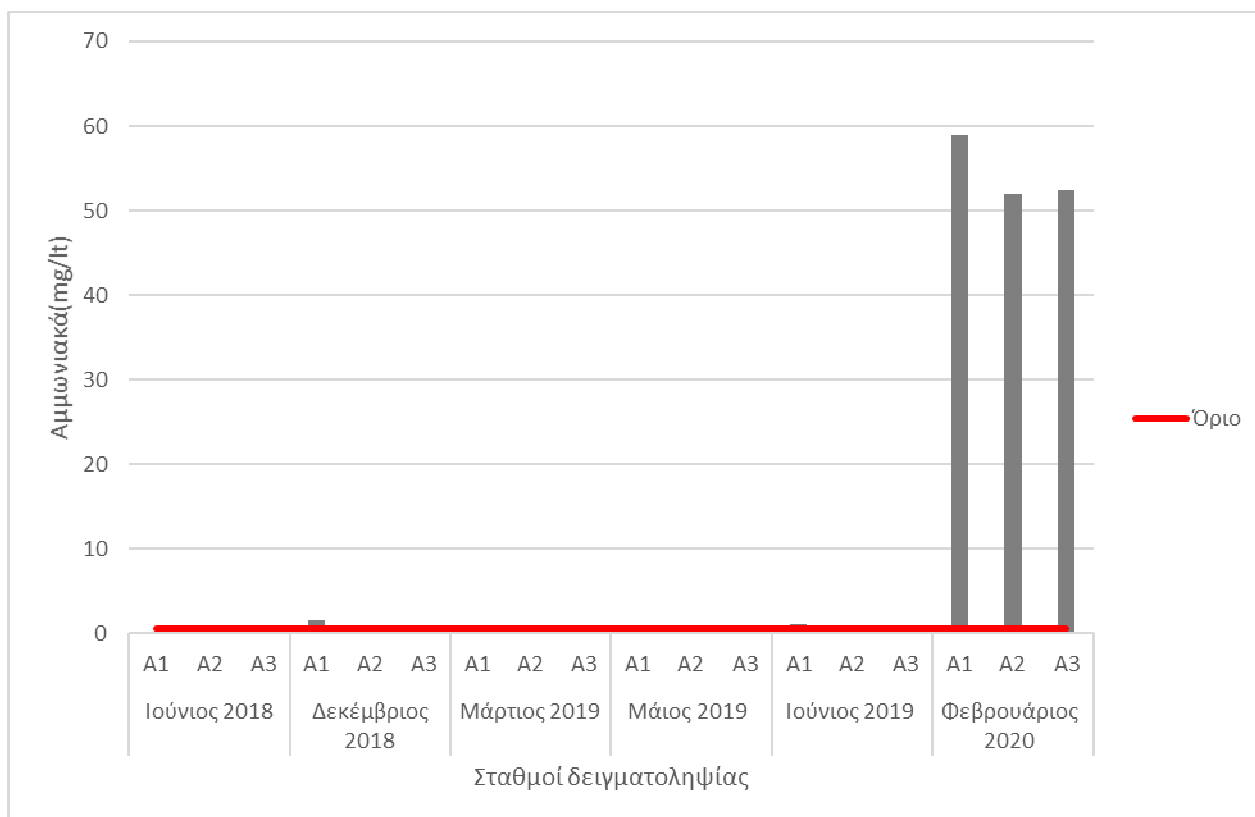
Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται τα αποτελέσματα των νιτρικών, αμμωνιακών, φωσφορικών και χλωριούχων ιόντων για κάθε δειγματοληψία σε σχέση με το χρόνο που πραγματοποιήθηκαν και τα αντίστοιχα όρια από τη νομοθεσία του πόσιμου νερού. Με βάση το πρώτο διάγραμμα της Εικόνας 7.5.1 τα νιτρικά στις δύο δειγματοληψίες του 2018 και στην πρώτη του 2019 ξεπέρασαν τα όρια των νιτρικών. Στο επόμενο διάγραμμα της Εικόνας 7.5.2 τα χλωριούχα ιόντα τον Ιούνιο του 2018 καθώς και τον Μάρτιο και Μάιο του 2019 ξεπέρασαν τα όρια. Να σημειωθεί ότι οι ιδιαίτερα αυξημένες τιμές χλωρίου στη δειγματοληψία τον Μάιο του 2019 έχει να κάνει με τη διαδικασία της χλωρίωσης που προηγήθηκε 2 ώρες πριν τη δειγματοληψία. Έπειτα στο διάγραμμα της Εικόνας 7.5.3 οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών ξεπερνούν τα όρια μόνο στην τελευταία δειγματοληψία τον Φεβρουάριο του 2020 στην Κεντρική Βιβλιοθήκη του ΑΠΘ. Τα φωσφορικά όπως φαίνονται στο διάγραμμα της Εικόνας 7.5.4 ξεπερνούν τα όρια στις δειγματοληψίες του Δεκεμβρίου 2018 και του Μαρτίου 2019.



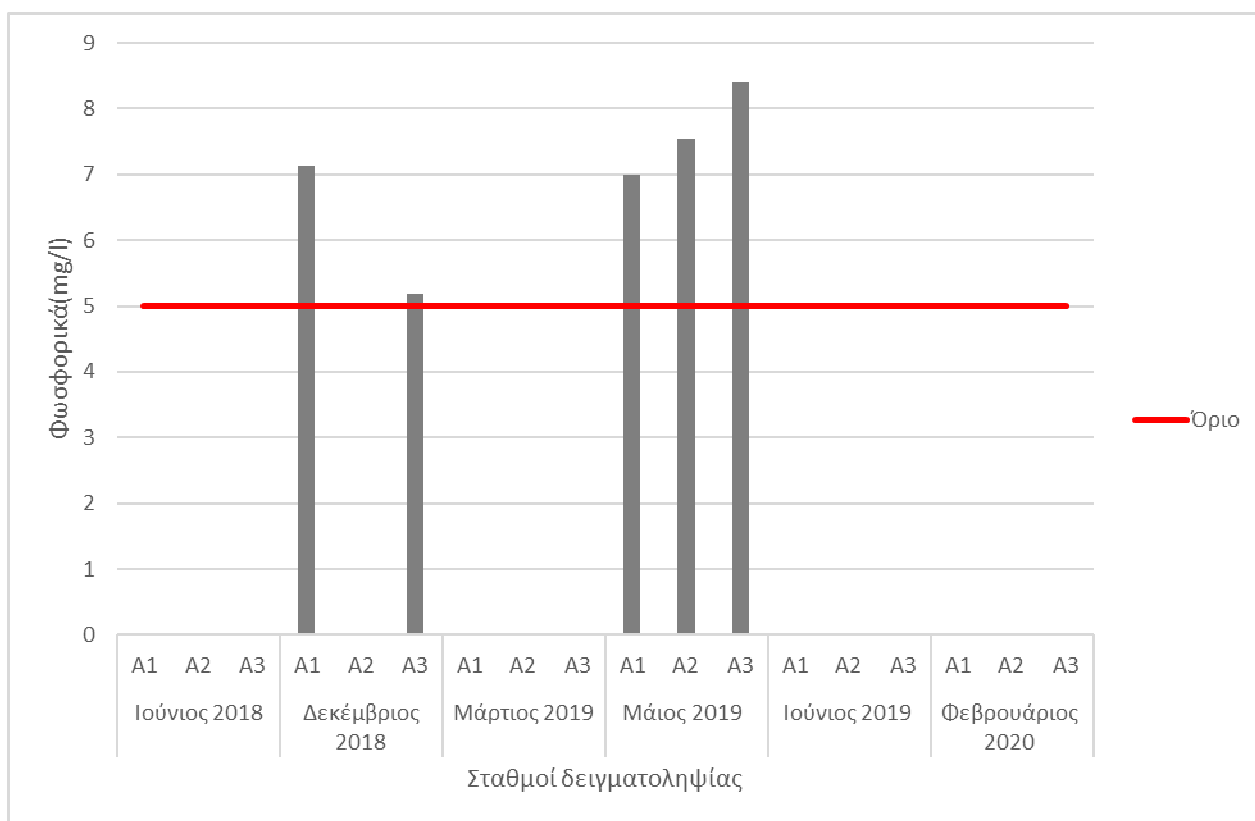
Εικόνα 7.5.1: Συγκέντρωση νιτρικών ανά χρονική περίοδο δειγματοληψίας.



Εικόνα 7.5.2: Συγκέντρωση χλωριούχων ιόντων ανά χρονική περίοδο δειγματοληψίας



Εικόνα 7.5.3: Συγκέντρωση αμμωνιακών ανά χρονική περίοδο δειγματοληψίας



Εικόνα 7.5.4: Συγκέντρωση φωσφορικών ανά χρονική περίοδο δειγματοληψίας

1η δειγματοληψία όμβριων υδάτων-Μάρτιος 2017

Στα δύο δείγματα Y1 και Y2 οι μικροβιολογικές αναλύσεις έδειξαν ότι οι Εντερόκοκκοι καθώς και τα ολικά Κολοβακτηρίδια ξεπέρασαν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα υπόγεια νερά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή τη νομοθεσία. Αυτό πιθανότατα οφείλεται σε περιττώματα ζώων.

2η δειγματοληψία όμβριων υδάτων-Μάιος 2017

Στα δύο δείγματα Y1 και Y2 οι μικροβιολογικές αναλύσεις έδειξαν ότι οι Εντερόκοκκοι καθώς και τα ολικά Κολοβακτηρίδια ξεπέρασαν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα υπόγεια νερά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή τη νομοθεσία. Αυτό πιθανότατα οφείλεται σε περιττώματα ζώων.

1η δειγματοληψία όμβριων υδάτων τaráτσα-υδρορροή Οκτώβριος 2018

Στα δείγμα που πήραμε από την τaráτσα T όλες οι φυσικοχημικές τιμές ήταν φυσιολογικές και δεν παρατηρήθηκε μικροβιολογικό φορτίο.

Στο δείγμα Y που πήραμε από την υδρορροή της πολυκατοικίας στο κέντρο οι τιμές στα φυσικοχημικά κυμάνθηκαν σε φυσιολογικό επίπεδο. Αντίθετα, οι τιμές των μικροβιολογικών για τους εντερικούς Εντερόκοκκους, καθώς και για τα ολικά μικροβιολογικά ξεπερνούσαν αρκετά τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα υπόγεια νερά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή τη νομοθεσία. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στην παλαιότητα των σωληνώσεων, καθώς και σε περιττώματα οργανισμών.

2η δειγματοληψία όμβριων υδάτων τaráτσα-υδρορροή Ιούνιος 2019

Στα δείγμα που πήραμε από την τaráτσα T όλες οι φυσικοχημικές τιμές ήταν φυσιολογικές και δεν παρατηρήθηκε μικροβιολογικό φορτίο.

Στο δείγμα Y που πήραμε από την υδρορροή της πολυκατοικίας στο κέντρο, οι τιμές στα φυσικοχημικά κυμάνθηκαν σε φυσιολογικό επίπεδο. Αντίθετα, οι τιμές των μικροβιολογικών για τους εντερικούς Εντερόκοκκους καθώς και για τα ολικά μικροβιολογικά ξεπερνούσαν αρκετά τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα υπόγεια νερά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή τη νομοθεσία

Αυτό πιθανότατα οφείλεται στην παλαιότητα των σωληνώσεων, καθώς και σε περιττώματα των ζωντανών οργανισμών.

3η δειγματοληψία όμβριων υδάτων τaráτσα-υδρορροή Ιανουάριος 2020

Στα δείγμα που πήραμε από την τaráτσα T1 όλες οι φυσικοχημικές τιμές ήταν φυσιολογικές και δεν παρατηρήθηκε μικροβιολογικό φορτίο.

Στο δείγμα Y1 που πήραμε από την υδρορροή της πολυκατοικίας στο κέντρο οι τιμές στα φυσικοχημικά κυμάνθηκαν σε φυσιολογικό επίπεδο. Αντίθετα, οι τιμές των μικροβιολογικών για τους εντερικούς Εντερόκοκκους καθώς και για τα ολικά μικροβιολογικά ξεπερνούσαν αρκετά τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα υπόγεια νερά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή τη νομοθεσία.

Αυτό πιθανότατα οφείλεται στην παλαιότητα των σωληνώσεων καθώς και σε περιττώματα των ζωντανών οργανισμών.

7.6 Επίδραση παραμέτρων ποιότητας

Όλες οι μετρήσεις που έγιναν στο υπόγειο νερό στο χώρο της Πολυτεχνικής σχολής και στην Κεντρική Βιβλιοθήκη του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης έδειξαν αυξημένες τιμές σε Νιτρικά, Αμμωνιακά και Φωσφορικά. Επίσης, σε όλες τις μικροβιολογικές αναλύσεις παρατηρήθηκε η ύπαρξη παθογόνων μικροοργανισμών στα δείγματα.

Οι μετρήσεις που έγιναν στα επιφανειακά νερά του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης μετά από βροχόπτωση τα οποία καταλήγουν στο δρόμο και τα νερά από υδρορροή πολυκατοικίας στο κέντρο παρουσίασαν έντονο μικροβιακό φορτίο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περιοχή του κέντρου απαγορεύεται το πλύσιμο των μπαλκονιών έτσι ώστε δεν γίνεται έκπλυση της υδρορροής.

Τα νιτρικά ιόντα είναι το τελικό προϊόν της φυσικής αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων, όπως φυτικής και ζωικής πρωτεΐνης. Μπορεί να προέρχεται από ζωικά περιττώματα, λιπάσματα ή προηγούμενη χρήση του νερού από τον άνθρωπο. Η παρουσία νιτρωδών αλλά και αμμωνίας υποδηλώνει ρύπανση από λύματα.

Αιτίες του αυξημένου μικροβιακού φορτίου μπορεί να είναι η ανάμιξη του υπογείου νερού με λύματα ή η ύπαρξη κάποιου ζώου. Οι εντερόκοκκοι είναι εντερικά βακτήρια τα οποία συνήθως απομονώνονται από κόπρανα ανθρώπων και ζώων.

Η τελευταία μέτρηση στα υπόγεια νερά που έγινε τον Φεβρουάριο του 2020 στο χώρο της Κεντρικής βιβλιοθήκης του ΑΠΘ επαλήθευσε τη γενική εκτίμηση των προηγούμενων μετρήσεων στο χώρο της Πολυτεχνικής σχολής.

Συγκριτικά με άλλες παλαιότερες μελέτες που έγιναν στον ίδιο χώρο του ΑΠΘ το 2012 (Λαζαρίδου, 2012) είχαμε τα παρακάτω αποτελέσματα όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.6.1.

Πίνακας 7.6.1: Αποτελέσματα μετρήσεων στην Κεντρική Βιβλιοθήκη του ΑΠΘ το 2012.

	Νιτρικά (mg/L)	Αμμωνιακά (mg/L)	Φωσφορικά (mg/L)	Χλωριούχα (mg/L)	Ολικά κολοβακτηρίδια (CFU/100mL)
Πολυτεχνείο	20,6	0,01	0,575	58	100
Βιβλιοθήκη	25,77	0,425	0,172	57	193
Όρια	50	0,50	5	250	0

Πίνακας 7.6.2: Συγκριτικά αποτελέσματα στο Πολυτεχνείο.

	Νιτρικά (mg/L)	Αμμωνιακά (mg/L)	Φωσφορικά (mg/L)	Χλωριούχα (mg/L)	Ολικά κολοβακτηρίδια (mg/L)
Πολυτεχνείο 2019	12,9	1,03	0,28	90,6	150
Πολυτεχνείο 2012	20,6	0,01	0,575	58	100
Όρια	50	0,50	5	250	0

Πίνακας 7.6.3: Συγκριτικά αποτελέσματα στην Κεντρική Βιβλιοθήκη.

	Νιτρικά (mg/L)	Αμμωνιακά (mg/L)	Φωσφορικά (mg/L)	Χλωριούχα (mg/L)	Ολικά κολοβακτηρίδια (mg/L)
Βιβλιοθήκη 2020	58,9	1000	156	55,3	150
Βιβλιοθήκη 2012	25,77	0,425	0,172	57	193
Όρια	50	0,50	5	250	0

Σύμφωνα με τις τωρινές μετρήσεις η κατάσταση των υπογείων νερών στο χώρο του ΑΠΘ είναι πιο επιβαρυνμένη σε μικροβιακό φορτίο. Αυτό φαίνεται καθώς στις

μετρήσεις το 2012 τα νιτρικά, αμμωνιακά, φωσφορικά και χλωριούχα ιόντα δεν ξεπερνούσαν τα όρια της νομοθεσίας του πόσιμου νερού. Τα ολικά κολοβακτηρίδια και στις μετρήσεις του 2012 ξεπερνούσαν τα όρια.

Συμπερασματικά με την επαφή του νερού της βροχής στο έδαφος (ταράτσες, δρόμοι, υδρορροές κ.α) παρατηρήθηκε άμεση επιβάρυνση του με παθογόνους μικροοργανισμούς (εντερόκοκκους) και άλλες ρυπογόνες ουσίες σύμφωνα και με άλλες σχετικές μελέτες που έχουν γίνει (Willem et al, 2015).

Κεφάλαιο 8^ο : Κοινωνική αποδοχή των κήπων βροχής-Έρευνα με ερωτηματολόγια.

8.1 Εισαγωγή

Στόχος των ερωτηματολογίων είναι να συλλεχθούν δεδομένα ζητώντας από τους πολίτες να απαντήσουν στο ίδιο ακριβώς σύνολο ερωτήσεων. (Latinopoulos, 2016).

Στην έρευνα μέσω ερωτηματολογίων επιλογή των συμμετεχόντων θα πρέπει να γίνει με κατάλληλο τρόπο, ώστε το δείγμα να είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού (Παπαδημητρίου, 1986, Mallios, 2001).

Μία έρευνα μέσω ερωτηματολογίου περιλαμβάνει τα παρακάτω με βάση τον Carson (2000):

- α) Μια εισαγωγή για να κατανοήσει ο ερωτώμενος το πρόβλημα ώστε να λάβει απόφαση
- β) Αναλυτική περιγραφή του αγαθού που μας ενδιαφέρει
- γ) Τη νομοθεσία που διέπει το αγαθό (όταν χρειάζεται)
- δ) Κάποια μέθοδο που προσδιορίζει τις προτιμήσεις των ερωτηθέντων πάνω στο αγαθό
- ε) Ποικίλες ομάδες ερωτήσεων προς κατανόηση των χαρακτηριστικών των ερωτηθέντων (Μάλλιος, 2005).

Η αντίληψη του κόσμου για τα προβλήματα που προκαλούνται από τις βροχοπτώσεις, η σωστή αντιμετώπισή τους και συνεισφορά των μεθόδων οικολογικής διαχείρισης, είναι αντικείμενο του ερωτηματολογίου, που παρουσιάζεται στη συνέχεια. Ειδικότερα θα αναλύσουμε τις απαντήσεις κατοίκων του κέντρου της Θεσσαλονίκης σε ερωτήματα σχετικά με το πως αντιλαμβάνονται τα προβλήματα κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης και τον ρόλο των οικολογικών μεθόδων διαχείρισης ομβρίων. Έρευνες

με ερωτηματολόγια σε παρόμοια θέματα έχουν ήδη γίνει σε άλλες πόλεις, όπως η Αθήνα (Apostolaki, 2006).

8.2 Σχεδιασμός της έρευνας

Τα ευρήματα που παρουσιάζονται παρακάτω βασίζονται σε έρευνα ερωτηματολογίου, το οποίο διανεμήθηκε στο κέντρο της Θεσσαλονίκης την Άνοιξη του 2018. Εκατό άνθρωποι τελικά συμμετείχαν στην έρευνα μέσω προσωπικής συνέντευξης. Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά δίνονται στην Ενότητα 3 του ερωτηματολογίου.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από τρεις κύριες ενότητες, οι οποίες συνοψίζονται στον Πίνακα 8.2.1. Το πλήρες κείμενο παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α. Δύο φωτογραφίες που περιλαμβάνονται στο ερωτηματολόγιο εμφανίζονται στην Εικόνα 8.2.1. και 8.2.2.

Πίνακας 8.2.1: Οι ενότητες της συνέντευξης

Ενότητα 1	Ηλικία, επίπεδο μόρφωσης, αριθμός μελών οικογένειας, εισόδημα, οικογενειακή κατάσταση, απασχόληση, φύλο, Δήμος που ανήκουν.
Ενότητα 2	Ποια είναι η πιο συχνή διαδρομή που κάνουν, εάν συναντούν προβλήματα κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης, εμπόδια και κίνδυνοι για τους οδηγούς και τους πεζούς, ποια είναι η πιο προβληματική οδός.
Ενότητα 3	Εάν συμφωνούν με την κατασκευή κήπων βροχής και άλλες οικολογικές μεθόδους διαχείρισης, εάν είναι διατεθειμένοι να υποστηρίξουν οικονομικά την κατασκευή τους και πόσο, το ποσό που πληρώνουν στους λογαριασμούς τους στην ΕΥΑΘ, εάν

γνωρίζουν ότι ένα μέρος του λογαριασμού αφορά το δίκτυο αποχέτευσης σε ποια έργα σχετιζόμενα με την αποχέτευση θα έδιναν προτεραιότητα.

8.3 Αποτελέσματα

8.3.1 Δημογραφικά στοιχεία

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 8.3.1 οι συμμετέχοντες στην έρευνα είχαν υψηλό μορφωτικό επίπεδο, το 82% κατείχε πτυχίο ή μεταπτυχιακές σπουδές. Επιπλέον ήταν σχεδόν όμοια κατανεμημένοι, σε σχέση με το φύλο (γυναίκες 52%- άνδρες 48%). Το ίδιο παρατηρείται και με την οικογενειακή κατάσταση. Το 54% των συμμετεχόντων ήταν ηλικίας 20-40 ετών. Τελικά σε ότι αναφορά το εισόδημα, το δείγμα θεωρείται απολύτως αντιπροσωπευτικό, λαμβάνοντας υπόψη την υπάρχουσα οικονομική κατάσταση της Ελλάδος.

Πίνακας 8.3.1: Δημογραφικά στοιχεία συμμετεχόντων

Δημογραφικά Στοιχεία			
Δημογραφική κατηγορία	Ποσοστό	συμμετεχόντων	έρευνα
	ερωτηματολογίου 2018		
Πληθυσμός/ συμμετέχοντες έρευνας	100		
Άνδρας/Γυναίκα	48% / 52%		
Πτυχίο ή παραπάνω σπουδές	82%		
Ηλικία: 20-40>40	54% / 46%		
Παντρεμένοι/Ελεύθεροι/Χωρισμένοι	52% /43% /5%		

Μέσο οικογενειακό εισόδημα (πάνω από 50%
10.000)

Δήμος (Θεσσαλονίκης) 64%

8.3.2 Προβλήματα κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης

Οι απαντήσεις του ερωτηματολογίου από τους συμμετέχοντες επιβεβαίωσαν ότι το αποχετευτικό σύστημα της Θεσσαλονίκης αποτυγχάνει να προστατέψει πλήρως τις αστικές περιοχές κατά τη διάρκεια έντονης βροχόπτωσης. Η μέγιστη πλειοψηφία (91%) απάντησε ότι οι έντονες βροχοπτώσεις εγκυμονούν κινδύνους, τόσο για τους πεζούς όσο και για τους οδηγούς, ενώ το 63% ανέφερε ότι υπάρχουν πολύ σοβαρά προβλήματα κατά τη διάρκειά τους. Τελικά, σύμφωνα με τις απαντήσεις τα πιο σοβαρά προβλήματα εμφανίζονται στις οδούς Εγνατία, Εθνικής Αμύνης και Σβώλου. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 8.3.2. Αξίζει να σημειωθεί ότι η οδός Εθνικής Αμύνης έχει συγκριτικά τη μεγαλύτερη κλίση και συγκεντρώνει την απορροή της βροχής από μια μεγάλη περιοχή, ενώ οι άλλοι τρεις δρόμοι έχουν μικρή κατά μήκος κλίση, αλλά δέχονται απορρέον νερό της βροχής στις διασταυρώσεις με δρόμους που έχουν μεγάλη κλίση (Basdeki et al., 2019).

Πίνακας 8.3.2: Δρόμοι με σοβαρά προβλήματα κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων

Οι πιο προβληματικοί δρόμοι	Αριθμός συμμετεχόντων	Ποσοστό συμμετεχόντων
Εγνατία	22	22%
Αγ.Δημητρίου	22	22%
Εθνικής Αμύνης	19	19%
Σβώλου	19	19%
Τσιμισκή	9	9%
Νίκης	3	3%
Αγγελάκη	2	2%

Αριστοτέλους	2	2%
Ιασωνίδου	1	1%
Π.Πατρών	1	1%

8.3.3 Κήποι βροχής και άλλες οικολογικές μέθοδοι: Αντίληψη και συμπεριφορά

Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων σχετικά με τη στάση τους απέναντι στις περιβαλλοντικά φιλικές τεχνικές διαχείρισης των όμβριων υδάτων και τη διάθεσή τους να πληρώσουν για αυτές συνοψίζονται στον Πίνακα 8.3.3 Σύμφωνα λοιπόν με τον Πίνακα 8.3.3 σχεδόν όλοι οι συμμετέχοντες (95%) είχαν θετική στάση προς την κατασκευή των κήπων βροχής και άλλων οικολογικών μεθόδων και θεωρούν τις νέες υποδομές απαραίτητες. Παρόλα αυτά, η μεγάλη πλειοψηφία (76%) δεν προτίθεται να πληρώσει τίποτα για την κατασκευή τους. Αξιοσημείωτο είναι όμως ότι το 10% προτίθεται να πληρώσει 20€ και περισσότερο γι' αυτές.

Πίνακας 8.3.3: Αντίληψη συμμετεχόντων και προθυμία συμμετοχής στο κόστος των έργων.

	Αριθμός συμμετεχόντων	Ποσοστό
Θετική γνώμη για την κατασκευή	95	95%
Δεν προτίθενται να πληρώσουν τίποτα	76	76%
Προτίθενται να πληρώσουν 1€	3	3%
Προτίθενται να πληρώσουν 5€	6	6%
Προτίθενται να πληρώσουν 10€	4	4%
Προτίθενται να πληρώσουν 20€ και	10	10%

παραπάνω

Οι απαντήσεις σχετικά με την προτεραιότητα που δίνουν οι συμμετέχοντες στις εργασίες που στοχεύουν στη βελτίωση του συνολικού αποχετευτικού δικτύου συνοψίζονται στον Πίνακα 8.3.4.

Πίνακας 8.3.4: Οι προτεραιότητες των έργων που στοχεύουν στη βελτίωση του αποχετευτικού συστήματος.

Προτεραιότητες σχεδίων	νέων	Αριθμός συμμετεχόντων	Ποσοστό
A. Συντήρηση υπάρχοντος αποχετευτικού δικτύου		72	72%
B. Κατασκευή νέων αγωγών αποχέτευσης		35	35%
Γ. Ενσωμάτωση των οικολογικών μεθόδων		22	22%
Δ. Βελτίωση των ΕΕΛ		21	21%
Ε. Βελτίωση της παρακολούθησης του δικτύου αποχέτευσης		20	20%

Παρόλο που σύμφωνα με τον Πίνακα 8.3.3 το 76% των συμμετεχόντων δεν προτίθεται να πληρώσει τίποτα για την κατασκευή νέων υποδομών όπως κήπους βροχής με βάση τον Πίνακα 8.3.4 το 72% θεωρεί ως βασική πρώτη προτεραιότητα τη συντήρηση του υπάρχοντος αποχετευτικού δικτύου. Ακολουθεί η κατασκευή νέων αγωγών αποχέτευσης (35%) και έπειτα ακολουθούν η ενσωμάτωση νέων οικολογικών μεθόδων, η βελτίωση του ΕΕΛ και τέλος η βελτίωση της παρακολούθησης του δικτύου αποχέτευσης. Σημαντική παράληψη ότι οι συμμετέχοντες δεν δικαιολογούν ότι πληρώνουν για ΕΥΑΘ και δεν θα ήθελαν τους κήπους βροχής.

Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει δύο ερωτήσεις ελέγχου, σχετικά με τους λογαριασμούς των καταναλωτών στην ΕΥΑΘ. Οι απαντήσεις στην πρώτη ερώτηση έχουν να κάνουν με το ποσό που πληρώνουν κάθε 4 μήνες, και παρουσιάζονται στον

Πίνακα 8.3.5. Οι λογαριασμοί είναι σχετικά χαμηλοί, σε σχέση με τους λογαριασμούς άλλων επιχειρήσεων κοινώς ωφέλειας. Μόνο το 21% πληρώνει πάνω από 60€.

Οι απαντήσεις στη δεύτερη ερώτηση ελέγχου δείχνουν ότι η πλειοψηφία (77%) είναι ενήμερη ότι ένα ποσοστό του λογαριασμού είναι για το αποχετευτικό δίκτυο.

Πίνακας 8.3.5.: Λογαριασμός νερού

ΕΥΑΘ	Αριθμός συμμετεχόντων	Ποσοστό
30-40€	41	41%
40-50€	24	24%
50-60€	14	14%
Πάνω από 60€	21	21%

8.4 Εκτίμηση Αποτελεσμάτων

Η έρευνα αυτή διεξήχθη σε μία αστική περιοχή, η οποία υποφέρει από μη επαρκή διαχείριση της απορροής των όμβριων υδάτων.

Ο στόχος της ήταν να διερευνήσει : α) Την αντίληψη των κατοίκων σχετικά με τους κινδύνους της απορροής των όμβριων υδάτων και β) την στάση των κατοίκων προς τους κήπους βροχής και άλλες τεχνικές οικολογικής διαχείρισης όμβριων υδάτων.

Η επιλογή των συμμετεχόντων ήταν τυχαία. Ωστόσο, το δείγμα μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό με βάση αρκετές παραμέτρους όπως είναι το φύλο, η οικογενειακή κατάσταση και το εισόδημα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα το ενενήντα ένα (91%) τοις εκατό αναγνωρίζει ότι υπάρχει σοβαρό πρόβλημα κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης και υποδεικνύει τους δρόμους με τα μεγαλύτερα προβλήματα με συντηρητικό τρόπο. Επιπλέον, οι περισσότεροι ερωτηθέντες (95%) είχαν θετική στάση προς της κατασκευή των κήπων βροχής και την εφαρμογή άλλων οικολογικών μεθόδων διαχείρισης των όμβριων υδάτων.

Παρόλα αυτά, η προθυμία στο να πληρώσουν ήταν πολύ μικρή. Η κύρια πλειοψηφία (76%) δεν προτίθεται να συμβάλει οικονομικά καθόλου στα έργα. Αυτό το αποτέλεσμα είναι σχετικά απογοητευτικό εάν το συνδυάσουμε την υψηλή επίγνωση του προβλήματος, τη σχετικά με τη νεαρή ηλικία και το άνω του μέσου όρου επίπεδου μόρφωσης των συμμετεχόντων.

Αυτή η έρευνα μπορεί να θεωρηθεί σαν μια βάση για περαιτέρω μελέτη με διαφορετικό περιεχόμενο και διαφορετικά μέρη για την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης. Η επιρροή της επιλογής του δείγματος στο αποτέλεσμα θα πρέπει να διερευνηθεί επίσης.

Κεφάλαιο 9ο : Ανακεφαλαίωση-Προτάσεις

9.1 Γενικά

Η προσομοίωση και αξιολόγηση τόσο της επιφανειακής απορροής όσο και των υφιστάμενων δικτύων αποτελεί πάγια τακτική σε πολλές χώρες και στοχεύει κυρίως στο να εντοπίσει τις υπερχειλίσεις του δικτύου σε φρεάτια υδροσυλλογής, σε οικίες καθώς και σε φυσικούς αποδέκτες. Βασικός στόχος είναι η εύρεση λύσεων για τον περιορισμό των υπερχειλίσεων.

Εξίσου άλλες σημαντικές παράμετροι που βοηθούν στην προσομοίωση είναι οι συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων καθώς και η συνεχής παρακολούθηση (monitoring) της διακύμανσης των υδραυλικών μεγεθών ακόμα και των ρυπαντικών φορτίων.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν περιοχές της Θεσσαλονίκης όπως είναι οι Σαράντα Εκκλησιές και η Τούμπα για το πως η χρήση οικολογικών μεθόδων διαχείρισης (στην περίπτωση μας κήποι βροχής) συντελούν στη μείωση της απορροής και στην αναβάθμιση του τοπίου. Επιπρόσθετα πραγματοποιήθηκαν επιτόπιες μετρήσεις της ποιότητας των υπόγειων υδάτων καθώς και των ομβρίων υδάτων μέσω της υδρορροής πολυκατοικιών και από τις αντίστοιχες τaráτσες τους. Επιπλέον, προσομοιώθηκε ο μετασχηματισμός της βροχόπτωσης σε απορροή. Παράλληλα μελετήθηκε η συμπεριφορά της επιφανειακής απορροής ομβρίων υδάτων σε σενάρια που περιλάμβαναν την υφιστάμενη κατάσταση σε σχέση με τη λειτουργία των φρεατίων υδροσυλλογής καθώς και την εφαρμογή κήπων βροχής στην περιοχή μελέτης.

9.2 Συμπεράσματα

Συμπερασματικά τα παραδείγματα εφαρμογής των κήπων βροχής σε δύο περιοχές της Θεσσαλονίκης (Σαράντα Εκκλησιές, επιλογή 8 σημείων για κήπους βροχής και Τούμπα, επιλογή 4 σημείων για κήπους βροχής) οι οποίες αντιμετωπίζουν έντονα προβλήματα σε μία μεσαίας έντασης βροχόπτωση κατέληξαν στα εξής αποτελέσματα:

- Πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί για τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του τοπικού δικτύου αποχέτευσης, της παροχής αιχμής καθώς και του συνολικού όγκου της απορροής.
- Η παρακολούθηση των σημείων κατασκευής των κήπων βροχής κρίνεται επιτακτική ανάγκη για λόγους σύγκρισης τουλάχιστον ένα χρόνο πριν την κατασκευή των κήπων.
- Οι σχεδιαστικές λεπτομέρειες των δομών εισροής και εκροής κατά μήκος των δρόμων και των πεζοδρομίων με μεγάλες κλίσεις θα βοηθήσουν για περαιτέρω μελέτες αστικών περιοχών.
- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα στις Σαράντα Εκκλησιές η εφαρμογή των κήπων βροχής μπορεί να μετριάσει σε μεγάλο βαθμό τα προβλήματα που δημιουργούνται εξαιτίας μιας βροχόπτωσης.
- Στην περιοχή της Τούμπας έγινε εφαρμογή 4 κήπων βροχής και υπολογίστηκε ότι μπορεί να αποθηκευτεί σε αυτούς ένα ικανοποιητικό ποσοστό νερού της βροχής σε σχέση με αυτό που απορρέει από τη λεκάνη απορροής.
- Ένα βασικό πλεονέκτημα που θα προσφέρει η εγκατάσταση κήπων βροχής είναι ότι αποτελεί μια οικονομική λύση σε σχέση με την ανακατασκευή του δικτύου αποχέτευσης.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες υπόγειων υδάτων (6 δειγματοληψίες) και επιφανειακών υδάτων (5 δειγματοληψίες) για να εξεταστεί η ποιότητά τους τόσο με φυσικοχημικές αναλύσεις όσο και με μικροβιολογικές.

- Για το υπόγειο νερό μετρήσεις έγιναν στον χώρο της Πολυτεχνικής σχολής και στην Κεντρική Βιβλιοθήκη του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης όπου έδειξαν αυξημένες τιμές σε Νιτρικά, Αμμωνιακά και Φωσφορικά.
- Οι μικροβιολογικές αναλύσεις υπέδειξαν την ύπαρξη παθογόνων μικροοργανισμών στα δείγματα.
- Φυσικοχημικές και μικροβιολογικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα επιφανειακά νερά του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης καθώς και στα νερά από υδρορροή σε πολυκατοικία στο κέντρο της πόλης. Και στις δύο περιπτώσεις παρατηρήθηκε έντονο μικροβιολογικό φορτίο.
- Η παρουσία νιτρωδών αλλά και αμμωνίας υποδηλώνει ρύπανση από λύματα.
- Αιτίες του αυξημένου μικροβιολογικού φορτίου μπορεί να είναι η ανάμιξη του υπογείου νερού με λύματα ή η ύπαρξη κάποιου ζώου.
- Αποτέλεσμα των δειγματοληψιών είναι ότι κρίνεται επισφαλής η αναγωγή συμπερασμάτων με την ποιότητα του νερού της βροχής. Γεγονός είναι ότι το νερό της βροχής, το οποίο καταλήγει άμεσα στην επιφάνεια του εδάφους είναι υπερβολικά επιβαρυνόμενο.

Επιπρόσθετα, έγινε διερεύνηση της επιφανειακής απορροής ομβρίων στην οδό Εθνικής Αμύνης, στο κέντρο της Θεσσαλονίκης, που παρουσιάζει πολλά προβλήματα κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων. Το οδικό δίκτυο της περιοχής θεωρήθηκε ανάλογο με δίκτυο ανοικτών αγωγών, με κεντρικό υδατόρρευμα την οδό Εθνικής Αμύνης, και η απορροή της βροχής προσομοιώθηκε μέσω του προγράμματος Hec-Hms.

- Ορισμός υπολεκανών με στόχο να προσδιοριστούν τα σημεία εισόδου και εξόδου ομβρίων υδάτων στη λεκάνη απορροής.
- Υπολογισμός παροχτευτικότητας του δρόμου καθώς και υπολογίστηκε η παραμένουσα παροχή στη λεκάνη απορροής.
- Εισαγωγή παραμέτρων λεκάνης απορροής στο πρόγραμμα για βροχόπτωση 4ωρη και εντάσεως 25 mm/h.

- Παρουσιάστηκαν αναλυτικά για την κάθε υπολεκάνη, συμβολή και αγωγό γραφήματα παροχής-χρόνου, συνοπτικοί πίνακες με αποτελέσματα αιχμών εισροής και εκροής καθώς και οι χρονοσειρές των εισροών και των εκροών για το καθένα.
- Εφαρμογή 3 σεναρίων στην περιοχή μελέτης. Το πρώτο σενάριο αναφέρεται στην υφιστάμενη κατάσταση και στη λειτουργία των φρεατίων (δύο φρεάτια δεν λειτουργούν) το δεύτερο είναι εάν όλα τα φρεάτια λειτουργούν κανονικά και το τρίτο η εφαρμογή 5 κήπων βροχής στην περιοχή μελέτης.
- Ειδικά με βάση το 3ο σενάριο όπου μελετάται η εφαρμογή πέντε κήπων βροχής στην περιοχή μελέτης (Εθνικής Αμύνης). Η αποφόρτιση που επιφέρουν στην λεκάνη απορροής είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιόδους βροχόπτωσης. Φαίνεται σε αυτό το σενάριο ο ευεργετικός ρόλος των κήπων βροχής.

Στο τελευταίο στάδιο της συνολικής μελέτης τέθηκε στη διάθεση των κατοίκων ένα ερωτηματολόγιο ώστε να διερευνηθεί η αντίληψή τους σχετικά με τους κινδύνους της απορροής των όμβριων υδάτων και η στάση τους ως προς τους κήπους βροχής και άλλες οικολογικές μεθόδους διαχείρισης όμβριων υδάτων.

- Συμμετείχαν στην έρευνα του ερωτηματολογίου 100 κάτοικοι, που επιλέχθηκαν τυχαία.
- Το 91% φαίνεται να αναγνωρίζει ότι υπάρχει σοβαρό πρόβλημα κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης και υποδεικνύει τους δρόμους με τα μεγαλύτερα προβλήματα.
- Οι περισσότεροι συμμετέχοντες (95%) είχαν θετική άποψη για την κατασκευή των κήπων βροχής και την εφαρμογή άλλων οικολογικών μεθόδων διαχείρισης των όμβριων υδάτων.
- Η προθυμία των κατοίκων όμως στο να πληρώσουν ήταν πολύ μικρή. Το 76% δεν προτίθεται να συμβάλει οικονομικά καθόλου στα έργα. Αυτό το αποτέλεσμα δεν είναι καθόλου ενθαρρυντικό εάν συνδυάσουμε την υψηλή

επίγνωση του προβλήματος με τη σχετικά με τη νεαρή ηλικία και το άνω του μέσου όρου επίπεδο μόρφωσης των συμμετεχόντων.

- Η έρευνα αυτή θεωρείται σαν βάση για περαιτέρω μελέτη με διαφορετικό περιεχόμενο και διαφορετικά μέρη για την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης.

9.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Κλείνοντας την παρούσα διατριβή μια σημαντική πρόταση αποτελεί η συνεχής παρακολούθηση (monitoring) των σημείων κατασκευής των κήπων βροχής ένα εύλογο διάστημα πριν την κατασκευή τους καθώς και μετά και επίσης η συνεχής παρακολούθηση των υδραυλικών παραμέτρων εντός του δικτύου π.χ. με αισθητήρες για την καταγραφή αστοχιών. Επιπλέον, διαρκή παρακολούθηση χρήζουν και τα υπόγεια νερά καθώς και τα όμβρια ύδατα ώστε να διερευνηθούν διεξοδικά αιτίες αυξημένου ρυπαντικού φορτίου και να υπάρξει άμεση δράση περιορισμού της ρύπανσης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι με κατάλληλους ελέγχους διασφαλίζεται η υψηλή ποιότητα μιας μελέτης σε όλα τα στάδια υλοποίησης της.

Οι οικολογικές μέθοδοι διαχείρισης όμβριων υδάτων, όπως είναι στην περίπτωση μας οι κήποι βροχής, καθώς και η διαχείριση των χειμαρρικών οικοσυστημάτων εντός της πόλης θα πρέπει να μελετηθούν, να προστατευθούν και να χαρακτηριστούν ως προστατευόμενα αστικά οικοσυστήματα. Παρατηρώντας την αξία των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων (ecosystem services) είναι απαραίτητη η αξιολόγηση της μελέτης σε διαφορετικά γεωγραφικά περιεχόμενα ώστε να ακολουθήσει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στην παροχή των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων.

Ένας ακόμη βασικός παράγοντας πρέπει να θεωρηθεί η συμμετοχή του κοινού ώστε να διαμορφώσει αποφασιστικά την κοινωνική αξία των κήπων βροχής ή τη διαχείριση χειμαρρικών οικοσυστημάτων εντός του αστικού ιστού.

Επιπρόσθετα, η περιβαλλοντική εκπαίδευση μπορεί να αναφερθεί σαν περιβαλλοντική επικοινωνία.

Συμπερασματικά, κρίνεται επιτακτική ανάγκη η θέσπιση ενός καινούργιου "Ρυθμιστικού Σχεδίου αντιπλημμυρικής προστασίας και αποχέτευσης ομβρίων του Νομού Θεσσαλονίκης" το οποίο θα λαμβάνει υπόψη τις οικολογικές μεθόδους διαχείρισης ομβρίων υδάτων, ιδιαίτερα τους κήπους βροχής που μελετήθηκαν διεξοδικά παραπάνω, ώστε όχι μόνο να προστατεύεται η περιοχή αλλά και να αναβαθμίζεται η ποιότητα ζωής των πολιτών, ενισχύοντας και όχι μόνο αισθητικά τις πολιτιστικές και οικονομικές τους δραστηριότητες, όπως έχει γίνει ήδη σε άλλες σύγχρονες ευρωπαϊκές πόλεις.

Η πρόοδος της τεχνολογίας σε συνδυασμό με τις οικολογικές μεθόδους διαχείρισης όμβριων υδάτων επιβάλλει τη συστηματική χρήση τους όπου ενισχύεται η ευημερία του κοινωνικού συνόλου.

Όλα τα παραπάνω καθιστούν απαραίτητη την ολοκληρωμένη οικολογική διαχείριση των ομβρίων υδάτων στην περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Βιβλιογραφία (Ελληνική)

1. Αυγολούπης Ι., Κατσιφαράκης Κ.Λ. (2009). Αναφορές σε θέματα υδραυλικής και υδρολογίας στο έργο του Ηροδότου. Υδροτεχνικά. Τεύχος 18-19, σελ. 21-34.
2. Βαφειάδης Μ. (2000), Επιφανειακή Υδρολογία, Διδακτικές Σημειώσεις Π.Μ.Σ. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.
3. Δήμος Θεσσαλονίκης (2018): www.thessaloniki.gr
4. Ελληνική Στατιστική Αρχή (2011). Δημογραφικά Χαρακτηριστικά: <https://www.statistics.gr/2011-census-pop-hous>
5. Ευμορφοπούλου Α., Μπίκας Δ.,(1998). Σχεδιασμός εγκαταστάσεων συλλογής και χρήσης βρόχινου νερού στα κτίρια. Κτίριο. Επιστημονική έκδοση. Αρ. Α. σ.57-64.
6. Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε (2018). Αποχέτευση. www.eyath.gr.
7. Θεοδοσίου Ν., (2011), Επίδραση της αβεβαιότητας στην εκτίμηση υδρογεωολογικών παραμέτρων υδροφορέων, στην οριοθέτηση ζωνών προστασίας γεωτρήσεων. Υδροτεχνικά. Τομ.20.
8. Θωμόπουλος Θ., Λεφαντζής Ν., (1999). Αποθέσεις φερτών υλικών σε δίκτυα υπονόμων. Διπλωματική εργασία. ΕΜΠ, Αθήνα.
9. Κατσιφαράκης Κ.Λ. κ.ά. (2013) Οδηγός για την ολοκληρωμένη διαχείριση ομβρίων υδάτων. Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος, Α.Π.Θ.
10. Κατσιφαράκης Κ.Λ., (2013). Μόνιμες ροές σε ελεύθερη επιφάνεια.

Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.

11. Κόμης Δ., Σωτηρίου Δ.,(1979). Οριστική Μελέτη και Αναθεωρητική τοιαύτη Έργων Αποχετεύσεως Μείζονος Περιοχής Θεσσαλονίκης. Γεωτεχνική, Γραφείο Μελετών Αναπτύξεως Περιβάλλοντος Αγιοβλαστίτη-Μπαντέκα ΥΠΕΧΩΔΕ.

12. Κουλίκας Σ., (2009). Συγκριτική ανάλυση και αξιολόγηση των προγραμμάτων Hec-1 και Hec-HMS. Διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.

13. Κωτόπουλος Α., Κωστίκου Α., (2014). Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Επιφανειακής Απορροής στον Αστικό Χώρο - Προτάσεις Εφαρμογής Κήπων Βροχής στην Περιοχή της Τούμπας. Διπλωματική Εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.

14. Λαζαρίδου Ο., Νάνου Π., Στυλιάδου Σ., (2012). Διερεύνηση του υπόγειου υδροφορέα στον ευρύτερο χώρο του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.

15. Λιώλης Δ., (2017). Οικολογική Διαχείριση Ομβρίων στον Δήμο Παύλου Μελά, με έμφαση τους κήπους βροχής. Διπλωματική Εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.

16. Μαγγανά Μ. Α., (2011). Προβλήματα λειτουργίας αποχετευτικού δικτύου και τρόποι αντιμετώπισης τους. Διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.

17. Μάλλιος Ζ. (2005). Αποτίμηση της αξίας του αρδευτικού νερού με τη μέθοδο της εξαρτημένης αξιολόγησης. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.

18. Μαυρατζώτη Α., (2018). Οικολογική διαχείριση ομβρίων υδάτων με εφαρμογή κήπων βροχής. Διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο

Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.

19. Μαυρατζώτη Α., Μπασδέκη Α., Θεοδοσίου Ν., (2019). Οικολογική διαχείριση ομβρίων υδάτων: Εφαρμογή κήπων βροχής στην περιοχή Τούμπα Θεσσαλονίκης. 14^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης. 16-17 Μαΐου 2019, Βόλος.

20. Μπλιώνης Γ., Τρεμόπουλος Μ., (2017). Η Θεσσαλονίκη των νερών. Εκδόσεις Αντιγόνη.

21. Νταρακάς Ε., Πεταλά Μ., Τσιρίδης Β., (2020). Περιβαλλοντική Χημεία και Μηχανική. Εκδόσεις Τζιόλα.

22. Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L327/1, Luxembourg.

23. Παπαδημητρίου Ι.,(1986). Στατιστική. Τεύχος 1. Παρατηρητής.

24. Σπυρίδης Α., (2011). Συγκριτική ανάλυση και ανάπτυξη καμπυλών βροχής για την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης. Προκαταρκτική έκθεση. Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.

25. Σωτηροπούλου Δ., Καλύβα Ε., (2015). Στοιχεία σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης με εφαρμογή σε τμήμα της πόλεως του Αγρινίου. Πτυχιακή εργασία. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε , ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας.

26. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, (2018) :www.tee.gr

27. Τσαλικίδης Α., (2010). Συμβολή των πράσινων στη βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού περιβάλλοντος. Πράσινες στέγες: ανάκτηση του χαμένου εδάφους Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Θεσσαλονίκη.

28. Τσουμαλάκος Σ., (2017). Τα ρέματα της Θεσσαλονίκης: Χωρική και Υδραυλική Θεώρηση. Μεταπτυχιακή εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.
29. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, (2020) : Υδατικοί πόροι, www.ypeka.gr

Βιβλιογραφία (Αγγλική)

1. Ando W. A., and Freitas P. C.L.,(2011). Consumer demand for green stormwater management technology in an urban setting: The case of Chicago rain barrels Water Resources Research, Vol. 47, W12501, doi:10.1029/2011WR011070.
2. Apostolaki S., Jefferies C. and Wild T. (2006). The social impacts of stormwater management techniques. Water Practice and Technology 1, wpt2006009.
3. Basdeki A., Katsifarakis K.L., (2019). Urban rain water management-Results of questionnaire research in Thessaloniki, Greece. Sustainability in the built environment for the climate change mitigation. Thessaloniki.
4. Basdeki A., Katsifarakis L. and Katsifarakis K. L., (2016). Rain gardens as integral parts of urban sewage systems-A case study in Thessaloniki, Greece, Int. Conf. on Efficient & Sustainable Water Systems Management toward Worth Living Development, 2nd EWaS 2016, Procedia Engineering, 162, 426-432.
5. Basdeki A., Katsifarakis L. and Katsifarakis K.L., (2017). Design, calculations and performance evaluation of rain gardens in an urban neighborhood of Thessaloniki, Greece. Desalination and water Treatment Journal.
6. Beckley Sanitary Board (2014):
<http://beckleysanitaryboard.org/info/education/rain-garden/ 60>
7. Bray B., Gedge D., Grant G., Leuthvilay L., (2016). Rain garden guide. Available from: <http://raingardens.info/wp-content/uploads/2012/07/UK-Rain-Garden-Guide.pdf> (accessed March 10, 2016).

8. Carson R.T., (2000). Contingent valuation. A user's Guide. Environmental Science and Technology 34, p.1413-1418.
9. Center for Waterbed Protection (2003). Impacts of impervious cover on aquatic systems.
10. Church S., (2015). Exploring Green Streets and rain gardens as instances of small-scale nature and environmental learning tools. Landscape and Urban Planning, 134 pp 229-240.
11. City of Thessaloniki (2017). Resilient Thessaloniki. A Strategy for 2030. Metropolitan Development Agency of Thessaloniki SA, 100 Resilient Cities.
12. Dietz M.E. and Clausen J.C., (2005). A field evaluation of rain garden flow and pollutant treatment. Water, Air, and Soil Pollution 167,123-138.
13. Domènech L., March H., Saurí D., (2013). Degrowth initiatives in the urban water sector? A social multi-criteria evaluation of non-conventional water alternatives in Metropolitan Barcelona, Journal of Cleaner Production, Vol. 38, pp. 44-55.
14. Environmental Protection Agency , EPA, (2010),
http://water.epa.gov/learn/training/wacademy/upload/raingardens_dec10_2slides-2.pdf
15. European Commission's Directorate-General Environment in -depth report (2012) Soil sealing.
16. European Environment Agency (EEA) (2016). Rivers and lakes in European cities. Past and future challenges. Luxembourg: Publications Office of the European Union (26).

17. Georgiou P., Karpouzos D., (2019). Optimal irrigation water management for adaptation to climate change. *Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*. Vol. 3, No.4, pp. 271-285.
18. Gkikas G., Tsihrintzis V., (2012). Assessment in water quality of first flush roof runoff and harvested rainwater. *Journal of Hydrology*. Vol. 466-467, pp. 115-126.
19. Glezos M., Iakovides I., Theodossiou N. and Sidiropoulos E., (2000). When every drop of water counts: Water management in dry islands, in K. L. Katsifarakis (editor) *Groundwater Pollution Control*, W.I.T. Press.
20. Groundwater Foundation (2013). <https://www.groundwater.org/>
21. Holis E.G., (1975). The effect of urbanization on floods of different recurrence interval. *Journal Water Resources Research*.
22. Indiana Government (2018): http://www.in.gov/dnr/files/lm-Plant_List.pdf
23. Iowa Stormwater Education Partnership, (2018): www.iowastormwater.org
24. IPCC (2012). Summary for Policymakers: In Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Special Report of Working Group I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. UK. Cambridge: Cambridge University Press.: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf
25. Karpouzos D., Katsifarakis L.K., (2013). A Set of New Benchmark Optimization Problems for Water Resources Management. *Water Resources Management*, Vol. 27, pp. 3333–3348.

26. Katsifarakis K. L. et al., (2013). Guide for integrated rain water management. Final Report, Aristotle University of Thessaloniki (in Greek).
27. Katsifarakis K. L., Vafeiadis M. and Theodossiou N., (2015). Sustainable Drainage and Urban Landscape Upgrading Using rain gardens. Site Selection in Thessaloniki, Greece. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 4, 338-347.
28. Kechagias E., Katsifarakis L. K., (2001). Sustainable water resources management in small islands: A case study. *Proc. 1st Int. conf. on Ecological Protection of the Planet Earth*, Xanthi, pp. 151-158, Vol. I.
29. Krigas N., Lagiou E., Hanlidou E. and Kokkini S., (1999). The vascular flora of the Byzantine walls of Thessaloniki (N. Greece). *Willdenowia*, 29, pp. 77-94, <http://www.bgbm.org/willdenowia/w-pdf/w29Krigas+al.pdf>
30. Latinopoulos D., Mallios Z., Latinopoulos P., (2016). Valuing the benefits of an urban park project: A contingent valuation study in Thessaloniki, Greece. *Land Use Policy*, p.130-141.
- 31 .Li J., Deng C., Li Y., Li Ya., Song J., (2017). Comprehensive Benefit Evaluation System for Low-Impact Development of Urban Stormwater Management Measures. *Water Resources Management* 31:4745-4758.
32. Liu A., Jiang Y., Dockko S. and Guan Y., (2015). Characterizing stormwater treatment efficiency at the laboratory scale for effective rain garden design. *Desalination and Water Treatment*, 54(4-5), 1334-1343.
33. Malaviya P., Sharma R. and Sharma P. K., (2019). Rain Gardens as Stormwater Management Tool In: Shah S., Venkatramanan V., Prasad R. (eds). *Sustainable Green Technologies for Environmental Management*, Springer, Singapore.

34. Mallios Z., Latinopoulos P., (2001). Willingness to pay for irrigation water. A case study in Chalkidiki, Greece. 7th International Conference on Environmental Science and Technology, Ermoupoli, Syros, Greece
35. McClintock N., Mahmoudi D., Simpson M., Santos P. J., (2015). Socio-spatial differentiation in the Sustainable City: A mixed-methods assessment of residential gardens in metropolitan Portland, Oregon, USA. Forthcoming in Landscape and Urban Planning.
36. MEDSPA -91-1/GR/013/GR/05, B4-3020/91/016345, (1994). Integrated environmental management of Naxos against soil erosion, Final report .
37. Michaelides G., Young R., (1985). Provisions in design and maintenance to protect water quality from roof catchments. Intern. J. Environmental Studies, Vol. 25, pp. 1-11.
38. MSD Safe, Clean Waterways, (2018):
http://www.louisvillemsd.org/sites/default/files/inlinefiles/Rain%20Garden%20Handbook%204th%20Edition_0.pdf
39. Niemi T., Warsta L., Taka M., Hickman B., Pulkkinen S., Krebs G., Moisseev D., Koivusalo H., Kokkonen T., (2017). Applicability of open rainfall data to event-scale urban rainfall- runoff modelling.
40. Pyke C., Warren P. M., Johnson T., LaGro Jr. J., Scharfenberg J., Groth P., Freed R., Schroeder W. and Main E., (2011). Assessment of low impact development for managing stormwater with changing precipitation due to climate change. Landscape and Urban Planning, 103 pp 166-173.

41. Rawski K., (2018). Rain Gardens as Green Support of Urban Stormwater Infrastructure. *Miestų želdynų formavimas (Formation of Urban Green Areas)*, Vol. 15(1), pp. 222-229, 2018.
42. Scholz M., Grabowiecki, P., (2007). Review of permeable pavement systems. *Building and Environment*. Vol. 42 No 11, pp. 3830–3836.
43. Sebti A., Bennis S. and Fuamba M., (2016). Optimization of the restructuring cost of an urban drainage network. *Urban Water Journal*, 13(2), 119-132.
44. Texas A. & M. Aglilife Extension (2013):
<https://water.tamu.edu/files/2013/02/stormwater-management-raingardens.pdf>
45. Trowsdale S. A. and Simcock R., (2011). Urban stormwater treatment using bioretention. *Journal of Hydrology*. 397(3-4), 167-174.
46. Tsihrintzis V., Hamid R., (1997) Modeling and Management of Urban Stormwater Runoff quality. A review. *Water Resources Management*.
47. Tsihrintzis V., (2000). *Ecological engineering and technology*, Xanthi.
48. Tsirogiannis I., (2011). Use of rain water in irrigating school yards Arta. ISBN 978-960-93-2558-5
http://www.aeforosxoleio.gr/content/sources/Tsirogiannis_Irrigation.pdf (in Greek).
49. Welker A. L., Mandarano L., Greising K. and Mastrocola K., (2013). Application of a monitoring plan for storm-water control measures in the Philadelphia Region. *J. of Environmental Engineering*, ASCE, Vol. 139(8), 1108-1118.

50. Willems W. J. H., H. P. J. van Schaik (eds) (2015). Water and Heritage. Material, conceptual and spiritual connections. Leiden: Sidenstone Press.

51. Zwierzchowska I., Fagiewicz K., Ponijy L., Lupa PandMizgajski A., (2019). Introducing nature-based solutions into urban policy - facts and gaps. Case study of Pozna. Land Use Policy, 85, pp. 161-175.

Διαδικτυακές πηγές

<https://www.hudson.oh.us>

<https://www.voria.gr/>

<https://www.e-class.duth.gr>

<https://extension.unh.edu/resource/rain-gardens-design-and-installation>

<https://www.brickworks.com.au/>

<https://www.lid-stormwater.net/>

<https://www.raingardennetwork.com/>

<http://www.metrofieldguide.com>

Quantitative assessment of the contribution of ecological methods to rainwater management in urban areas- Investigation of quality characteristics of runoff

Extended Summary

1. Introduction

Sewer systems are integral parts of urban infrastructure. Their aim is to transfer rainwater quickly and safely to sewage treatment facilities or, in cases of heavy rain, directly to surface water bodies as well. Even, in developed countries, though, sewer networks may fail to fully protect all parts of urban areas during heavy rain events. In such cases, water accumulating on street surfaces and sidewalks renders their use by pedestrians a challenging task and car driving unsafe.

This dissertation aims to investigate different aspects of the contribution of ecological methods, such as rain gardens, in urban rainwater management. It includes 9 chapters.

In this chapter, the overall structure of the Thesis is presented, together with a brief outline of the content of the following chapters. The chapter includes also a summary of the contribution of the Thesis and a list of publications of the author.

2. Water

Water is the most valuable commodity on Earth. It is the source of life on the planet and covers 75% of it. Freshwater accounts for 3% of the world's total reserves and of this 68.7% belongs to glaciers, 30.1% is groundwater and the remaining 1.2% is surface water, which is distributed in 87% of lakes and 2% of rivers, respectively.

Although our planet is flooded with water for the most part, only a small part of this water is available for human needs.

The water cycle, also known as the hydrological cycle, is the constant recycling of water between hydrosphere, atmosphere and lithosphere, during which water is constantly changing phases, taking on liquid, gaseous and solid form. Solar radiation offers the energy required to complete the cycle.

Solar radiation, temperature, water vapor pressure, wind speed and the nature of the evaporation surface play an important role in evaporating water from the earth's surface. One billion cubic meters of water per minute is estimated to evaporate from surface water.

Water pollution and contamination constitute a serious environmental problem, with heavy impact on human health and welfare. The main pollution and contamination sources are presented in the form of Tables, together with related health problems. Then the physical characteristics of water are presented, namely temperature, electric conductivity, total solids, turbidity, color, smell and taste, followed by its chemical characteristics (pH, alkalinity, hardness, ions, cations, nutrients, etc.). A reference to the limits of the different water quality parameters, which are imposed by the legislation, concludes the chapter.

3. Rainwater Management-Rain Gardens

This chapter starts with the impact of urbanization upon water resources, which includes rendering significant portions of ground surface impermeable, reduction of stream beds and appearance of additional pollution sources. The impact of climate change is outlined as well.

A list of the main of the main low environmental impact techniques for rainwater management (rain gardens, tree box filters, green roofs, permeable pavements and pavers, rain barrels, etc.) is presented next. These low impact techniques aim at:

- a) Reduction of the total rain runoff

- b) Reduction of peak runoff
- c) Utilization of rain water for secondary uses that do not require high-quality water,
- d) Upgrading of the urban environment,
- e) Improvement of the quality of runoff
- f) Reduction of damage, or nuisance, caused by insufficient sewage networks.

These techniques are advantageous from environmental point of view and can be also prove more cost efficient than sewer network upgrading.

Rain gardens are the most important method of ecological rainwater management for urban and suburban areas.

The main parts of a typical rain garden are:

- a) The ponding area: It is a natural or artificial ground depression. In rather flat areas, it is constructed simply by soil excavation. In sloping ground, excavation material can be used to construct an earth berm at the downslope side. Surfaces, with large slope are not that suitable for rain garden construction.
- b) Inflow structure that directs rainwater from downspouts or impermeable areas (streets, sidewalks) to the ponding area.
- c) Outflow structure that allows water to exit the rain garden, when the ponding area is full. This structure is necessary in order to reduce erosion risk and to direct outflowing water towards the local sewer network, or another, properly selected, place.

Plants (preferably native ones) that can tolerate periodic inundation are also an integral part of rain gardens, since they contribute to:

- a) Upgrading the local urban landscape and
- b) Retention of certain pollutants, which results to improvement or rain runoff quality.

4. The study area

Thessaloniki is the second largest city in Greece and a very important economic, industrial, commercial and cultural center. Geographically, it is located along the coast of Thermaikos Gulf, in Central Macedonia. According to the census of 2011 the population of the Municipality of Thessaloniki was 325.182, while that of the major urban area, which includes municipalities, was close to 800.000.

The climate of the city is affected by the sea. Winters are rather wet and summers are hot and quite dry with strong heat waves. The coldest month is January and the hottest month is July. The average annual precipitation is 450 mm.

The history of the city is long. It was founded in 315 BC by Cassander of Macedon and it thrived during the Roman and the Byzantine period, when it was second only to Constantinople. The history of its sewer system is long, too. Archeological evidence suggests that such a system existed already during the Roman era. Today it is run by the Water Supply & Sewerage Co. S.A (EYATH S.A). The network consists both of separate rainwater collection and mixed flow sewer pipes. A Central Sewer Pipe carries most sewage to a central Sewage Treatment Plant, located close to the city. The features of this sewer system and its evolution since the beginning of the 20th Century, are presented in this chapter.

5. Rain Garden Location Criteria. Application examples

This chapter deals with planning of rain gardens and selection of proper sites for their construction, by means of two application examples, in Thessaloniki area.

Selection of sites that are suitable for rain garden construction is a challenging task in densely built areas. Proposed selection criteria included:

- a) Expected efficiency, with regard to current rain runoff problems, the local car traffic load, the pedestrian flows and the local sewer network.
- b) Land ownership. Site selection search was restricted to public and municipal plots only.

- c) The relative location of the selected sites and their distribution over the study area.
- d) Observance of the required smallest distance between rain gardens and adjacent buildings.
- e) Anticipated cost and efficiency of required inflow structures.

Both areas that served as examples, suffer from inundation problems, even with rains of medium intensity. The first investigation area is part of the Saranta Ekklesies neighborhood, which is characterized by rather large slopes. The search ended up with identifying 8 rain garden sites.

The second area is part of the Toumpa neighborhood, where ground slopes are large too. Proper locations for 4 rain gardens have been identified, using the aforementioned criteria.

Preliminary calculations, regarding the areas served by each rain garden, in relation with their size, are also included. Moreover, some technical details, regarding inflow and outflow structures are discussed, which might be useful in many urban contexts.

Results indicate that rain garden construction at the selected sites can alleviate street and sidewalk inundation problems.

6. Rain runoff in urban areas and rain gardens. Calculations and application example

In this chapter a novel simulation of an urban street network as a river network is presented. This approach allows use of the hydrologic modeling system Hec-Hms in order to calculate rain runoff. The Ethnikis Amynis Street, which runs along the historical city center and suffers from inundation problems during rain events, has been considered as the main stream. Other streets, which slope towards Ethnikis Amynis Street and meet it at 6 junctions, have been considered as secondary streams.

For each such “stream” a “hydrological sub-basin” has been defined, based on the ground slope and the adjacent buildings.

To investigate the role of rain gardens and of the condition of the sewer network, a rain event with intensity of 1mm/h and duration equal to 4 hours has been considered. Three scenarios have been considered: a) Two of the sewer inlets of Ethnikis Amynis Street are clogged b) All sewer inlets are in good condition and c) 5 rain gardens are constructed along the Ethnikis Amynis Street.

Results show that rain gardens may reduce considerably the peak rain runoff.

7. Quality characteristics of rain runoff in urban areas.

Evaluation of rain runoff quality is essential for proper rain water management. In this chapter rain runoff quality has been investigated, by means physical, chemical and microbiological measurements. Rain runoff samples have been collected from a building downspout, located at the City center, and from the area of Aristotle University campus, which is located inside the urban fabric. Moreover, water samples have been collected from shallow wells, gathering groundwater from basements of university buildings, namely the installations of the Faculty of Engineering and the Central Library. All measurements have been conducted at the Laboratory of the Department of Hydraulics and Environmental Engineering.

Measurement results are summarized at the end of the chapter. Moreover, they are analytically presented in Appendix I.

The main results of groundwater analyses are:

- a) Ammonium values exceeded the limit for potable water in three sampling sites.
- b) Presence of nitrite and ammonia, indicate sewage pollution.
- c) All the microbiological analyses identified pathogenic microorganisms (enterococci, e-coli, total coliforms). Causes of increased microbiological load may be the mixing of groundwater with sewage or the presence of an animals., like rats. Our results were rather alarming, regarding the microbiological load.

Rain runoff samplings results have shown that its quality is lower than expected, as all microbiological analyses identified pathogenic microorganisms in the samples.

8. Social acceptance of rain gardens-Research with questionnaires.

This chapter deals with public perception of rain runoff problems and their attitude towards rain gardens. More specifically, the answers to the following questions are analysed: Do the residents acknowledge that there is serious problem caused even by medium rain events? Do they have a positive attitude towards construction of rain gardens and integration of ecological techniques to the rain water management system? Do they have the intention to economically contribute to the construction of the respective works?

Results are based on a questionnaire research, which has been conducted in the city centre of Thessaloniki, Greece, during Spring of 2018. One hundred people were finally willing to participate, and they were personally interviewed. The sample can be considered as representative regarding sex (female 52% - male 48%), marital status and income. . It was slightly biased towards younger ages, though, as 54% of the participants was between 20-40 years old. It was also biased regarding education, as 82% held a Bachelor's degree or higher.

The questionnaire results showed that:

- a) Ninety-one (91%) percent the respondents acknowledged that there is serious problem caused even by medium rain events,
- b) Most participants (95%) have a positive attitude towards the use of rain gardens and other ecological rain water management techniques,
- c) 76% of the respondents are not disposed to pay anything for new ecological rainwater management infrastructure to reduce the hazard. 3% are disposed to pay 1€ more in their bills for the Thessaloniki Water Supply and Sewerage Co. S.A., 6% to pay 5€, 4% to pay 10€ and 10% to pay 20€ or more. This result was rather

disappointing, in particular when combined with high awareness of the problem, rather young age and above average educational level of the participants.

This research might serve as a basis for further study in different contexts and different parts of the major area of Thessaloniki. Influence of sample selection on the outcome should be investigated, as well.

9. Conclusions and future research

In this chapter, the findings of Chapters 5 to 8 are summarized.

Then, topics of future research are proposed, such as:

- a) Monitoring proposed rain garden sites before and after construction
- b) Further extended investigation of rain runoff quality and its connection with shallow groundwater quality.
- c) Study of ecosystems of urban streams that have survived inside the urban fabric and evaluation of their role in rain water management.

Finally, elaboration of a new plan for the protection of Thessaloniki from floods is proposed, taking into account ecological rain water management techniques.

Keywords: Rain gardens, urban rainwater management, sewage system, Hec-Hms, rain runoff quality, groundwater, quality, questionnaire research

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τις έξι δειγματοληψίες στα υπόγεια νερά που πραγματοποιήθηκαν στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα 1ης δειγματοληψίας.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	A1	A2	A3	ΟΡΙΑ
<i>pH</i>	8,14	7,67	7,63	>6.5 και < 9.5
<i>Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)</i>	1197	741	1100	2500 μS/cm
<i>Αμμωνιακά (mg/L)</i>	1,6	0,01	1	0,50 mg/L
<i>Ολική Σκληρότητα (°d)</i>	21,4	21,1	20,9	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
<i>Κάλιο (mg/L)</i>	95,3	102	93,3	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
<i>Μαγνήσιο (mg/L)</i>	34,8	29,3	33,8	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
<i>Φωσφορικά (mg/L)</i>	7,14	0,15	5,19	5 mg/L

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	A1	A2	A3	ΟΡΙΑ
Χλωριούχα (mg/L)	12,3	9,5	12,1	250 mg/L
Νιτρικά (mg/L)	81,2	30,2	74,8	50 mg/L
Νιτρώδη (mg/L)No ₂ -N	0,013	0,005	0,021	0,5 mg/L
Θολότητα (NTU)	0,40	0,64	0,72	Καμία αλλαγή
Ολικά αιωρούμενα στερεά(mg/L)	504	460	512	1500 mg/L
Σίδηρος (mg/L)	0,03	0,02	0,10	200 µg/L
Μαγγάνιο (mg/L)	0,017	0,000	0,021	50 µg/L
Χρώμιο (mg/L)	0,004	0,010	0,011	50 µg/L
TOC (mg/L)	2,43	1,75	2,63	Καμία αλλαγή
DO (mg/L)	8,84	11,09	10,99	4mg/L
Τοξικότητα (% ακινησία)	0	0	0	0
Εντερόκοκκοι (CFU/100 mL)	1150	190	0	0
Ολικά κολοβακτηρίδια (CFU/100mL)	0	10000	10000	0

Πίνακας 2: Αποτελέσματα 2ης δειγματοληψίας

παραμετροι	A1	A2	A3	OPIA
pH	8,14	7,91	8,22	>6.5 και < 9.5
Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 οC (μS/cm)	1197	1087	1190	2500 μS/cm
Αμμωνιακά (mg/L)	1,6	0,01	1	0,50 mg/L
Ολική Σκληρότητα (od)	21,4	21,1	20,9	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
Κάλιο (mg/L)	95,3	102	93,3	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
Μαγνήσιο(mg/L)	34,8	29,3	33,8	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
Φωσφορικά (mg/L)	7,14	0,15	5,19	5 mg/L
Χλωριούχα (mg/L)	12,3	9,5	12,1	250 mg/L
Νιτρικά (mg/L)	81,2	30,2	74,8	50 mg/L
Νιτρώδη (mg/L)No2-N	0,013	0,005	0,021	0,5 mg/L
Θολότητα (NTU)	0,40	0,64	0,72	Καμία αλλαγή
Ολικά αιωρούμενα στερεά(mg/L)	504	460	512	1500 mg/L
Σίδηρος (mg/L)	0,03	0,02	0,10	200 mg/L

παραμετροι	A1	A2	A3	OPIA
Μαγγάνιο (mg/L)	0,017	0,000	0,021	50 mg/L
Χρώμιο (mg/L)	0,004	0,010	0,011	50 µg/L
TOC (mg/L)	2,43	1,75	2,63	Καμία αλλαγή
DO (mg/L)	8,84	11,09	10,99	4mg/L
Τοξικότητα (% ακινησία)	0	0	0	0
Εντερόκοκκοι (CFU/100 mL)	1150	190	400	0
Ολικά κολοβακτηρίδια (CFU/100mL)	10000	10000	10000	0

Πίνακας 3: Αποτελέσματα 3ης δειγματοληψίας

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	A1	A2	A3	ΟΡΙΑ
<i>pH</i>	7,39	7,77	7,40	>6.5 και < 9.5
<i>Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)</i>	1227	1088	1224	2500 μS/cm
<i>Αμμωνιακά (mg/L)</i>	0,18	0,13	0,11	0,50 mg/L
<i>Ολική Σκληρότητα (°d)</i>	22,1	21,1	37,9	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
<i>Κάλιο (mg/L)</i>	95	102	147	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
<i>Μαγνήσιο(mg/L)</i>	37,9	29	75	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
<i>Φωσφορικά (mg/L)</i>	2,23	0,22	2,71	5 mg/L
<i>Χλωριούχα ιόντα (mg/L)</i>	117,5	387,7	145,5	250 mg/L
<i>Νιτρικά (mg/L)</i>	68,9	33,4	68,4	50 mg/L
<i>Νιτρώδη (mg/L)NO₂-N</i>	0,006	0,008	0,011	0,5 mg/L
<i>Θολότητα (NTU)</i>	0,75	0,64	0,60	Καμία αλλαγή
<i>Ολικά αιωρούμενα στερεά(mg/L)</i>	535	238	525	1500 mg/L
<i>Σίδηρος (mg/L)</i>	0,10	0,23	0,24	200 mg/L
<i>Μαγγάνιο (mg/L)</i>	0,025	0,011	0,041	50 mg/L

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	A1	A2	A3	ΟΡΙΑ
Χρώμιο (mg/L)	0,022	0,011	0,025	50 mg/L
TOC (mg/L)	2,7	2,25	2,65	Καμία αλλαγή
DO (mg/L)	8,95	9,79	9,84	4mg/L
Τοξικότητα (% ακινησία)	0	0	0	0
Εντερόκοκκοι (CFU/100 mL)	1150	190	1150	0
Ολικά κολοβακτηρίδια (CFU/100mL)	150	150	150	0

Πίνακας 4.: Αποτελέσματα 4ης δειγματοληψίας.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	A1	A2	A3	ΟΡΙΑ
<i>pH</i>	7,49	7,73	7,54	>6.5 και < 9.5
<i>Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)</i>	1120	1120	1155	2500 μS/cm
<i>Αμμωνιακά (mg/L)</i>	0,37	1,2	0,20	0,50 mg/L
<i>Ολική Σκληρότητα (°d)</i>	22,1	21,1	37,9	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
<i>Κάλιο (mg/L)</i>	95	102	147	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
<i>Μαγνήσιο(mg/L)</i>	37,9	29	75	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
<i>Φωσφορικά (mg/L)</i>	7	7,54	8,4	5 mg/L
<i>Χλωριούχα (mg/L)</i>	900	980	1115	250 mg/L
<i>Νιτρικά (mg/L)</i>	7,69	6,54	10,3	50 mg/L
<i>Νιτρώδη (mg/L)NO₂-N</i>	0,014	0,016	0,016	0,5 mg/L
<i>Θολότητα (NTU)</i>	1,26	0,35	1,55	Καμία αλλαγή
<i>Ολικά αιωρούμενα στερεά(mg/L)</i>	484	487	503	1500 mg/L
<i>Σίδηρος (mg/L)</i>	0,48	1,02	0,52	200 mg/L
<i>Μαγγάνιο (mg/L)</i>	0,030	0,006	0,036	50 mg/L

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	A1	A2	A3	ΟΡΙΑ
Χρώμιο (mg/L)	0,025	0,019	0,021	50 mg/L
TOC (mg/L)	4,9	2,2	4	Καμία αλλαγή
DO (mg/L)	6,21	8,75	7,80	4mg/L
Τοξικότητα (% ακινησία)	0	0	0	0
Εντερόκοκκοι (CFU/100 mL)	1150	190	1150	0
Ολικά κολοβακτηρίδια (CFU/100mL)	150	150	150	0

Πίνακας 5: Αποτελέσματα 5ης δειγματοληψίας.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	A1	A2	A3	ΟΡΙΑ
<i>pH</i>	7,13	7,47	7,24	>6.5 και < 9.5
<i>Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)</i>	1084	1110	1140	2500 μS/cm
<i>Αμμωνιακά (mg/L)</i>	1,03	0,09	0,91	0,50 mg/L
<i>Ολική σκληρότητα (°d)</i>	36,2	31,1	37,4	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
Φωσφορικά (mg/L)	0,28	0,004	0,250	5 mg/L
Χλωριούχα (mg/L)	90,6	180,9	222,9	250 mg/L
Νιτρικά (mg/L)	12,9	6,50	12,8	50 mg/L
Νιτρώδη (mg/L)NO ₂ -N	0,008	0,005	0,010	0,5 mg/L
Θολότητα (NTU)	1,16	0,14	0,92	Καμία αλλαγή
Ολικά αιωρούμενα στερεά (mg/L)	463	476	494	1500 mg/L
Σίδηρος (mg/L)	0,03	0,06	0,06	200 mg/L
Μαγγάνιο (mg/L)	0,009	0,016	0,016	50 mg/L
Χρώμιο (mg/L)	0,005	0,001	0,007	50 mg/L
TOC (mg/L)	2	2,2	1	Καμία αλλαγή
DO (mg/L)	5,05	8,53	6,34	4mg/L
Τοξικότητα (% ακινησία)	0	0	0	0

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	A1	A2	A3	ΟΡΙΑ
Εντερόκοκκοι (CFU/100 mL)	1150	190	1150	0
E-coli (CFU/100mL)	150	150	150	0

Πίνακας 6: Αποτελέσματα δειγματοληψίας στην Κεντρική Βιβλιοθήκη του Α.Π.Θ.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	A1	A2	A3	ΟΡΙΑ
<i>pH</i>	8,19	7,98	8,08	>6.5 και < 9.5
<i>Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)</i>	1490	993	1300	2500 μS/cm
<i>Αμμωνιακά (mg/L)</i>	58,9	51,9	52,5	0,50 mg/L
<i>Ολική σκληρότητα (°d)</i>	34,7	24,8	35,3	Δεν υπάρχουν ενδεικτικές τιμές
<i>Φωσφορικά (mg/L)</i>	156	122	152	5 mg/L
<i>Χλωριούχα (mg/L)</i>	55,3	32	60,5	250 mg/L
<i>Νιτρικά (mg/L)</i>	1,02	0,015	3,1	50 mg/L
<i>Νιτρώδη (mg/L) NO₂-N</i>	0,013	0,005	0,021	0,5 mg/L
<i>Θολότητα (NTU)</i>	55,4	50,8	36,8	Καμία αλλαγή
<i>Ολικά αιωρούμενα στερεά (mg/L)</i>	0,095	0,044	0,066	1500 mg/L
<i>Σίδηρος (mg/L)</i>	0,84	0,25	1,26	200 mg/L
<i>Μαγγάνιο (mg/L)</i>	655	428	557	50 mg/L
<i>Χρώμιο (mg/L)</i>	0,13	0,09	0,15	50 mg/L
<i>TOC (mg/L)</i>	0,030	0,029	0,036	Καμία αλλαγή
<i>DO (mg/L)</i>	0,022	0,024	0,021	4mg/L
<i>Τοξικότητα (% ακινησία)</i>	0	0	0	0

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	A1	A2	A3	ΟΡΙΑ
Εντερόκοκκοι (CFU/ 100 mL)	1000	1000	1000	0
<i>E-coli</i> (CFU/100mL)	150	150	150	0

Πίνακας 7: Αποτελέσματα μετρήσεων υδρορροής στον προαύλιο χώρο του ΑΠΘ τον Μάρτιο του 2017.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	Y1	Y2	ΟΡΙΑ
<i>pH</i>	7,18	7,18	>6.5 και < 9.5
<i>Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)</i>	80	78,2	2500 μS/cm
Νιτρικά (mg/L)	0,11	0,015	50 mg/L
Θολότητα (NTU)	1,2	1,4	Καμία αλλαγή
Ολικά αιωρούμενα στερεά (mg/L)	40	45	1500 mg/L
TOC (mg/L)	4,39	4,10	Καμία αλλαγή
DO (mg/L)	0,022	0,024	4mg/L
Εντερόκοκκοι (CFU/100 mL)	82	100	0
<i>E-coli</i> (CFU/100mL)	100	100	0

Πίνακας 8: Αποτελέσματα μετρήσεων υδρορροής στον προαύλιο χώρο του ΑΠΘ τον Μάιο του 2017.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	Y1	Y2	ΟΡΙΑ
<i>pH</i>	7,35	7,28	>6.5 και < 9.5
<i>Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)</i>	80	85,5	2500 μS/cm
Νιτρικά (mg/L)	0,30	0,080	50 mg/L
Θολότητα (NTU)	2,2	3,10	Καμία αλλαγή
Ολικά αιωρούμενα στερεά (mg/L)	40	50	1500 mg/L
TOC (mg/L)	1,75	2,43	Καμία αλλαγή
DO (mg/L)	0,022	0,020	4mg/L
Εντερόκοκκοι (CFU/100 mL)	100	100	0
E-coli (CFU/100mL)	100	100	0

Πίνακας 9: Αποτελέσματα μετρήσεων σε ταράτσα και υδρορροή πολυκατοικίας τον Οκτώβριο του 2018.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	T	Y	ΟΡΙΑ
<i>pH</i>	7,28	7,62	>6.5 και < 9.5
<i>Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)</i>	30	303	2500 μS/cm
Νιτρικά (mg/L)	0,400	0,099	50 mg/L
Θολότητα (NTU)	1,25	2,5	Καμία αλλαγή
Ολικά αιωρούμενα στερεά (mg/L)	10	50	1500 mg/L
TOC (mg/L)	1,75	2,43	Καμία αλλαγή
DO (mg/L)	5,58	10,08	4mg/L
Εντερόκοκκοι (CFU/100 mL)	0	100	0
E-coli (CFU/100mL)	0	100	0

Πίνακας 10: Αποτελέσματα μετρήσεων σε τaráτσα και υδρορροή πολυκατοικίας τον Ιούνιο του 2019.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	T	Y	ΟΡΙΑ
<i>pH</i>	7,29	6,98	>6.5 και < 9.5
<i>Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)</i>	25	114	2500 μS/cm
Νιτρικά (mg/L)	0,450	0,099	50 mg/L
Θολότητα (NTU)	3,10	5,23	Καμία αλλαγή
Ολικά αιωρούμενα στερεά (mg/L)	11	45	1500 mg/L
TOC (mg/L)	1,75	2,43	Καμία αλλαγή
DO (mg/L)	6,30	10,11	4mg/L
Εντερόκοκκοι (CFU/100 mL)	0	100	0
E-coli (CFU/100mL)	0	100	0

Πίνακας 11: Αποτελέσματα μετρήσεων σε τaráτσα και υδρορροή πολυκατοικίας τον Ιανουάριο του 2020.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	T	Y	ΟΡΙΑ
<i>pH</i>	7,15	6,78	>6.5 και < 9.5
<i>Ηλεκτρική αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)</i>	25	150	2500 μS/cm
Νιτρικά (mg/L)	0,400	0,100	50 mg/L
Θολότητα (NTU)	2,28	4,33	Καμία αλλαγή
Ολικά αιωρούμενα στερεά (mg/L)	15	45	1500 mg/L
TOC (mg/L)	1,70	2,40	Καμία αλλαγή
DO (mg/L)	5,33	10,2	4mg/L
Εντερόκοκκοι(CFU/100 mL)	0	100	0
E-coli (CFU/100mL)	0	100	0

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΕΥΝΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΝΟΜΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗΣ

Ημερομηνία συνέντευξης (ΗΗ/ΜΜ/ΕΕ) : __/__/__

Τόπος διεξαγωγής της συνέντευξης : _____

1 ^η Ενότητα : Κοινωνικά χαρακτηριστικά του ερωτώμενου
--

1.Τρόπος Συμπλήρωσης: Ηλεκτρονικά____ Προσωπική Συνέντευξη____

2.Δήμος που ανήκετε :

3.Μέγεθος οικογένειας :

4.Μορφωτικό επίπεδο :

α)Απόφοιτος γυμνάσιου :

β)Απόφοιτος Λυκείου :

γ)Φοιτητής ΑΕΙ ή ΤΕΙ ή ΙΕΚ

δ)Απόφοιτος ΑΕΙ/ΤΕΙ :

5.Κύριο επάγγελμα (συγκεκριμένα) :

6.Οικογενειακή κατάσταση:

7.Ηλικία:

8.Φύλο :

9.Εισόδημα (ετήσιο) έως: 5000€____ 10.000€____ 20.000€____ 30000 €____ πάνω από
30.000€____

2 ^η Ενότητα : Οχλήσεις κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων

10. Σε ποιες οδούς-δρόμους κινείστε

συνήθως; _____

11. Κατά τη διάρκεια της βροχής έχετε αντιληφθεί προβλήματα στους δρόμους (οδικό δίκτυο);

Ναι _____ Όχι _____

12. Έχετε παρατηρήσει να βουλώνουν σχάρες υδροσυλλογής στους δρόμους;

Ναι _____ Όχι _____

13. Πόσο ταλαιπωρείστε είτε πεζός είτε οδηγώντας όταν βρέχει;

Πολύ _____ Λίγο _____ Σπάνια _____

14. Υπάρχει κίνδυνος για πεζούς και οδηγούς κατά τη διάρκεια έντονης βροχής;

Ναι _____ Όχι _____

15. Που έχετε παρατηρήσει (σε ποιους δρόμους) τα κυριότερα προβλήματα όταν βρέχει; _____

3 ^η Ενότητα : Εξοικείωση με το πρόβλημα των όμβριων υδάτων και τις μεθόδους οικολογικής διαχείρισης.

Έχει διαπιστωθεί ότι το αποχετευτικό δίκτυο της Θεσσαλονίκης δεν μπορεί να προστατέψει πλήρως όλα τα μέρη των αστικών περιοχών κατά τη διάρκεια ισχυρών βροχοπτώσεων. Έτσι λοιπόν το νερό που συσσωρεύεται σε επιφάνειες οδών και πεζοδρόμια καθιστά τη χρήση τους από τους πεζούς μια πρόκληση και την οδήγηση του αυτοκινήτου πιο επικίνδυνη. Στις χειρότερες περιπτώσεις, καταστήματα και τα σπίτια, ιδίως τα υπόγεια κατοικιών κατακλύζονται από νερό βροχής και ανθρώπινες ζωές εκτίθενται σε κίνδυνο.

Για να αποφευχθούν τέτοιες καταστάσεις θα μπορούσαν να γίνουν κάποιες αλλαγές στο υπάρχον δίκτυο αποχέτευσης σε προβληματικές ζώνες (π.χ. αντικατάσταση σωληνώσεων, εγκατάσταση περισσότερων σχαρών υδροσυλλογής κατά μήκος των οδών). Επίσης, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν οικολογικές μέθοδοι διαχείρισης ομβρίων, όπως κήποι βροχής, δενδροδόχοι βιοκατακράτησης, υδροπερατά πεζοδρόμια και οδοστρώματα, με πολλαπλό όφελος.



Υπάρχοντα προβλήματα



Δυνατότητες αποκατάστασης

16. Συμφωνείτε με την ενσωμάτωση οικολογικών έργων διαχείρισης ομβρίων στο σύστημα αποχέτευσης;

-Συμφωνώ

-Δεν συμφωνώ

-Δεν με ενδιαφέρει

17. Εάν συμφωνείτε, είστε διατεθειμένος να συμμετάσχετε οικονομικά για την κατασκευή τέτοιων έργων στη Θεσσαλονίκη;

-Είμαι διατεθειμένος

-Θέλω τα έργα, αλλά πρέπει να πληρώσει ο Δήμος, η εταιρεία αποχέτευσης ή το κράτος

-Δεν μπορώ να πληρώσω

-Δεν θέλω τα έργα

18. Εφόσον θα θέλατε τα έργα τι ποσό θα ήσασταν διατεθειμένος να πληρώσετε ;

1 €.... 5 €.... 10 €.... 20 €.... άνω των 20 €....

19. Πόσο πληρώνετε στον λογαριασμό της ΕΥΑΘ;

30-40 €.... 40-50 €.... 50-60 €.... άνω των 60 €....

20. Γνωρίζετε ότι μέρος του ποσού αυτού είναι για την αποχέτευση;

-Ναι

-Όχι

21. Ποια έργα θεωρείτε ως προτεραιότητα να κάνουν οι αρμόδιοι φορείς στο σύστημα αποχέτευσης;

-Συντήρηση δικτύων

-Κατασκευή νέων αγωγών

-Ενσωμάτωση οικολογικών μεθόδων

-Βελτίωση εγκαταστάσεων λειτουργίας επεξεργασίας λυμάτων

-Βελτίωση της παρακολούθησης του δικτύου.