



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Τμήμα Γεωλογίας

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ-ΔΗΜΗΤΡΑ

ΑΕΜ 3965

ΜΩΡΑΙΤΗ ΧΡΥΣΑΝΘΗ

ΑΕΜ 4030

Επιβλέπων καθηγητής: Κωνσταντίνος Βουδούρης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	2
Εισαγωγή.....	3
Ιστορική αναδρομή.....	4
Η κατάσταση στον κόσμο παραδείγματα.....	6
Τεχνικά στοιχεία του συστήματος υδροσυλλογής.....	11
Ισοζύγιο Ύδατος.....	24
Χρήσεις του βρόχινου νερού.....	34
Οι πράσινες στέγες.....	38
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΜΕ ΚΕΡΑΜΙΔΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.....	41
Υλικά και μέθοδοι.....	41
Πειραματική διαδικασία.....	43
Συμπεράσματα.....	54
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	55

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι απαραίτητο στοιχείο για την ζωή αλλά αποτελεί και πρωταρχικής σημασίας αγαθό για ένα μεγάλο πλήθος σημαντικών δραστηριοτήτων του ανθρώπου. Η έλλειψη νερού είναι το σημαντικότερο πρόβλημα στον κόσμο σήμερα. Η συνεχιζόμενη ξηρασία και οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες του πληθυσμού μειώνουν τα αποθέματα του νερού. Επιπλέον το πρόβλημα της έλλειψης του νερού συνδέεται άμεσα και με το πρόβλημα της ποιότητας του νερού. Η αστική ανάπτυξη, οι ανθρώπινες δραστηριότητες και η βιομηχανοποίηση υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού και σε ορισμένες περιπτώσεις το καθιστούν ανασφαλές για κατανάλωση. Η σημερινός τρόπος χρήσης του νερού από την κοινωνία μας απέχει μακριά από το να χαρακτηριστεί βιώσιμος. Πολύ μεγάλη ποσότητα νερού υψηλής ποιότητας λαμβάνεται από τα οικοσυστήματα ενώ μεγάλη ποσότητα μολυσμένου νερού εκφορτίζεται.

Στη χώρα μας τα προβλήματα του νερού συνοψίζονται:

- Στην πτώση της στάθμης των υδροφόρων οριζόντων και στη λειψυδρία, που αυξήθηκε σε ποσοστό 66%, σύμφωνα με τα στοιχεία του Εθνικού Κέντρου Πρόληψης Καταστροφών.
- Στην εντατική και μη ορθολογική εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων, π.χ. το πλήθος των ανεξέλεγκτων γεωτρήσεων.
- Στην εκτεταμένη ρύπανση των υπόγειων νερών από τη γεωργία και την ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων.
- Στην έλλειψη επαρκών δεδομένων σχετικά με την ποσότητα και την ποιότητα των νερών.

Η συλλογή βρόχινου νερού μπορεί να βοηθήσει στο παραπάνω πρόβλημα σαν μία εναλλακτική λύση για ύδρευση και βιομηχανική χρήση. Είναι μια συνηθισμένη πρακτική σε πολλά κράτη σε όλο τον κόσμο για χιλιάδες χρόνια κυρίως σε ξηρές ή

απομονωμένες περιοχές όπου η παροχή του νερού μέσω δικτύου σωληνώσεων είναι οικονομικά ασύμφορη ή τεχνικώς αδύνατη.

Η αξιοποίηση του βρόχινου νερού παραδοσιακά θεωρείται ως μια από τις πιθανές πηγές αποθεμάτων νερού κυρίως στις αγροτικές περιοχές. Τα τελευταία χρόνια όμως η αξιοποίηση του βρόχινου νερού στις αστικές περιοχές έχει προωθηθεί γιατί επικρατεί η αντίληψη ότι το βρόχινο νερό ακόμα και στις αστικές περιοχές έχει οικονομικά και οικολογικά οφέλη.

Το βρόχινο νερό αποτελεί την πιο καθαρή πηγή νερού από όλες όσες είναι διαθέσιμες. Το γεγονός αυτό του δίνει επιπρόσθετα πλεονεκτήματα ως προς την χρήση του σε σύγκριση με τα υπόλοιπα είδη νερού που συναντάμε στη φύση. Επίσης η συλλογή του και η χρήση του μειώνει κάποιες από τις καταστροφικές συνέπειες που προκαλούν οι έντονες βροχοπτώσεις.

Ιστορική αναδρομή

Η διαχείριση των όμβριων υδάτων είναι ένας γενικός όρος που περιγράφει τη συγκέντρωση, τη συλλογή, την αποθήκευση και τη χρήση της ροής του βρόχινου νερού και για οικιακούς και για γεωργικούς σκοπούς. Όσον αφορά την προμήθεια νερού για οικιακή χρήση, οι υδροσυλλογές από στέγες είναι ο πιο κοινός τρόπος για την εκμετάλλευσή του, αν και σε πολλές αναπτυγμένες χώρες το βρόχινο νερό συλλέγεται από το έδαφος ή από την επιφάνεια βράχων χρησιμοποιώντας απλές τεχνικές όπως δοχεία αλλά και πολύπλοκες τεχνικές όπως υπόγειες δεξαμενές. Τα συστήματα διαχείρισης και χρησιμοποίησης των όμβριων υδάτων εφαρμόστηκαν από την αρχαιότητα και ειδικότερα στην Ρωμαϊκή εποχή συναντάμε συστήματα υδροσυλλογής από στέγες. Ρωμαϊκά χωριά ακόμη και ολόκληρες πόλεις σχεδιάστηκαν ώστε να εκμεταλλεύονται το βρόχινο νερό ως βασική πηγή για οικιακούς σκοπούς μέχρι το 2000 π.Χ. Στην έρημο του Ισραήλ, βρέθηκαν δεξαμενές που συλλέγουν την απορροή από τις πλαγιές των λόφων για οικιακούς και αγροτικούς σκοπούς με αποτέλεσμα να γίνονται κατοικήσιμες και καλλιεργήσιμες περιοχές με λιγότερο από 100 mm βροχής το χρόνο. Τα νεώτερα ευρήματα της χρήσης αυτού του είδους της τεχνολογίας στην Αφρική

έρχονται από την βόρεια Αίγυπτο, όπου οι δεξαμενές κυμαίνονται από 200-2000 m³ και χρησιμοποιήθηκαν για τουλάχιστον 2000 χρόνια, μερικές από τις οποίες λειτουργούν ακόμη και σήμερα. Η τεχνολογία αυτή επίσης έχει μακρά ιστορία στην Ασία, όπου οι πρακτικές συλλογής του βρόχινου νερού χρησιμοποιούνταν για πάνω από 2000 χρόνια στην Ταϊλάνδη. Μικρής κλίμακας συλλογή του βρόχινου νερού από τις άκρες των οροφών ή μέσω απλών σωλήνων που στο τέλος οδηγείται σε παραδοσιακά βάζα ή δοχεία, εφαρμόζεται στην Αφρική και στην Ασία για χιλιάδες χρόνια. Σε ορισμένες αγροτικές περιοχές αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται ακόμη και σήμερα. Η μεγαλύτερη δεξαμενή συλλογής νερού στον κόσμο είναι πιθανότατα αυτή στην Κωνσταντινούπολη. Κατασκευάστηκε κατά τη διάρκεια του αυτοκράτορα Ιουστινιανού (527-565 μ.Χ.) με διαστάσεις 140 m x 70 m και με χωρητικότητα 80.000 m³.

Στην περιοχή της Μεσογείου και συγκεκριμένα στο νησί της Κύπρου, έχουν ανακαλυφθεί κατασκευές και τρόποι εκμετάλλευσης των όμβριων, επιφανειακών ακόμα και υπόγειων υδάτων από την αρχαιότητα.

Κατά τη λίθινη εποχή οι συνοικισμοί στην Κύπρο χτίζονταν σε τοποθεσίες όπου υπήρχε νερό είτε επιφανειακό είτε υπόγειο.

Κατά τη νεολιθική περίοδο 8500-3900 π.Χ. οι συνοικισμοί βρίσκονται σε τοποθεσίες όπου υπήρχαν πηγές που ανάβλυζαν όλο το χρόνο ή υπήρχε κοντά ποταμός.

Κατά την πρώτη και μέση εποχή του χαλκού 2500-1600 π.Χ., οι αρχαίοι συνοικισμοί ήταν χτισμένοι σε ψηλές οχυρωμένες τοποθεσίες πιθανόν από το φόβο επιδρομών. Στους συνοικισμούς αυτούς υπήρχαν ειδικές κατασκευές και εγκαταστάσεις κυρίως πήλινοι και πέτρινοι αγωγοί για το μάζεμα και την αποθήκευση του νερού της βροχής. Στις πόλεις εκείνες που αντιμετώπιζαν έλλειψη νερού αναπτύχθηκε πολύ το σύστημα της συλλογής και αποθήκευσης του νερού της βροχής πάνω σε οργανωμένη βάση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η πόλη της Έγκωμης κοντά στη Σαλαμίνα, όπου σε ολόκληρη την πόλη υπήρχε οργανωμένο δίκτυο συλλογής νερού της βροχής από κάθε σπίτι. Το νερό μαζευόταν με πήλινους αγωγούς και φυλαγόταν σε στέρνες στην αυλή κάθε σπιτιού.

Κατά την Κλασσική, Ελληνιστική και Ρωμαϊκή εποχή (480 π.Χ.-49 μ.Χ.) οι γνώσεις της πρακτικής και εφαρμοσμένης μηχανικής την εποχή εκείνη ήταν πολύ αναπτυγμένες

αν κρίνουμε από τα εξαιρετικά υδραγωγεία που βρέθηκαν στη Σαλαμίνα. Τεχνικά τέλειο είναι επίσης το σύστημα διακλάδωσης του ζεστού και κρύου νερού στα λουτρά της πόλης. Πώς οι κάτοικοι κατασκεύαζαν υδρευτικά και αρδευτικά έργα τόσο πολύπλοκα, με τις γνώσεις και τα μέσα που διέθεταν τότε είναι άξιο θαυμασμού.

Κατά τους πρωτοχριστιανικούς και βυζαντινούς χρόνους (330 μ.Χ.-1191 μ.Χ.) δεν υπάρχει ανάπτυξη των υδάτινων πόρων. Οι πόλεις χρησιμοποιούσαν για την ύδρευσή τους τις παλιές ελληνιστικές και ρωμαϊκές κατασκευές με ορισμένες επιδιορθώσεις.

Κατά την περίοδο της φραγκοκρατίας και ενετοκρατίας (1192-1489 μ.Χ. και 1489-1571 μ.Χ. αντίστοιχα) οι κατακτητές του νησιού αντιμετώπιζαν το πρόβλημα της έλλειψης νερού για ύδρευση, με τη συστηματική διοχέτευση και υπόγεια αποθήκευση του νερού της βροχής. Για να μην υπάρχει απώλεια νερού κατά τη μεταφορά χρησιμοποιούσαν πήλινους αγωγούς και κτιστά υπόγεια αυλάκια. Επίσης για αρδευτικούς σκοπούς κυρίως αξιοποίησαν, τροποποίησαν, και πολλαπλασίασαν τα συστήματα των διαδοχικών πηγαδιών τα λεγόμενα «Λαούμια».

Κατά την Τουρκοκρατία (1571-1878 μ.Χ.) δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στο σύστημα ύδρευσης.

Κατά την περίοδο της Βρετανικής αποικιοκρατίας (1878-1960 μ.Χ.) οι Βρετανοί αντιμετώπισαν το πρόβλημα της έλλειψης του νερού πάνω σε οργανωμένη βάση. Έστειλαν διάφορους Βρετανούς γεωλόγους κατά καιρούς οι οποίοι εισηγήθηκαν την κατασκευή διαφόρων έργων όπως π.χ. γεωτρήσεων, φράγματα εκτροπής, μικρές υδατοδεξαμενές και διακλαδώσεις με τσιμενταύλακα ως επί το πλείστον. (Καμπανέλλας Α. et al. 2003)

Η κατάσταση στον κόσμο παραδείγματα

Σιγκαπούρη

Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από αυξανόμενη ανάγκη κατανάλωσης νερού και προσπαθεί να βρει εναλλακτικές πηγές και καινοτόμες μεθόδους για τη διαχείριση του νερού. Σχεδόν το 86% του πληθυσμού ζει σε όλο και υψηλότερα κτίρια. Μια ειδική ανοιχτή οροφή τοποθετείται για τη συλλογή του βρόχινου νερού. Το συλλεγόμενο νερό της βροχής κρατείται μέσα σε ξεχωριστές δεξαμενές επάνω στην οροφή για μη-πόσιμες

χρήσεις. Μια πρόσφατη έρευνα σε μια αστική κατοικημένη περιοχή με περίπου 742 κατοίκους χρησιμοποίησε ένα μοντέλο για να προσδιορίσει τον όγκο αποθήκευσης των δεξαμενών. Αποτέλεσμα της μελέτης είναι η εξοικονόμηση 4% του νερού που χρησιμοποιήθηκε.

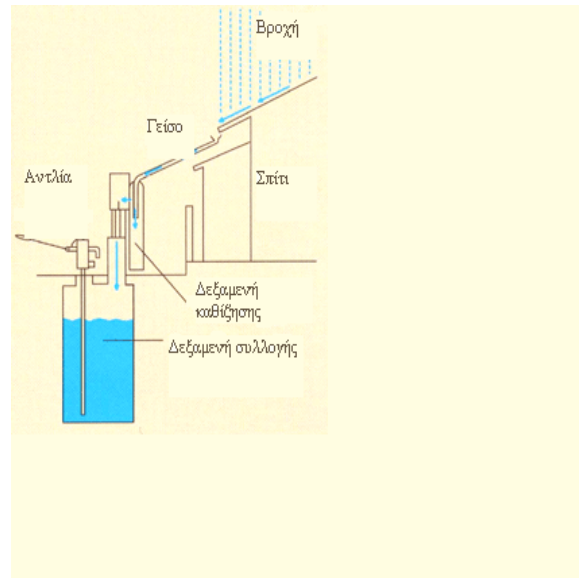
Μια πιο ολοκληρωμένη διαχείριση και χρησιμοποίηση του βρόχινου νερού εφαρμόζεται στο αεροδρόμιο του Changi. Το νερό της βροχής που πέφτει στον αεροδιάδρομο και στις τριγύρω πράσινες περιοχές κατευθύνεται σε δύο κλειστές δεξαμενές. Η μία από τις δεξαμενές είναι σχεδιασμένη για να εξισορροπεί τις ροές κατά τη διάρκεια υψηλών τιμών απορροής και η άλλη δεξαμενή χρησιμοποιείται για να συλλέγει την απορροή. Το νερό κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται για μη πόσιμες χρήσεις όπως πυρόσβεση και ξέπλυμα της λεκάνης της τουαλέτας. Με αυτή τη μέθοδο εξοικονομείται το 28-33% του πόσιμου νερού και έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση 390.000 δολαρίων το χρόνο.

Ιαπωνία, Τόκιο

Στο Τόκιο η διαχείριση των όμβριων υδάτων προορίζεται να μετριάσει τις ελλείψεις σε νερό, να ελέγξει τις πλημμύρες και να εξασφαλίσει νερό για έκτακτες ανάγκες.

Η Ryogoku Kokugikan Sumo-wrestling arena, που χτίστηκε στην πόλη Sumida το 1985, διαχειρίζεται και χρησιμοποιεί σε μεγάλη κλίμακα το βρόχινο νερό. Η οροφή αυτής της αρένας είναι 8.400 m^2 και αποτελεί την επιφάνεια υδροσυλλογής. Το συλλεγόμενο νερό οδηγείται σε μια υπόγεια δεξαμενή χωρητικότητας 1.000 m^3 και χρησιμοποιείται για τις ανάγκες της τουαλέτας και για το κλιματιστικό. Ένα παρόμοιο σύστημα εφαρμόζεται και στο Sumida City Hall. Το παραπάνω παράδειγμα ακολούθησαν και πολλές δημόσιες υπηρεσίες στο Τόκιο.

Επιπλέον, ένα απλό σύστημα διαχείρισης των όμβριων υδάτων ονομαζόμενο ως Rojison χρησιμοποιείται από κατοίκους στην πόλη Mukojima έξω από το Τόκιο για να καλύψουν ανάγκες όπως το πότισμα του κήπου, ανάγκες πυρόσβεσης αλλά και για κατανάλωση σε περιπτώσεις ανάγκης. Περίπου 750 ιδιωτικά και δημόσια κτίρια στο Τόκιο χρησιμοποιούν τέτοιου είδους τεχνικές.



Εικόνα 1: Rojison μια απλή και μοναδική κατασκευή σε κοινοτικό επίπεδο στο Τόκιο
<http://www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanenv-2/9.asp>

Γερμανία, Βερολίνο

Τον Οκτώβριο του 1998 παρουσιάστηκαν στο Βερολίνο συστήματα χρησιμοποίησης των όμβριων υδάτων. Σαν ένα μέρος μιας μεγάλης κλίμακας της αστικής ανάπτυξης, δημιουργήθηκε το σύστημα DaimlerChrysler Potsdamer Platz για να ελέγξει τις πλημμύρες, να διαφυλάξει πόσιμο νερό για την πόλη και να δημιουργήσει ένα καλύτερο μικροκλίμα. Το νερό της βροχής που πέφτει στις ταράτσες 19 κτιρίων, συνολικής έκτασης 32.000 m², συλλέγεται και αποθηκεύεται σε υπόγειες δεξαμενές χωρητικότητας 3.500 m³ και έπειτα χρησιμοποιείται στις τουαλέτες, για πότισμα και για την αναπλήρωση τεχνητής λίμνης.

Σε ένα άλλο σχέδιο στο Belss-Luedecke-Strasse building στο Βερολίνο, το νερό της βροχής που έρχεται από τις οροφές (από μια προσεγγιστική περιοχή των 7.000 m²) εκφορτίζεται μέσα σε ένα δημόσιο ξεχωριστό υπόνομο και οδηγείται μέσα σε δεξαμενή χωρητικότητας 160 m³, μαζί με το νερό που ρέει στους δρόμους, από παρκινγκ, από πεζοδρόμια (αντιπροσωπεύοντας μια περιοχή 4.200 m²). Το νερό αυτό περνάει από διάφορα στάδια και χρησιμοποιείται για το ξέπλυμα της τουαλέτας όπως και για το πότισμα κήπων. Το σύστημα αυτό εξασφαλίζει ότι η πλειοψηφία των ρυπαντών στην αρχική ροή ξεπλένονται από το σύστημα συλλογής βρόχινου νερού και οδηγούνται σε εργοστάσιο επεξεργασίας λυμάτων για περαιτέρω επεξεργασία. Εκτιμάται ότι το 58%

του βρόχινου νερού μπορεί να διατηρηθεί τοπικά μέσω της χρήσης αυτού του συστήματος. Με βάση ένα δεκαετές πρόγραμμα προσομοίωσης τα αποθέματα του πόσιμου νερού υπολογίζονται να φτάσουν τα 2.430 m³ το χρόνο, έτσι διατηρούνται τα υπόγεια αποθέματα νερού σε ικανοποιητικά επίπεδα.

Και τα δυο συστήματα όχι μόνο εξασφαλίζουν πόσιμο νερό για τις ανάγκες της πόλης αλλά επίσης μειώνουν την πιθανότητα εκφόρτισης ρυπαντών από τα αποχετευτικά συστήματα στα επιφανειακά νερά.

Ταϊλάνδη

Η συλλογή του νερού της βροχής από τις ταράτσες μέσα σε βαρέλια είναι ένας προσεγγιστικός και οικονομικός τρόπος για να επιτευχθεί η υψηλή ποιότητα πόσιμου νερού στην Ταϊλάνδη. Πολλές κοινότητες δεν έχουν τρόπο να προστατεύσουν το πόσιμο νερό από τη σπατάλη και τη μόλυνση από τα κουνούπια. Τα βαρέλια έχουν ποικίλες χωρητικότητες από 100 μέχρι 3.000 λίτρα και είναι εφοδιασμένα με καπάκι, στρόφιγγα και ένα σωλήνα. Συνήθως χρησιμοποιούνται βαρέλια χωρητικότητας 2.000 λίτρων που κοστίζουν 750 Baht ή 18,99 Euro (1 Baht = 0,02532 Euro) και αποθηκεύουν επαρκή ποσότητα νερού για ένα νοικοκυριό έξι ατόμων κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, που κρατάει πάνω από 6 μήνες.



Εικόνα 2: Παράδειγμα από την Ινδονησία

<http://www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanenv-2/9.asp>

Ινδονησία

Στην Ινδονησία, η έλλειψη υπόγειου νερού γίνεται ακόμη μεγαλύτερη στις αστικές περιοχές λόγω της μειούμενης διήθησης του νερού. Η μείωση της ανανέωσης του υπόγειου νερού στις πόλεις είναι ανάλογη με την αύξηση των πεζοδρομίων και των στεγών. Η αύξηση του πληθυσμού έχει σαν αποτέλεσμα την όλο και μεγαλύτερη ανάγκη κατανάλωσης νερού. Αναγνωρίζοντας την ανάγκη να αλλάξει το αποχετευτικό σύστημα, η κυβέρνηση παρουσίασε έναν κανονισμό απαιτώντας όλα τα κτίρια να έχουν ένα πηγάδι διήθησης. Ο κανονισμός αυτός απευθύνεται στα 2/3 της χώρας, περιλαμβάνοντας τις επαρχίες της Yogyakarta, Jakarta, δυτική και κεντρική Ιάβα. Το έλλειμμα της τάξεως του 53%, με τη χρησιμοποίηση πηγαδιού διήθησης σε κάθε σπίτι στην Ιάβα και στη Mandura μέχρι το 2000 μειώθηκε στο 37%.

Χαβάη ΗΠΑ

Στο εθνικό ηφαιστειακό πάρκο στο νησί της Χαβάης, τα συστήματα χρησιμοποίησης βρόχινου νερού χτίστηκαν για να προμηθεύσουν νερό σε 1.000 εργάτες και κατοίκους του πάρκου και 10.000 επισκέπτες την ημέρα. Το σύστημα του πάρκου περιλαμβάνει την οροφή ενός κτιρίου σε μια περιοχή 0,4 εκτάρια (1 εκτάριο = 10000 m²), μια περιοχή συλλογής του εδάφους πάνω από 2 εκτάρια, δεξαμενές αποθήκευσης με ενισχυμένο σκυρόδεμα χωρητικότητας 3.800 m³ η κάθε μια, και 18 δεξαμενές κατασκευασμένες από ερυθρόδεντρο με 95 m³ η κάθε μια. Μερικά μικρότερα κτίρια έχουν το δικό τους σύστημα διαχείρισης. Ένα εργοστάσιο επεξεργασίας νερού χτίστηκε για να προμηθεύει τους κατοίκους με υψηλής ποιότητας νερό.



Εικόνα 3: Ξύλινη δεξαμενή νερού στη Χαβάη, ΗΠΑ
<http://www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanenv-2/9.asp>

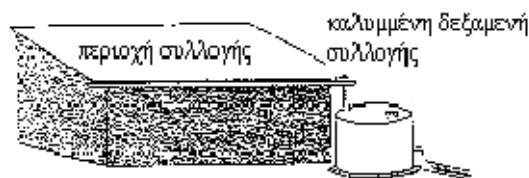
Τεχνικά στοιχεία του συστήματος υδροσυλλογής

Τα πιο σύγχρονα συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα στις αναπτυγμένες χώρες κυρίως αποτελούνται από τρία βασικά μέρη την περιοχή υδροσυλλογής, τη συσκευή συλλογής και το σύστημα μεταφοράς.

1. Περιοχή υδροσυλλογής

- Ταράτσες (απλά συστήματα συλλογής από τις οροφές κτιρίων): στην πιο βασική μορφή αυτής της τεχνικής, το βρόχινο νερό συλλέγεται σε απλά δοχεία στην άκρη της οροφής. Οι διαφορές σε αυτή τη βασική προσέγγιση περιλαμβάνουν συλλογή του βρόχινου νερού από αυλάκια που διοχετεύεται στο συλλεκτήρα μέσω κατακόρυφων σωλήνων που κατασκευάζονται για αυτό το σκοπό και/ή την εκτροπή του βρόχινου νερού από τα αυλάκια στις δεξαμενές για την ιδιαίτερη τακτοποίηση αυτού (settling particulate) πριν μεταφερθεί στην δεξαμενή για οικιακή χρήση. Η ποιότητα και η ποσότητα του νερού που συλλέγεται από την οροφή εξαρτάται από την περιοχή και από το υλικό κατασκευής της οροφής. Λογικά καθαρό νερό μπορεί να συλλεχθεί από οροφές

κατασκευασμένες από γαλβανισμένο σίδηρο με αυλακώσεις, αλουμίνιο ή από τσιμεντένια 'φύλλα', κεραμίδια και πλάκες, αν και οροφές κατασκευασμένες από καλάμια και σωλήνες από μπαμπού τοποθετημένες σε κατάλληλη κλίση μπορούν να παρέχουν την ίδια ποσότητα απορροής με λιγότερο κόστος. Παρόλα αυτά οι οροφές από μπαμπού είναι οι λιγότερο κατάλληλες γιατί υπάρχει κίνδυνος για την υγεία. Ομοίως οροφές από μεταλλική μπογιά ή άλλες επικαλύψεις δε συνιστώνται αφού μπορούν να προσδώσουν γεύση ή χρώμα στο νερό. Οι οροφές υδροσυλλογής πρέπει να καθαρίζονται συχνά ώστε να απομακρύνεται η σκόνη, τα φύλλα και οι ακαθαρσίες των πουλιών για να μη μειωθεί η ποιότητα του νερού.



Εικόνα 4: Σύστημα συλλογής από ταράτσα

<http://www.gdrc.org/uem/water/rainwater/introduction.html>

- Μεγαλύτερα συστήματα για εκπαιδευτικά ιδρύματα, στάδια, αεροδρόμια και άλλες εγκαταστάσεις

Όταν τα συστήματα είναι μεγαλύτερα, μπορούν να γίνουν πολυπλοκότερα για παράδειγμα η συλλογή του νερού από την οροφή και από το έδαφος καταστημάτων αποθηκεύεται σε υπόγεια ρεζερβουάρ, επεξεργάζεται και χρησιμοποιείται για μη-πόσιμες εφαρμογές.

- Συστήματα συλλογής νερού από τις ταράτσες πολυώροφων κτιρίων σε κατοικημένες περιοχές

Η οροφή σε τέτοιου είδους κτίρια κατασκευάζεται έτσι ώστε το νερό να μπορεί να συλλεχθεί και να τοποθετηθεί σε ξεχωριστές δεξαμενές στην οροφή για μη-πόσιμους σκοπούς.

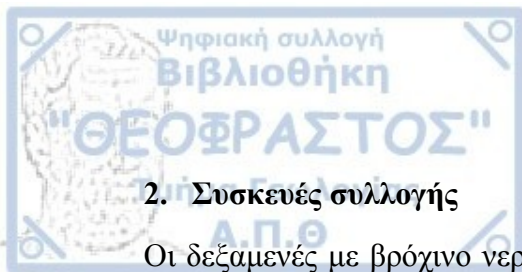
- Υδροσυλλογή από την επιφάνεια του εδάφους

Η συλλογή του βρόχινου νερού από την επιφάνεια του εδάφους είναι λιγότερο περίπλοκος τρόπος. Χαρακτηρίζεται από ικανοποιητική ποσότητα υδρορροής στην επιφάνεια του εδάφους μέσω διαφόρων τεχνικών και περιλαμβάνει τη συλλογή της απορροής με σωλίνες που οδηγούν στη δεξαμενή αποθήκευσης. Σε σύγκριση με την τεχνική υδροσυλλογής από στέγη, η τεχνική υδροσυλλογής από το έδαφος παρέχει περισσότερες πιθανότητες να συλλεχθεί νερό από μεγαλύτερη επιφάνεια. Συλλέγοντας το νερό το οποίο προκύπτει από την υπερχειλίση των ρυακιών και μικρών ποταμών κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων και αποθηκεύοντάς το σε δεξαμενές χαμηλού κόστους μπορούμε να ικανοποιήσουμε τις ανάγκες σε νερό κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα απώλειας νερού από τη διήθηση του μέσα στο έδαφος και της χαμηλής ποιότητας του νερού που έχει συλλεχθεί με αποτέλεσμα αυτή η τεχνική να είναι κατάλληλη για την αποθήκευση νερού για αγροτικούς σκοπούς. Είναι διαθέσιμες διάφορες τεχνικές που βοηθούν στην αύξηση της υδρορροής όπως: καθαρίζοντας ή μεταβάλλοντας το κάλυμμα βλάστησης, αυξάνοντας την κλίση του εδάφους με τεχνητό κάλυμμα εδάφους και μειώνοντας τη διαπερατότητα του εδάφους κάνοντας το έδαφος πιο συμπαγές χρησιμοποιώντας διάφορα χημικά.



Εικόνα 5: Σύστημα συλλογής από το έδαφος

<http://www.gdrc.org/uem/water/rainwater/introduction.html>



2. Συσκευές συλλογής

Οι δεξαμενές με βρόχινο νερό μπορούν να μας προμηθεύσουν με φυσικό, καθαρό και άοσμο νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς. Σε ορισμένες περιοχές αντιπροσωπεύει τον πρωταρχικό πόρο νερού που χρησιμοποιείται για το νοικοκυριό.

Το νερό είναι ασφαλές για πόση?

Το νερό είναι ασφαλές για πόση αρκεί να είναι καθαρό, να έχει ανεπαίσθητη γεύση και οσμή και να είναι διατηρημένο σωστά μέσα στα συστήματα υδροσυλλογής ώστε να αποφευχθούν περιπτώσεις ασθενειών από τη χρήση του.

Το νερό αυτό χρησιμοποιείται για το νοικοκυριό, για πόση, για το φαγητό, για το μπάνιο και πρέπει να ακολουθεί τους βασικούς κανόνες υγιεινής για να προστατευθεί η υγεία της οικογένειας που το χρησιμοποιεί. Θα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από βλαβερούς μικροοργανισμούς όπως βακτήρια, ιούς, παράσιτα ή από υψηλή συγκέντρωση χημικών.

Η ποιότητα του βρόχινου νερού που συλλέγεται στις οικιακές δεξαμενές θα είναι φτωχότερη σε μικροβιακό φορτίο από αυτό που προμηθεύεται από το δημόσιο σύστημα παροχής νερού. Εντούτοις, αν τα συστήματα παροχής νερού είναι καλά διατηρημένα η πιθανότητα να αναπτυχθούν βλαβεροί μικροοργανισμοί είναι χαμηλή.

Όσοι χρησιμοποιούν βρόχινο νερό σε αστικές περιοχές θα πρέπει να είναι ενήμεροι για τη πιθανότητα κινδύνου σχετικά με τη χημική και μικροβιακή μόλυνση του νερού. Η συλλογή του νερού σε περιοχές που βρίσκονται κοντά σε αυτοκινητοδρόμους, αποτεφρωτήρια, χυτήρια και βιομηχανίες δεν συνίσταται. Αιωρούμενα σωματίδια και άλλοι μολυσματικοί παράγοντες υπάρχει περίπτωση να μπουν μέσα στις δεξαμενές σε αστικά κέντρα και βιομηχανικές περιοχές.

Σε μεγάλες αστικές περιοχές η πρόσβαση στο δίκτυο πόσιμου νερού παραμένει ο πιο αξιόπιστος πόρος για την προμήθεια νερού στην κοινότητα. Σε αυτές τις περιοχές ο οργανισμός NSW Health υποστηρίζει τη χρήση του συλλεγόμενου νερού για πολλές χρήσεις εκτός της κατανάλωσης όπως το πότισμα του κήπου και το πλύσιμο του αυτοκινήτου. Το συλλεγόμενο βρόχινο νερό συμβάλλει στην παροχή πόσιμου νερού

και βοηθάει στη μείωση της απορροής από καταιγίδα. Η χρήση των δεξαμενών για καταναλωτικούς σκοπούς δε συνίσταται όταν είναι διαθέσιμο ένα δίκτυο πόσιμου νερού.

Άτομα με προβλήματα υγείας όπως ασθενές ανοσοποιητικό σύστημα, άτομα με HIV, άτομα που έχουν κάνει μεταμόσχευση και ασθενείς με καρκίνο πρέπει να συμβουλευτούν το γιατρό τους πριν καταναλώσουν το συγκεκριμένο νερό. Τέτοια άτομα, και πολύ νεαρά ή πολύ μεγάλα, θα πρέπει να παίρνουν επιπλέον μέτρα χρησιμοποιώντας μόνο βρασμένο νερό, φιλτραρισμένο και να αποφεύγουν φαγητά και ποτά που μπορεί να περιέχουν βρόχινο νερό.

Δεξαμενές αποθήκευσης: Οι δεξαμενές αυτές βρίσκονται τοποθετημένες κάτω ή πάνω από το έδαφος. Πρέπει να παρθούν προφυλάξεις στη χρήση των δεξαμενών όπως για παράδειγμα η χρήση περιφράγματος για να ελαχιστοποιηθεί η μόλυνση από ανθρώπους, ζώα ή άλλα περιβαλλοντικά μικροβιακά φορτία, αλλά και η τοποθέτηση καλύμματος για να αποτραπεί η ανάπτυξη βρύων, λειχήνων και κουνουπιών. Ανοιχτές δεξαμενές δε συνιστώνται για τη συλλογή βρόχινου νερού που προορίζεται για πόση. Υπάρχουν διάφοροι τύποι εγκαταστάσεων συλλογής όμβριων υδάτων μεταξύ αυτών είναι οι κυλινδρικές δεξαμενές από τσιμέντο ενισχυμένο με σίδηρο και δοχεία από πηλάσβεστο. Οι τσιμεντένιες δεξαμενές αποτελούνται από μια ενισχυμένη τσιμεντένια βάση στην οποία στηρίζεται ένας κατακόρυφος κύλινδρος που στηρίζεται σε μια ατσάλινη βάση 10 mm. Αυτός ο κύλινδρος είναι καλυμμένος με δυο στρώσεις από συρμάτινο πλέγμα για να κρατάει το σχήμα της δεξαμενής. Τα δοχεία από πηλάσβεστο είναι μεγάλου μεγέθους και ενισχυμένα με σύρμα. Η χωρητικότητα αυτών των δεξαμενών θα πρέπει να είναι έτσι υπολογισμένη ώστε να λαμβάνει υπόψη τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, την ποσότητα της βροχόπτωσης και την κλίμακα κατανάλωσης νερού ανά πόλη. Σε πολλές από τις χώρες της Ασίας, οι χειμερινοί μήνες είναι ξηροί και ο ετήσιος μέσος όρος της βροχής μπορεί να προκύψει μέσα σε λίγες μέρες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η χωρητικότητα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη για να καλύψει τις ανάγκες δυο ή τριών εβδομάδων. Για παράδειγμα, για ένα νοικοκυριό αποτελούμενο από τρία άτομα η ελάχιστη χωρητικότητα της δεξαμενής θα είναι 3 άτομα x 90 λίτρα x 20 μέρες = 5400 λίτρα. Μερικοί άλλοι τύποι δεξαμενών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι:

-Δεξαμενές από μέταλλο ή ατσάλι, πρόκειται για εξαιρετικά μεγάλης ανθεκτικότητας με εσωτερική επιφάνεια από πολυαιθυλένιο για να αποτραπεί η διάβρωση και να διασφαλιστεί η ποιότητα του νερού

-Πλαστικές δεξαμενές, είναι δημοφιλείς λόγω της ελαφριάς κατασκευής τους που τις καθιστά εύκολες στην εγκατάσταση. Είναι οι πιο κοινές για οικιακή χρήση και παράγονται σε ποικιλία σχημάτων, μεγεθών και χρωμάτων

-Δεξαμενές από fiberglass, είναι σχετικά ακριβές αλλά διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα και είναι ανθεκτικές στη διάβρωση

-Δεξαμενές βρόχινου νερού (Rainfall water containers): ως μια εναλλακτική των δεξαμενών αποθήκευσης, οι (battery) αλληλοσυνδεδεμένες δεξαμενές φτιαγμένες από πηλό, τσιμέντο ή πολυαιθυλένιο μπορεί να είναι κατάλληλες. Οι δεξαμενές από πολυαιθυλένιο είναι συμπαγείς αλλά έχουν αρκετά μεγάλη χωρητικότητα 1.000 με 2.000 λίτρα, καθαρίζονται εύκολα και έχουν πολλές οπές στις οποίες μπορούν να συνδεθούν σωλήνες. Στην Ασία, δοχεία φτιαγμένα από πήλινα υλικά ή τσιμεντένιες δεξαμενές χρησιμοποιούνται πολύ συχνά. Στη δεκαετία του 1980 η χρήση τεχνολογιών συλλογής όμβριων υδάτων, ειδικά τα συστήματα συλλογής από ταράτσες, επεκτάθηκαν ραγδαία σε πολλές χώρες όπως η Ταϊλάνδη όπου πάνω από 10 εκατομμύρια τσιμεντένια δοχεία νερού χωρητικότητας 2m³ κατασκευάστηκαν και πολλές δεκάδες χιλιάδες μεγαλύτερες τσιμεντένιες δεξαμενές κατασκευάστηκαν μεταξύ του 1991 και 1993. Η επιτυχία αυτού του προγράμματος φαίνεται από το γεγονός ότι αυτή η τεχνολογία αποδείχθηκε αρκετά χρήσιμη, ήταν οικονομικώς ανεκτή και είχε τη συμμετοχή της κοινότητας. Επίσης το πρόγραμμα δέλεασε όχι μόνο τους πολίτες αλλά και την κυβέρνηση και σε τοπικό και σε εθνικό επίπεδο. Η προώθηση των ενισχυμένων δεξαμενών με μπαμπού ήταν ανεπιτυχής επειδή στα μπαμπού εμφανίστηκαν τερμίτες, βακτήρια και μούχλα. Πάνω από 50.000 δεξαμενές κατασκευάστηκαν από το 1986 μέχρι το 1993 κυρίως στην Ταϊλάνδη και την Ινδονησία και μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980 οι δεξαμενές από μπαμπού εγκαταλείφθηκαν.

3. Σύστημα μεταφοράς

Τα συστήματα μεταφοράς μεταφέρουν το νερό της βροχής το οποίο στη συνέχεια αποθηκεύεται από την οροφή μέσα σε μια δεξαμενή. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται με συνδέσεις από έναν ή περισσότερους σωλήνες συνδεδεμένους με το γείσο της οροφής. Όταν επιλέγουμε ένα σύστημα μεταφοράς πρέπει να προσέξουμε τη βρωμιά και τη μούχλα που ξεπλένονται μόλις αρχίσουν να πέφτουν οι πρώτες ψιχάλες από την οροφή και το γείσο για να μην εισέλθουν στις σωληνώσεις. Έτσι μόνο μετά από κάποια ώρα αφού αρχίσει να βρέχει μπορούμε να πάρουμε σχετικά καθαρό νερό. Υπάρχουν μερικές επιλογές για τη συλλογή καθαρού νερού μέσα στις δεξαμενές, η πιο κοινή είναι η εφαρμογή ενός περυγίου στον κατακόρυφο σωλήνα. Με αυτό το περύγιο είναι δυνατό να γίνει άμεσα η πρώτη έκπλυση (first flush) της ροής του νερού μέσα στον κατακόρυφο σωλήνα, ενώ αργότερα το βρόχινο νερό εκτρέπεται μέσα στη δεξαμενή αποθήκευσης. Όταν αρχίσει να βρέχει το περύγιο είναι σε κλειστή θέση, οδηγώντας το νερό στον κατακόρυφο σωλήνα και ανοίγει αργότερα για να αποθηκεύσει καθαρό νερό. Μειονέκτημα της χρήσης αυτού του είδους συστήματος μεταφοράς είναι η αναγκαιότητα να παρακολουθείται η ποιότητα της υδρορροής και η χειροκίνητη λειτουργία του περυγίου. Μια εναλλακτική προσέγγιση θα μπορούσε να είναι η αυτοματοποίηση του ανοίγματος του περυγίου όπως περιγράφηκε παραπάνω.

Ένα κωνικού σχήματος ένθεμα τοποθετείται στον κατακόρυφο σωλήνα. Επειδή η πάνω άκρη του κωνικού δοχείου δεν είναι σε άμεση επαφή με τα τοιχώματα του σωλήνα, υπάρχει ένα κενό μεταξύ των τοιχωμάτων του σωλήνα και του δοχείου οπότε το νερό είναι ελεύθερο να ρέει και γύρω και μέσα στο κωνικό δοχείο. Μόλις αρχίσει η βροχή, η ποσότητα του νερού που κατεβαίνει μέσα στο σωλήνα είναι μικρή, και το "βρώμικο" νερό κατεβαίνει από το σωλήνα, γύρω από το κωνικό δοχείο και εκφορτίζεται στο έδαφος. Ωστόσο, όσο η βροχή συνεχίζει, η ποσότητα του νερού αυξάνει και "καθαρό" νερό γεμίζει τον κατακόρυφο σωλήνα. Σε αυτή την ποσότητα νερού το κωνικό δοχείο συλλέγει το καθαρό νερό και το διευθύνει στη δεξαμενή αποθήκευσης. Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι φτιαγμένοι από πλαστικό, PVC ή άλλες αδρανείς ουσίες αφού το pH του νερού μπορεί να είναι χαμηλό και να προκαλέσει διάβρωση και κινητικότητα μετάλλων, μέσα σε μεταλλικούς σωλήνες.

Για να γεμίσουμε με ασφάλεια μια δεξαμενή με βρόχινο νερό είναι απαραίτητο να σιγουρευτούμε ότι το επιπλέον νερό μπορεί να υπερχειλίζει και ότι εμπόδια μέσα στους σωλήνες ή βρωμιά μέσα στο νερό δεν προκαλούν ζημιά ή μόλυνση. Η σχεδίαση του συστήματος του κωνικού δοχείου με το σωλήνα αποχέτευσης να είναι μεγαλύτερος από το σωλήνα τροφοδοσίας της δεξαμενής βοηθάει να διασφαλιστεί η προστασία του πόσιμου νερού επιτρέποντας το επιπλέον νερό να παρακάμψει τη δεξαμενή. Σε αυτό είναι επίσης δυνατόν η δεξαμενή να γεμίσει με νερό από δημόσιο δίκτυο, έτσι ώστε σε παρατεταμένη ξηρασία η δεξαμενή να μπορεί να μείνει γεμάτη. Πρέπει να διασφαλιστεί επίσης ότι το βρόχινο νερό δεν εισέρχεται στο σύστημα του πόσιμου νερού.

Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούμε για να φτιάξουμε ένα απλό σύστημα διαχείρισης όμβριων υδάτων σε ένα σπίτι (δομή του συστήματος) επεξηγούνται παρακάτω.



Εικόνα 6: Μέρη ενός τυπικού συστήματος συλλογής βρόχινου νερού

<http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Components.htm>

1. Περιοχή υδροσυλλογής: θεωρείται όλη η επιφάνεια η οποία είναι εκτεθειμένη στη βροχόπτωση και διαθέτει την κατάλληλη διάταξη (σύστημα υδρορροών) για τη συλλογή του όμβριου νερού, στην περίπτωση μας είναι οι οροφές των κτιρίων. Από την περιοχή υδροσυλλογής έχουν εξαιρεθεί τα μπαλκόνια των κτιρίων επειδή είναι σκεπασμένα και συλλέγουν μόνο μικρό μέρος της βροχής και επίσης δεν πρέπει να περιλαμβάνονται λόγω των ρύπων όπως τα φωσφορικά που υπάρχουν σε αυτά από το καθαρισμά τους με απορρυπαντικά.
2. Η τοποθέτηση ενός πλέγματος στην οροφή εμποδίζει την είσοδο συντριμμάτων.



Εικόνα 7: Τοποθέτηση πλέγματος στην οροφή

<http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Components.htm>

3. Αυλάκια (γείσο): κανάλια τοποθετούνται στην άκρη της οροφής για να συλλέγουν και να καθοδηγούν το νερό στη δεξαμενή. Τα αυλάκια μπορεί να είναι ημικυκλικά ή ορθογώνια και μπορούν να φτιαχτούν χρησιμοποιώντας:

- Υλικά όπως είναι φύλλα από καθαρό γαλβανισμένο σίδηρο διπλωμένα σε κατάλληλα σχήματα
- Ημικυκλικά αυλάκια από υλικά PVC.
- Κορμοί από μπαμπού κομμένοι καθέτως στα δυο.

Το μέγεθος που θα έχει το αυλάκι εξαρτάται από τη ροή κατά τη διάρκεια μιας έντονης βροχόπτωσης. Καλό θα είναι να είναι φτιαγμένα 10-15% μεγαλύτερα. Τα αυλάκια θα πρέπει να είναι καλά στηριγμένα ώστε να μη γέρνουν ή πέφτουν όταν γεμίζουν με νερό, ο τρόπος με τον οποίο αυτά είναι φτιαγμένα εξαρτάται από την κατασκευή του σπιτιού. Είναι δυνατό να φτιαχτούν σιδερένια ή ξύλινα υποστηρίγματα μέσα στους τοίχους αλλά για τα σπίτια που έχουν πιο φαρδύ γείσο η προσαρμογή στους δοκούς της στέγης είναι απαραίτητη. Για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος ένα καλά σχεδιασμένο και προσεκτικά κατασκευασμένο σύστημα αυλακιών είναι πολύ σημαντικό. Το 90% ή περισσότερο από το βρόχινο νερό που έχει συλλεχθεί από τη στέγη θα οδηγηθεί στη δεξαμενή αποθήκευσης εάν το γείσο και το σύστημα σωληνώσεων ταιριάζει και είναι καλά διατηρημένο.

4. Αγωγοί: είναι σωληνώσεις ή αυλάκια όπου οδηγούν το νερό από την οροφή στο σύστημα. Οι αγωγοί είναι φτιαγμένοι από διάφορα υλικά όπως PVC ή γαλβανισμένο σίδηρο και γενικά υλικά που είναι διαθέσιμα. Ο ακόλουθος πίνακας

δίνει μια ιδέα για τη διάμετρο του σωλήνα βασισμένο στη σφοδρότητα της βροχής και της οροφής:

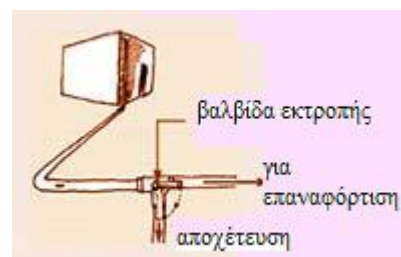
Πίνακας 1: Σχέση διαμέτρου σωλήνα συλλογής νερού και βροχόπτωσης

Διάμετρος σωλήνα (mm)	Μέση ένταση βροχόπτωσης σε mm/h					
	50	75	100	125	150	200
50	13.4	8.9	6.6	5.3	4.4	3.3
65	24.1	16.0	12.0	9.6	8.0	6.0
75	40.8	27.0	20.4	16.3	13.6	10.2
100	85.4	57.0	42.7	34.2	28.5	21.3
125	-	-	80.5	64.3	53.5	40.0
150	-	-	-	-	83.6	62.7

Πηγή: National Building Code

<http://www.rainwaterharvesting.org/urban/Components.htm>

5. Πρώτη έκπλυση (first flush): η συσκευή έκπλυσης είναι μια βαλβίδα που εξασφαλίζει ότι η απορροή από το πρώτο επεισόδιο βροχής ξεπλένεται και δεν μπαίνει μέσα στο σύστημα. Αυτό πρέπει να γίνει καθώς το πρώτο επεισόδιο βροχής κουβαλάει μια σχετικά μεγάλη ποσότητα ρυπαντών από τον αέρα και την επιφάνεια της οροφής.

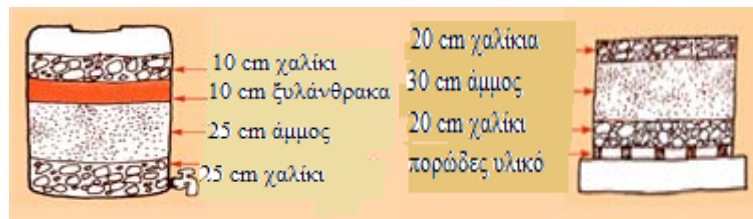


Εικόνα 8: Τρόπος συλλογής όμβριων υδάτων σε αστικές περιοχές

<http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Components.htm#firs>

6. Φίλτρο: χρησιμοποιείται για να απομακρύνει βλαβερές ουσίες από τη βροχή που συλλέγεται. Ένα φίλτρο είναι ένας θάλαμος γεμάτος με νήματα, με κοκκώδη άμμο και στρώματα από χαλίκια για να απομακρύνουν συντρίμματα και βρωμιά από το νερό πριν εισέλθει στη δεξαμενή ή εκφορτιστεί. Ξυλάνθρακας μπορεί να προστεθεί για πρόσθετο φιλτράρισμα

- Φίλτρο από ξυλάνθρακα: Το φίλτρο φτιάχνεται από χαλίκια, άμμο και ξυλάνθρακα.
- Φίλτρα από άμμο: είναι εύκολα και φτηνά στην κατασκευή τους. Αυτά τα φίλτρα χρησιμοποιούνται για να απομακρύνουν από το νερό τη θολότητα (λάσπη και πηλός), χρώμα και μικροοργανισμούς. Σε ένα απλό φίλτρο άμμου που κατασκευάζεται για οικιακό σκοπό, το πάνω στρώμα συμπεριλαμβάνει κοκκώδη άμμο ακολουθούμενο από 5-10 mm στρώματος χαλικιών και στη συνέχεια από 5-25 cm στρώματος χαλικιών και κροκάλων.

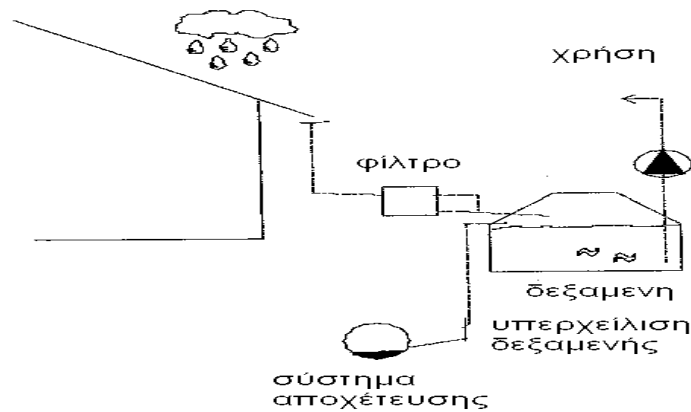


Εικόνα 9: Φίλτρα για απομάκρυνση βλαβερών ουσιών

<http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Components.htm#firs>

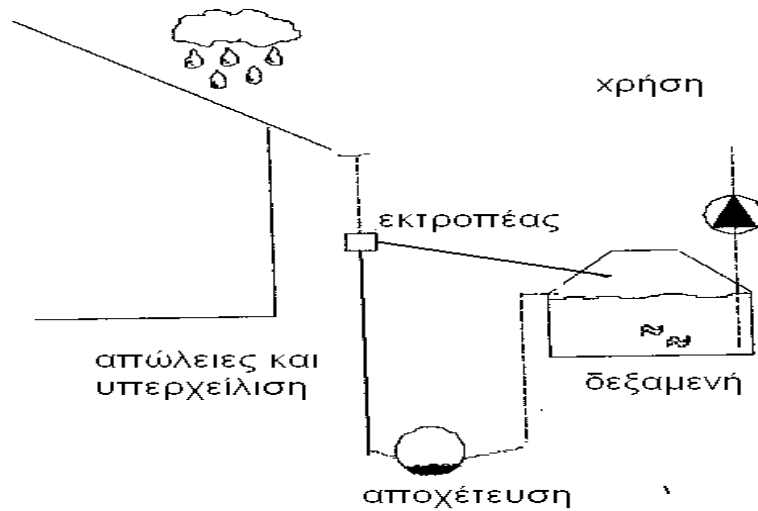
Παραπάνω αναφερθήκαμε στα τμήματα από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα συλλογής όμβριων υδάτων. Έτσι καταλήγουμε στους εξής τύπους που μπορούν να εφαρμοστούν σε δημόσια κτίρια και σε μονοκατοικίες:

1. Τον τύπο της συνολικής ροής (Εικόνα 10). Η συνολική απορροή συγκεντρώνεται στη δεξαμενή αποθήκευσης διερχόμενη από ένα φίλτρο ή μια σχάρα πριν την δεξαμενή. Υπερχείλιση στο σύστημα αποχέτευσης συμβαίνει μόνο όταν η δεξαμενή είναι γεμάτη. Σημαντικό επίσης είναι ότι στην περίπτωση που έχει φράξει το φίλτρο ή η σχάρα, δεν επιτρέπεται υπερχείλιση πριν να γεμίσει η δεξαμενή. (Hermann, Schmida 2000)



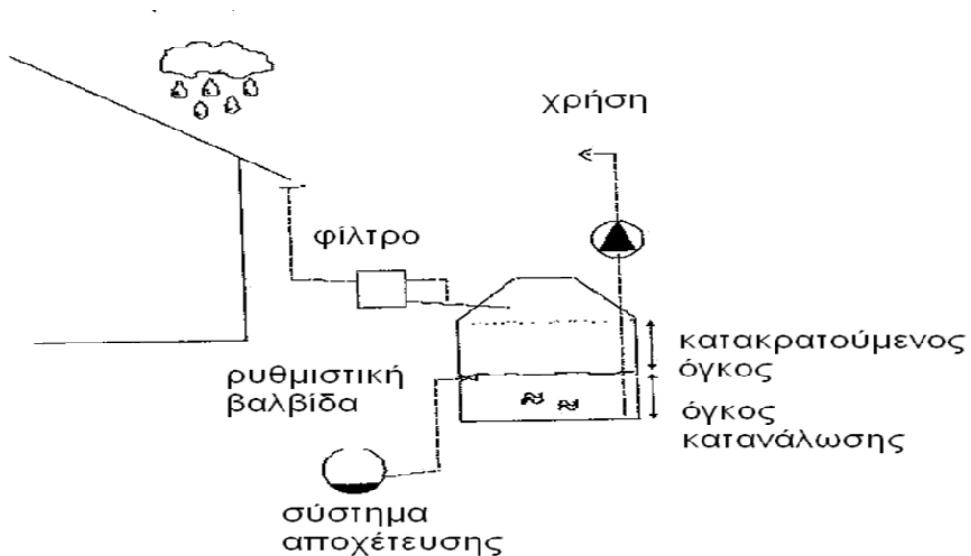
Εικόνα 10: Σύστημα συλλογής βρόχινου νερού τύπου συνολικής ροής
Από Hermann, Schmida (2000)

2. Τον τύπο εκτροπής (Εικόνα 11) ο οποίος περιλαμβάνει έναν κλάδο ο οποίος είναι εγκατεστημένος στον κάθετο σωλήνα βρόχινου νερού μετά το αυλάκι ή μέσα στον υπόγειο σωλήνα αποχέτευσης. Αυτό το μικρό μέρος νερού που έχει συλλεχθεί διαχωρίζεται από τη συνολική ροή μέσω του κλάδου και το πλεόνασμα εκτρέπεται στο σύστημα αποχέτευσης. Ο βαθμός αποτελεσματικότητας αυτού του τύπου μειώνεται όσο αυξάνεται η ροή. Επομένως κατά την διάρκεια μιας έντονης καταιγίδας το περισσότερο μέρος της απορροής εκτρέπεται στο σύστημα αποχέτευσης. (Hermann, Schmida 2000)



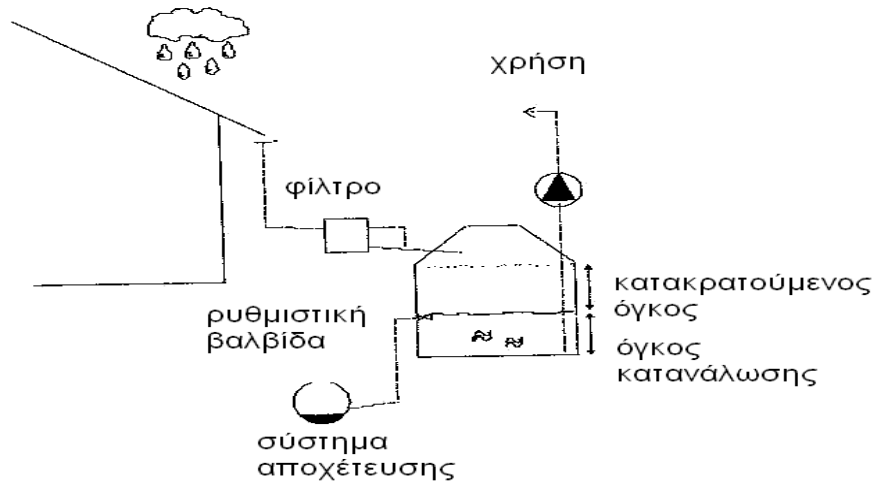
Εικόνα 11: Σύστημα συλλογής βρόχινου νερού τύπου εκτροπής
Από Hermann, Schmida (2000)

3. Τον τύπο της ρυθμιζόμενης βαλβίδας (Εικόνα 12) όπου εδώ η δεξαμενή αποθήκευσης παρέχει έναν επιπλέον συγκρατούμενο όγκο νερού ο οποίος εκχύνεται μέσω μιας βαλβίδας στην αποχέτευση. (Hermann, Schmida 2000)



Εικόνα 12: Σύστημα συλλογής βρόχινου νερού τύπου ρυθμιζόμενης βαλβίδας
Από Hermann, Schmida (2000)

4. Τον τύπο διήθησης (Εικόνα 13) όπου το πλεόνασμα από τη δεξαμενή αποθήκευσης διηθείται στο έδαφος αντί να εκχύνεται στην αποχέτευση όπως στους παραπάνω τύπους. (Hermann, Schmida 2000)



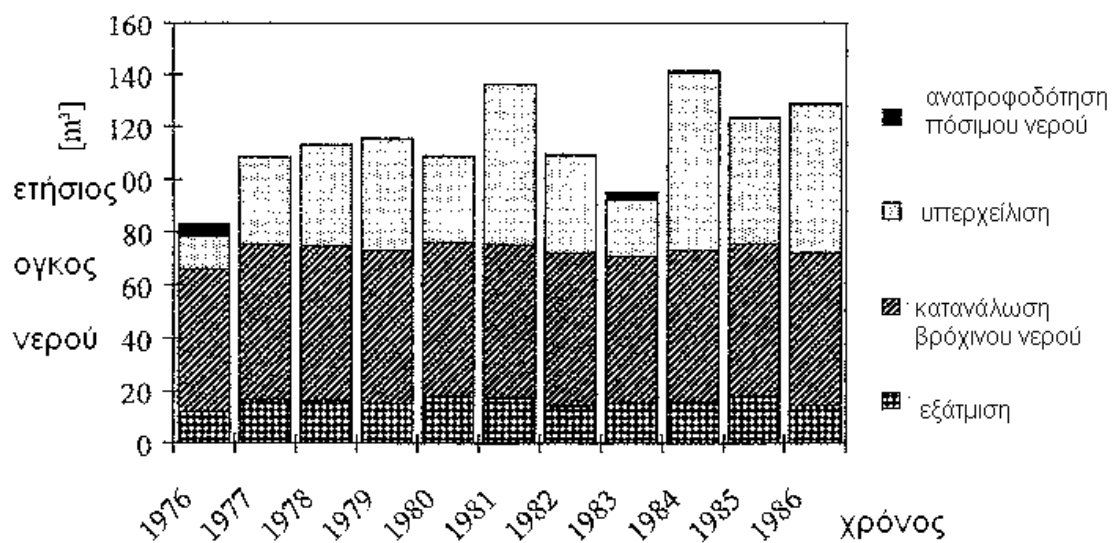
Εικόνα 13: Σύστημα συλλογής βρόχινου νερού τύπου διήθησης
Από Hermann, Schmida (2000)

Ισοζύγιο Ύδατος

Τα ετήσια ισοζύγια ύδατος για μια μονοκατοικία και ένα πολυώροφο κτίριο στο Bochum της Γερμανίας υπολογίστηκαν για τα έτη 1976-1986. Η δεξαμενή αποθήκευσης βρόχινου νερού παρέχει και στις δύο περιπτώσεις πλεόνασμα νερού μέσω μιας βαλβίδας διαμέτρου 1 mm.

Πίνακας 2: Υδραυλικές παράμετροι μιας μονοκατοικίας

Επιφάνεια στέγης	150 m ²
Αριθμός ατόμων	4
Κατανάλωση νερού	160 l/d ή 1 mm/d
Όγκος αποθήκευσης	6 m ³
Πλεόνασμα	15 m ³
Διάμετρος βαλβίδας	1 mm
Διάρκεια πειράματος	1976-1986
Αποτελεσματικότητα	98%

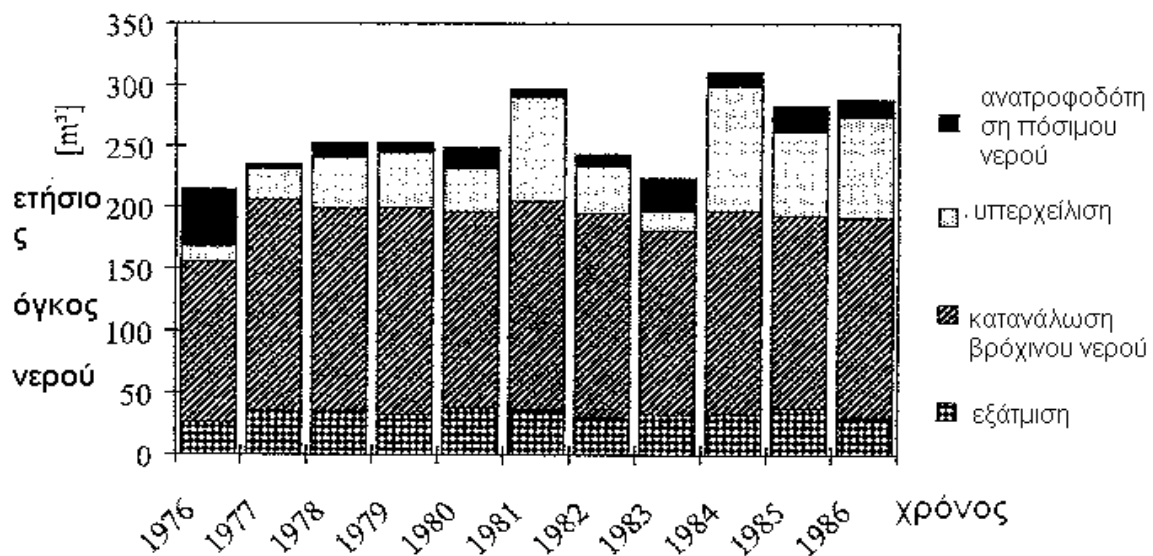


Εικόνα 14: Ισοζύγιο ύδατος για ένα σπίτι τεσσάρων ατόμων στο Bochum, Γερμανία.

Από Hermann, Schmida (2000)

Πίνακας 3: Υδραυλικές παράμετροι ενός πολυώροφου κτιρίου

Επιφάνεια στέγης	320 m ²
Αριθμός ατόμων	24
Κατανάλωση νερού	480 l/d ή 1.5 mm/d
Όγκος αποθήκευσης	14 m ³
Πλεόνασμα	35 m ³
Διάμετρος βαλβίδας	1 mm
Διάρκεια πειράματος	1976-1986
Αποτελεσματικότητα	91%



Εικόνα 15: Ισοζύγιο ύδατος για ένα τετραώροφο κτίριο στο Bochum, Γερμανία

Από Hermann, Schmida (2000)

Η επεξεργασία του νερού είναι απαραίτητη σε περίπτωση που αναμένεται μόλυνση αυτού. Τα συστήματα έκπλυσης είναι αποτελεσματικά μειώνοντας τα επίπεδα της μόλυνσης εάν έχουν διατηρηθεί καταλλήλως. Τα καλά σχεδιαστικά συστήματα, η λειτουργία και η διατήρηση είναι οι πιο απλοί και οι πιο αποτελεσματικοί τρόποι για την προστασία της ποιότητας του νερού.

Σχεδιαστικά συστήματα: το πρώτο βασικό βήμα για τη προστασία της ποιότητας του νερού είναι να διασφαλίσουμε ένα καλό σχεδιαστικό σύστημα. Πρέπει να αποφευχθεί η έκθεση στον ήλιο και η παρουσία ζωντανών οργανισμών της δεξαμενής για να είναι η ποιότητα του νερού κατάλληλη. Η σχεδίαση πρέπει να περιλαμβάνει:

- Καθαρισμό της αδιαπέρατης οροφής που είναι φτιαγμένη από μαλακό, καθαρό και όχι τοξικό υλικό. Εάν υπάρχουν κλαδιά πάνω από την επιφάνεια υδροσυλλογής πρέπει να απομακρυνθούν.
- Το πόμα της δεξαμενής πρέπει να είναι τουλάχιστον 5 εκατοστά πάνω από τον πάτο της (παραπάνω εάν η ποσότητα των συντριμμάτων είναι υψηλή).
- Ένα πλέγμα από σύρμα ή νάilon πρέπει να καλύπτει όλες τις ανοιχτές οπές για να αποτραπεί η είσοδος από έντομα και άλλα ζώδια μέσα στη δεξαμενή όπως επίσης δεν θα πρέπει να εκτίθεται στο φως ώστε να μην αναπτυχθούν διάφοροι οργανισμοί. Η σχάρα στην έξοδο της ταράτσας συγκρατεί πολλά από τα συντρίμματα που μεταφέρει το νερό από την οροφή όπως φύλλα, πλαστικές σακούλες και κομμάτια χαρτιού.
- Ένα τραχύ φίλτρο ή μια πλήρης συσκευή έκπλυσης πρέπει να εφαρμοστεί για να απομακρύνει φύλλα και άλλα συντρίμματα.

Διαχείριση και διατήρηση: η κατάλληλη διαχείριση και διατήρηση των συστημάτων συλλογής όμβριων υδάτων βοηθάει στην προστασία της ποιότητας με διάφορους τρόπους. Τακτική επιθεώρηση και καθαρισμός της περιοχής συλλογής, της υδρορροής, των φίλτρων και των δεξαμενών μειώνει την πιθανότητα μόλυνσης. Νερό από άλλες πηγές δεν πρέπει να αναμιγνύεται με αυτό της δεξαμενής.

Επεξεργασία: η επεξεργασία του συλλεγόμενου βρόχινου νερού έχει νόημα εάν γίνεται τακτικά και αν γίνεται με υγιεινό τρόπο η συλλογή του, τότε μόνο δε θα ανησυχούμε

για μόλυνση αυτού. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι μεταχείρισης οι πιο κοινές είναι η χλωρίωση, ο βρασμός, το φιλτράρισμα και η έκθεση του σε υπεριώδες φως ή φυσικό φως.

- Χλωρίωση: είναι μια κοινή τακτική που εφαρμόζεται όταν το νερό είναι χρωματισμένο ή έχει άσχημη μυρωδιά. Θα πρέπει να γίνεται μόνο εάν το βρόχινο νερό είναι η μοναδική πηγή και η δεξαμενή θα πρέπει να ελεγχθεί πολύ προσεκτικά ώστε να αποκλειστεί κάθε αίτιο μόλυνσης. Η χλωρίωση γίνεται με τη βοήθεια μιας λευκαντικής σκόνης όπως το υποχλωριώδες ασβέστιο CaOCl_2 που είναι ένα μίγμα από χλώριο και ασβέστη. Μπορεί να σκοτώσει όλα τα είδη των βακτηρίων και να κάνει το νερό κατάλληλο για κατανάλωση. Περίπου 1g, δηλαδή περίπου $\frac{1}{4}$ κουταλάκι του γλυκού, της λευκής σκόνης είναι αρκετή για να απολυμάνει 200 λίτρα νερού.
- Ταμπλέτες χλωρίου: μπορούν να προμηθευτούν εύκολα. Μία ταμπλέτα των 0,5 γραμμαρίων είναι αρκετή για να απολυμάνει 20 λίτρα νερού.
- Βρασμός: είναι μια αρκετά αποτελεσματική τεχνική καθαρισμού και εύκολη στην εφαρμογή της. Βράζοντας το νερό για περίπου 10 με 20 λεπτά απομακρύνονται όλα τα βιολογικά υπολείμματα.
- Άμεση έκθεση στο φως του ήλιου: αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να σκοτώσει πολλά από τα βλαβερά βακτήρια του νερού εκθέτοντάς το μέσα σε καθαρά μπουκάλια από γυαλί ή πλαστικό για μερικές ώρες. Αν και είναι κατορθωτό σε πολλές περιπτώσεις, το νερό πρέπει να είναι καθαρό, ο καιρός καλός και το νερό να έχει κρυώσει κατά τη διάρκεια της νύχτας πριν την κατανάλωση.

Sodis (solar disinfection method): η μέθοδος της ηλιακής απολύμανσης χρησιμοποιεί υπεριώδη ακτινοβολία για να βελτιώσει τη μικροβιακή ποιότητα του πόσιμου νερού. Έχει αποδειχθεί ότι ο συνδυασμός της υπεριώδους και της θερμικής ακτινοβολίας έχει σημαντικό αποτέλεσμα στην απομάκρυνση των μικροοργανισμών.



ωλογίας
·Θ



Καθαρισμός του μπουκαλιού	Γέμισμα μέχρι τα $\frac{3}{4}$ με νερό και κλείσιμο αυτού	Καλή ανακίνηση	Έκθεση σε ηλιακό φώς για τουλάχιστον 6 ώρες πριν την κατανάλωση
------------------------------	---	----------------	---

Εικόνα 16: Μέθοδος ηλιακής απολύμανσης

<http://www.rainwaterharvesting.org/urban/Maintenance.html>

Η αποτελεσματικότητα της ηλιακής απολύμανσης εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες

Κλίμα και καιρός: αυτή η μέθοδος απαιτεί την ακτινοβολία του ήλιου και θερμοκρασία για να καθαριστεί το βρόχινο νερό. Η δεξαμενή πρέπει να είναι εκτεθειμένη στο φως του ήλιου για περίπου 6 ώρες. Εάν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 50 βαθμούς Κελσίου η διαδικασία της απολύμανσης είναι τρεις φορές ταχύτερη. Εάν οι καιρικές συνθήκες δεν είναι οι κατάλληλες η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας απολύμανσης μπορεί να αυξηθεί χρησιμοποιώντας σκουρόχρωμα πλαστικά μπουκάλια και έτσι πετυχαίνεται αύξηση κατά 5 βαθμούς της θερμοκρασίας, επίσης τα πλαστικά μπουκάλια μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα μαύρο τσίγκινο ράφι με ρυτιδώσεις.

- Θολότητα του νερού: η συγκράτηση των σωματιδίων μειώνει τη διαπερατότητα της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στο νερό με αποτέλεσμα να προστατεύονται οι μικροοργανισμοί. Η μέθοδος απαιτεί σχετικά καθαρό νερό με θολότητα μικρότερη των 30NTU
- Υλικά: πολλοί τύποι διαφανών πλαστικών υλικών είναι καλοί διαβιβαστές του φωτός του υπεριώδους και του φυσικού φάσματος. Τα πλαστικά μπουκάλια φτιάχνονται από PET (πολυαιθυλένιο) που προτιμάται επειδή περιέχουν λιγότερους UV σταθεροποιητές από τα μπουκάλια από PVC.

Πίνακας 4: Μέση ποιότητα νερού από τη στέγη 1 (24 δείγματα)

Παράμετροι	Μονάδες	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5
pH		6.6	6.6	6.6	6.5	6.4
Θερμοκρασία	°C	28.1	28.1	28.0	28.0	28.0
Αγωγιμότητα	μS/cm	97.0	85.5	72.1	59.3	50.7
Θολότητα	NTU	22	18	15	12	10
Συνολικά στερεά	mg/l	119	106	94	80	64
Αιωρούμενα στερεά	mg/l	91	81	73	63	52
Διαλυμένα στερεά	mg/l	28	24	20	16	13
Εντερικά κολοβακτηρίδια	/100ml	4	8	4	0	0
Ολικά κολοβακτηρίδια	/100ml	46	63	63	38	25
Περιεκτικότητα σε μικρόβια	/100ml	32	31	25	21	22
Ψευδάργυρος	μg/l	343	489	497	494	294
Μόλυβδος	μg/l	235	254	194	166	145

Πηγή: Yaziz M. I. et al 1989

Πίνακας 5: Μέση ποιότητα νερού από τη στέγη 2 (24 δείγματα)

Παράμετροι	Μονάδες	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5
pH		6.9	6.9	6.9	6.9	6.8
Θερμοκρασία	°C	28.1	28.1	28.1	28.1	28.1
Αγωγιμότητα	μS/cm	135.2	121.1	106.7	94.7	86.5
Θολότητα	NTU	56	47	41	33	24
Συνολικά στερεά	mg/l	204	176	158	130	116
Αιωρούμενα στερεά	mg/l	153	141	125	106	95
Διαλυμένα στερεά	mg/l	47	38	34	27	23
Εντερικά κολοβακτηρίδια	/100ml	13	8	8	0	0
Ολικά κολοβακτηρίδια	/100ml	75	46	48	44	41
Περιεκτικότητα σε μικρόβια	/100ml	51	46	48	44	41
Ψευδάργυρος	μg/l	49	48	193	82	96
Μόλυβδος	μg/l	102	213	271	232	169

Πηγή: Yaziz M. I. et al 1989

Στους παραπάνω πίνακες φαίνονται οι μέσοι όροι των τιμών της ποιότητας του νερού της βροχής από την οροφή με γαλβανισμένο σίδηρο και με κεραμίδι αντίστοιχα σε πέντε δειγματοληπτικά μπουκάλια του ενός λίτρου. Εκτός από τις συγκεντρώσεις σε ψευδάργυρο και μόλυβδο όλες οι άλλες παράμετροι παρουσιάζουν μια συνεχόμενη

μείωση της συγκέντρωσης τους στα δείγματα νερού. Η συγκέντρωση του ψευδάργυρου στο συλλεγόμενο νερό και από τους δυο τύπους οροφών φαίνεται να αυξάνει στο τρίτο δείγμα αλλά μειώνεται αισθητά στο πέμπτο δειγματοληπτικό δοχείο του ενός λίτρου. Η συγκέντρωση του μολύβδου στο νερό από την οροφή με τα κεραμίδια αυξάνεται πολύ από το πρώτο μέχρι το τρίτο δείγμα και μετά πέφτει στα 169 $\mu\text{g/l}$ στο πέμπτο δείγμα. Για την οροφή με το γαλβανισμένο σίδηρο οι συγκεντρώσεις του μολύβδου κυμαίνονται από 235 $\mu\text{g/l}$ στο πρώτο δείγμα μέχρι 254 $\mu\text{g/l}$ στο δεύτερο δείγμα αλλά στα επόμενα δείγματα πέφτουν στα 145 $\mu\text{g/l}$. Στη διάρκεια της περιόδου που συλλέχθηκαν τα δείγματα ο μέσος όρος βροχόπτωσης ήταν στα 71 mm/ώρα με μια ξηρή περίοδο 1,6 ημερών μεταξύ των επεισοδίων βροχής.

Γενικά, είναι δύσκολο να κάνουμε τη σύγκριση μεταξύ των 2 τύπων οροφής, αλλά μια εκτίμηση της ποιότητας του νερού στο πέμπτο δείγμα έδειξε μια σχετικά καλύτερη ποιότητα από τη στέγη με το γαλβανισμένο σίδηρο σε σχέση με τη στέγη με τα κεραμίδια, επίσης η αρχική ποιότητα του νερού ήταν καλύτερη για την οροφή με το γαλβανισμένο σίδηρο. Οι τιμές για την ποιότητα της θολότητας, τα αιωρούμενα στερεά και αγωγιμότητας ήταν πολύ καλύτερες για τη στέγη 1 σε σχέση με τη στέγη 2. Αυτές οι παρατηρήσεις μπορεί να αποδίδονται στη φύση των επιφανειών των στεγών π.χ. η πιο τραχιά επιφάνεια της οροφής με το κεραμίδι συντελεί στον εγκλωβισμό και στη δύσκολη διαφυγή των ρυπαντών από την ατμόσφαιρα σε σύγκριση με την πιο λεία στέγη από γαλβανισμένο σίδηρο. Έτσι κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου βροχής η ποσότητα των ρυπαντών που ξεπλένονται από τη στέγη 1 θα είναι μεγαλύτερη από τη στέγη 2.

Ο μέσος όρος των τιμών του pH αυξάνεται από 5,9 για βρόχινο νερό μέχρι 6,6 έως 6,9 στις αρχικές απορροές από τις στέγες 1 και 2 αντίστοιχα. Αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να οφείλεται στη παρουσία σωματιδίων που έχουν συσσωρευτεί στις επιφάνειες των στεγών όπως είναι τα οργανικά απόβλητα, άργιλοι και μεταλλικά μόρια. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στη θερμοκρασία αλλά τα δείγματα του νερού είχαν ελαφρώς υψηλότερη θερμοκρασία, πιθανότατα λόγω της ζεστής επιφάνειας των στεγών πριν το επεισόδιο της βροχής. Τα αποτελέσματα επίσης δείχνουν μερική διάλυση του ψευδαργύρου στη στέγη 1 αλλά οι συγκεντρώσεις στο πέμπτο δείγμα της στέγης 1 και 2 ήταν μέσα στα όρια των 5.000 $\mu\text{g/l}$ που ορίζει ο παγκόσμιος

οργανισμός υγείας για την ποιότητα του πόσιμου νερού. Η υψηλότερη συγκέντρωση που καταγράφηκε σε ένα δείγμα ήταν τα 1748μg/lίτρο.

Γενικά, η μικροβιακή ποιότητα του νερού βελτιώνεται σταδιακά από το πρώτο μέχρι το πέμπτο δείγμα και στις δυο στέγες. Οι τιμές των εντερικών κολοβακτηριδίων αυξήθηκαν στο δεύτερο δείγμα της στέγης 1 αλλά έπεσαν ραγδαία στο τρίτο δείγμα και δεν ανιχνεύθηκαν στο τέταρτο και πέμπτο δείγμα. Οι τιμές των συνολικών κολοβακτηριδίων αυξήθηκαν και μετά έπεσαν στα τελευταία δυο δείγματα του νερού που αναλύθηκαν αλλά οι τιμές τους ήταν αισθητά υψηλές και ανιχνεύθηκαν σε όλα τα δείγματα. Για τη στέγη 2, οι βακτηριακές αναλύσεις έδειξαν παρόμοια αποτελέσματα αλλά δεν καταγράφηκαν αυξήσεις στις τιμές στα τελευταία δείγματα. Οι αναλύσεις έδειξαν ότι τα βακτήρια ήταν πάντα παρόντα στον αέρα και στην επιφάνεια της στέγης. (Yaziz M. I. et al 1989)

Χρήσεις του βρόχινου νερού

Αυτές οι χρήσεις περιλαμβάνουν:

1. Το νερό έκπλυσης της λεκάνης της τουαλέτας.
2. Το νερό που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο των ρούχων και των πιάτων.
3. Το νερό για το πλύσιμο των αυτοκινήτων.
4. Το νερό για το πότισμα των κήπων.

(Villarreal E., Dixon A. 2005)

Το σχέδιο Ringdansen

Το Ringdansen είναι μέρος του Navestad μιας οικιστικής περιοχής στο ΝΑ μέρος του Norrkopping, Σουηδία. Το Norrkopping βρίσκεται περίπου 140 km ΝΔ της Στοκχόλμης. Η ετήσια βροχόπτωση στο Norrkopping είναι 508 mm το χρόνο, η περίοδος Ιουλίου-Σεπτεμβρίου είναι η πιο υγρή του χρόνου (κανονική μηνιαία

βροχόπτωση > 50 mm) ενώ η περίοδος Φεβρουαρίου-Μαρτίου είναι η πιο ξηρή περίοδος του χρόνου (κανονική μηνιαία βροχόπτωση < 30 mm). Το χιόνι είναι τυπικό την περίοδο Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία για αυτούς τους μήνες κυμαίνεται μεταξύ -1.6 και -3.3 $^{\circ}\text{C}$.

Δύο πανομοιότυπα κυκλικά συγκροτήματα διαμερισμάτων αποτελούν το Ringdansen: ο χρυσός κύκλος (Gold Ring) και ο ασημένιος κύκλος (Silver Ring). Κάθε συγκρότημα διαμερισμάτων έχει ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό κυκλικό κτίριο (2 με 8 ορόφων).



Εικόνα 17: Το Ringdansen

Από Villarreal E, Dixon A. (2005)

Τα συγκροτήματα χτίστηκαν το 1970-1972 όμως το 1994 η κοινότητα ξεκίνησε ένα αναπτυξιακό πρόγραμμα για την ανακαίνιση της περιοχής. Το σχέδιο Ringdansen καθεαυτό άρχισε το 1997 και σαν στόχο έχει την δημιουργία μιας οικολογικής κατοικημένης περιοχής με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και νερού και με διάφορα

πρόγραμμα ανακύκλωσης. Η ανακαίνιση του Ringdansen υπονοεί μια οικολογική αλλαγή η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Κοινωνική ανάπτυξη της κατοικημένης περιοχής.
- Προσαρμογή για ανακύκλωση.
- Ανανέωση των κτιρίων και της αρχιτεκτονικής τους.
- Επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των μερών των κτιρίων.

Ο συνολικός αριθμός των διαμερισμάτων μετά την ανακαίνιση είναι 1.100. Η έκταση της στέγης για κάθε συγκρότημα είναι 27.600 m^2 (11.300 m^2 για το εσωτερικό κτίριο και 16300 m^2 για το εξωτερικό κτίριο). Η κεντρική περιοχή κάθε συγκροτήματος περίπου 33.600 m^2 είναι σαν πάρκο με περιοχές πρασίνου και θάμνους. Μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού κτιρίου υπάρχει μια περιοχή 23.900 m^2 η οποία αποτελείται από πεζοδρόμια και μικρούς χώρους πρασίνου.

Έχουν παρθεί τα ακόλουθα μέτρα για τη μείωση της κατανάλωσης των υδάτινων πόρων στο Ringdansen:

- Μείωση κατανάλωσης πόσιμου νερού.
- Εγκατάσταση υψηλής αποδοτικότητας πλυντηρίων ρούχων και πιάτων.
- Εγκατάσταση τουαλετών χαμηλής κατανάλωσης.
- Χρήση βρόχινου νερού για κάλυψη αναγκών όπου δεν απαιτείται υψηλή ποιότητα νερού.

Οι χαμηλής ποιότητας οικιακές χρήσεις είναι οι ακόλουθες:

- Το ξέπλυμα της τουαλέτας. Ένα εκτεταμένο δίκτυο αγωγών απαιτείται για την παροχή βρόχινου νερού σε κάθε διαμέρισμα για χρήση στην τουαλέτα όμως οι χαμηλής κατανάλωσης τουαλέτες πρέπει να εγκατασταθούν. Η μέση κατανάλωση νερού για οικιακές χρήσεις είναι περίπου $1941 \text{ mm}/\text{άτομο}$ την ημέρα εκ των οποίων τα $391 \text{ mm}/\text{άτομο}$ την ημέρα είναι για την έκπλυση της λεκάνης. Σε 1.100 διαμερίσματα με μέσο όρο 3 άτομα/διαμέρισμα οι ανάγκες ανέρχονται σε $3.800 \text{ m}^3/\text{μήνα}$ μόνο για το ξέπλυμα της τουαλέτας.
- Το πλύσιμο των ρούχων. Σε κάθε κτίριο θα υπάρχουν τρία δωμάτια πλυντηρίων. Εκτιμάται ότι περίπου $301 \text{ mm}/\text{άτομο}$ την ημέρα νερού χρησιμοποιούνται για το

πλύσιμο των ρούχων. Εάν κάνουμε τον ίδιο συσχετισμό με παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι $3.000 \text{ m}^3/\text{μήνα}$ απαιτούνται για το πλύσιμο των ρούχων.

- Το πλύσιμο των αυτοκινήτων. Στην περιοχή θα υπάρχουν αρκετοί σταθμοί για το πλύσιμο των αυτοκινήτων οι οποίοι θα μπορούν να ανακυκλώνουν έως και το 80-90% του νερού που χρησιμοποιήθηκε. Μία εγκατάσταση πλυντηρίου αυτοκινήτων καταναλώνει 300-3.501 mm νερού κάθε φορά που καθαρίζεται ένα αυτοκίνητο, εκ των οποίων τα 30-701 mm είναι πόσιμο νερό το οποίο μπορεί να αντικατασταθεί από βρόχινο νερό. Υποθέτοντας ότι θα υπάρχουν περίπου 500 αυτοκίνητα στην περιοχή τα οποία θα χρησιμοποιούν τις εγκαταστάσεις μια φορά το μήνα κατά μέσο όρο, εκτιμάται ότι 25 m^3 βρόχινου νερού απαιτούνται το μήνα.

Η βιωσιμότητα τέτοιων συστημάτων εξαρτάται από το κόστος λειτουργίας του συστήματος και από τα οφέλη που έχει ένα σύστημα συλλογής βρόχινου νερού. Τέτοια οφέλη είναι: η μείωση της κατανάλωσης πόσιμου νερού και η ανεξαρτητοποίηση από τον κεντρικό αγωγό παροχής. Επίσης υπάρχουν εκπαιδευτικά και κοινωνικά οφέλη καθώς θα είναι εύκολο για τους ανθρώπους να κάνουν τη συσχέτιση μεταξύ των φυσικών πόρων και της συμπεριφοράς τους ως προς αυτούς ενισχύοντας το αίσθημα ευθύνης ως προς τη σωστή χρήση των υδάτινων πόρων.

Αποτελέσματα της έρευνας

Με τη βοήθεια μοντέλου προσομοίωσης σε υπολογιστή βρέθηκε ότι το συνολικό όφελος σε εξοικονόμηση πόσιμου νερού κυμαίνεται από 12-28%/χρόνο ανάλογα με την επιφάνεια της στέγης που χρησιμοποιείται για τη συλλογή του νερού (20.000 m^2 - 60.000 m^2). Εάν για οποιοδήποτε λόγο, μόνο ένα μικρό κομμάτι της στέγης μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή βρόχινου νερού και μόνο μικρής χωρητικότητας δεξαμενή μπορούσε να εγκατασταθεί σχεδόν το μισό από το πόσιμο νερό που χρησιμοποιείται για το ξέπλυμα της τουαλέτας και τουλάχιστον το 1/5 από το νερό που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο των ρούχων θα μπορούσε να εξοικονομηθεί σε ετήσια βάση. (Villarreal E., Dixon A. 2005)

Οι πράσινες στέγες

Η σύγχρονη τάση σύμφωνα με τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης και της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η δημιουργία λειτουργικών δωματίων με φυτά που ονομάζονται πράσινες στέγες. Οι πράσινες στέγες αποτελούνται από τρία στρώματα:

- Πάνω στρώμα: Το πάνω στρώμα περιλαμβάνει τα φυτά (ακόμα και ξερά φύλλα) και σκιάζει το υπόστρωμα χωρίς να εμποδίζει την κυκλοφορία του αέρα.
- Ενδιάμεσο στρώμα: Περιλαμβάνει 5-50 cm υποστρώματος. Το αποτέλεσμα που θα έχουμε εξαρτάται από το είδος του υποστρώματος (υλικό με μεγάλο πορώδες και ανοιχτό χρώμα προτιμάται).
- Κάτω στρώμα: Το στρώμα της απορρόφησης. Αποτελείται από υπόστρωμα ή από υλικό με μεγάλους πόρους για να απορροφάει το νερό.

Πλεονεκτήματα των πράσινων στεγών

1. Μείωση της απορροής των υδάτων.
2. Μείωση της σκόνης και του νέφους στην ατμόσφαιρα.
3. Μείωση της ηχορύπανσης.
4. Εκμετάλλευση διαθέσιμου χώρου.
5. Βελτίωση μικροκλίματος αστικών περιοχών.
6. Ενίσχυση και προστασία της μόνωσης του δώματος.
7. Φυσικό περιβάλλον για ζώα και φυτά.
8. Ενίσχυση της αναμενόμενης διάρκειας ζωής της κατασκευής του δώματος.
9. Οι πράσινες στέγες αποτελούν σημαντικό στοιχείο της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής διότι βοηθούν σημαντικά στο να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία στη στέγη και η μόνωση λόγω των φυτών και του υποστρώματος είναι αναμφισβήτητα θετικά για το μικροκλίμα. Επίσης οι πράσινες στέγες λειτουργούν σαν 'αστικοί σπόγγοι' απορροφώντας βρόχινο νερό και δημιουργώντας φαινόμενα ψύξης βελτιώνοντας το μικροκλίμα της περιοχής. Τέλος οι ρυπαντές περιορίζονται, η ποιότητα του βρόχινου νερού βελτιώνεται και έτσι οι ποταμοί και οι λίμνες δεν ρυπαίνονται. (Kohler M., Schmidt M. et al 2002)



Εικόνα 18: Παραδείγματα πράσινων στεγών
www.greenroofs.aueb.gr/

Μειονεκτήματα από τα συστήματα διαχείρισης των όμβριων υδάτων

- Η περιοχή υδροσυλλογής και η ποσότητα που αποθηκεύεται στο σύστημα είναι σχετικά μικρές. Οι διακυμάνσεις του καιρού είναι σημαντικές έτσι σε μια παρατεταμένη ξηρασία η δεξαμενή μπορεί να στεγνώσει.
- Η διατήρηση αυτών των συστημάτων και η ποιότητα του συλλεγόμενου νερού μπορεί να είναι δύσκολη για τους χρήστες.
- Η εκτεταμένη ανάπτυξη των συστημάτων διαχείρισης των όμβριων υδάτων μπορεί να μειώσει τα έσοδα των δημοσίων συστημάτων υδροδότησης.
- Τα συστήματα συλλογής βρόχινου νερού συχνά δεν είναι μέρος του σχεδιασμού των κτιρίων και δεν υπάρχουν σαφείς οδηγίες προς τους χρήστες.
- Η χρησιμοποίηση του βρόχινου νερού δεν έχει αναγνωριστεί σαν ένα εναλλακτικό σύστημα προμήθειας νερού από το δημόσιο τομέα. Οι κυβερνήσεις τυπικά δεν περιλαμβάνουν την εκμετάλλευση του νερού της βροχής στις πολιτικές τους και οι πολίτες δεν απαιτούν την χρησιμοποίησή του στις κοινότητές τους.
- Οι δεξαμενές μπορεί να είναι επικίνδυνες για τα παιδιά που παίζουν γύρω από αυτές.
- Οι δεξαμενές αποθήκευσης ίσως καταλαμβάνουν σημαντικό χώρο.
- Τα κόστη ανάπτυξης μεγάλων συστημάτων υδροσυλλογής μπορεί να είναι πολύ υψηλά εάν δεν μοιράζονται με άλλα συστήματα ως μέρος ενός πολυδιάστατου δικτύου.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΜΕ ΚΕΡΑΜΙΔΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.

Υλικά και μέθοδοι

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε ο βροχογράφος HOBO Pendant Event/Temp Data Logger, τύπου ανατρεπτικού ζυγού (tipping-bucket). Πρόκειται για έναν ανθεκτικό, αδιάβροχο καταγραφέα με αισθητήρα θερμοκρασίας και τα δεδομένα επεξεργάζονται μέσω υπολογιστή. Οι μετρήσεις του βροχογράφου παίρνονται ανά 10 sec.

Πίνακας 6: Τεχνικά χαρακτηριστικά βροχογράφου

Χρονική ακρίβεια	±1 λεπτό ανά μήνα στους 25°C
Φάσμα λειτουργίας	-20°C έως 70°C
Μπαταρία	CR-2032 3V μπαταρία Λιθίου,
Μνήμη	64 Kbytes
Υλικά	Θήκη Πολυπροπυλενίου, βίδες ανοξείδωτου χάλυβα, καλώδια από PVC
Βάρος	50 gr
Διαστάσεις	71 x 33 x 23 mm, καλώδιο 1,8 m



Εικόνα 19: Βροχογράφος ανατρεπτικού ζυγού και ογκομετρικός κύλινδρος

Η πειραματική επιφάνεια αποτελείται από μια ξύλινη βάση επάνω στην οποία έχουν τοποθετηθεί με κλίση περίπου 10° κεραμίδια. Η διάταξη αυτή στηρίζεται επάνω σε ένα τραπέζι. Οι διαστάσεις της πειραματικής επιφάνειας είναι $1\text{ m} \times 1,10\text{ m} = 1,1\text{ m}^2$. Το γείσο είναι φτιαγμένο από κομμάτια σωλήνα PVC και μέσω αυτού το νερό συλλέγεται σε πλαστικό δοχείο.



Εικόνα 20: Πειραματική επιφάνεια



Εικόνα 21: Πειραματική επιφάνεια



Το πείραμα διεξήχθη από τις 12 Απριλίου έως και τις 15 Μαΐου 2010. Η πειραματική διάταξη είναι τοποθετημένη σε μπαλκόνι πολυκατοικίας το οποίο δεν είναι σκεπασμένο και έτσι δεν εμποδίζει τη συλλογή της βροχής.

Το νερό της βροχής πέφτει επάνω στην πειραματική επιφάνεια, ρέει επάνω στα κεραμίδια και καταλήγει στο γείσο. Από εκεί οδηγείται στο πλαστικό δοχείο οπού ο όγκος του νερού μετριέται με ογκομετρικό σωλήνα χωρητικότητας 2.000 ml. Ο όγκος του νερού που συλλέχθηκε μετρήθηκε ανά επεισόδιο βροχής.

Αποτελέσματα πειράματος

- 1^ο Επεισόδιο βροχής: Ξεκίνησε στις 13 Απριλίου 2010 και ώρα 9:34:00μμ και τελείωσε στις 14 Απριλίου 2010 και ώρα 2:38:41 πμ. Στο διάστημα αυτό υπήρξαν πολλές μικρές διακοπές της βροχόπτωσης τις οποίες όμως θεωρούμε αμελητέες.

Πίνακας 7: Καταγραφή βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

Ημερομηνία και Ώρα	Θερμοκρασία (°C)	Βροχόπτωση (mm)
12/4/2010 07:47:56μμ	27.173	0.0
13/4/2010 09:34:00μμ	13.846	0.2
13/4/2010 09:55:17μμ	13.461	0.4
13/4/2010 10:09:09μμ	13.076	0.6
13/4/2010 10:21:20μμ	12.690	0.8
13/4/2010 10:37:06μμ	12.304	1.0
13/4/2010 10:46:13μμ	12.207	1.2
13/4/2010 10:59:59μμ	12.013	1.4
13/4/2010 11:41:24 μμ	11.916	1.6
13/4/2010 11:49:39 μμ	11.916	1.8
13/4/2010 11:54:28 μμ	11.916	2.0
13/4/2010 11:59:24 μμ	11.819	2.2
14/4/2010 12:03:19 πμ	11.819	2.4

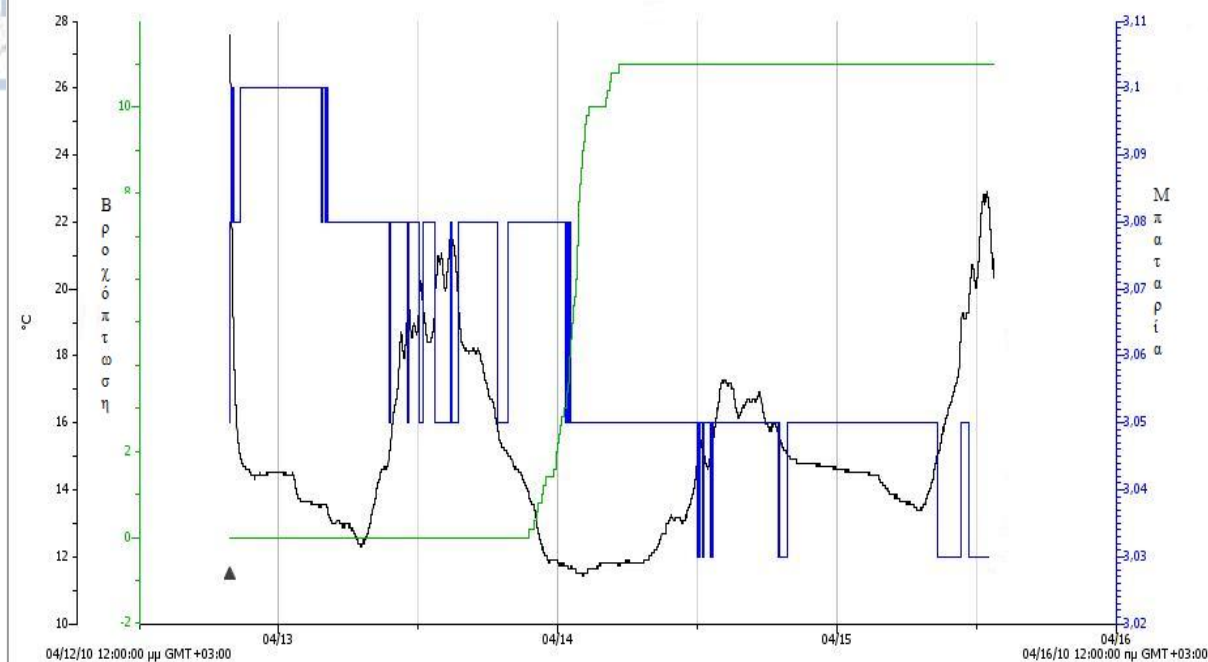
14/4/2010 12:10:21 πμ	11.819	2.6
14/4/2010 12:20:42 πμ	11.722	2.8
14/4/2010 12:36:10 πμ	11.722	3.0
14/4/2010 12:46:04 πμ	11.722	3.2
14/4/2010 12:49:59 πμ	11.722	3.4
14/4/2010 12:53:37 πμ	11.625	3.6
14/4/2010 12:57:52 πμ	11.625	3.8
14/4/2010 01:00:47 πμ	11.625	4.0
14/4/2010 01:03:20 πμ	11.625	4.2
14/4/2010 01:05:18 πμ	11.722	4.4
14/4/2010 01:07:54 πμ	11.625	4.6
14/4/2010 01:11:05 πμ	11.625	4.8
14/4/2010 01:15:25 πμ	11.625	5.0
14/4/2010 01:19:25 πμ	11.625	5.2
14/4/2010 01:23:05 πμ	11.625	5.4
14/4/2010 01:27:49 πμ	11.625	5.6
14/4/2010 01:31:31 πμ	11.625	5.8
14/4/2010 01:34:30 πμ	11.528	6.0
14/4/2010 01:37:14 πμ	11.528	6.2
14/4/2010 01:40:04 πμ	11.528	6.4
14/4/2010 01:41:30 πμ	11.528	6.6
14/4/2010 01:42:56 πμ	11.528	6.8
14/4/2010 01:44:32 πμ	11.528	7.0
14/4/2010 01:45:32 πμ	11.528	7.2
14/4/2010 01:46:37 πμ	11.528	7.4

14/4/2010 01:48:15 πμ	11.528	7.6
14/4/2010 01:50:20 πμ	11.528	7.8
14/4/2010 01:52:39 πμ	11.528	8.0
14/4/2010 01:55:12πμ	11.528	8.2
14/4/2010 01:59:45πμ	11.528	8.4
14/4/2010 02:03:15πμ	11.528	8.6
14/4/2010 02:06:46πμ	11.431	8.8
14/4/2010 02:10:53πμ	11.528	9.0
14/4/2010 02:14:22πμ	11.528	9.2
14/4/2010 02:17:56πμ	11.528	9.4
14/4/2010 02:21:54πμ	11.528	9.6
14/4/2010 02:29:41πμ	11.528	9.8
14/4/2010 02:38:41πμ	11.625	10.0

- 2ο Επεισόδιο βροχής: Ξεκίνησε στις 14 Απριλίου 2010 και ώρα 4:05:50πμ και τελείωσε στις 14 Απριλίου 2010 05:19:14πμ.

Πίνακας 8: Καταγραφή βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

Ημερομηνία και Ώρα	Θερμοκρασία (°C)	Βροχόπτωση (mm)
14/4/2010 04:05:50πμ	11.819	10.2
14/4/2010 04:17:33πμ	11.819	10.4
14/4/2010 04:25:50πμ	11.819	10.6
14/4/2010 04:37:05πμ	11.819	10.8
14/4/2010 05:19:14πμ	11.819	11.0



Σχήμα 1: Διάγραμμα βροχόπτωσης-θερμοκρασίας από 1° και 2° επεισόδιο βροχής.

Ο όγκος νερού που συλλέχθηκε από αυτά τα δύο επεισόδια ήταν 6000ml.

- 3° Επεισόδιο βροχής: Άρχισε στις 15 Απριλίου 2010 και ώρα 06:53:46μμ και τελείωσε στις 15 Απριλίου 2010 και ώρα 07:14:21μμ. Ο όγκος νερού που συλλέχθηκε ήταν 2.350 ml.

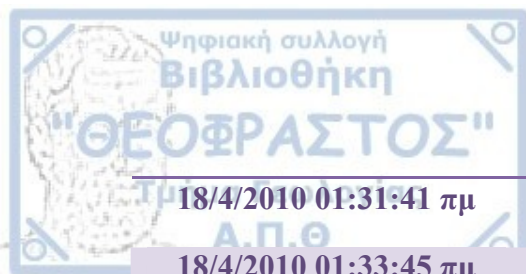
Πίνακας 9: Καταγραφή βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

Ημερομηνία και Ώρα	Θερμοκρασία (°C)	Βροχόπτωση (mm)
15/4/2010 06:53:46μμ	16.237	0.2
15/4/2010 07:00:44μμ	15.760	0.4
15/4/2010 07:08:06μμ	15.378	0.6
15/4/2010 07:14:21μμ	15.187	0.8

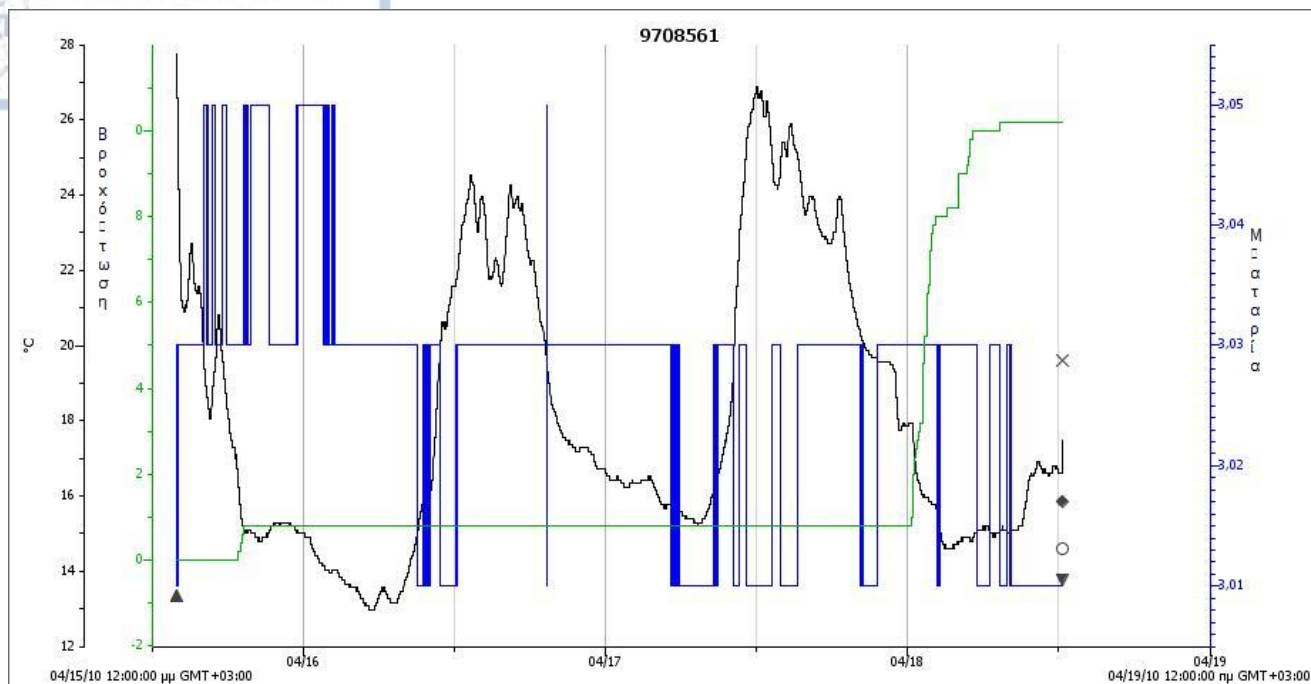
- 4° Επεισόδιο βροχής: Άρχισε στις 18 Απριλίου 2010 και ώρα 12:21:40πμ και τελείωσε στις 18 Απριλίου 2010 και ώρα 07:21:56πμ. Ο όγκος νερού που συλλέχθηκε ήταν 4.150 ml.

Πίνακας 10: Καταγραφή βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

Ημερομηνία και Ώρα	Θερμοκρασία (°C)	Βροχόπτωση (mm)
18/4/2010 12:21:40πμ	17.950	1.0
18/4/2010 12:22:39πμ	17.950	1.2
18/4/2010 12:23:14πμ	17.950	1.4
18/4/2010 12:24:11 πμ	17.950	1.6
18/4/2010 12:25:14 πμ	17.855	1.8
18/4/2010 12:26:47 πμ	17.665	2.0
18/4/2010 12:29:10 πμ	17.475	2.2
18/4/2010 12:32:51 πμ	17.094	2.4
18/4/2010 12:38:16 πμ	16.808	2.6
18/4/2010 12:45:43 πμ	16.523	2.8
18/4/2010 12:50:41 πμ	16.427	3.0
18/4/2010 12:59:36 πμ	16.237	3.2
18/4/2010 01:12:21 πμ	16.046	3.4
18/4/2010 01:13:51 πμ	15.951	3.6
18/4/2010 01:14:25 πμ	15.951	3.8
18/4/2010 01:14:42 πμ	15.951	4.0
18/4/2010 01:15:01 πμ	15.951	4.2
18/4/2010 01:15:21 πμ	15.951	4.6
18/4/2010 01:16:36 πμ	15.951	4.8
18/4/2010 01:17:34 πμ	15.951	5.0
18/4/2010 01:19:31 πμ	15.951	5.2
18/4/2010 01:30:30 πμ	15.951	5.4
18/4/2010 01:31:41 πμ	15.951	5.6



18/4/2010 01:31:41 πμ	15.951	5.8
18/4/2010 01:33:45 πμ	15.951	6.0
18/4/2010 01:35:11 πμ	15.951	6.2
18/4/2010 01:41:38 πμ	15.855	6.4
18/4/2010 01:45:08 πμ	15.855	6.6
18/4/2010 01:46:35 πμ	15.855	6.8
18/4/2010 01:48:05 πμ	15.855	7.0
18/4/2010 01:49:16 πμ	15.855	7.2
18/4/2010 01:50:48 πμ	15.855	7.4
18/4/2010 01:53:25 πμ	15.855	7.6
18/4/2010 01:58:59 πμ	15.760	7.8
18/4/2010 02:11:31 πμ	15.760	8.0
18/4/2010 03:09:28 πμ	14.613	8.2
18/4/2010 03:59:29 πμ	14.709	8.4
18/4/2010 04:02:45 πμ	14.804	8.6
18/4/2010 04:03:33 πμ	14.804	8.8
18/4/2010 04:05:59 πμ	14.804	9.0
18/4/2010 04:46:43 πμ	14.900	9.2
18/4/2010 04:53:02 πμ	14.900	9.4
18/4/2010 04:55:51 πμ	14.900	9.6
18/4/2010 04:59:06 πμ	14.900	9.8
18/4/2010 05:07:23 πμ	14.804	10.0
18/4/2010 07:21:56 πμ	15.091	10.2



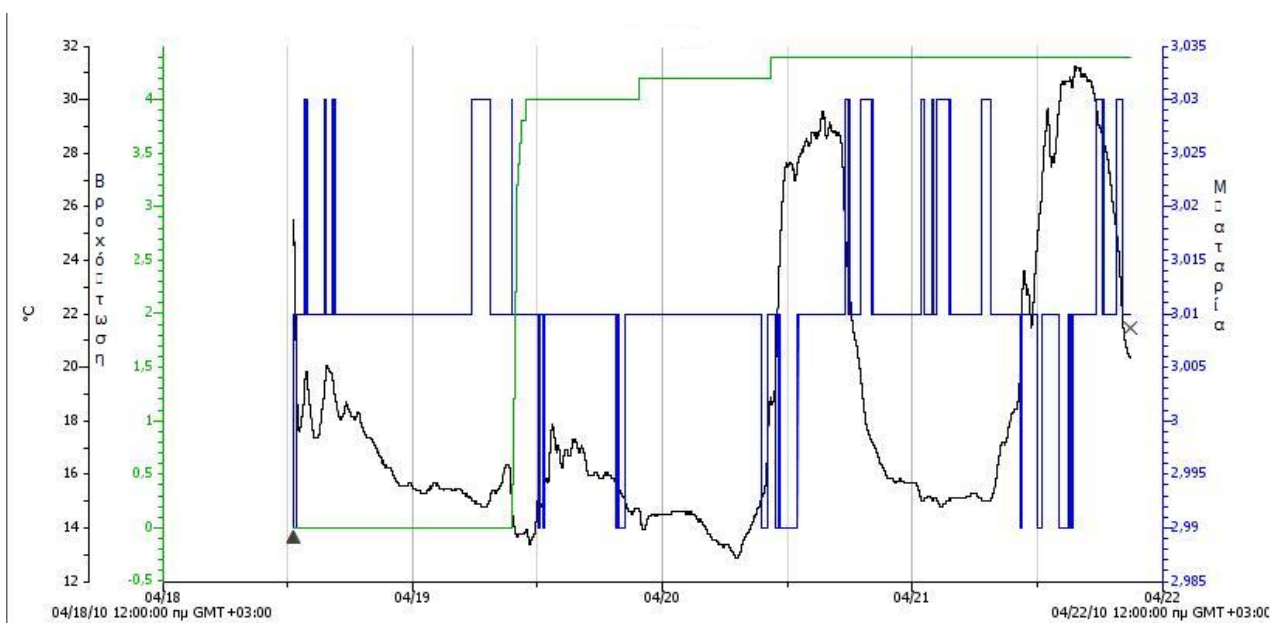
Σχήμα 2: Διάγραμμα βροχόπτωσης-θερμοκρασίας από 3^ο και 4^ο επεισόδιο βροχής

- 5^ο Επεισόδιο βροχής: Άρχισε στις 19 Απριλίου 2010 και ώρα 09:33:31πμ και τελείωσε στις 19 Απριλίου 2010 και ώρα 10:52:54πμ. Ο όγκος του νερού που συλλέχθηκε ήταν 1950 ml.

Πίνακας 11: Καταγραφή βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

Ημερομηνία και Ώρα	Θερμοκρασία (°C)	Βροχόπτωση (mm)
18/4/2010 12:34:47μμ	24.545	0.0
19/4/2010 09:33:31πμ	14.804	0.2
19/4/2010 09:36:18πμ	14.613	0.4
19/4/2010 09:39:25πμ	14.325	0.6
19/4/2010 09:42:20πμ	14.230	0.8
19/4/2010 09:44:15πμ	14.134	1.0
19/4/2010 09:46:09πμ	14.038	1.2
19/4/2010 09:48:07πμ	14.038	1.4
19/4/2010 09:50:13πμ	13.942	1.6
19/4/2010 09:51:50πμ	13.846	1.8

19/4/2010 09:53:41πμ	13.846	2.0
19/4/2010 09:55:50πμ	13.750	2.2
19/4/2010 09:57:30πμ	13.750	2.4
19/4/2010 09:59:01πμ	13.750	2.6
19/4/2010 10:00:16πμ	13.654	2.8
19/4/2010 10:02:08πμ	13.654	3.0
19/4/2010 10:04:39πμ	13.654	3.2
19/4/2010 10:07:49πμ	13.750	3.4
19/4/2010 10:16:03πμ	13.750	3.6
19/4/2010 10:31:13πμ	13.750	3.8
19/4/2010 10:52:54πμ	13.942	4.0



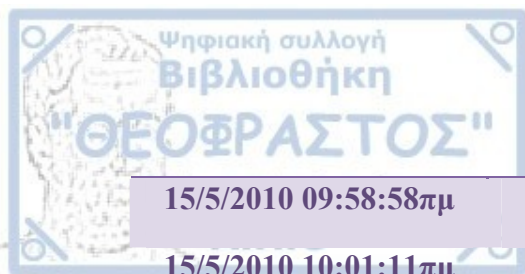
Σχήμα 3: Διάγραμμα βροχόπτωσης-θερμοκρασίας από 5^ο επεισόδιο βροχής



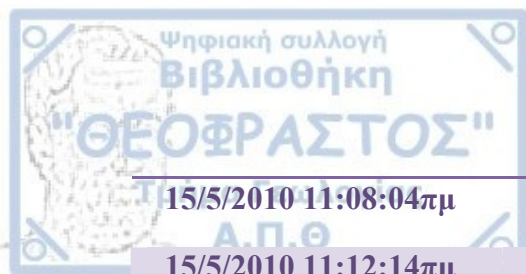
- 6^ο Επεισόδιο βροχής: Αρχισε στις 15 Μαΐου 2010 και ώρα 08:40:58πμ και τελείωσε στις 15 Μαΐου 2010 και ώρα 11:50:42πμ. Ο όγκος νερού που συλλέχθηκε ήταν 10500 ml.

Πίνακας 12: Καταγραφή βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

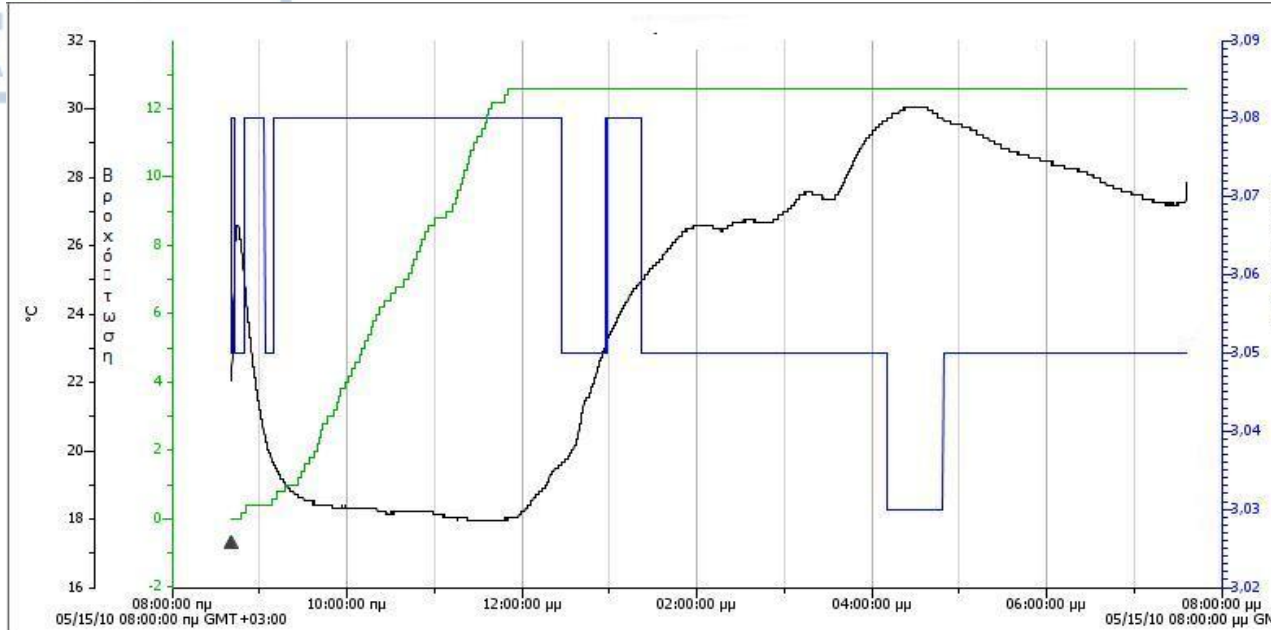
Ημερομηνία και Ώρα	Θερμοκρασία (°C)	Βροχόπτωση (mm)
15/5/2010 08:40:58πμ	22.046	0.0
15/5/2010 08:47:44πμ	25.805	0.2
15/5/2010 08:50:23πμ	24.738	0.4
15/5/2010 09:08:23πμ	19.758	0.6
15/5/2010 09:12:21πμ	19.377	0.8
15/5/2010 09:17:25πμ	19.092	1.0
15/5/2010 09:25:58πμ	18.711	1.2
15/5/2010 09:28:24πμ	18.616	1.4
15/5/2010 09:31:31πμ	18.521	1.6
15/5/2010 09:33:57πμ	18.521	1.8
15/5/2010 09:37:53πμ	18.426	2.0
15/5/2010 09:39:53πμ	18.426	2.2
15/5/2010 09:40:59πμ	18.426	2.4
15/5/2010 09:42:12πμ	18.426	2.6
15/5/2010 09:43:44πμ	18.426	2.8
15/5/2010 09:46:48πμ	18.426	3.0
15/5/2010 09:51:36πμ	18.331	3.2
15/5/2010 09:52:52πμ	18.331	3.4
15/5/2010 09:54:15πμ	18.331	3.6
15/5/2010 09:56:05πμ	18.331	3.8



15/5/2010 09:58:58πμ	18.426	4.0
15/5/2010 10:01:11πμ	18.331	4.2
15/5/2010 10:03:37πμ	18.331	4.4
15/5/2010 10:05:51πμ	18.331	4.6
15/5/2010 10:08:40πμ	18.331	4.8
15/5/2010 10:10:22πμ	18.331	5.0
15/5/2010 10:12:17πμ	18.331	5.2
15/5/2010 10:14:34πμ	18.331	5.4
15/5/2010 10:16:45πμ	18.331	5.6
15/5/2010 10:18:01πμ	18.331	5.8
15/5/2010 10:19:45πμ	18.331	6.0
15/5/2010 10:22:26πμ	18.236	6.2
15/5/2010 10:25:54πμ	18.236	6.4
15/5/2010 10:29:55πμ	18.140	6.6
15/5/2010 10:33:52πμ	18.236	6.8
15/5/2010 10:38:39πμ	18.236	7.0
15/5/2010 10:42:00πμ	18.236	7.2
15/5/2010 10:44:41πμ	18.236	7.4
15/5/2010 10:46:06πμ	18.236	7.6
15/5/2010 10:47:33πμ	18.236	7.8
15/5/2010 10:49:43πμ	18.236	8.0
15/5/2010 10:51:34πμ	18.236	8.2
15/5/2010 10:53:14πμ	18.236	8.4
15/5/2010 10:55:46πμ	18.236	8.6
15/5/2010 11:00:04πμ	18.140	8.8



15/5/2010 11:08:04πμ	18.045	9.0
15/5/2010 11:12:14πμ	18.045	9.2
15/5/2010 11:14:35πμ	18.045	9.4
15/5/2010 11:16:27πμ	18.045	9.6
15/5/2010 11:17:43πμ	18.045	9.8
15/5/2010 11:19:01πμ	18.045	10.0
15/5/2010 11:20:15πμ	18.045	10.2
15/5/2010 11:22:03πμ	18.045	10.4
15/5/2010 11:23:55πμ	17.950	10.6
15/5/2010 11:25:16πμ	17.950	10.8
15/5/2010 11:27:05πμ	17.950	11.0
15/5/2010 11:29:39πμ	17.950	11.2
15/5/2010 11:32:18πμ	17.950	11.4
15/5/2010 11:34:29πμ	17.950	11.6
15/5/2010 11:35:41πμ	17.950	11.8
15/5/2010 11:37:21πμ	17.950	12.0
15/5/2010 11:39:33πμ	17.950	12.2
15/5/2010 11:48:11πμ	17.950	12.4
15/5/2010 11:50:42πμ	18.045	12.6



Σχήμα 4: Διάγραμμα βροχόπτωσης-θερμοκρασίας από 6^ο επεισόδιο βροχής.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την πειραματική διαδικασία υπολογίστηκε ο συνολικός όγκος του νερού που συλλέχθηκε 24.950 ml σε διάρκεια ενός μήνα από 12 Απριλίου έως 15 Μαΐου. Το συνολικό ύψος βροχής που κατέγραψε ο βροχογράφος είναι 38.2 mm. Άρα ο συνολικός όγκος νερού που έπεσε πάνω στη πειραματική επιφάνεια είναι 41.800ml. Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι καταφέραμε να συλλέξουμε παραπάνω από τη μισή (60%) ποσότητα που έπεσε. Αν αναγάγουμε τα αποτελέσματα του πειράματος σε μια στέγη 150 m² μιας μονοκατοικίας τετραμελούς οικογένειας θα συλλέξουμε κατά προσέγγιση 3.750 l. Γνωρίζοντας ότι οι ημερήσιες ανάγκες της οικογένειας είναι 160 l/d εύκολα διαπιστώνουμε ότι καλύπτουν τις ανάγκες τους, εκτός της πόσης, για περίπου 24 ημέρες ή καλύπτουν μέρος των αρδευτικών αναγκών.

Είναι γενικώς αποδεκτό ότι τα συστήματα διαχείρισης του βρόχινου νερού συμβάλλουν στη μείωση της υπερκατανάλωσης του πόσιμου νερού. Πάνω σε αυτή τη διαπίστωση μπορούν να βασιστούν τα μελλοντικά σχέδια δόμησης των πόλεων για την εξοικονόμηση ενέργειας και υδάτινων πόρων.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Burkhard R., Deletic A., Craig A., Techniques for water and wastewater management: a review of techniques and their integration in planning. Urban Water 2 (2000) p. 197-221.

Hermann T., Schmida U., Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. Urban Water 1 (1999) p. 307-316.

Καμπανέλλας Α., Όμορφος Χ., Ιωάννου Α., Φραγκέσκου Θ., Η ανάπτυξη των υδάτινων πόρων της Κύπρου-ιστορική αναδρομή. Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων, Δεκέμβριος 2003

Kohler M., Schmidt M., (et al), Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics-far beyond the aesthetics. Environmental Management and Health, Vol .13 No 4, (2002) p. 382-391.

Sazakli E., Alexopoulos A., Leotsinidis M., Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia island, Greece. Water Research 41 (2007) p. 2039-2047.

Thomas T., Domestic water supply using rainwater harvesting. Building Research and Information (1998) 26(2) p. 94-101.

Τρικοιλίδου Ε., Τσιχριντζης Β.Α., Μελίδης Π., Ακράτος Χ., Σύστημα συλλογής-αποθήκευσης και επεξεργασίας της απορροής βρόχινου νερού από στέγες στην Ξάνθη. Πρακτικά 5^{ου} Συνεδρίου της ΕΕΔΥΠ, Ξάνθη 6-9 Απριλίου 2005 p. 603-612.

Villareal E.L., Dixon A., Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norkoping, Sweden. Building and Environment 40 (2005) p. 1174-1184.

Yaziz M.I., Gunting H., Sapari N., Ghazali A.W., Variations in rainwater quality from roof catchments. Water Research Vol. 23 No. 6 (1989) p. 761-765.

<http://www.gdrc.org/uem/water/rainwater/introduction.html>

<http://www.greenroofs.aueb.gr/>

<http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Components.htm>

<http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/7.asp>

<http://www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanenv-2/9.asp>



