



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Διερεύνηση της αποδοτικότητας ομβροδεξαμενών στη νήσο Θήρα



Πρέκα Μυρτώ

Επιβλέπων καθηγητής: Μπαλτάς Ευάγγελος

ΑΘΗΝΑ, 2016

Τίτλος εργασίας: Διερεύνηση της αποδοτικότητας ομβροδεξαμενών στη νήσο Θήρα

Συγγραφέας: Πρέκα Μυρτώ

Επιβλέπων καθηγητής: Μπαλτάς Ευάγγελος

Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Αθήνα, Μάρτιος 2016

Εικόνα εξωφύλλου: McCabe Robert A., Φηρά, Θήρα, 1963.

Το περιεχόμενο της ανά χείρας διπλωματικής εργασίας αποτελεί προϊόν της δικής μου πνευματικής προσπάθειας. Η ενσωμάτωση σε αυτήν υλικού τρίτων, δημοσιευμένου ή μη, γίνεται με δόκιμη αναφορά στις πηγές, που δεν επιτρέπει ασάφειες ή παρερμηνείες.

Πρόλογος

Τελειώνοντας τη διπλωματική μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Καθηγητή κ. Ευάγγελο Μπαλτά, για την ανάθεση αυτού του ενδιαφέροντος θέματος που αφορά στον τόπο καταγωγής μου, την καθοδήγηση και την άριστη συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής της εργασίας.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στην Δρ. Παρασκευή Λόντρα, Ε.ΔΙ.Π. του Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, για την πολύτιμη βοήθειά της σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους ανθρώπους που στάθηκαν δίπλα μου, για τη βοήθεια, την υπομονή και την υποστήριξή τους, σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	i
Ευρετήριο πινάκων	iv
Ευρετήριο σχημάτων	vi
Ευρετήριο εικόνων	ix
Περίληψη	xi
Abstract	xii
1 Εισαγωγή	1
1.1 Αντικείμενο μελέτης.....	1
1.2 Διάρθρωση	1
2 Διαχείριση Υδατικών Πόρων	3
2.1 Ελλάδα.....	3
2.1.1 Κλιματικές συνθήκες στην Ελλάδα	3
2.1.2 Διαχείριση υδατικών πόρων στην Ελλάδα	4
2.2 Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Αιγαίου (GR 14).....	5
2.2.1 Κλιματικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά	6
2.2.2 Διαχείριση υδατικών πόρων στο Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Αιγαίου	7
2.3 Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60	8
2.4 Περιοχή Μελέτης - Νήσος Θήρα	9
2.4.1 Επιλογή περιοχής	9
2.4.2 Περιγραφή περιοχής - Γενικά στοιχεία.....	9
2.4.3 Γεωγραφία-Γεωλογία	11
2.4.3.1 Προ-ηφαιστειακή Θήρα.....	11
2.4.3.2 Ηφαιστειακή Θήρα	12
2.4.4 Κλιματικά χαρακτηριστικά	13
2.4.5 Πληθυσμιακά, διοικητικά και δημογραφικά στοιχεία	15
2.4.5.1 Μέγεθος νοικοκυριών	16
2.4.5.2 Εποχιακός πληθυσμός – Τουρισμός.....	17
2.4.6 Χωροταξία	18
2.4.7 Κτηριακά.....	18
2.4.7.1 Τοπικός τρόπος δόμησης - Υπόσκαφα	18
2.4.8 Απασχόληση	20

2.4.9	Ύδρευση στη Θήρα σήμερα	21
2.4.9.1	Ύδρευση	21
2.4.9.2	Δίκτυο ΔΕΥΑ Θήρας.....	21
2.4.9.3	Καταναλώσεις νερού	24
2.4.9.4	Μελλοντικά υδρευτικά έργα	26
2.4.9.5	Κόστος Ύδρευσης για τη ΔΕΥΑ Θήρας	29
2.4.9.6	Κόστος Ύδρευσης για τον καταναλωτή	29
2.4.9.7	Άρδευση.....	29
2.4.10	Επιφανειακά νερά.....	30
2.4.11	Υπόγεια Υδατικά Συστήματα και προβλήματα της εκμετάλλευσης αυτών	31
2.4.12	Οδηγία Πλαίσιο και υπόγεια ύδατα Θήρας.....	34
3	Συλλογή Όμβριων Υδάτων	41
3.1	Γενικά.....	41
3.2	Συλλογή όμβριων υδάτων στην Ελλάδα – Ιστορική αναδρομή.....	42
3.2.1	Νομοθεσία στην Ελλάδα.....	46
3.3	Ομβροδεξαμενές στη Σαντορίνη του 20 ^{ου} αιώνα.	47
3.3.1	Νομικά.....	49
3.4	Περιγραφή συστημάτων συλλογής όμβριων υδάτων	50
3.5	Ποιότητα.....	57
3.6	Διαστασιολόγηση	58
4	Ανάπτυξη μεθοδολογίας.....	61
4.1	Μοντέλο ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου (daily water balance model).....	61
4.1.1	Προσδιορισμός συλλεγόμενου όγκου όμβριων υδάτων	61
4.1.2	Προσδιορισμός αναγκών ζήτησης	62
4.1.3	Διαστασιολόγηση όγκου ομβροδεξαμενής	63
4.1.4	Υπολογισμός όγκου ομβροδεξαμενής με τη μέθοδο ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου.....	63
4.2	Υπολογισμός όγκου ομβροδεξαμενής με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου.....	64
4.3	Συντελεστής αποδοτικότητας (<i>Re</i>)	64
4.4	Ανάλυση κόστους συστημάτων συλλογής ομβρίων υδάτων	64
4.5	Κοστολόγηση δεξαμενών και εξαρτημάτων	65
5	Εφαρμογή της μεθοδολογίας στη Νήσο Θήρα.....	68
5.1	Βροχομετρικά δεδομένα	68

5.2	Παραδοχές.....	69
5.3	Βασικά σενάρια μελέτης	71
6	Αποτελέσματα - Συζήτηση	72
6.1	Εφαρμογή μοντέλου διαστασιολόγησης ομβροδεξαμενής με τη μέθοδο του ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου	72
6.1.1	Εφαρμογή στα βασικά σενάρια μελέτης.....	72
6.1.2	Διερεύνηση αποδοτικότητας σε σχέση τον όγκο ομβροδεξαμενής, την ημερήσια κατανάλωση και το ποσοστό χρήσης	82
6.1.3	Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής για αποδοτικότητα 100%.....	86
6.1.4	Χρηματικό όφελος καταναλωτή συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής για αποδοτικότητα 100%.....	94
6.1.5	Όγκος ομβροδεξαμενής συναρτήσει επιφάνειας συλλογής ομβρίων για αποδοτικότητα 100%.....	98
6.2	Διαστασιολόγηση ομβροδεξαμενής με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου και εκτίμηση της αποδοτικότητας.....	103
7	Συμπεράσματα	109
	Βιβλιογραφικές Αναφορές	112

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 2.1 Ισοζύγιο Προσφοράς – Ζήτησης Υδάτων για την Ελλάδα στο μακροπρόθεσμο σενάριο (Πηγή: ΕΠΠΕΡΑΑ, 2013)	5
Πίνακας 2.2 Έκταση Λεκάνης Απορροής ΥΔ 14 (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015).....	6
Πίνακας 2.3 Πληθυσμιακή εξέλιξη της Θήρας (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)	15
Πίνακας 2.4 Πραγματικός πληθυσμός νήσου Θήρας (Πηγή: Ε.Ε.Τ.Α.Α.)	16
Πίνακας 2.5 Απογραφή πληθυσμού - κατοίκων 2011. Μόνιμος πληθυσμός (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ) 16	
Πίνακας 2.6 Απογραφή Πληθυσμού-Κατοίκων 2011, Νοικοκυριά και μέλη αυτών στη Θήρα (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).....	17
Πίνακας 2.7 Αφίξεις επιβατών διεθνών πτήσεων για τα έτη 2013 έως 2015 (Πηγή: SETE)...	18
Πίνακας 2.8 Σύνολο κανονικών κατοικιών κατά επιφάνεια (m ²) στην περιοχή του Δήμου Θήρας, κατά την απογραφή του 2011. (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).....	19
Πίνακας 2.9 Κανονικές κατοικίες κατά πυκνότητα κατοικήσεως. Επεξεργασμένα στοιχεία για ιδιοκατοικούμενες και ενοικιαζόμενες κατοικίες της Περιφέρειας Θήρας, σύμφωνα με την απογραφή του 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).....	20
Πίνακας 2.10 Μονάδες αφαλάτωσης σε λειτουργία στη Θήρα (Πηγή: Υ.ΠΕ.ΚΑ).....	22
Πίνακας 2.11 Τρόπος υδροδότησης Δημοτικών Διαμερισμάτων Ν. Θήρας έως το 2015	24
Πίνακας 2.12 Καταναλώσεις έτους 2006 ανά Δημοτικό Διαμέρισμα (Πηγή: Αποστολάκη, 2007).....	25
Πίνακας 2.13 Ελάχιστη ζήτηση και ζήτηση αιχμής για το έτος 2006 (Πηγή: Αποστολάκη, 2007)	26
Πίνακας 2.14 Πλήρης κατάλογος μονάδων αφαλάτωσης στη Θήρα (Πηγή: Υ.ΠΕ.ΚΑ).....	28
Πίνακας 2.15 Μεταφερόμενες ποσότητες νερού (m ³ /έτος) στη Ν. Θηρασιά (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)	29
Πίνακας 2.16 Χαρακτηρισμός των υπόγειων υδατικών συστημάτων νήσου Θήρας – Γεωλογικά χαρακτηριστικά (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)	37
Πίνακας 2.17 Χαρακτηρισμός των υπόγειων υδατικών συστημάτων νήσου Θήρας – Ιδιότητες (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015).....	38
Πίνακας 2.18 Χαρακτηρισμός των υπόγειων υδατικών συστημάτων νήσου Θήρας – Χαρακτηρισμός (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015).....	39
Πίνακας 2.19 Χαρακτηρισμός των υπόγειων υδατικών συστημάτων νήσου Θήρας – Περιβαλλοντικός στόχος (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)	40
Πίνακας 3.1 Τιμές συντελεστή απορροής, C, για διαφορετικά υλικά (Πηγή: Kinkade - Levario, 2007 και UNEP, 2009)	52
Πίνακας 3.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση τιμών εκτροπής πρώτης έκπλυσης (Πηγή: Παπαγιάννη, 2014).....	54
Πίνακας 3.3 Μέθοδοι διαστασιολόγησης ομβροδεξαμενών	60
Πίνακας 4.1 Καταναλώσεις νερού για τυπική οικογένεια στην Ευρώπη (Πηγή: Karavitis, 2008)	62

Πίνακας 4.2 Ενδεικτικό κόστος πλαστικών ομβροδεξαμενών οικιακής χρήσης ανάλογα με τη χωρητικότητα και τις διαστάσεις (οι τιμές επιβαρύνονται με Φ.Π.Α. 23%) (Πηγή: http://www.mytherm.gr/)	66
Πίνακας 4.3 Ενδεικτικό κόστος προκατασκευασμένης ομβροδεξαμενής από σκυρόδεμα (Πηγή: Τουμάζης κ.α., 2009)	66
Πίνακας 4.4 Ενδεικτική κοστολόγηση εξαρτημάτων συστήματος συλλογής όμβριων (Πηγή: http://www.e-watershop.gr/).....	67
Πίνακας 6.1 Χωρητικότητα ομβροδεξαμενής, V_{tank} , για πλήρη ικανοποίηση της ζήτησης ρ με βρόχινο νερό, ενός διμελούς νοικοκυριού και επιφάνεια συλλογής 60 m^2	74
Πίνακας 6.2 Απαιτούμενος όγκος ομβροδεξαμενής, V_{tank} , συναρτήσει της επιφάνειας συλλογής, για την ικανοποίηση διαφόρων ποσοστών ζήτησης ρ , με $N_{\text{cap}}=2$ και $q=150 \text{ L/cap/day}$	75
Πίνακας 6.3 Απαιτούμενη ημερήσια ποσότητα νερού (ζήτηση) από την ομβροδεξαμενή ...	77
Πίνακας 6.4 Απαιτούμενος όγκος για $Re=100\%$, με $q=150 \text{ L/cap/day}$ και $\rho=30\%$	79
Πίνακας 6.5 Συνολικές ποσότητες νερού και χρηματικό ετήσιο όφελος καταναλωτή και ΔΕΥΑΘ, ανά σενάριο για $q=150 \text{ L/cap/day}$, $V_{\text{tank}}=50 \text{ m}^3$, και $\rho=30\%$	81
Πίνακας 6.6 Αποδοτικότητα Re για μέση ημερήσια κατανάλωση, $q=150 \text{ L/cap/day}$ και ποσοστό χρήσης $\rho=30\%$	81
Πίνακας 6.7 Απαιτούμενος όγκος ομβροδεξαμενής, $V_{\text{tank,dd}}$, με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου, για διάφορα ποσοστά χρήσης βρόχινου νερού, ημερήσιες καταναλώσεις και εξυπηρετούμενα άτομα, για 198 ημέρες άνομβρη περίοδο	105

Ευρετήριο σχημάτων

Σχήμα 5.1 Κατανομή βροχοπτώσης διάρκειας 22 ετών από δεδομένα του σταθμού Θήρας	68
Σχήμα 5.2 Κατανομή άνομβρων ημερών από δεδομένα διάρκειας 22 ετών του σταθμού Θήρας	69
Σχήμα 6.1 Αποθηκευμένος όγκος νερού στο σύστημα με $N_{cap}=2$, $q=150$ L/cap/day, $A=60$ m ² , $V_{tank}=50$ m ³ και $p=30\%$	72
Σχήμα 6.2 Η ποσότητα του νερού (m ³) που απαιτήθηκε από το δίκτυο ύδρευσης, για $N_{cap}=2$, $q=150$ L/cap/day, $A=60$ m ² , $V_{tank}=50$ m ³ και $p=30\%$	73
Σχήμα 6.3 Υπερχειλίση δεξαμενής αποθήκευσης, O_t με τον χρόνο, για $N_{cap}=2$, $q=150$ L/cap/day, $A=60$ m ² , $V_{tank}=50$ m ³ και $p=30\%$	73
Σχήμα 6.4 Αθροιστική χρήση νερού από ομβροδεξαμενή και δημόσιο δίκτυο ύδρευσης για ικανοποίηση ζήτησης 90 L/day περιόδου 22 ετών ($A=60$ m ² , $V_{tank}=50$ m ³)	74
Σχήμα 6.5 Αποδοτικότητα συστήματος συλλογής ομβρίων συναρτήσεως του όγκου ομβροδεξαμενής για διάφορα ποσοστά ζήτησης κάλυψης των αναγκών, p των 2 κατοίκων και επιφάνεια συλλογής 60 m ²	76
Σχήμα 6.6: Αποθηκευμένος όγκος νερού στο σύστημα με $N_{cap}=3$, $A=90$ m ² , $q=150$ L/cap/day, $V_{tank}=50$ m ³ και $p=30\%$	78
Σχήμα 6.7 Αποθηκευμένος όγκος νερού στο σύστημα με $N_{cap}=4$, $A=120$ m ² , $q=150$ L/cap/day, $V_{tank}=50$ m ³ και $p=30\%$	78
Σχήμα 6.8 Αποθηκευμένος όγκος νερού στο σύστημα με $N_{cap}=5$, $A=150$ m ² , $q=150$ L/cap/day, $V_{tank}=50$ m ³ και $p=30\%$	79
Σχήμα 6.9 Αθροιστική χρήση νερού των δύο συστημάτων με $N_{cap}=3$, $A=90$ m ² , $V_{tank}=50$ m ³ , για $q=150$ L/cap/day και $p=30\%$	80
Σχήμα 6.10 Αθροιστική χρήση νερού των δύο συστημάτων με $N_{cap}=4$, $A=120$ m ² , $V_{tank}=50$ m ³ , για $q=150$ L/cap/day και $p=30\%$	80
Σχήμα 6.11 Αθροιστική χρήση νερού των δύο συστημάτων με $N_{cap}=5$, $A=150$ m ² , $V_{tank}=50$ m ³ , για $q=150$ L/cap/day και $p=30\%$	81
Σχήμα 6.12 Αποδοτικότητα συστήματος συλλογής ομβρίων συναρτήσεως του όγκου ομβροδεξαμενής για διάφορα ποσοστά ζήτησης κάλυψης των αναγκών των 3 κατοίκων και επιφάνεια συλλογής 90 m ²	83
Σχήμα 6.13 Αποδοτικότητα συστήματος συλλογής ομβρίων συναρτήσεως του όγκου ομβροδεξαμενής για διάφορα ποσοστά ζήτησης κάλυψης των αναγκών των 4 κατοίκων και επιφάνεια συλλογής 120 m ²	84
Σχήμα 6.14 Αποδοτικότητα συστήματος συλλογής ομβρίων συναρτήσεως του όγκου ομβροδεξαμενής για διάφορα ποσοστά ζήτησης κάλυψης των αναγκών των 5 κατοίκων και επιφάνεια συλλογής 150 m ²	85
Σχήμα 6.15 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, p , συναρτήσεως του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της επιφάνειας συλλογής, A , και της ημερήσιας κατανάλωσης, q , για 2 εξυπηρετούμενα άτομα και αποδοτικότητα $Re=100\%$	87
Σχήμα 6.16 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, p , συναρτήσεως του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της επιφάνειας συλλογής, A , και της ημερήσιας κατανάλωσης, q , για 3 εξυπηρετούμενα άτομα και αποδοτικότητα $Re=100\%$	88

Σχήμα 6.17 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, p , συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της επιφάνειας συλλογής, A , και της ημερήσιας κατανάλωσης, q , για 4 εξυπηρετούμενα άτομα και αποδοτικότητα $Re=100\%$	89
Σχήμα 6.18 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, p , συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της επιφάνειας συλλογής, A , και της ημερήσιας κατανάλωσης, q , για 5 εξυπηρετούμενα άτομα και αποδοτικότητα $Re=100\%$	90
Σχήμα 6.19 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, p , συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της ημερήσιας κατανάλωσης, q , και των εξυπηρετούμενων ατόμων, N_{cap} , για επιφάνειας συλλογής $A=100 \text{ m}^2$ και αποδοτικότητα $Re=100\%$	91
Σχήμα 6.20 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, p , συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της ημερήσιας κατανάλωσης, q , και των εξυπηρετούμενων ατόμων, N_{cap} , για επιφάνειας συλλογής $A=150 \text{ m}^2$ και αποδοτικότητα $Re=100\%$	92
Σχήμα 6.21 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, p , συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της ημερήσιας κατανάλωσης, q , και των εξυπηρετούμενων ατόμων, N_{cap} , για επιφάνειας συλλογής $A=200 \text{ m}^2$ και αποδοτικότητα $Re=100\%$	93
Σχήμα 6.22 Σχέση οφέλους συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , των βέλτιστων ποσοστών χρήσης, p , και των εξυπηρετούμενων ατόμων, N_{cap} , για επιφάνεια συλλογής $A=100 \text{ m}^2$ και αποδοτικότητα $Re=100\%$	95
Σχήμα 6.23 Σχέση οφέλους συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , των βέλτιστων ποσοστών χρήσης, p , και των εξυπηρετούμενων ατόμων, N_{cap} , για επιφάνεια συλλογής $A=150 \text{ m}^2$ και αποδοτικότητα $Re=100\%$	96
Σχήμα 6.24 Σχέση οφέλους συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , των βέλτιστων ποσοστών χρήσης, p , και των εξυπηρετούμενων ατόμων, N_{cap} , για επιφάνεια συλλογής $A=200 \text{ m}^2$ και αποδοτικότητα $Re=100\%$	97
Σχήμα 6.25 Όγκος ομβροδεξαμενής, V_{tank} , σε σχέση με την επιφάνεια απορροής, A , την ημερήσια κατανάλωση, q , και το ποσοστό χρήσης, p , για δύο εξυπηρετούμενα άτομα, $N_{\text{cap}}=2$, και αποδοτικότητα $Re=100\%$	99
Σχήμα 6.26 Όγκος ομβροδεξαμενής, V_{tank} , σε σχέση με την επιφάνεια απορροής, A , την ημερήσια κατανάλωση, q , και το ποσοστό χρήσης, p , για τρία εξυπηρετούμενα άτομα, $N_{\text{cap}}=3$, και αποδοτικότητα $Re=100\%$	100
Σχήμα 6.27 Όγκος ομβροδεξαμενής, V_{tank} , σε σχέση με την επιφάνεια απορροής, A , την ημερήσια κατανάλωση, q , και το ποσοστό χρήσης, p , για τέσσερα εξυπηρετούμενα άτομα, $N_{\text{cap}}=4$, και αποδοτικότητα $Re=100\%$	101
Σχήμα 6.28 Όγκος ομβροδεξαμενής, V_{tank} , σε σχέση με την επιφάνεια απορροής, A , την ημερήσια κατανάλωση, q , και το ποσοστό χρήσης, p , για πέντε εξυπηρετούμενα άτομα, $N_{\text{cap}}=5$, και αποδοτικότητα $Re=100\%$	102
Σχήμα 6.29 Συχνότητα εμφάνισης επεισοδίων ανομβρίας (αριθμός επεισοδίων) της νήσου Θήρας για τα υδρολογικά έτη 1990-91 έως 2011-12	103
Σχήμα 6.30 Συχνότητα εμφάνισης ομαδοποιημένων περιόδων ανομβρίας (αριθμός επεισοδίων) της νήσου Θήρας για τα υδρολογικά έτη 1990-91 έως 2011-12	104
Σχήμα 6.31 Αθροιστικό ποσοστό εμφάνισης ομαδοποιημένων επεισοδίων ανομβρίας της νήσου Θήρας για τα υδρολογικά έτη 1990-91 έως 2011-12.....	104

Σχήμα 6.32 Αποδοτικότητα συστήματος συναρτήσει της ημερήσιας κατανάλωσης για όγκο ομβροδεξαμενής υπολογισμένο με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου $V_{\text{tank,dd}}$ και ποσοστό χρήσης $p=10\%$ για τα τέσσερα σενάρια μελέτης	106
Σχήμα 6.33 Αποδοτικότητα συστήματος συναρτήσει της ημερήσιας κατανάλωσης για όγκο ομβροδεξαμενής υπολογισμένο με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου $V_{\text{tank,dd}}$ και ποσοστό χρήσης $p=30\%$ για τα τέσσερα σενάρια μελέτης	107
Σχήμα 6.34 Αποδοτικότητα συστήματος συναρτήσει της ημερήσιας κατανάλωσης για όγκο ομβροδεξαμενής υπολογισμένο με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου $V_{\text{tank,dd}}$ και ποσοστό χρήσης $p=50\%$ για τα τέσσερα σενάρια μελέτης	107
Σχήμα 6.35 Αποδοτικότητα συστήματος συναρτήσει της ημερήσιας κατανάλωσης για όγκο ομβροδεξαμενής υπολογισμένο με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου $V_{\text{tank,dd}}$ και ποσοστό χρήσης $p=100\%$ για τα τέσσερα σενάρια μελέτης	108
Σχήμα 6.36 Αποδοτικότητα συστήματος συναρτήσει του ποσοστού χρήσης για όγκο ομβροδεξαμενής υπολογισμένο με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου $V_{\text{tank,dd}}$ και ημερήσια κατανάλωση $q=150$ L/cap/day για τα τέσσερα σενάρια μελέτης	108

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 2.1 Μέση Ετήσια Θερμοκρασία και Μέσο Ετήσιο Ύψος Βροχής (Πηγή: Φαρμακάκη, 2012).....	4
Εικόνα 2.2 Η Σαντορίνη από το διάστημα την 20 ^η Νοεμβρίου 2000 (Πηγή: Ηλεκτρονικό αρχείο τις Nasa)	10
Εικόνα 2.3 Γεωλογικός χάρτης της Σαντορίνης, ηφαιστειακή εξέλιξη και κατανομή ηφαιστειακών σχηματισμών (Druitt et al., 1999).....	13
Εικόνα 2.4 Μετεωρολογικά στοιχεία του σταθμού της Σαντορίνης για την περίοδο 1974-2015 (Πηγή: EMY).....	14
Εικόνα 2.5 Απλοποιημένος υδρολιθολογικός χάρτης Θήρας, με αποτύπωση των δημοτικών γεωτρήσεων (Πηγή: Kopsiaftis et al., 2003).....	23
Εικόνα 2.6 Υπόγεια ύδατα νήσου Θήρας. Κύριος υδροφορέας Βουρβούλου – Φηρών – Μεσαριάς – Καμαρίου (Πηγή: Geodata, http://geodata.gov.gr/).....	32
Εικόνα 2.7 Ποιοτική Κατάσταση Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)	35
Εικόνα 2.8 Ποσοτική Κατάσταση Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)	36
Εικόνα 3.1 Στέρνα στον οικισμό της Αρχαίας Θήρας (Πηγή: www.greece.com).....	43
Εικόνα 3.2 α) Στέρνα στην αρχαία Αγορά, β) Στέρνες στο λόφο Κολωνού Αγοραίου (Πηγή: http://www.hydriaproject.net/)	44
Εικόνα 3.3 Φωτογραφία της Βασιλική Κινστέρνα της Κωνσταντινούπολης (Πηγή: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cisterna_Basilica_Junto_a_Santa_Sofia_Estambul.JPG#/media/File:Cisterna_Basilica_Junto_a_Santa_Sofia_Estambul.JPG).....	45
Εικόνα 3.4 Εξωτερική χτιστή στέρνα στη Σύρο © Θώμη Βλαχογιάννη.....	46
Εικόνα 3.5 Εξωτερική, υπόγεια στέρνα στη Θήρα, σήμερα © Γιώργος Μηνδρινός	48
Εικόνα 3.6 Σκίτσο τομής που παρουσιάζει το δέσιμο των υπόσκαφων κτηρίων της Θήρας και εδάφους και το σύστημα συλλογής όμβριων υδάτων (Πηγή: http://www.4green.gr/jpg/4GREEN/390/NEWS/bioklimatika002.jpg).....	49
Εικόνα 3.7 Σύστημα συλλογής όμβριων υδάτων για αστική χρήση με υπόγεια δεξαμενή (Πηγή: http://www.watertech.ie/)	50
Εικόνα 3.8 Αποτύπωμα στέγης (Πηγή: http://rainwaterharvesting.tamu.edu/files/2012/08/Roof-Footprint.jpg).....	51
Εικόνα 3.9 Φίλτρο και εκτροπή της πρώτης έκπλυσης σε συστήματα συλλογής όμβριων υδάτων (Πηγή: http://www.aquabarrel.com/product_multifunctional_downspout_devices.php)	53
Εικόνα 3.10 Υπέργεια ξύλινη δεξαμενή αποθήκευσης βρόχινου νερού (Πηγή: http://rainwaterharvesting.tamu.edu/files/2012/08/Aboveground.jpg)	55
Εικόνα 3.11 Υπό κατασκευή υπόγεια τσιμεντένια δεξαμενή αποθήκευσης όμβριων υδάτων με σύστημα πρόσβασης (Πηγή: http://durabuildcare.com/images/underground-water-tank.jpg).....	55

Εικόνα 3.12 Διατάξεις εκτροπής πρώτης έκπλυσης, αποθήκευσης, διανομής και επεξεργασίας σε οικιακό σύστημα αποθήκευσης όμβριων υδάτων (Πηγή: http://ecoactivehouse.com/wp-content/uploads/2014/10/RW_domestic.png).....	56
Εικόνα 3.13 α) Σύστημα φίλτρανσης νερού (Πηγή: http://www.waterflowcontrol.com.au) και β) συσκευές απολύμανσης με UV ακτινοβολία (Πηγή: http://www.adtec.gr).....	57
Εικόνα 4.1 Διαθέσιμα σχήματα πλαστικών δεξαμενών νερού (Πηγή: http://www.mytherm.gr)	65

Περίληψη

Η σταδιακή μείωση και υποβάθμιση των αποθεμάτων γλυκού νερού στον πλανήτη και η αναγκαιότητα του για τη ζωή, οδηγεί την παγκόσμια κοινότητα στην ανεύρεση εναλλακτικών και βιώσιμων τρόπων παροχής νερού για ύδρευση, άρδευση και βιομηχανική χρήση. Η συλλογή, αποθήκευση και αξιοποίηση των όμβριων υδάτων, παραδοσιακά χρησιμοποιείται ως πρακτική διαχείρισης υδάτων και έχει τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά οφέλη. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, εφαρμόστηκε ένα μοντέλο ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου με σκοπό τη διερεύνηση της αποδοτικότητας ομβροδεξαμενών για αστική χρήση στη νήσο Θήρα. Εξετάστηκε η ποσότητα βρόχινου νερού που μπορεί να συλλεχθεί από διάφορες επιφάνειες συλλογής (στέγες οικιών), σε σχέση με την κατανάλωση νερού. Επίσης, παρουσιάζονται τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα συλλογής, αποθήκευσης και επεξεργασίας όμβριων υδάτων. Τα παραπάνω στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για τη διαστασιολόγηση, κοστολόγηση, και βελτιστοποίηση των μεγεθών που επηρεάζουν το σύστημα συλλογής ομβρίων, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη αποδοτικότητα χρήσης του. Τέλος, διερευνήθηκε το πιθανό χρηματικό όφελος, που μπορεί να προκύψει για το νοικοκυριό (τελικός καταναλωτής) από την εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος.

Abstract

The gradual decline and degradation of fresh water reserves on planet Earth, coupled with its essential role in supporting life, is prompting the research of alternative and sustainable methods of supplying water for domestic, irrigation and industrial use on a worldwide scale. The harvesting, storage and usage of rainwater have been traditionally employed as a water management practice that yields both financial and environmental benefits. In this work, a model of daily water balance has been applied to investigate the efficiency of rainwater harvesting tanks (cisterns) for domestic use on the island of Thera. The amount of rainwater, that can be collected from different collection surfaces (roof rainoff) has been analyzed, relative to water demand. In addition, the basic parts making up a system for collecting and storing rainwater are considered. This data was used for the design, costing and optimization of the relevant magnitudes affecting rainwater collection systems with the view of achieving maximum efficiency of use. Finally, a consideration is made on the potential monetary gain from the implement of such a system to the end user (household).

1 Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο μελέτης

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της αποδοτικότητας ομβροδεξαμενών για αστική χρήση στο νησί της Θήρας, το οποίο υδρεύεται κυρίως από γεωτρήσεις και μονάδες αφαλάτωσης. Εφαρμόζονται οι μέθοδοι του ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου και της μέγιστης άνομβρης περιόδου για τη διαστασιολόγηση ομβροδεξαμενών. Έπειτα, εξετάζεται ο βαθμός αποδοτικότητας του συστήματος συλλογής όμβριων υδάτων για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών, πόσιμου και μη πόσιμου νερού, ενός νοικοκυριού, λαμβάνοντας υπόψη, μεταξύ άλλων παραμέτρων, τον αριθμό των μελών του νοικοκυριού, το ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού και την επιφάνεια συλλογής όμβριων υδάτων για διάφορους όγκους ομβροδεξαμενών.

1.2 Διάρθρωση

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** γίνεται συνοπτική περιγραφή των κλιματικών συνθηκών και της διαχείρισης των υδατικών πόρων στην Ελλάδα και στο Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Αιγαίου. Επισημαίνεται η ανισοκατανομή των υδατικών πόρων τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο, που έχει ως αποτέλεσμα, την ανεπάρκεια γλυκού νερού και την ανεπαρκή τροφοδότηση του πληθυσμού των νησιών του Αιγαίου με νερό οικιακής χρήσης (πόσιμο ή μη) και την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής. Επίσης, δίνονται βασικά στοιχεία της Οδηγίας Πλαίσιο για τα νερά 2000/60. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται εκτενώς η περιοχή μελέτης, η νήσος Θήρα και περιγράφονται τα γεωλογικά, κλιματικά και πληθυσμιακά της χαρακτηριστικά που έχουν σχέση με τη διαχείριση υδατικών πόρων. Γίνεται παράθεση στοιχείων αναφορικά με τη θέση, τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά. Δίνονται τα στοιχεία για τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους (επιφανειακά και υπόγεια νερά) και τον τρόπο υδροδότησης του νησιού. Επίσης, γίνεται αναφορά της κατάστασης των υπόγειων υδροφορέων, όπως καταγράφεται από την Οδηγία Πλαίσιο.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** εισάγεται ο όρος της Συλλογής Ομβρίων Υδάτων, περιγράφονται τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της και γίνεται ιστορική αναδρομή σχετικών τεχνολογιών στην Ελλάδα και στην περιοχή της Θήρας. Επίσης, γίνεται διεξοδική περιγραφή σύγχρονων συστημάτων συλλογής ομβρίων για αστική χρήση και αναλύονται οι βασικές και οι συμπληρωματικές δομές που το απαρτίζουν. Δίνονται στοιχεία για την ποιότητα του βρόχινου νερού και αναφέρονται τα βασικά μοντέλα διαστασιολόγησης ομβροδεξαμενών.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο**, γίνεται ανάλυση της μεθοδολογίας για τη διαστασιολόγηση της δεξαμενής αποθήκευσης ομβρίων και της αποδοτικότητας του συστήματος συλλογής όμβριων υδάτων. και παρουσιάζονται τα μοντέλα του ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου και της μέγιστης άνομβρης περιόδου. Προσδιορίζονται τα μεγέθη της απορροής όμβριων υδάτων και των αναγκών ζήτησης που καθορίζουν το σύστημα, τα ποσοστά αποδοτικότητας του συστήματος και πραγματοποιείται ενδεικτική κοστολόγηση ενός οικιακού συστήματος συλλογής ομβρίων.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο**, παρουσιάζονται τα βροχομετρικά δεδομένα, γίνονται παραδοχές για τις τιμές των παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν στην εφαρμογή των μοντέλων για τη Σαντορίνη και προσδιορίζονται τα βασικά σενάρια μελέτης.

Ακολουθούν, στο **έκτο κεφάλαιο**, τα αποτελέσματα της εφαρμογής των δύο μοντέλων διαστασιολόγησης χρησιμοποιώντας βροχομετρικά δεδομένα 22 υδρολογικών ετών (1990-2012), από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) για τη Θήρα, και η διερεύνηση της αποδοτικότητας του συστήματος και η βελτιστοποίηση των μεγεθών για την επίτευξη της μέγιστης αποδοτικότητας στη χρήση του συστήματος.

Τέλος, στο **έβδομο κεφάλαιο**, συνοψίζονται τα παραπάνω και εξάγονται συμπεράσματα από τα αποτελέσματα της εργασίας.

2 Διαχείριση Υδατικών Πόρων

2.1 Ελλάδα

2.1.1 Κλιματικές συνθήκες στην Ελλάδα

Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ του 34^{ου} και 42^{ου} παραλλήλου του βορείου ημισφαιρίου και έχει μεγάλη ηλιοφάνεια όλο σχεδόν το χρόνο, χαρακτηρίζεται από το μεσογειακό τύπο του εύκρατου μεσογειακού κλίματος και έχει ήπιους υγρούς χειμώνες και ζεστά ξηρά καλοκαίρια. Στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας παρουσιάζεται μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, πάντα βέβαια μέσα στα πλαίσια του μεσογειακού κλίματος, γεγονός που οφείλεται στην τοπογραφική διαμόρφωση της χώρας που έχει μεγάλες διαφορές υψομέτρου, με μεγάλες οροσειρές κατά μήκος της κεντρικής χώρας και άλλους ορεινούς όγκους και εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Η γενική κατάταξη της χώρας στην κλίμακα Köppen είναι Csa . Η κατάταξη C αναφέρεται στο υγρό κλίμα με ήπιους χειμώνες, η πρώτη υποκατάταξη s αφορά στο ξηρό καλοκαίρι και η δεύτερη υποκατάταξη a στο μεγάλο και θερμό καλοκαίρι.

Εξετάζοντας αναλυτικότερα κάποια βασικά κλιματικά χαρακτηριστικά της Ελληνική επικράτειας παρατηρούνται τα εξής:

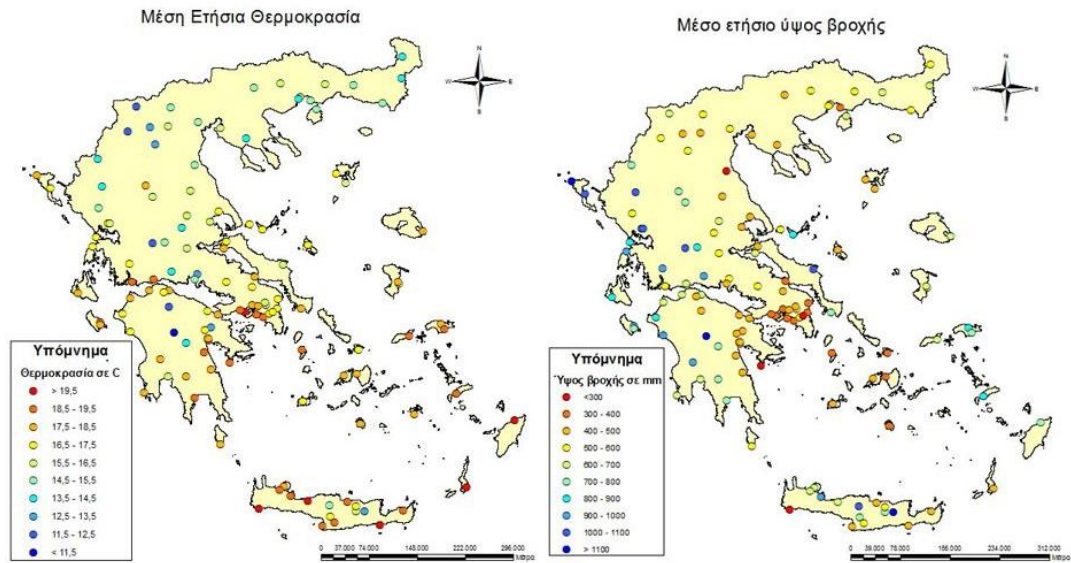
Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από τους 11°C σε ορεινές περιοχές της Βορείου Ελλάδας όπως στη Φλώρινα, έως τους 20°C στα νοτιότερα τμήματα όπως στη Κρήτη και στη Ρόδο.

Η κατανομή του μέσου ύψους βροχής επίσης ποικίλει. Τα μεγαλύτερα ύψη παρατηρούνται στη δυτική Ελλάδα με περισσότερα από 900 mm, ενώ τη βόρεια και ανατολική Ελλάδα με ύψη μικρότερα των 600 mm. Τα μικρότερα στην Αττική, στα πεδινά της Κρήτης, σε νησιά του Αιγαίου με λιγότερο από 400 mm και στην ανατολική Πελοπόννησο, ενώ στην Ήπειρο, στα νησιά του Ιονίου και στο υπόλοιπο της Πελοποννήσου τα μεγαλύτερα.

Η μέση ετήσια σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 60 και 70%, αλλά οι καλοκαιρινές τιμές είναι μικρότερες.

Η ηλιοφάνεια είναι υψηλή σε όλες σχεδόν τις περιοχές της χώρας, σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Η μέση ετήσια ηλιοφάνεια κυμαίνεται από 2.300 έως 3.100 ώρες. Οι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζονται στο Αιγαίο και την Κρήτη και οι μικρότερες στα ορεινά της Ηπείρου και στα εσωτερικά τμήματα Μακεδονίας και Θράκης.

Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι χάρτες μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (Εικόνα 2.1), όπως παρουσιάζονται στον Κλιματικό Άτλα της Ελλάδας (Φαρμακάκη, 2012) και υπολογίστηκαν από τη μελέτη 130 μετεωρολογικών σταθμών με δεδομένα από το 1957 έως το 1997.



Εικόνα 2.1 Μέση Ετήσια Θερμοκρασία και Μέσο Ετήσιο Ύψος Βροχής (Πηγή: Φαρμακάκη, 2012)

2.1.2 Διαχείριση υδατικών πόρων στην Ελλάδα

Η Ελλάδα έχει έκταση 131.957 km² και παρουσιάζει έντονο ανάγλυφο, περιορισμένη ενδοχώρα και μεγάλο ανάπτυγμα ακτών. Διαθέτει συνολικά, σε ετήσια βάση ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, που εκτιμώνται σε 116.330 hm³/έτος, ενώ το συνολικό υδατικό δυναμικό εκτιμάται κατά προσέγγιση σε 57.100 hm³/έτος, στα οποία περιλαμβάνονται τα νερά που εισρέουν από γειτονικές χώρες. Η συνολική κατανάλωση υπολογίζεται σε 8.243 hm³/έτος. Παρόλο που το υδατικό δυναμικό επαρκεί για την ικανοποίηση της ζήτησης, η πραγματική διαθέσιμη ποσότητα είναι αρκετά μειωμένη και δύσκολα αξιοποιήσιμη. Σε αυτό συμβάλουν η ανισοκατανομή στο χώρο και το χρόνο των υδατικών πόρων, η άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων σε συνδυασμό με την χωροχρονική ανισοκατανομή της ζήτησης. Η συγκέντρωση του πληθυσμού και των κυριότερων δραστηριοτήτων (μεγάλες πόλεις, γεωργία, τουρισμός) στα ξηρότερα μέρη της χώρας με αυξημένες απαιτήσεις κατά τις ξηρές περιόδους, προκαλούν τελικά προβλήματα διαθεσιμότητας και κάνουν δύσκολη τη διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα. Έτσι μικρό μέρος από αυτό το δυναμικό είναι οικονομικά και τεχνικά αξιοποιήσιμο, με αποτέλεσμα την ύπαρξη προβλημάτων ανεπάρκειας νερού σε διάφορες περιοχές και για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (Λόντρα, 2014).

Η κατανάλωση του νερού στην Ελλάδα αναλύεται κατά 84% σε αγροτική χρήση, κατά 12% σε αστική, με κύρια μορφή χρήσης την ύδρευση, έπονται η βιομηχανία και η ενέργεια με συνολικό ποσοστό 3% και τέλος σε ποσοστό 1% στην κτηνοτροφία. Η ετήσια κατά κεφαλή κατανάλωση νερού στη χώρα μας είναι περίπου 750 m³ (κατά 250 m³ υψηλότερη από το μέσο όρο της ΕΕ).

Η υψηλή αυτή κατανάλωση οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στα υψηλά ποσοστά της άρδευσης, υψηλότερα από τις άλλες ευρωπαϊκές χώρες, γεγονός που οφείλεται πρωτίστως στις υδροκλιματικές συνθήκες της χώρας. Η απόδοση της χρήσης ιδιαίτερα στη γεωργία, είναι

χαμηλή. Στο 90% των αρδευόμενων εκτάσεων της χώρας η άρδευση γίνεται με συστήματα & τεχνικές υψηλών απωλειών (μεγαλύτερες του 50%) και χωρίς ορθολογική τιμολόγηση με συνέπεια την υπερεκμετάλλευση των υδροφορέων. Η ύδρευση γίνεται γενικά μέσω δικτύων με υψηλά ποσοστά διαρροής, κυρίως λόγω της απουσίας κεντρικών αυτόματων συστημάτων ελέγχου και διαχείρισης των δικτύων ύδρευσης στις περισσότερες εταιρείες ύδρευσης (με εξαίρεση την ΕΥΔΑΠ και λίγες ακόμα ΔΕΥΑ). Οι ανάγκες σε ύδρευση, για λόγους συγκέντρωσης πληθυσμού και τουριστικών δραστηριοτήτων, εντοπίζονται στη Αττική, τη Νησιωτική χώρα και αρκετές τουριστικές περιοχές, όπου το υδατικό ισοζύγιο εμφανίζεται έντονα αρνητικό ιδιαίτερα τους θερινούς ξηρούς μήνες με αποτέλεσμα τη δημιουργία προβλημάτων υφαλμύρισης στους υδροφορείς. Επιπλέον, παρατηρείται ευκαιριακή εκμετάλλευση μεμονωμένων υδατικών πόρων και υπερεκμετάλλευση των υπόγειων, ενώ συγχρόνως υπάρχει απουσία μέριμνας για την εξοικονόμηση νερού, ιδιαίτερα στον γεωργικό τομέα (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη (ΕΠΠΕΡΑΑ) 2007-2013, 2013).

Στο μακροπρόθεσμο σενάριο για την Ελλάδα, το εκτιμώμενο ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης σύμφωνα με το ΕΠΠΕΡΑΑ 2007 – 2013, το οποίο και παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1, τα επτά από τα δεκατέσσερα Υδατικά Διαμερίσματα παρουσιάζονται ως ελλειμματικά.

Πίνακας 2.1 Ισοζύγιο Προσφοράς – Ζήτησης Υδάτων για την Ελλάδα στο μακροπρόθεσμο σενάριο (Πηγή: ΕΠΠΕΡΑΑ, 2013)

Κ.Α.	Υδατικό Διαμέρισμα	Προσφορά (hm ³)	Ζήτηση (hm ³)	Παρατηρήσεις
01	Δυτικής Πελοποννήσου	125	123	Οριακά πλεονασματικό
02	Βόρειας Πελοποννήσου	122	140	Ελλειμματικό
03	Ανατολικής Πελοποννήσου	56	163	Ελλειμματικό
04	Δυτικής Στερεάς Ελλάδας	417	94	Πλεονασματικό
05	Ηπείρου	206	56	Πλεονασματικό
06	Αττικής	57	81	Ελλειμματικό ⁽¹⁾
07	Ανατ. Στερεάς Ελλάδας	128	287	Ελλειμματικό ⁽²⁾
08	Θεσσαλίας	425	337	Πλεονασματικό
09	Δυτικής Μακεδονίας	159	146	Οριακά πλεονασματικό
10	Κεντρικής Μακεδονίας	159	188	Ελλειμματικό
11	Ανατολικής Μακεδονίας	354	140	Πλεονασματικό
12	Θράκης	578	680	Ελλειμματικό
13	Κρήτης	170	164	Οριακά Ελλειμματικό
14	Νήσων Αιγαίου	21	25	Ελλειμματικό
Σύνολο χώρας		2.905	2.622	

⁽¹⁾ Οι υδατικοί πόροι είναι κατά βάση μεταφερόμενοι από γειτονικά διαμερίσματα.

⁽²⁾ Οι αρδευόμενες εκτάσεις κατά ΕΣΥΕ φαίνονται υπερεκτιμημένες και γι' αυτό, το διαμέρισμα, ενώ έχει σήμερα οριακά επαρκείς πόρους εμφανίζεται ως έντονα ελλειμματικό.

2.2 Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Αιγαίου (GR 14)

Το Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Αιγαίου περιλαμβάνει τα νησιωτικά συγκροτήματα των Νομών Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Λέσβου, Σάμου και Χίου. Απαρτίζεται από όλα τα νησιά

των Περιφερειών Βόρειου και Νότιου Αιγαίου, εκτός από τη Μακρόνησο και τα Κύθηρα. Η συνολική έκτασή του ανέρχεται σε 9.104 km², χωρίς να περιλαμβάνονται οι βραχονησίδες, βόρεια από τη Λήμνο, ανατολικά από το Καστελόριζο, Νότια από την Κάσο και Δυτικά από την Κέα.

2.2.1 Κλιματικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά

Στο σύνολο των νησιών κυριαρχεί το ήπιο εύκρατο μεσογειακό κλίμα, το οποίο στις νοτιοανατολικές περιοχές κλίνει προς το θαλάσσιο. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του Διαμερίσματος κυμαίνεται από 16.9°C στο βόρειο άκρο μέχρι 19.9°C στο νότιο (Λήμνος 16.9°C, Ρόδος 19.2°C). Το μεγαλύτερο ύψος βροχής δέχονται τα νησιά που βρίσκονται κοντά στις μικρασιατικές ακτές και το μικρότερο οι Κυκλάδες (ΕΜΥ).

Το ΥΔ Νήσων Αιγαίου, απαρτίζεται από τρεις Λεκάνες Απορροής αυτή του Ανατολικού Αιγαίου (GR36), των Κυκλάδων (GR37) και των Δωδεκανήσων (GR38) (Πίνακας 2.2).

Πίνακας 2.2 Έκταση Λεκάνης Απορροής ΥΔ 14 (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)

Λεκάνη Απορροής	Περιφέρεια	Έκταση (km ²)
Ανατολικού Αιγαίου	Βορείου Αιγαίου	3.836
Κυκλάδων	Νοτίου Αιγαίου	2.554
Δωδεκανήσων		2.714
Σύνολο		9.104

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι ο διαμελισμός της έκτασής του σε πολλές μικρότερες αυτοτελείς ενότητες, τα νησιά. Η ιδιαιτερότητα αυτή επιβάλλει την προσέγγιση του διαμερίσματος ανά νησί, η συνολική έκταση του οποίου λαμβάνεται ως μια υδρολογική-υδρογεωλογική ενότητα. Εξαιτίας της μικρής έκτασης των νησιών, δεν αναπτύσσονται αξιόλογες υδρολογικές λεκάνες σε αυτά. Η αποστράγγιση των νερών της βροχής πραγματοποιείται μέσω μικρών παράκτιων ρεμάτων, πολλές φορές σε ακτινωτή διάταξη. Εξαιρέση αποτελούν τα νησιά Λέσβος, Ρόδος και Χίος, που ξεπερνούν σε έκταση τα 500 km². Επίσης, τα μικρά ύψη βροχής που δέχονται πολλά από τα νησιά (Κυκλάδες, Δωδεκάνησα), σε συνδυασμό με τη γεωλογική διαμόρφωσή τους, δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη πυκνού υδρογραφικού δικτύου.

Το κύριο χαρακτηριστικό των νησιών είναι η ύπαρξη περιορισμένης έκτασης υδροφορέων, κυρίως καρστικών, που αναπτύσσονται σε ανθρακικούς σχηματισμούς. Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζονται συχνά σε εναλλαγές με αδιαπέρατους σχηματισμούς. Οι καρστικοί υδροφορείς εκφορτίζονται είτε σε πηγές επαφής, όταν οι αντίστοιχοι ανθρακικοί σχηματισμοί είναι κλειστοί προς τη θάλασσα, είτε σε παραθαλάσσιες ή υποθαλάσσιες πηγές, όταν είναι ανοικτοί προς αυτήν, οπότε υπάρχουν και προβλήματα υφαλμύρινσης. Ανοικτοί καρστικοί υδροφορείς εμφανίζονται στα νησιά Χίος, Ικαρία, Σάμος, Κάλυμνος, Σίφνος, Πάρος, Αντίπαρος, Νάξος, Σύρος, Σίκινος, Θήρα, Αμοργός, Αστυπάλαια, Σύμη, Τήλος, Ρόδος και Κάρπαθος.

Σημαντική υδροφορία υπάρχει στους πορώδεις προσχωματικούς και νεογενείς σχηματισμούς στα μεγάλα νησιά. Στις υδροφορίες που αναπτύσσονται σε πορώδεις σχηματισμούς, απαντώνται φαινόμενα υφαλμύρισης εξαιτίας της υπερεκμετάλλευσης αυτών, σε συνδυασμό με τις χαμηλές βροχοπτώσεις και με τη δυσκολία επαναπλήρωσης των υπόγειων αποθεμάτων. Τα ρυθμιστικά αποθέματα όμως αυτών των πηγών συμβάλλουν σημαντικά στην αντιμετώπιση τοπικών ζητήσεων, κυρίως υδρεύσεων.

2.2.2 Διαχείριση υδατικών πόρων στο Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Αιγαίου

Ο συνολικός πληθυσμός του ΥΔ Νήσων Αιγαίου ανέρχεται σε 508.206 κατοίκους (ΕΛΣΤΑΤ, 2011), παρουσιάζοντας μικρή μείωση κατά 0,1% από το 2001. Το σύνολο των ετήσιων αναγκών του διαμερίσματος σε νερό το έτος 2008, σύμφωνα με το Υ.ΠΕ.ΚΑ, ανέρχεται στα 125,43 hm³ και οι χρήσεις που σημειώνονται είναι η άρδευση, η ύδρευση, η κτηνοτροφία και η βιομηχανία. Το μεγαλύτερο ποσοστό καταναλώνεται στην άρδευση με ποσοστό 80,20%, ενώ ακολουθεί η ύδρευση με 37,19% και τέλος η κτηνοτροφία με 6,8% και η βιομηχανία με 1,24%.

Τα νησιά του Αιγαίου παρουσιάζουν πρόβλημα λειψυδρίας εδώ και τρεις δεκαετίες, το οποίο εμφανίζεται κυρίως στα μικρότερα νησιά και επεκτείνεται και στα μεγαλύτερα. Το πρόβλημα οφείλεται τόσο σε δυσμενείς υδρολογικούς και υδρογεωλογικούς, όσο και σε κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες, οι κυριότεροι των οποίων παρουσιάζονται:

- Το μικρό μέγεθος των περισσότερων νησιών που δεν επιτρέπει την ανάπτυξη εκτεταμένων υπόγειων και επιφανειακών λεκανών, ενώ το έντονο του ανάγλυφου με αποτέλεσμα την ταχεία κίνηση των επιφανειακών νερών προς τη θάλασσα.
- Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι αρκετά χαμηλή, έτσι ώστε η επιφανειακή απορροή και η κατείσδυση να είναι μικρές πράγμα που ενισχύεται από τη υψηλή μέση ετήσια θερμοκρασία και ηλιοφάνεια.
- Σε αρκετά νησιά όπου επικρατούν ασβεστολιθικοί σχηματισμοί, οι υδροφόροι που αναπτύσσονται λόγω της μικρής απόστασής τους από τη θάλασσα έχουν υφάλμυρο νερό.
- Η αλλαγή των οικονομικών των νησιών από αγροτικές/κτηνοτροφικές σε οικονομίες παροχής υπηρεσιών (ξενοδοχεία, ενοικιαζόμενα δωμάτια, εστιατόρια, μπαρ, κλπ.) αύξησαν την ζήτηση των υδατικών πόρων.
- Η ολοένα αυξανόμενη παρουσία τουριστών – επισκεπτών στα νησιά, ιδιαίτερα κατά την καλοκαιρινή ξηρή περίοδο, αύξησε την ζήτηση των υδατικών πόρων.

Η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών επομένως έρχεται σε πρώτη προτεραιότητα τόσο γιατί πρέπει να καλυφθούν οι υδρευτικές ανάγκες του πληθυσμού όσο και για την συντήρηση του βασικότερου τομέα της οικονομίας των νησιών, τον τουρισμό. Σε δεύτερη προτεραιότητα έρχεται το νερό για την άρδευση και την κάλυψη των κτηνοτροφικών αναγκών αφού στα περισσότερα νησιά (συνήθως τα μικρά) ο πρωτογενής τομέας δεν αποτελεί τον κύριο παράγοντα της οικονομίας τους και στη συνέχεια το νερό για βιομηχανική χρήση η οποία ούτως ή άλλως είναι μικρή στα νησιά.

Το ήδη σημαντικό πρόβλημα λειψυδρίας αναμένεται να οξυνθεί περαιτέρω εξαιτίας της αναμενόμενης κλιματικής αλλαγής στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου. Με βάση

στοιχεία-εκτιμήσεις Διεθνών Οργανισμών για τις νησιωτικές και παράκτιες περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου για το χρονικό ορίζοντα του 2050 αναμένεται μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης κατά 10-15% με άνοδο της θερμοκρασίας κατά 1,5°C.

2.3 Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60

Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60 αποτελεί μία ολιστική και καινοτόμο προσπάθεια προστασίας και διαχείρισης των Υδατικών Πόρων που προέκυψε μετά από μία μακροχρόνια περίοδο συζητήσεων και διαπραγματεύσεων μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Οδηγία, 2000/60 θεσπίστηκε στις 23 Οκτωβρίου 2000, ενώ δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων και τέθηκε σε ισχύ στις 22 Δεκεμβρίου 2000. Αποσκοπεί στη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής επί των υδάτων με κεντρικό στόχο την αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης όλων των υδάτων λόγω φυσικών και ανθρωπογενών πιέσεων και της επίτευξη «καλής κατάστασης» την αναβάθμιση και προστασία της ποιότητας των υδατικών πόρων έως το 2015. Βασική της αρχή είναι ότι «το ύδωρ δεν είναι εμπορικό προϊόν όπως όλα τα άλλα, αλλά αποτελεί κληρονομιά που πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει της κατάλληλης μεταχείρισης» και προβλέπει τη συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων μέχρι τον χρήστη – καταναλωτή.

Σημαντικά στοιχεία της Οδηγίας είναι:

Η Οδηγία 2000/60 συνδυάζει ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την προστασία υδατικών οικοσυστημάτων και την «καλή κατάσταση» όλων των υδατικών πόρων και θέτει ως κεντρική ιδέα την ολοκληρωμένη διαχείριση τους στη γεωγραφική κλίμακα (Άρθρο 4) των Λεκανών Απορροής Ποταμών. Επιπλέον, επαναπροσδιορίζει την έννοια της Λεκάνης Απορροής, η οποία περιλαμβάνει τα εσωτερικά επιφανειακά (ποταμοί, λίμνες), τα υπόγεια ύδατα, τα μεταβατικά (δέλτα, εκβολές ποταμών) και τα παράκτια οικοσυστήματα.

Η ολοκληρωμένη διαχείρισης των υδατικών πόρων ορίζει την εφαρμογή της αρχή της αυτονομίας και προωθεί τη βιώσιμη χρήση νερού βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδατικών πόρων.

Ο σχεδιασμός μιας συνδυασμένης προσέγγισης για τον έλεγχο της ρύπανσης καθορίζοντας τόσο όρια εκπομπών ρύπων όσο και στόχους για την επίτευξη της επιθυμητής ποιότητας των επιφανειακών, μεταβατικών παράκτιων και υπόγειων υδατικών συστημάτων.

Επιπλέον, θεσπίζεται η προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδατικών συστημάτων και η περεταίρω μόλυνσή τους και η εξασφάλιση επαρκούς παροχής επιφανειακού και υπόγειου νερού καλής ποιότητας που απαιτείται για τη βιώσιμη, ισόρροπη και δίκαιη χρήση ύδατος.

Ο μετριασμός των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες.

Η Οδηγία αναφέρεται σε όλες τις κατηγορίες υδάτων, επιφανειακά, υπόγεια, μεταβατικά και παράκτια, ανεξαρτήτως μεγέθους και χαρακτηριστικών. Για λόγους που σχετίζονται με την πρακτική εφαρμογή και τον έλεγχο εφαρμογής της Οδηγίας, όλα τα νερά θα πρέπει να συγκροτηθούν σε «υδάτινα σώματα» (ΥΣ), «water body», τα οποία αποτελούν «διακριτά και σημαντικά» στοιχεία νερού, για τα οποία θα πρέπει να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί της

στόχοι. Η διακριτοποίηση των υδάτινων σωμάτων γίνεται μέσω εφαρμογής κριτηρίων σχετικών με τα γεωγραφικά και υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά τους και με το αν το υδάτινο σώμα είναι τεχνητό (ΤΥΣ) ή ιδιαιτέρως τροποποιημένο (ΙΤΥΣ). Μία άλλη ομάδα κριτηρίων σχετίζεται με την κατάσταση των υδάτινων σωμάτων, η οποία έχει άμεση σχέση με την ανάλυση πιέσεων και επιπτώσεων, ενώ παράλληλα προστατευόμενες περιοχές ή υδάτινα σώματα τα οποία έχουν σαφώς διαφορετική χρήση, αποτελούν επίσης διακριτά στοιχεία νερού.

2.4 Περιοχή Μελέτης - Νήσος Θήρα

2.4.1 Επιλογή περιοχής

Ως περιοχή μελέτης επιλέχτηκε το νησί της Σαντορίνης, το οποίο ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Αιγαίου (ΥΔ14) και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς διαθέτει πολύ μικρό μέσο ετήσιο ύψος βροχής (317,49 mm, ΕΜΥ, 2015) και ταυτόχρονα πολύ μεγάλη άνομβρη περίοδο (περίπου 5 μήνες). Δεδομένης της έλλειψης άλλων υδατικών πόρων στο νησί (ποτάμια, λίμνες κλπ.) για ύδρευση, πέραν των γεωτρήσεων και των μονάδων αφαλάτωσης, κρίνεται ενδιαφέρουσα η ανάλυση της χρησιμότητας και της αναγκαιότητας ύπαρξης και χρήσης δεξαμενών συλλογής όμβριων υδάτων.

2.4.2 Περιγραφή περιοχής - Γενικά στοιχεία

Το νησί της Θήρας ή Σαντορίνης, βρίσκεται στο νότιο Αιγαίο πέλαγος, στο νησιωτικό σύμπλεγμα των Κυκλάδων (GR37), νότια της Ίου και δυτικά της Ανάφης. Η Σαντορίνη αποτελεί σύμπλεγμα των νησιών Θήρα, Θηρασιά, Ασπρονήσι και των ηφαιστειών Παλιά Καμμένη και Νέα Καμμένη (Εικόνα 2.2). Η Θήρα, η Θηρασιά και το Ασπρονήσι σχηματίζουν έναν κύκλο, στη μέση του οποίου βρίσκεται η καλντέρα, όπου μετά την ηφαιστειακή έκρηξη του 17ου αιώνα π.Χ. (τοποθετείται το 1613-1614 π.Χ.), σχηματίστηκαν τα νησιά Παλαιά και Νέα Καμένη, στην οποία βρίσκεται ο κρατήρας του ηφαιστείου.



Εικόνα 2.2 Η Σαντορίνη από το διάστημα την 20^η Νοεμβρίου 2000 (Πηγή: Ηλεκτρονικό αρχείο τις Nasa)

Το όνομα «Θήρα» προέρχεται από τον μυθικό βασιλιά Θήρα της Σπάρτης, ο οποίος πρώτος εγκαταστάθηκε στο νησί γύρω στον 8^ο π.Χ. αιώνα και ίδρυσε την ομώνυμη πόλη στο Μέσα Βουνό. Το «Σαντορίνη», το οποίο είναι το πιο πρόσφατο όνομά της, της δόθηκε από τους Ενετούς, οι Φράγκοι Σταυροφόροι κατέκτησαν το νησί το 1153 μ.Χ. και είναι συνεκφορά των λέξεων Santa Irene (Αγία Ειρήνη) από την εκκλησία που υπήρχε στην περιοχή της Περίσσας και η οποία δε σώζεται πια. Το νησί πριν τη μεγάλη ηφαιστειακή καταστροφή των προϊστορικών χρόνων, ονομαζόταν Στρογγύλη λόγω του σχήματός του, ενώ αργότερα απέκτησε το όνομα Καλλίστη, «η πιο όμορφη», λόγω της ιδιαίτερης ομορφιάς του (13^{ος} π.Χ. αιώνας).

Η Σαντορίνη είναι γνωστή για το ηφαιστειό της εξαιτίας του οποίου οφείλει και την ύπαρξή της. Η Θήρα καθώς και τα νησιά Θηρασία και Ασπρονήσι είναι απομεινάρια του ηφαιστειογενούς νησιού Στρογγύλη. Η Στρογγύλη ήταν ένας ηφαιστειακός κώνος. Το κεντρικό τμήμα της ανατινάχθηκε μαζί με τον κρατήρα του ηφαιστείου από τη Μινωική έκρηξη που έγινε το 1613 π.Χ. και είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αυτού που σήμερα ονομάζουμε καλντέρα της Σαντορίνης και την καταστροφή του προϊστορικού οικισμού του Ακρωτηρίου. Η τελευταία ηφαιστειακή έκρηξη καταγράφεται το 1950. Τμήματα του ηφαιστείου της είναι η Παλαιά Καμμένη, η Νέα Καμμένη (ενεργό), τα Χριστιαννά νησιά και το υποθαλάσσιο ενεργό ο Κολούμπος. Η Σαντορίνη ανήκει στο ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου, είναι το νεότερο ηφαιστειο της Ελλάδας και από τα πιο ενεργά ηφαιστεια της Ευρώπης. Η

καλντέρα και ολόκληρο το σύμπλεγμα των νησιών της Σαντορίνης, έχουν χαρακτηριστεί ως τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους.

2.4.3 Γεωγραφία-Γεωλογία

Η Θήρα, το κυρίως νησί, είναι το νοτιότερο νησί του συμπλέγματος των Κυκλάδων και απέχει από τον Πειραιά 128 ναυτικά μίλια (nm) και από την Κρήτη 63 nm. Βρίσκεται σε Γεωγραφικό Πλάτος από 36°19'56" έως 36°28'40" Βόρειο και Γεωγραφικό Μήκος από 25°19'22" έως 25°29'13" Ανατολικό. Η έκταση του νησιού ανέρχεται στα 76,194 km², το μήκος της ακτογραμμής σε 66 km, η περίμετρός της είναι 65,95 km και το μέγιστο μήκος 13 km (B-N) και μέγιστο πλάτος 11 km (A-Δ).

Βρίσκεται στην ανατολικότερη θέση του συμπλέγματος, έχει ημικυκλικό σχήμα, ημισέληνος και το έδαφός της είναι κυρίως ηφαιστειογενές. Το σχήμα της οφείλεται στις ηφαιστειακές εκρήξεις που κατά καιρούς μετέβαλλαν το προηγούμενο κυκλικό σχήμα του νησιού. Το μήκος του νησιού από την άκρη στην περιοχή Εξωμύτη στα νοτιοανατολικά, μέχρι το βορειότερο άκρο του νησιού στην Οία, περιοχή Παράδεισος, είναι 17,36 km (BΔ-NA άξονας) και το πλάτος κυμαίνεται από 2 έως 6 km. Η δυτική της όψη αποτελείται από τα τοιχώματα της καλντέρας, είναι βραχώδης, απότομη και απόκρημνη. Το ύψος της καλντέρας κυμαίνεται από 150 έως 350 m. Το υπόλοιπο της επιφάνειάς της, κυρίως στη ανατολική πλευρά, είναι πολύ ομαλότερο, με ήπιες σχετικά μορφολογικές κλίσεις οι οποίες καταλήγουν σχεδόν επίπεδες στο επίπεδο της θάλασσας. Το έδαφος είναι πεδινό, χωρίς ιδιαίτερο διαμελισμό, αποτελούμενο κυρίως από θηραϊκή γη και ελαφρόπετρα. Οι ακτές, ιδιαίτερα στην ανατολική πλευρά, είναι εξαιρετικά ομαλές, χωρίς έντονο διαμελισμό.

Η νήσος Θηρασία ή Θηρασιά είναι ένα μικρό νησί δυτικά της Σαντορίνης, απέχει περίπου ένα ναυτικό μίλι από το Αμμούδι της Οίας και έχει έκταση 9,246 km². Μέχρι τη Μινωική έκρηξη των προϊστορικών χρόνων που δημιούργησε την καλντέρα, αποτελούσε κομμάτι της νήσου Στρογγύλης, της οποίας σήμερα συμπληρώνει το κυκλικό περίγραμμα μαζί με τα νησιά Θήρα και Ασπρονήσι. Η Θηρασία διαχωρίστηκε από την Στρογγύλη κατά την καταστροφική έκρηξη του ηφαιστείου το 1613-1614 π.Χ..

Το νησιωτικό σύστημα της Θήρας αποτελεί συνδυασμό των ηφαιστειακών πετρωμάτων, που σχηματίστηκαν από εκατοντάδες εκρήξεις κατά την διάρκεια των τελευταίων 2 εκατομμυρίων ετών (my) και των μη ηφαιστειακών πετρωμάτων, τα οποία και συναντώνται μόνο στο NA τμήμα του νησιού (Εικόνα 2.3).

2.4.3.1 Προ-ηφαιστειακή Θήρα

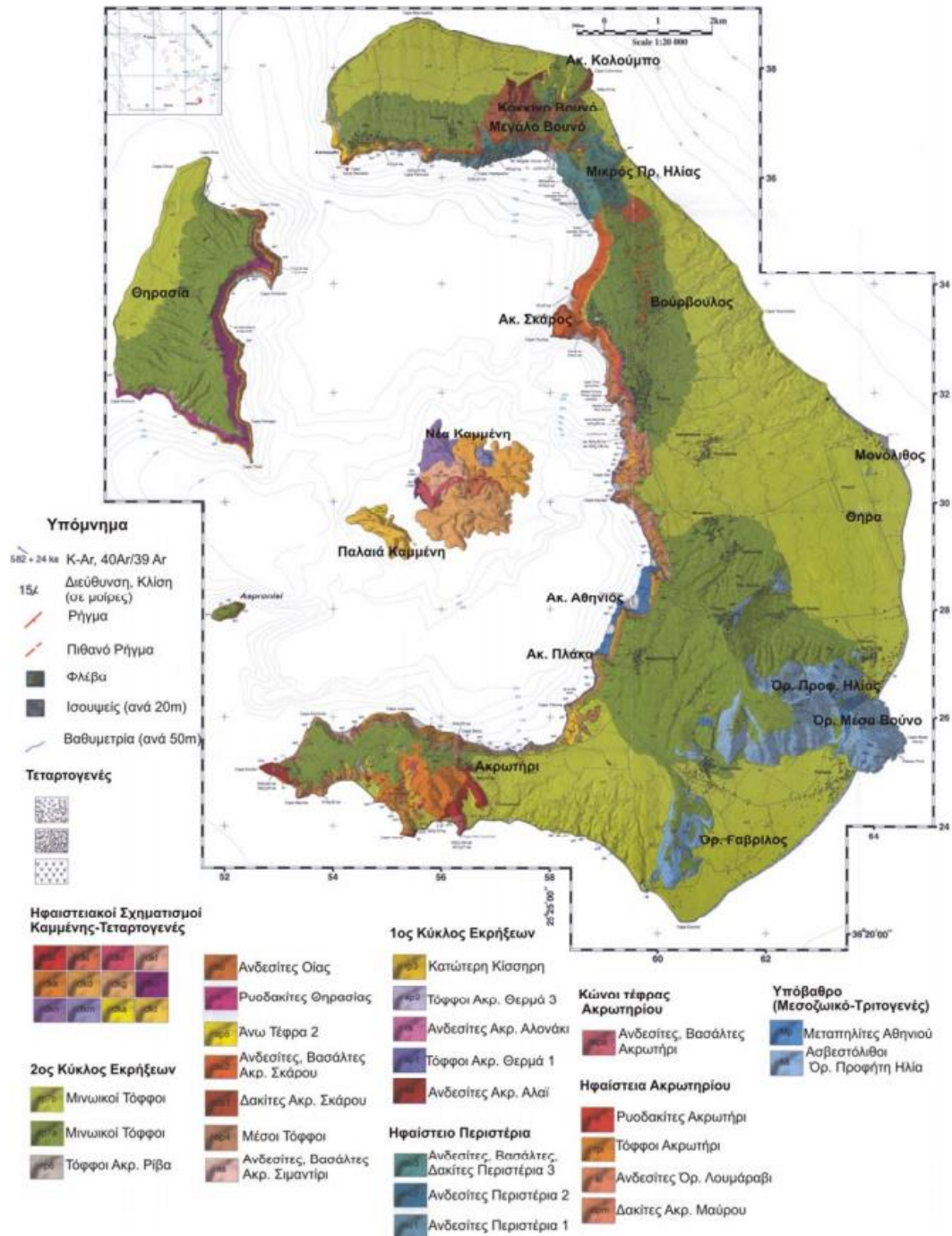
Τα μη ηφαιστειακά εμφανίζονται στο NA τμήμα της Θήρας, στο βουνό Προφήτης Ηλίας, το οποίο είναι η υψηλότερη κορυφή της Σαντορίνης, έχοντας υψόμετρο 567 m και αποτελείται από λευκό μάρμαρο και τιτανώδη βράχια. Συνέχεια αυτού, είναι το Μέσα Βουνό που έχει υψόμετρο 366 m και ο ενδιάμεσος αυχέννας που συνδέει τα δύο βουνά αποκαλείται Σελλάδα. Αυτά τα μεταμορφωσιγενή πετρώματα, κυρίως μεταμορφωμένοι ασβεστόλιθοι (κρυσταλλικοί) και σχιστόλιθοι είναι τα παλαιότερα της Σαντορίνης και σχημάτιζαν ένα μικρό νησί πριν αρχίσει η ηφαιστειακή δραστηριότητα, δηλαδή πριν από 2 με 2,5 εκατομμύρια

χρόνια. Στην ίδια κατηγορία των προ-ηφαιστειακών ανήκουν οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι στους λόφους Μονολίθου (ανατολικά), Γαβρίλου (στο νότιο τμήμα) και τα σχιστολιθικά πετρώματα (μεταπηλίτες) στην εσωτερική πλευρά του τοίχου της καλδέρας μεταξύ Αθηνιού και Πλάκας. Το προ-ηφαιστειακό νησί που απεικονίζει το υπόβαθρο, αντιπροσωπεύει έκταση περί τα 9×6 km, παρεμφερές με τα γειτονικά νησιά των Κυκλάδων, Ανάφη, Ίο ή Αμοργό (Παπαγεωργίου, 2011).

2.4.3.2 Ηφαιστειακή Θήρα

Στα αρχικά στάδια της ηφαιστειότητας της Σαντορίνης παρατηρήθηκε η δημιουργία των ηφαιστειακών κώνων, ενώ μετέπειτα σημειώθηκαν δύο κύκλοι εκρήξεων που περιλάμβαναν πυροκλαστικές εκρήξεις, την κατάρρευση της καλδέρας και την ανάπτυξη των ηφαιστειών τύπου ασπίδας μέσα στην καλδέρα. Τα αρχαιότερα ηφαιστειακά πετρώματα βρίσκονται στο Ακρωτήριο, συνίστανται από δακιτικές λάβες με φέρουσα κεροσίλβη, αποθέσεις κίσηρης, τόφρους και λατυποπαγή, που καλύπτονται ασύμφωνα από κώνους τέφρας βασαλτικής και ανδεσιτικής σύστασης (Nicholls, 1971a). Οι δακιτικές λάβες και τα πυροκλαστικά πετρώματα ραδιοχρονολογούνται περί τα 0,5-0,7 και 1,5-1,6 εκατομμύρια χρόνια (Ferrara et al., 1980; Tarney et al., 1998; Druitt et al., 1998). Τα τείχη της καλδέρας στη Θήρα εκθέτουν μία μεγάλου πάχους σειρά πυροκλαστικών αποθεμάτων που στην Βόρεια Θήρα ενδιαστρωματώνονται με λάβες. Η Θηρασία αποτελείται κατά κύριο μέρος από ηφαιστειακές ροές, ενώ το Ασπρονήσι στα νοτιοδυτικά, αποτελείται από πυροκλαστικά πετρώματα. Η Παλαιά και Νέα Καμμένη θεμελιώνονται από δακιτικές λάβες που εκτοξεύτηκαν σε ιστορικούς χρόνους. Αντιθέτως, στα αυτόνομα ηφαιστειακά κέντρα όπως το Μεγάλο Βουνό, ο Μικρός Προφήτης Ηλίας, το Κόκκινο Βουνό, ο Σκάρος/Βουρβούλος και το Κολούμπο, οι λάβες έχουν βασαλτική/ανδεσιτική σύσταση. Τα νησιά Χριστιανά αποτελούνται από ανδεσιτικές λάβες, ελάχιστες δακιτικές λάβες και ρυολιθική κίσηρη (Ruchelt et al., 1977). Η ηφαιστειακή στρωματογραφία της Σαντορίνης έχει περιγραφεί από τους Pichler & Kussmaul (1972, 1980) που συνέχισαν μετά τους Fouqué (1879) και Reck (1936) (Παπαγεωργίου, 2011).

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ



Εικόνα 2.3 Γεωλογικός χάρτης της Σαντορίνης, ηφαιστειακή εξέλιξη και κατανομή ηφαιστειακών σχηματισμών (Druitt et al., 1999)

2.4.4 Κλιματικά χαρακτηριστικά

Η Θήρα και η Θηρασιά σύμφωνα με την επίσημη αναθεώρηση της Κλιματικής κατάταξης Köppen – Geiger, έχει πολύ θερμό και ημίξηρο κλίμα και χαρακτηρίζεται ως θερμή στέπα (BSh) (<http://people.eng.unimelb.edu.au/mpeel/koppen.html>, 2016). Η κατάταξη B αναφέρεται στο ξηρό κλίμα, καθόσον η εξατμισοδιαπνοή στη διάρκεια ενός έτους υπερέχει

της βροχόπτωσης. Το σύμβολο S χαρακτηρίζει το κλίμα της στέπας, όπου τα ποσά βροχής είναι μικρά, αλλά υπάρχει βλάστηση και το σύμβολο h περιγράφει την υψηλή τιμή της μέσης θερμοκρασίας ($T > 18^{\circ}\text{C}$) (Peel et al., 2007).

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του νησιού, παρόλο που είναι το νοτιότερο των Κυκλάδων είναι μικρότερη των υπολοίπων νησιών. Οι βροχοπτώσεις είναι περιορισμένες. Εφαρμόζοντας τη μέθοδο Emberger-Sauvage για τον καθορισμό του βιοκλιματικού τύπου της κάθε περιοχής βρέθηκε ότι η Σαντορίνη ανήκει στον ημίξηρο βιοκλιματικό τύπο με χειμώνα θερμό (Δρόσου, 2005). Επίσης, εφαρμόζοντας την μέθοδο Emberger, Gaussen, Kassas, De Philippis και Vagnoulis βρέθηκε πως ο χαρακτήρας του μεσογειακού κλίματος της Θήρας είναι ο Ξηροθερμομεσογειακός (Δρόσου, 2005). Αυτό οφείλεται κυρίως στους βόρειους ανέμους και στις περιορισμένες βροχοπτώσεις (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Θήρας 2013-2014, 2012).

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του σταθμού της Σαντορίνης για την περίοδο 1974-2015 (Εικόνα 2.4), το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης ανέρχεται σε 317,49 mm, ο πιο βροχερός μήνας είναι ο Δεκέμβριος και ο πιο ξηρός ο Ιούλιος. Η μέση σχετική υγρασία κυμαίνεται στο 67,08%, ο πιο υγρός μήνας είναι ο Νοέμβριος με 71,99% υγρασία και ξηρότερος ο Ιούλιος με 58,93% υγρασία. Η μέση ετήσια θερμοκρασία ανέρχεται σε $18,31^{\circ}\text{C}$, ενώ η μέση μέγιστη ετήσια θερμοκρασία ανέρχεται σε $20,92^{\circ}\text{C}$ και η ελάχιστη μέση ετήσια θερμοκρασία σε $15,46^{\circ}\text{C}$. Οι ημέρες βροχόπτωσης ανέρχονται σε 56 ετησίως, ενώ το χιόνι και ο παγετός αποτελούν σπάνια φαινόμενα. Οι κυριότεροι πνέοντες άνεμοι είναι οι Βόρειοι με ποσοστό εμφάνισης 100%. Ο χειμώνας είναι ήπιος, παρουσιάζονται βροχοπτώσεις και η μέση θερμοκρασία είναι περίπου 12°C . Οι καλοκαιρινοί μήνες Ιούλιος και Αύγουστος είναι οι θερμότεροι μήνες του έτους, μέση θερμοκρασία τους 26°C , με ξηρό κλίμα και σχεδόν ανύπαρκτες βροχοπτώσεις. Τον Οκτώβριο η θερμοκρασία είναι ακόμα σχετικά υψηλή, κυμαίνεται γύρω στους 20°C και μέσο ύψος υετού 19,6 mm.

Όνομα Σταθμού		Κωδικός Σταθμού		Γεωγ. Μήκος Σταθμού		Γεωγ. Πλάτος Σταθμού		Ύψος Σταθμού		Περίοδος Λειτουργίας					
ΘΗΡΑ (ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ)		16744		25,48		36,39				1974 - 2015					
ΓΕΝΙΚΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΠΙΝΑΚΑΣ Α															
ΜΗΝΕΣ	Μέση πίεση hPa στην επιφ. της θάλασσας	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ $^{\circ}\text{C}$						ΥΕΤΟΣ			Επικρατ. διέυθυν.	Μέση έντ. ανέμου σε km/h			
		Μέση	Μέση	Μέση Ελάχιστη	Απολύτως Μέγιστη	Απολύτως Ελάχιστη	Μέση απολύτως	Μέση απολύτως Ελάχιστη	Μέση σχετική υγρασ. %	Μέση Ηλιοφάνεια σε ώρες			Μέση νέφωση ή άνιληση	Μέσο ύψος 24ωρου σε χλσμ.	Μέγ. 24ωρου σε χλσμ.
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1.017,26	11,67	13,87	9,46	23,80	1,00	18,03	4,43	70,70	128,10	4,58	61,02	103,00	N	12,75
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟ	1.015,80	11,61	13,87	9,32	25,00	-2,40	18,52	4,17	69,15	140,92	4,60	54,47	58,50	N	13,41
ΜΑΡΤΙΟΣ	1.014,96	13,13	15,54	10,63	30,00	1,80	20,54	5,67	69,78	196,17	3,94	44,07	114,50	N	12,40
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1.012,89	15,84	18,43	12,89	32,20	2,00	23,38	8,95	68,65	229,68	3,38	17,00	41,00	W	10,81
ΜΑΙΟΣ	1.012,70	19,66	22,48	16,18	34,40	9,00	28,62	12,26	66,30	295,48	2,37	6,66	39,00	N	9,39
ΙΟΥΝΙΟΣ	1.011,44	23,99	27,02	20,25	39,00	11,20	32,48	16,03	60,81	337,04	1,00	0,99	5,30	N	10,32
ΙΟΥΛΙΟΣ	1.009,33	26,00	28,92	22,49	39,40	-4,20	34,19	18,78	58,93	363,52	0,29	0,07	1,50	N	12,02
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1.009,72	25,76	28,66	22,68	38,00	16,00	32,66	20,07	61,41	346,17	0,37	0,20	4,60	N	11,38
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟ	1.013,08	23,18	26,03	20,13	35,40	10,40	30,93	16,28	65,78	280,92	1,18	6,54	64,40	N	10,37
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1.016,00	19,74	22,38	17,13	33,80	10,00	27,51	12,68	70,04	224,25	2,70	19,60	40,20	N	10,34
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1.016,84	15,95	18,44	13,55	30,00	0,80	23,79	9,03	71,99	150,20	3,90	46,74	46,30	N	10,97
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1.016,69	13,17	15,38	10,82	22,80	0,00	19,40	5,83	71,37	112,72	4,61	60,13	66,70	N	11,84

Εικόνα 2.4 Μετεωρολογικά στοιχεία του σταθμού της Σαντορίνης για την περίοδο 1974-2015 (Πηγή: EMY)

2.4.5 Πληθυσμιακά, διοικητικά και δημογραφικά στοιχεία

Με βάση τα Σχέδια Καποδίστριας και Καλλικράτης, η Σαντορίνη καθώς και τα νησιά Ασπρονήσι και Άνυδρος, το σύμπλεγμα νησιών Χριστιανά, και η Παλαιά και η Νέα Καμένη ανήκουν διοικητικά στον Δήμο Θήρας, ο οποίος έχει πρωτεύουσα τα Φηρά και αποτελείται από τα Τοπικά Διαμερίσματα Θήρας, Ακρωτηρίου, Βόθωνος, Βουρβούλου, Εμπορείου, Έξω Γωνιάς, Επισκοπής Γωνιάς (Καμαρίου), Ημεροβιγλίου, Θηρασίας, Καρτεράδου, Μεγαλοχωρίου, Μεσσαριάς, Οίας και Πύργου Καλλίστης.

Στη Θήρα, υπάρχουν 13 χωριά και στη Θηρασιά τρία. Η πρωτεύουσα του νησιού είναι τα Φηρά. Τα πληθυσμιακά στοιχεία που παρατίθενται αφορούν το σύνολο του μόνιμου πληθυσμού στα δυο αυτά νησιά. Ο πληθυσμός της Θήρας (Θήρα και Θηρασιά) σύμφωνα με την απογραφή πληθυσμού του 2011 είναι 15.550 μόνιμοι κάτοικοι και παρουσιάζει αύξηση σε σχέση με την απογραφή του 2001 κατά 13,30%, όπου ο μόνιμος πληθυσμός είχε καταγραφεί στα 13.725 άτομα (ΕΛΣΤΑΤ, 2001). Η πληθυσμιακή εξέλιξη της Σαντορίνης παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.3).

Πίνακας 2.3 Πληθυσμιακή εξέλιξη της Θήρας (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Απογραφή	Μόνιμοι κάτοικοι	Μεταβολή
Απογραφή 1951	9.833	-
Απογραφή 1961	8.150	-17,12%
Απογραφή 1971	6.487	-20,40%
Απογραφή 1981	7.328	+12,96%
Απογραφή 1991	9.593	+30,91%
Απογραφή 2001	13.725	+43,07%
Απογραφή 2011	15.550	+13,30%

Έχοντας ως έτος αναφοράς το 1951, παρατηρείται ότι για τις δύο επόμενες δεκαετίες παρουσιάστηκε σημαντική μείωση του πληθυσμού. Εκείνη την εποχή επικρατούσαν αντίξοες οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες, επίσης είχε προηγηθεί και ο μεγάλος σεισμός το 1956 που προκάλεσε σοβαρές ζημιές σε οικισμούς και θανάτους ανθρώπων με αποτέλεσμα να παρουσιαστεί μετανάστευση πληθυσμού (Δανέζης, 1971). Από το 1971 όμως κι έπειτα ο πληθυσμός του νησιού συνεχώς αυξάνεται με κορύφωση τις δεκαετίες 1981-1991 και 1991-2001 με ποσοστά 30,91% και 43,07% αντίστοιχα. Την τελευταία δεκαετία 2001-2011, ο μόνιμος πληθυσμός αυξήθηκε κατά 1825 άτομα, δηλαδή 13,30%. Η τάση δείχνει ότι ο πληθυσμός της θα συνεχίσει να αυξάνεται.

Σύμφωνα με την Ελληνική Εταιρεία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης ΑΕ (Ε.Ε.Τ.Α.Α.) ο πραγματικός πληθυσμός της Θήρας είναι 17.752 άτομα και παρουσιάζει αύξηση κατά 29,9% από την αντίστοιχη καταγραφή του 2001 (Πίνακας 2.4).

Πίνακας 2.4 Πραγματικός πληθυσμός νήσου Θήρας (Πηγή: Ε.Ε.Τ.Α.Α.)

Πληθυσμιακά στοιχεία	Πραγματικός πληθυσμός			Νόμιμος πληθυσμός		Μόνιμος πληθυσμός	
	1991	2001	2011	2001	2011	2001	2011
Δήμος Θήρας	9.593	13.670	17.752	11.782	13.018	13.725	15.550

Αναλυτικά, ο μόνιμος πληθυσμός του νησιού παρατίθεται στον Πίνακα 2.5 κατά δημοτική ενότητα και δημοτική κοινότητα, όπως καταγράφηκε στην απογραφή του 2011. Ο Δήμος Θήρας αποτελείται από δυο Δημοτικές Ενότητες (ΔΕ), αυτές της Θήρας και της Οίας. Η ΔΕ Θήρας αποτελείται από 12 δημοτικές κοινότητες και η ΔΕ Οίας από 2.

Πίνακας 2.5 Απογραφή πληθυσμού - κατοίκων 2011. Μόνιμος πληθυσμός (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Απογραφή	Μόνιμοι κάτοικοι
ΔΗΜΟΣ ΘΗΡΑΣ (Έδρα: Φηρά, τα)	15.550
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΘΗΡΑΣ	14.005
Δημοτική Κοινότητα Εμπορείου	3.085
Δημοτική Κοινότητα Επισκοπής Γωνιάς	1.462
Δημοτική Κοινότητα Φηρών	1.857
Δημοτική Κοινότητα Καρτεράδου	1.293
Δημοτική Κοινότητα Μεσαριάς	2.092
Τοπική Κοινότητα Ακρωτηρίου	489
Τοπική Κοινότητα Βόθωνος	756
Τοπική Κοινότητα Βουρβούλου	535
Τοπική Κοινότητα Έξω Γωνιάς	395
Τοπική Κοινότητα Ημεροβιγλίου	535
Τοπική Κοινότητα Μεγαλοχωρίου	594
Τοπική Κοινότητα Πύργου Καλλίστης	912
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΟΙΑΣ	1.545
Δημοτική Κοινότητα Θηρασίας	319
Τοπική Κοινότητα Οίας	1.226

2.4.5.1 Μέγεθος νοικοκυριών

Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ στην απογραφή του 2011 (Πίνακας 2.6), το σύνολο των νοικοκυριών στη Σαντορίνη είναι 5.862, με συνολικό αριθμό μελών 15.171. Αναλυτικότερα, τα νοικοκυριά με δύο μέλη καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό με 29,02%, ενώ έπονται τα μονομελή με ποσοστό 23,95% και τα τριμελή με 21,44%. Οι τρεις παραπάνω ομάδες έχουν συνολικά 8577 άτομα, δηλαδή το 56,53% του συνόλου των μελών. Τα τετραμελή νοικοκυριά κατέχουν το 18,05% επί του συνόλου των νοικοκυριών με 4.232 μέλη, ενώ τα νοικοκυριά με πέντε μέλη το 5,60% και αντιστοιχούν σε 1640 άτομα. Το μέσο μέγεθος νοικοκυριού είναι 2,59 μέλη.

Πίνακας 2.6 Απογραφή Πληθυσμού-Κατοίκων 2011, Νοικοκυριά και μέλη αυτών στη Θήρα (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

ΔΗΜΟΣ ΘΗΡΑΣ	Νοικοκυριά	Ποσοστό	Μέλη	Ποσοστό
1 μέλος	1.404	23,95%	1.404	9,25%
2 μέλη	1.701	29,02%	3.402	22,42%
3 >>	1.257	21,44%	3.771	24,86%
4 >>	1.058	18,05%	4.232	27,90%
5 >>	328	5,60%	1.640	10,81%
6 μέλη και άνω	114	1,94%	722	4,76%
Σύνολο	5.862	100%	15.171	100%

Ο πληθυσμός διακρίνεται σε ημιαστικό και αγροτικό, καθώς όλοι οι οικισμοί και χωριά έχουν λιγότερους από 10.000 μόνιμους κατοίκους.

2.4.5.2 Εποχιακός πληθυσμός – Τουρισμός

Ο τουρισμός της Σαντορίνης δεν προβλέπεται να παρουσιάσει κάμψη αλλά αναμένεται συνεχής αύξηση του μόνιμου και του συνολικού πληθυσμού. Συγκεκριμένα το 1996 ο μόνιμος πληθυσμός της Θήρας ήταν 10.680 άτομα, ο εποχιακός πληθυσμός 47.220 και ο συνολικός (μόνιμος & εποχιακός) 57.900 άτομα. Το 1998, ο μόνιμος πληθυσμός της Θήρας ήταν 11.200 άτομα, ο εποχιακός πληθυσμός 49.806 και ο συνολικός 61.006 άτομα. Δηλαδή την περίοδο 15 έως 25 Αυγούστου, όπου και παρατηρείται ο πληθυσμός αιχμής, η Σαντορίνη φιλοξενεί περίπου 4,5 φορές τον πληθυσμό της σε τουρίστες (Δρόσου, 2005). Οι προβλέψεις αυτές, σύμφωνα με τις μετρήσεις όχι απλά επιβεβαιώνονται αλλά φαίνεται για τα τελευταία χρόνια ότι τόσο ο μόνιμος όσο και ο εποχιακός πληθυσμός αυξήθηκαν σημαντικά κυρίως εξαιτίας της αύξησης της τουριστικής κίνησης.

Η τουριστική κίνηση στη Θήρα έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία έτη. Οι αφίξεις επιβατών με διεθνείς πτήσεις, έχουν διπλασιαστεί από το 2013, όπως φαίνεται από τα επίσημα στοιχεία της SETE για τα έτη 2013 έως 2015 (Πίνακας 2.7).

Πίνακας 2.7 Αφίξεις επιβατών διεθνών πτήσεων για τα έτη 2013 έως 2015 (Πηγή: SETE)

Σαντορίνη	2013	2014	2015	Μεταβολή 2013-2014	Μεταβολή 2014-2015	Μεταβολή 2013-2015
Ιανουάριος	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%
Φεβρουάριος	2	0	0	-100,0%	0,0%	-100,0%
Μάρτιος	0	2	172	Δ.Ο.	8500,0%	Δ.Ο.
Απρίλιος	1.517	3.965	7.664	161,4%	93,3%	405,2%
Μάιος	25.093	31.988	37.868	27,5%	18,4%	50,9%
Ιούνιος	43.406	52.445	63.311	20,8%	20,7%	45,9%
Ιούλιος	61.296	78.353	86.326	27,8%	10,2%	40,8%
Αύγουστος	65.319	82.207	94.217	25,9%	14,6%	44,2%
Σεπτέμβριος	39.767	49.159	58.259	23,5%	18,5%	46,5%
Οκτώβριος	8.019	12.123	17.220	51,3%	42,0%	114,7%
Νοέμβριος	30	174	374	473,3%	114,9%	1146,7%
Δεκέμβριος	0	0	168	0,0%	Δ.Ο.	Δ.Ο.
Σύνολο	244.449	310.416	365.579	27,0%	17,8%	49,6%

Σύμφωνα με εκτιμήσεις, ο συνολικός αριθμός επισκεπτών ετησίως, ξεπερνά το 1,5 εκατομμύρια (Προσωπική επικοινωνία με τον Δήμο Θήρας).

2.4.6 Χωροταξία

Η Σαντορίνη είναι ένα μικρό νησί. Η ιδιόμορφη γεωλογία του, το μέγεθος και η έντονη τουριστική του ανάπτυξη καθιστά το πρόβλημα δόμησης εμφανές. Τα τελευταία χρόνια, η οικιστική ανάπτυξη έχει οδηγήσει σε οικιστική πίεση. Τα όρια των οικισμών δεν είναι πλέον εμφανή. Η επέκταση αυτή δεν παρατηρείται μόνο στην περιοχή της καλντέρας αλλά και στην ενδοχώρα. Οι οικισμοί επεκτείνονται σε περιοχές όπου άλλοτε δεν υπήρχε τίποτα άλλο από γεωργικές εκτάσεις. Τα νησιά της Σαντορίνης και της Θηρασιάς έχουν υπαχθεί σε καθεστώς Ζώνης οικιστικού Ελέγχου (ΖΟΕ) σύμφωνα με το οποίο ρυθμίζονται οι χρήσεις γης και οι όροι δόμησης με τα ΠΔ της 16-2-1990 (ΦΕΚ 139/Δ/19.3.90) και Π.Δ. της 27.4.2012 (ΦΕΚ 144/ΑΠΠ/30.4.2012).

2.4.7 Κτηριακά

2.4.7.1 Τοπικός τρόπος δόμησης - Υπόσκαφα

Η Σαντορίνη χαρακτηρίζεται από το πολύ ξηρό της κλίμα, τα ζεστά καλοκαίρια και το άνυδρο περιβάλλον της. Οι κάτοικοι του νησιού είχαν αναπτύξει ένα μοναδικό και ιδιαίτερο τρόπο δόμησης μέσα στο ίδιο της το σώμα, τα υπόσκαφα σπίτια. Τα σπίτια δηλαδή που είναι σκαμμένα μέσα στη θηραϊκή γη (άσπα) η οποία εμφανίζει ευκολία στην εκσκαφή και σπανιότερα σε βράχο. Ένα υπόσκαφο είναι ένας στενόμακρος χώρος με θολωτή οροφή που φωτίζεται και αερίζεται μόνο από την πρόσοψη και σπάνια. Εκεί στη πρόσοψη υπάρχει μια μικρή πόρτα, τοποθετημένη στο κέντρο, δεξιά και αριστερά της έχει ένα παράθυρο και πάνω από την πόρτα τον φεγγίτη. Στο εσωτερικό του σπιτιού υπάρχουν δύο χώροι. Η σάλα μπροστά και ένα μικρό δωμάτιο στο βάθος του σπιτιού, η κάμαρη. Ένας τοίχος χωρίζει τους δυο

χώρους και σ' αυτόν επαναλαμβάνονται τα παράθυρα και η πόρτα της πρόσοψης για λόγους αερισμού και φωτισμού της κάμαρης. Τα κτήρια ήταν μικρά και πολύ κοντά το ένα από το άλλο. Χαρακτηριστικό των υπόσκαφων σπιτιών είναι ότι προστατεύουν το κτήριο από τους δυνατούς ανέμους που πνέουν στο νησί και ταυτόχρονα διατηρούν σταθερή θερμοκρασία χειμώνα – καλοκαίρι. Η θερμοχωρητικότητα των υπόσκαφων σπιτιών είναι θεωρητικά άπειρη και είναι αυτή της γη. Όλα σπίτια στη Θήρα, υπόσκαφα ή μη, διέθεταν ανεξαιρέτως υπόγεια ομβροδεξαμενή (στέρνα).

Σήμερα, παρόλο που συνεχίζουν να κατασκευάζονται υπόσκαφα οικήματα, η πλειοψηφία των νέων κατασκευών είναι υπέργεια. Οι υπέργειες οικίες κατασκευάζονται από σπλισμένο σκυρόδεμα και αποτελούνται από το ισόγειο και το πολύ έναν ακόμα όροφο. Οι οροφές τους είναι επίπεδες ή σε μορφή θόλου.

Η επιφάνεια των κανονικών κατοικιών σε ποσοστό πάνω από 85% είναι μικρότερη των 100 m² (Πίνακας 2.8).

Πίνακας 2.8 Σύνολο κανονικών κατοικιών κατά επιφάνεια (m²) στην περιοχή του Δήμου Θήρας, κατά την απογραφή του 2011. (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Επιφάνεια (m ²)	Περιγραφή	Ποσοστό %
Κάτω από 40	2.237	15,9%
40 - 49	1.816	12,9%
50 - 59	1.981	14,1%
60 - 69	2.083	14,8%
70 - 79	1.446	10,3%
80 - 89	1.575	11,2%
90 - 99	922	6,6%
100 - 109	849	6,0%
110 - 119	193	1,4%
120+	953	6,8%
Σύνολο	14.055	100,0%

Η επιφάνεια που αναλογεί ανά κάτοικο είναι 20 έως 59 m² σε ποσοστό πάνω από 60% (Πίνακας 2.9).

Πίνακας 2.9 Κανονικές κατοικίες κατά πυκνότητα κατοικήσεως. Επεξεργασμένα στοιχεία για ιδιοκατοικούμενες και ενοικιαζόμενες κατοικίες της Περιφέρειας Θήρας, σύμφωνα με την απογραφή του 2011 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Περιγραφή / Πυκνότητα κατοικήσεως (m ² /κάτοικο) Περιφέρεια Θήρας	Ιδιοκατοικού- μενες	Ενοικιαζόμενες	Σύνολο	Ιδιοκατοικού- μενες %	Ενοικιαζόμενες %	Σύνολο %
Κάτω από 15 m ²	255	407	662	6,0%	17,3%	10,1%
15 - 19 m ²	440	361	801	10,4%	15,3%	12,2%
20 - 29 m ²	1.153	629	1.782	27,2%	26,7%	27,1%
30 - 39 m ²	898	357	1.255	21,2%	15,2%	19,1%
40 - 59 m ²	848	388	1.236	20,0%	16,5%	18,8%
60 - 79 m ²	335	134	469	7,9%	5,7%	7,1%
80 + m ²	303	77	380	7,2%	3,3%	5,8%
Σύνολο	4.232	2.353	6.585	100,0%	100,0%	100,0%

2.4.8 Απασχόληση

Η οικονομία του νησιού στηρίζεται σε τέσσερις τομείς: α) γεωργία – αλιεία, β) μεταποίηση, γ) υπηρεσίες και δ) υποδομές – κατασκευές. Όλοι οι παραπάνω τομείς, όμως, λειτουργούν για να εξυπηρετήσουν τον βασικό οικονομικό τομέα του νησιού, τον τουρισμό. Με βάση στοιχεία του 2004, οι άμεσα απασχολούμενοι με τον τουρισμό υπολογίστηκαν σε 1.400 άτομα κατά τη θερινή περίοδο, συν 1.800 άτομα που απασχολούνται σε παρεμφερείς δραστηριότητες, με σύνολο 3.200 επί συνολικής απασχόλησης 5.200 ατόμων, το οποίο είναι πάνω από το 60% του οικονομικά ενεργού πληθυσμού. Αναφορικά με τις επιχειρήσεις το 83% των επιχειρήσεων του νησιού, δηλαδή περίπου 3.300 επιχειρήσεις, είναι άμεσα ή έμμεσα συνδεδεμένες με τον τουρισμό (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Θήρας 2013-2014, 2012).

Το έδαφος της Σαντορίνης αν και άνυδρο είναι εύφορο, ευνοώντας την καλλιέργεια τομάτας (άνυδρο τοματάκι Σαντορίνης), φάβας και του αμπελιού. Η ανάπτυξη της βιομηχανίας τοματοπολτού σε συνδυασμό με την ανοδική τάση του τουρισμού στη Σαντορίνη από τη δεκαετία του '70 κι έπειτα προκάλεσε τη μείωση της μετανάστευσης και τη συγκράτηση του πληθυσμού στο νησί. Σταδιακά όμως, οι γεωργικές δραστηριότητες μειώθηκαν, αφού από τα οχτώ εργοστάσια τοματοπολτού που λειτουργούσαν στο νησί, σήμερα λειτουργεί μόνο ένα και μάλιστα περιοδικά για μερικές μόνο μέρες το χρόνο, αφού επεξεργάζεται 150-200 τόνους τομάτα ετησίως. Ιδιαίτερη ανάπτυξη όμως, παρουσιάζουν οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο της οινοποίησης και της εμφιάλωσης κρασιού. Οι τομείς των κατασκευών και των ξενοδοχείων απασχολούν το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων καθώς είναι περισσότερο επικερδείς.

2.4.9 Ύδρευση στη Θήρα σήμερα

Το σύμπλεγμα νήσων της Θήρας είναι άνυδρο και ξηρό. Στη Σαντορίνη, οι ανάγκες ύδρευσης καλύπτονται κυρίως από τις δημοτικές γεωτρήσεις που γίνονται στο υπέδαφός της, όπου συγκεντρώνεται κυρίως το νερό της βροχής και από μονάδες αφαλατώσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι το δίκτυο ύδρευσης δεν καλύπτει όλο το νησί και το νερό του δικτύου δεν είναι πόσιμο, εκτός από αυτό που προέρχεται από τις αφαλατώσεις. Για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών χρησιμοποιούνται γεωτρήσεις. Υπάρχουν 41 δηλωμένες γεωτρήσεις για αρδευτική χρήση και πολλές ακόμα αδήλωτες, οι οποίες όμως δεν επαρκούν για την άρδευση των καλλιεργειών, για αυτό έχουν επικρατήσει κυρίως οι άνυδρες καλλιέργειες στο νησί, το αμπέλι, η τομάτα, η φάβα και κριθάρι.

2.4.9.1 Ύδρευση

Ο Δήμος Θήρας υδρεύεται από υπόγεια νερά μέσω των γεωτρήσεων (δημοτικές και ιδιωτικές) που υπάρχουν διάσπαρτες στο νησί και από πέντε μονάδες αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης στις περιοχές Οίας και Φηρών (δύο μονάδες), Ακρωτηρίου και Ρίβας στη Θηρασιά. Η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών γίνεται σε ποσοστό περίπου 65% μέσω της ΔΕΥΑ Θήρας και το υπόλοιπο 35% από τους ιδιώτες υδροπωλητές που μεταφέρουν νερό από ιδιωτικές γεωτρήσεις σε περιοχές όπου είτε δεν υπάρχει σύνδεση στο δίκτυο της ΔΕΥΑΘ, είτε δεν επαρκεί η δυναμικότητα των γεωτρήσεων ή των αφαλατώσεων. Στη Θηρασιά για την κάλυψη των αναγκών και των αιχμών ζήτησης, πέραν της αφαλάτωσης, γίνεται μεταφορά ποσοτήτων νερού από το Λαύριο, καθώς το νησί είναι ενταγμένο στο πρόγραμμα υδροδότησης των 12 Μικρών Άνυδρων Νήσων του Υ.ΠΕ.ΚΑ.

2.4.9.2 Δίκτυο ΔΕΥΑ Θήρας

Η ΔΕΥΑΘ παρείχε στους καταναλωτές της νερό της τάξης των 1.090.000 m³ για το έτος 2012 (Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015) και 800.000 m³ το 2011 (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Θήρας 2013-2014, 2012). Η συνολική κατανάλωση για το έτος 2006 ήταν λίγο περισσότερο από 700.000 m³. Είναι προφανές ότι η ζήτηση αυξάνεται κάθε χρόνο, τόσο εξαιτίας της τουριστικής ανάπτυξης και της αύξησης του πληθυσμού, όσο και της επέκτασης του δικτύου στο νησί. Η κάλυψη των αναγκών του δικτύου της ΔΕΥΑΘ έως και το 2013 γινόταν κατά 30% από αφαλατωμένο νερό και το υπόλοιπο 54% από υφάλμυρο που προερχόταν από τις 40 δημοτικές γεωτρήσεις, καθώς λειτουργούσαν μόνο δύο μονάδες αφαλάτωσης στο νησί, αυτές της Οίας, τότε με 900 m³/ημέρα και της Θηρασίας με 140 m³/ημέρα.

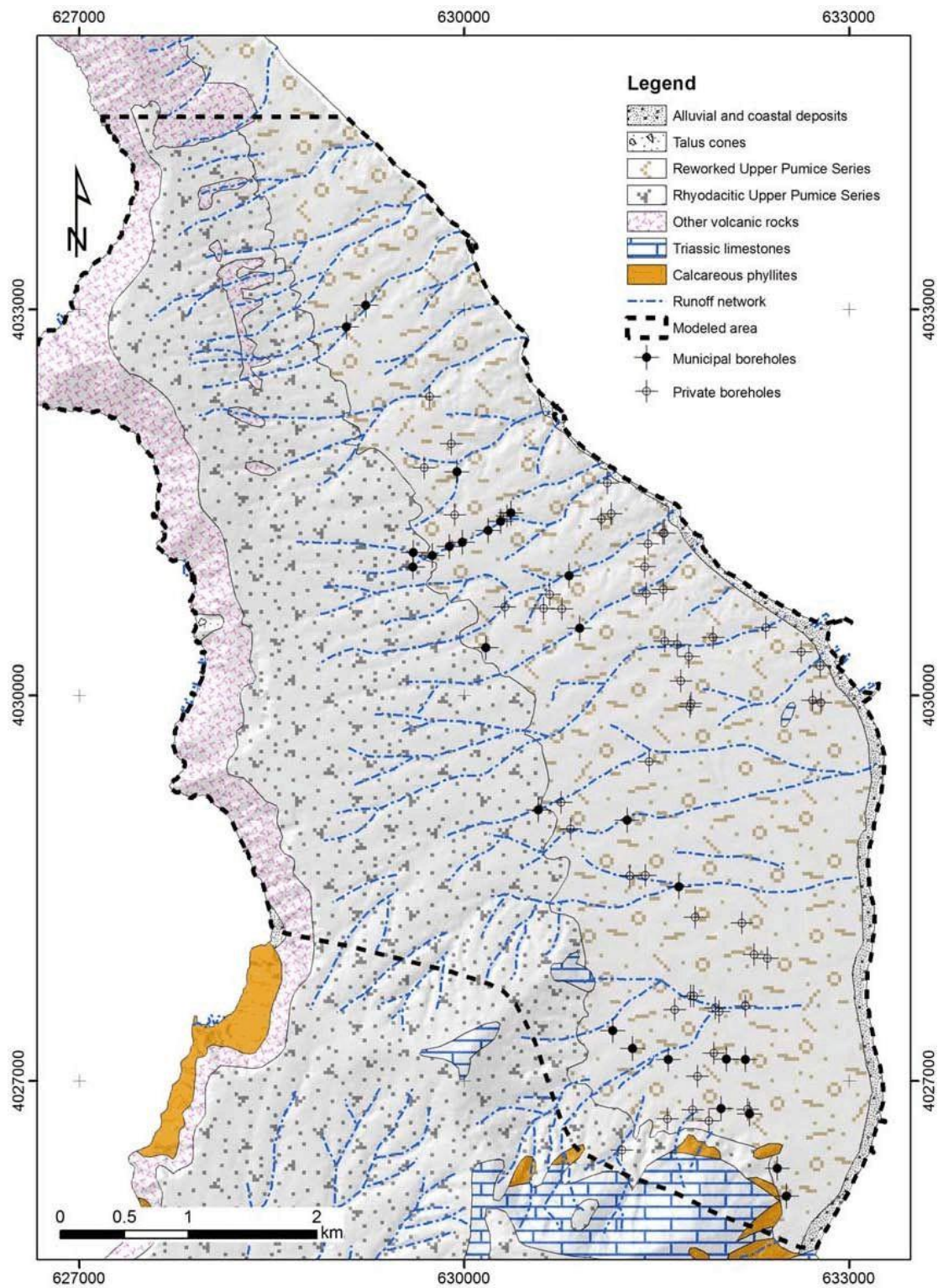
Η σημερινή συνολική δυναμικότητα των μονάδων αφαλατώσεων που βρίσκονται σε λειτουργία στη Σαντορίνη έχει τετραπλασιαστεί στα 4.910 m³/ημέρα, ενώ στη Θηρασιά έχει παραμείνει στα 140 m³/ημέρα (Πίνακας 2.10). Από τις μονάδες αυτές εξολοκλήρου υδροδοτούνται τα δημοτικά διαμερίσματα Ακρωτηρίου, Οίας και Φηρών ενώ η Θηρασιά συνδυαστικά με μεταφορά νερού με πλοία. Σύμφωνα με στοιχεία του Υ.ΠΕ.ΚΑ., πλέον το δίκτυο της ΔΕΥΑΘ καλύπτεται κατά 56% από τις γεωτρήσεις και το υπόλοιπο 46% από τις αφαλατώσεις. Το νερό των αφαλατώσεων είναι πόσιμο.

Πίνακας 2.10 Μονάδες αφαλάτωσης σε λειτουργία στη Θήρα (Πηγή: Υ.ΠΕ.ΚΑ)

Νήσος	Περιοχή	Δυναμικότητα (m ³ /ημέρα)
Θήρα	Οία	1.460
Θήρα	Κατοικιές Φηρών	1.200
Θήρα	Έξω Γιαλός Φηρών	2.000
Θήρα	Ακρωτήριο	250
	Σύνολο Ν.Θήρα	4.910
Θηρασιά	Ρίβα	140
	Σύνολο Δήμου Θήρας	5.050

Οι 29 δημοτικές γεωτρήσεις, από τις 40, συνεχίζουν να λειτουργούν και αποτελούν βασικό τμήμα της υδροδότησης του νησιού (Πίνακας 2.11). Το νερό είναι υφάλμυρο, σε κάποιες περιοχές έχει αρκετά αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και δε χρησιμοποιείται για πόση. Το κεντρικό και νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού υδροδοτείται αποκλειστικά από γεωτρήσεις (Εικόνα 2.5). Τα Δημοτικά Διαμερίσματα Καρτεράδου, Βουρβούλου, Βόθωνα και Μεσαριάς, Μεγαλοχωρίου (από Βόθωνα), Εμπορείου, Έξω Γωνιάς, Επισκοπής Γωνιάς (Καμαρίου) αντλούν νερό από τις γεωτρήσεις του και το συλλέγουν σε δεξαμενές μέσω αντλιοστασίων. Από εκεί το νερό διοχετεύεται στο δίκτυο του κάθε χωριού μέσω βαρυτικών αγωγών. Το Μεγαλοχώρι δε διαθέτει δική του γεώτρηση και υδρεύεται με υδροφόρες που μεταφέρουν νερό από τη δεξαμενή του Βόθωνα στη δεξαμενή του Μεγαλοχωρίου. Η δεξαμενή του Μεγαλοχωρίου λειτουργεί και ως ομβροσυλλέκτης, ο οποίος καλύπτει τις ανάγκες του χωριού τους χειμερινούς μήνες.

Το Ημεροβίγλι και ο Περίβολος υδροδοτούνται αποκλειστικά από υδροπωλητές. Σε αυτές τις περιοχές η ΔΕΥΑΘ δε διαθέτει ακόμα δίκτυο ύδρευσης.



Εικόνα 2.5 Απλοποιημένος υδρολιθολογικός χάρτης Θήρας, με αποτύπωση των δημοτικών γεωτρήσεων (Πηγή: Kopsiaftis et al., 2003)

Πίνακας 2.11 Τρόπος υδροδότησης Δημοτικών Διαμερισμάτων Ν. Θήρας

Δημοτικό Διαμέρισμα	Τρόπος Ύδρευσης	Δίκτυο	Πλήθος
Ακρωτηρίου	Αφαλάτωση	ΝΑΙ	1
Βόθωνα	Γεωτρήσεις	ΝΑΙ	5
Βουρβούλου	Γεωτρήσεις	ΝΑΙ	3
Έξω Γωνιάς	Γεωτρήσεις	ΝΑΙ	1
Εμπορείου	Γεωτρήσεις	ΝΑΙ	2
(Περίσσα-Περίβολος)	Υδροπωλητές	ΟΧΙ	-
Επισκοπής Γωνιάς	Γεωτρήσεις	ΝΑΙ	10
Ημεροβιγλίου	Υδροπωλητές	ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	-
Θηρασιά	Αφαλάτωση και μεταφορά με πλοία	ΝΑΙ	1
Καρτεράδου	Γεωτρήσεις	ΝΑΙ	6
Μεγαλοχωρίου	Γεωτρήσεις (Βόθωνα)	ΝΑΙ	-
Μεσαριάς	Γεωτρήσεις (Βόθωνα)	ΝΑΙ	-
Οίας	Αφαλάτωση	ΝΑΙ	1
Πύργου Καλλίστης	Ελλιπή στοιχεία	ΝΑΙ	
Φηρών	Αφαλάτωση	ΝΑΙ	2

2.4.9.3 Καταναλώσεις νερού

Η κατανάλωση νερού στο νησί εμφανίζει μεγάλη διακύμανση τους καλοκαιρινούς μήνες σε σχέση με του χειμερινού λόγω των εποχιακών επισκεπτών. Ενδεικτικές είναι οι καταναλώσεις που εμφανίζονται στον Πίνακα 2.12 για τις καταναλώσεις του έτους 2006. Τους καλοκαιρινούς μήνες, η κατανάλωση διπλασιάζεται στην πλειοψηφία των χωριών, στα Φηρά τριπλασιάζεται και στην Επισκοπή Γωνιάς (Καμάρι) πενταπλασιάζεται.

Πίνακας 2.12 Καταναλώσεις έτους 2006 ανά Δημοτικό Διαμέρισμα (Πηγή: Αποστολάκη, 2007)

Δημοτικό Διαμέρισμα	Α' Τετράμηνο (m ³)	Β' Τετράμηνο (m ³)	Γ' Τετράμηνο (m ³)	Σύνολο Έτους (m ³)
Ακρωτηρίου	2.848	3.493	3.909	10.250
Βόθωνα	6.787	12.208	10.161	29.156
Βουρβούλου	5.148	9.185	8.899	23.232
Έξω Γωνιάς	4.771	7.127	5.498	17.393
Εμπορείου	9.906	13.598	14.900	38.404
Επισκοπής Γωνιάς	46.070	155.993	81.029	283.092
Ημεροβιγλίου	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία
Θηρασιά	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία
Καρτεράδου	14.625	27.635	26061	68.321
Μεγαλοχωρίου	1.261	2.896	3.588	7.745
Μεσαριάς	13.653	21.620	20.935	56.208
Οίας	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία
Πύργου Καλλίστης	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία
Φηρών	29.984	86.021	58.240	174.245
Συνολική διακινούμενη ποσότητα νερού το 2006 (m³)				708.049

Επίσης, χαρακτηριστική είναι και η διαφορά χαμηλής ζήτησης κατά την περίοδο των χειμερινών μηνών και ζήτησης αιχμής στην ημερήσια κατανάλωση του καλοκαιριού με μεγαλύτερη τιμή αυτή στο ΔΔ Καμαρίου με απαίτηση 1960 m³/ημέρα (Πίνακας 2.13). Για τις περιοχές του Ημεροβιγλίου και Περίσσας - Περιβόλου, λόγω της απουσίας ακριβών στοιχείων κατανάλωσης η κατανάλωση του κάθε χωριού δε μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια. Λαμβάνοντας όμως υπόψη τον αριθμό των μόνιμων κατοίκων και τη δυναμικότητα των ξενοδοχείων και καταλυμάτων σε κλίνες, την περίοδο αιχμής οι απαιτήσεις είναι αρκετά υψηλές. Το Ημεροβίγλι στα 180.000 m³/έτος και η περιοχή της Περίσσας - Περιβόλου στα 280.000 m³/έτος με ημερήσια κατανάλωση αιχμής 1200 m³/ημέρα και 1900 m³/ημέρα αντίστοιχα (Προσωπική επικοινωνία με ΔΕΥΑΘ).

Πίνακας 2.13 Ελάχιστη ζήτηση και ζήτηση αιχμής για το έτος 2006 (Πηγή: Αποστολάκη, 2007)

Δημοτικό Διαμέρισμα	Ημερήσια Ζήτηση έτος 2006 (m ³ /ημέρα)		Χωρητικότητα Δεξαμενών (m ³)
	Ελάχιστο / Χειμώνα	Μέγιστο / Καλοκαιριού	
Ακρωτηρίου	50	110	(500+50)
Βόθωνα & Μεσσαριάς	200	580	(600+50)
Βουρβούλου	100	270	(60+100+100)
Έξω Γωνιάς	60	120	(100+60)
Εμπορείου	150	350	(400+50+25)
Επισκοπής Γωνιάς (Καμαρίου)	450	1.960	(600+500+150)
Ημεροβιγλίου	-	-	-
Θηρασιά	-	-	-
Καρτεράδου	200	840	(40+550)
Μεγαλοχωρίου	40	100	1200
Οίας	-	950	-
Πύργου Καλλίστης	-	-	-
Φηρών	350	1.250	(70+600)

Παρόλο που η διατιθέμενη ποσότητα νερού από τη ΔΕΥΑ Θήρας έχει αυξηθεί από το 2006 στα 1.093.827,6 m³, συνεχίζουν και παρατηρούνται ελλείψεις στο σύστημα τις περιόδους αιχμής. Οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι από αφαλατώσεις και γεωτρήσεις δεν επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης, με ετήσιο έλλειμμα για το 2012 τα 164.074,14 m³ (Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015).

2.4.9.4 Μελλοντικά υδρευτικά έργα

Είναι προγραμματισμένο τα ΔΔ Καρτεράδου, Βουρβούλου και Ημεροβίγλι (δεν έχει ακόμα δίκτυο) να υδροδοτηθούν από τις μονάδες αφαλατώσεων των Φηρών.

Για την κάλυψη των αναγκών του ΔΔ Εμπορείου προβλέπεται η σύνδεσή του με τη μονάδα του Ακρωτηρίου και μελετάται η κατασκευή μονάδας δυναμικότητας 2000 m³/ημέρα. Η Περίσσα και ο Περίβολος δεν έχουν κάποιο προγραμματισμένο έργο για την υδροδότησή τους από το δημοτικό δίκτυο, ενώ είναι σε φάση μελέτης η υδροδότησή τους από τη μελλοντική μονάδα του Εμπορείου.

Για την κάλυψη των αναγκών των ΔΔ Επισκοπής Γωνιάς, Έξω Γωνιάς, Μεσσαριάς, Βόθωνα, Πύργου Καλλίστης και Μεγαλοχωρίου προβλέπεται η εγκατάσταση μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού δυναμικότητας 5.000 m³/ημέρα στη θέση αεροδρόμιο με δυνατότητα να φτάσει μελλοντικά στα 7.500 m³/ημέρα, κάτι που σημαίνει μια πολύ δυναμική παραγωγή. Ο Πύργος θα υδροδοτείται ταυτόχρονα και από τη μονάδα του Εμπορείου.

Επέκταση των υπάρχουσών μονάδων της Οίας και Θηρασιάς λόγω των αυξανόμενων ζητήσεων και της μελλοντικής ένταξης στο δίκτυο του οικισμού Φοινικιάς στην Οία, το εξωτερικό δίκτυο ύδρευσης της οποίας έχει εγκριθεί.

Ο πλήρης κατάλογος των έργων αφαλάτωσης παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.14.

Πίνακας 2.14 Πλήρης κατάλογος μονάδων αφαλάτωσης στη Θήρα (Πηγή: Υ.ΠΕ.ΚΑ)

Νήσος	Περιοχή	Δυναμικότητα (m ³ /ημέρα)	Κατάσταση	Παρατηρήσεις
Θήρα	Οία	1.460	Σε λειτουργία	
Θήρα	Κατοικίες Φηρών	1.200	Σε λειτουργία	
Θήρα	Έξω Γιαλός Φηρών	2.000	Σε λειτουργία	
Θήρα	Οικισμός Ακρωτηρίου	250	Σε λειτουργία	
Θηρασιά	Ρίβα	140	Σε λειτουργία	
Θηρασιά	Ρίβα	10 m ³ /ημέρα με φωτοβολταϊκό σύστημα	Ανενεργή	
Θηρασιά	Ρίβας (Επέκταση)	150	Έχει οριστική μελέτη	Πρόταση - Προμήθεια και εγκατάσταση νέας μονάδας αφαλάτωσης για την επέκταση της υφιστάμενης μονάδας η οποία δεν επαρκεί πλέον για τις ανάγκες της νήσου Θηρασίας
Θήρα	Θέση Αγ. Παρασκευή	5.000	Έχει ενταχθεί στο ΠΔΕ/2014	Αφορά την κατασκευή του εργοστασίου αφαλάτωσης και συνοδά έργα μεταφοράς του νερού για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών των οικισμών Μεσαριάς, Βόθωνα, Έξω Γωνιάς, Πύργου, Μεγαλοχωρίου και Επισκοπής Γωνιάς
Θήρα	Εμπορείου	2.000	Έχει οριστική μελέτη και έχουν εκδοθεί απαιτούμενες αδειοδοτήσεις	Πρόταση - Έχει εγκριθεί η υποβολή αίτησης για την ένταξη του σε πρόγραμμα χρηματοδότησης του ΕΟΧ
Θήρα	Εμπορείου - Συνοδά έργα αντλιοστασίων θαλάσσης και καταθλιπτικών αγωγών	-	Έχει οριστική μελέτη και έχουν εκδοθεί απαιτούμενες αδειοδοτήσεις	Πρόταση - Αφορά τα έργα υδροληψίας θαλάσσης και διάθεσης πόσιμου νερού. Έχει εγκριθεί η υποβολή αίτησης για την ένταξη του σε πρόγραμμα χρηματοδότησης του ΕΟΧ
Θήρα	Οίας (Επέκταση)	900	Έχει οριστική μελέτη και έχουν εκδοθεί απαιτούμενες αδειοδοτήσεις	Πρόταση - Έχει εγκριθεί η υποβολή αίτησης για την ένταξη του σε πρόγραμμα χρηματοδότησης του ΕΟΧ
Θήρα	Έξω Γιαλός Φηρών	-	Έχει οριστική μελέτη και έχουν δρομολογηθεί απαιτούμενες αδειοδοτήσεις	Πρόταση - Αφορά την κατασκευή υποθαλάσσιου αγωγού μήκους περίπου 330 μέτρων, διαμέτρου Φ710 και την εγκατάσταση προκατασκευασμένου αντλιοστασίου θαλάσσης για τις ανάγκες υδροληψίας των μονάδων αφαλάτωσης του Έξω Γιαλού Φηρών
Θήρα	Έξω Γιαλός Φηρών (Επέκταση)	2.000	Σε φάση σχεδιασμού	Πρόταση - Επέκτασης των υφιστάμενων εγκαταστάσεων αφαλάτωσης και εγκατάσταση δύο προκατασκευασμένων δεξαμενών συνολικής αποθήκευσης 2.400 m ³ πόσιμου νερού για την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών των οικισμών Φηρών, Ημεροβιγλίου, Καρτεράδου και Βουρβούλου
Θήρα	Εμπορείου (Επέκταση)	2.000	Σε φάση σχεδιασμού	Αφορά την Β' φάση του έργου της αφαλάτωσης της ΔΚ Εμπορείου με σκοπό την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών των οικισμών Περίσσας, Αγίου Γεωργίου και Εξωμύτη νήσου Θήρας, οι οποίες έως σήμερα δεν υδροδοτούνται από δημοτικά δίκτυα ύδρευσης.

2.4.9.5 Κόστος Ύδρευσης για τη ΔΕΥΑ Θήρας

Το Χρηματοοικονομικό Κόστος υπηρεσιών νερού ύδρευσης για το έτος 2012 είναι 4.579.143,58 €. Με βάση τις ποσότητες νερού (1.093.827,6 m³) που διακινήθηκαν το ίδιο έτος (συμπεριλαμβανομένων και των απωλειών δικτύων) υπολογίζεται το Μοναδιαίο Χρηματοοικονομικό Κόστος το οποίο είναι 4,19 €/m³ έτος. Το ποσοστό ανάκτησης είναι στο 74,56%. Το μοναδιαίο κόστος αφαλάτωσης του νερού για το ΥΔ 14 εκτιμάται στα 2 €/m³ (Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015). Το κόστος παραγόμενου νερού όταν χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό, για δυναμικότητα από 1000 έως 5000 m³/ημέρα κυμαίνεται από 0,56 έως 3,15 €/m³ (Μανωλάκος Δ., 2008). Στην αφαλάτωση της Οίας, το κόστος παραγωγής το 2012 ανέρχονταν στα 2 €/m³. Για τις αρδευτικές γεωτρήσεις, σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης, το μέσο κόστος άντλησης για τα νησιά του Αιγαίου είναι 0,30€/m³. Η τιμή αυτή θεωρείται λογική και για τις γεωτρήσεις ύδρευσης (Προσωπική επικοινωνία με το ΥΠΕΚΑ).

Στη Θηρασιά η υδροδότηση γίνεται με τη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης και με μεταφορά νερού από το Λαύριο (Πίνακας 2.15). Το Υπουργείο Μεταφορών πληρώνει για τη μεταφορά του νερού 12 €/m³ (ΔΕΥΑ Θήρας).

Πίνακας 2.15 Μεταφερόμενες ποσότητες νερού (m³/έτος) στη Ν. Θηρασιά (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)

Έτος	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Θηρασιά (m ³ /έτος)	14.990	16.013	19.445	16.408	17.712	4.022	0	3.291

2.4.9.6 Κόστος Ύδρευσης για τον καταναλωτή

Στη Θήρα, το τιμολόγιο είναι κλιμακωτό και εκδίδεται κάθε δύο μήνες. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η τιμολόγηση για την περιοχή Καμαρίου, όπου έως τα 14 m³ η χρέωση είναι 1,19 €/m³ και έπειτα 1,58 €/m³, στις τιμές αυτές συμπεριλαμβάνεται ο ΦΠΑ 13%.

Στην περιοχή της Οίας, η τιμή πώλησης του νερού το 2015 λόγω του υψηλού κόστους αφαλάτωσης είναι υψηλή και ανέρχεται στα 3,80 €/m³ (χωρίς ΦΠΑ).

Στη Θηρασιά, οι κάτοικοι του νησιού το 2011 αγόραζαν το νερό 2,6 €/m³.

Οι κάτοικοι των οικισμών που δεν συμπεριλαμβάνονται στο δίκτυο της ΔΕΥΑΘ και ως εκ τούτου υδροδοτούνται από τους υδροπωλητές που εκμεταλλεύονται ιδιωτικές γεωτρήσεις, δαπανούν το λιγότερο 3 €/m³.

2.4.9.7 Άρδευση

Στη Θήρα δεν υπάρχουν δημοτικές γεωτρήσεις για άντληση νερού και διάθεση αυτού στη γεωργική παραγωγή. Υπάρχουν ιδιωτικές γεωτρήσεις για να τροφοδοτούνται οι καλλιέργειες που απαιτούν επιπλέον ποσότητες νερού πέραν αυτού της βροχής. Οι ετήσιες ποσότητες αρδευτικού νερού που αντλούνται από ιδιωτικές γεωτρήσεις υπολογίζονται στα 9000 m³/έτος (Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015).

2.4.10 Επιφανειακά νερά

Η λεκάνη απορροής της Σαντορίνης είναι 76,194 Km². Όπως αναφέρθηκε στα γεωγραφικά χαρακτηριστικά, το δυτικό τμήμα του νησιού, που βλέπει προς την καλντέρα και που αποτελεί το τοίχωμα του παλαιού κρατήρα του ηφαιστείου, είναι ορεινό διαμορφώνοντας απότομες, απόκρημνες και δύσβατες ακτές. Το ανατολικό τμήμα παρουσιάζει ήπιες σχετικά μορφολογικές κλίσεις, οι οποίες καταλήγουν σχεδόν επίπεδες στο ύψος της θάλασσας. Το υδρογραφικό δίκτυο είναι ακτινικά διατεταγμένο δημιουργώντας ενίοτε βαθιές κοιλάδες στα σημεία εκείνα, τα οποία μπορούν να διαβρωθούν ταχύτερα και ευκολότερα. Ενίοτε, τα υδρορέματα διατάσσονται παράλληλα ως αποτέλεσμα των πρόσφατων σχετικά ρηγμάτων, που έχουν δράσει στο νησί.

Η Σαντορίνη δε διαθέτει σημαντικά επιφανειακά νερά. Το σύνολο των ετήσιων κατακρημνισμάτων ανέρχεται στα 28,8 hm³, με την πραγματική εξατμισοδιαπνοή να υπολογίζεται στα 21,31 hm³ (Κουτσογιάννης κ.α., 2008). Η επίγεια και υπόγεια απορροή προέρχονται αποκλειστικά από τα ετήσια κατακρημνίσματα. Το σύνολο των αναγκών σε γλυκό νερό καλύπτεται από αντλήσεις υπόγειων νερών και αφαλατώσεις και δευτερευόντως από την αποθήκευση του βρόχινου νερού σε δεξαμενές. Όπως και στα περισσότερα νησιά του ΥΔ Νήσων Αιγαίου, έτσι και στη Θήρα είναι χαρακτηριστική η ύπαρξη περιορισμένης έκτασης υδροφορέων, κυρίως καρστικών, που αναπτύσσονται σε ανθρακικούς σχηματισμούς (μάρμαρα, δολομίτες, ασβεστόλιθους, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους). Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζονται συχνά σε εναλλαγές με αδιαπέρατους σχηματισμούς (αργιλικούς σχιστόλιθους, γνεύσιους, αμφιβολίτες, κλπ.). Οι καρστικοί υδροφορείς εκφορτίζονται είτε σε πηγές επαφής, όταν οι αντίστοιχοι ανθρακικοί σχηματισμοί είναι κλειστοί προς τη θάλασσα, είτε σε παραθαλάσσιες ή υποθαλάσσιες πηγές, όταν είναι ανοικτοί προς αυτήν, οπότε υπάρχουν και προβλήματα υφαλμύρινσης. Στις υδροφορίες που αναπτύσσονται στους πορώδεις σχηματισμούς, απαντώνται φαινόμενα υφαλμύρινσης εξαιτίας της υπερεκμετάλλευσης αυτών, σε συνδυασμό με τις χαμηλές βροχοπτώσεις και με τη δυσκολία επαναπλήρωσης των υπόγειων αποθεμάτων. Οι πορώδεις προσχωματικοί και νεογενείς υδροφορείς στα περισσότερα νησιά έχουν μικρή έκταση, λόγω σχετικά μικρής ανάπτυξης των αλλουβιακών και νεογενών σχηματισμών. Μικρού δυναμικού υδροφορείς αναπτύσσονται και στα ηφαιστειακά πετρώματα και στους ηφαιστειακούς τόφφους (Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015).

Στο υπέδαφος της Σαντορίνης αναπτύσσονται υδροφόροι ορίζοντες μέσα σε στρώματα κίσηρης και ηφαιστειακών τόφφων, που εμφανίζουν μέση έως υψηλή περατότητα, όπως επίσης υδροφόροι ορίζοντες σχηματίζονται και σε ασβεστολιθικά πετρώματα, που εμφανίζονται στην περιοχή του Προφήτη Ηλία. Οι ηφαιστειακοί τόφφοι είναι υδροπερατά πετρώματα και στο εσωτερικό τους σχηματίζονται ελεύθεροι υδροφόροι ορίζοντες, οι οποίοι δεν διαθέτουν (εκτός από την ορεινή κεντρική περιοχή) ένα εμφανές αδιαπέρατο υπόβαθρο. Η τροφοδοσία των υδροφόρων οριζόντων γίνεται από τα επιφανειακά νερά των βροχοπτώσεων και της απορροής των χειμάρρων, που κατεισδύουν στο υπέδαφος. Οι τριαδικοί ασβεστόλιθοι σχηματίζουν υδροφόρους ορίζοντες, που εκφορτίζονται ταχύτατα είτε προς την θάλασσα, είτε προς τους γειτονικούς ηφαιστειακούς σχηματισμούς. Στην παράκτια ζώνη το γλυκό νερό των υδροφόρων οριζόντων βρίσκεται σε πλευρική επαφή με

το αλμυρό νερό της θάλασσας. Στο κέντρο του νησιού, το γλυκό νερό, επειδή είναι αραιότερο, επιπλέει επάνω στο υφάλμυρο. Η εκφόρτιση των υδροφόρων οριζόντων γίνεται μέσω της φυσικής υπόγειας απορροής προς τη θάλασσα και μέσω των αντλήσεων των γεωτρήσεων για ύδρευση και άρδευση (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Θήρας 2013-2014, 2012).

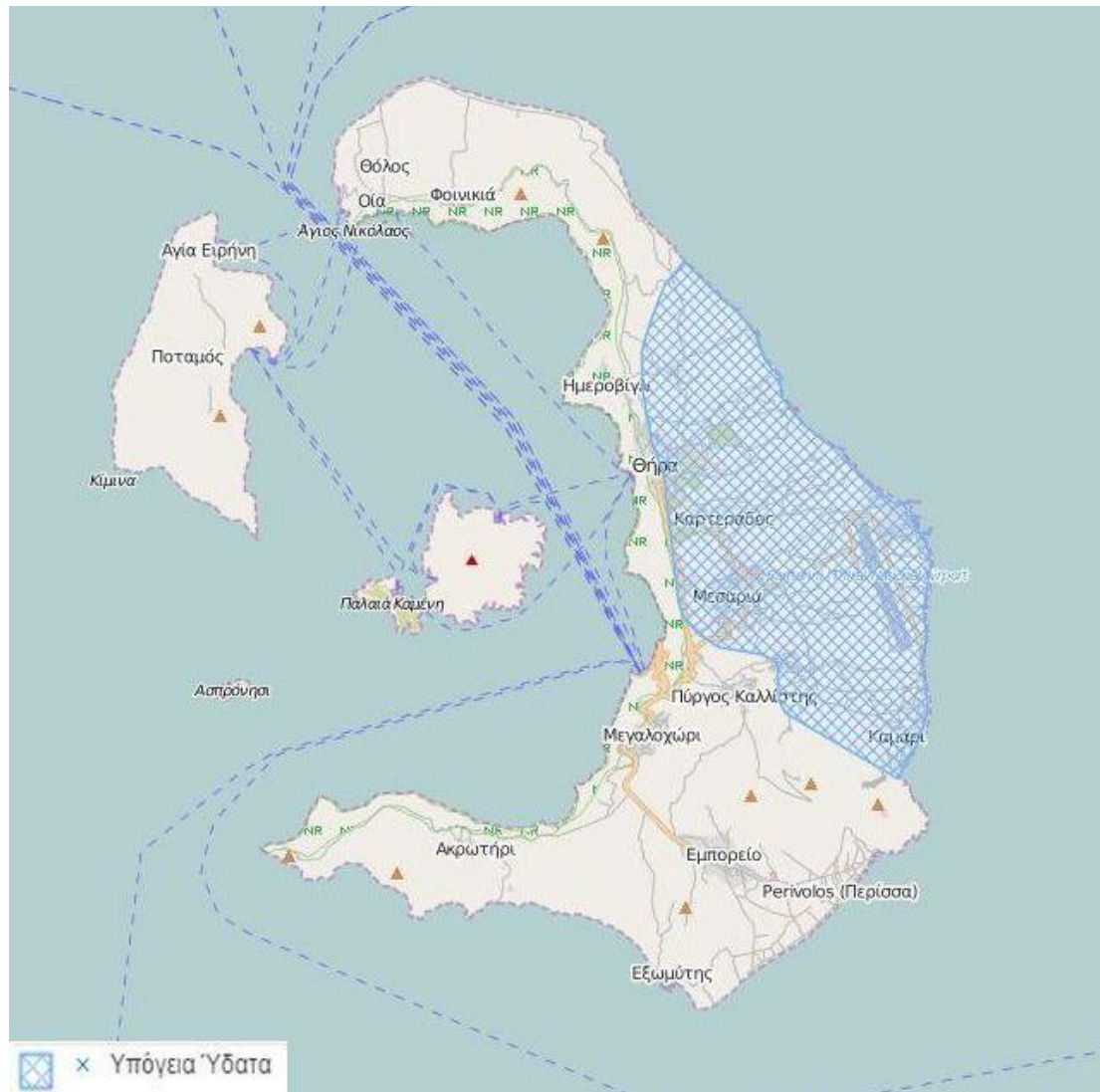
Καθώς δεν ευνοείται η ανάπτυξη μεγάλων υδρογεωλογικών λεκανών, οι πηγές δεν έχουν σημαντικό μέγεθος και ανάπτυξη και πολλές φορές παρουσιάζονται προβλήματα ποιότητας νερού. Τα ρυθμιστικά αποθέματα όμως αυτών των πηγών συμβάλλουν σημαντικά στην αντιμετώπιση τοπικών ζητήσεων, κυρίως υδρεύσεων.

2.4.11 Υπόγεια Υδατικά Συστήματα και προβλήματα της εκμετάλλευσής αυτών

Οι κυριότεροι υδροφόροι ορίζοντες του νησιού σχηματίζονται μέσα στους ορίζοντες της κίσσηρης και ιδίως στους δύο ανώτερους και στην μεταφερμένη κίσσηρη. Οι υδροφόροι ορίζοντες είναι ελεύθεροι και εντοπίζονται στις χαμηλές πεδινές περιοχές, δηλαδή εκεί όπου τα υδροφόρα στρώματα βρίσκονται υψομετρικά λίγο πιο πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Οι αντλήσεις νερού από τους υδροφορείς γίνονται με γεωτρήσεις. Στη Σαντορίνη, εκτός από τις δημοτικές γεωτρήσεις, καταγράφονται πολλές ιδιωτικές, που χρησιμοποιούνται από υδροπωλητές. Σύμφωνα με την καταγραφή που έγινε το 2003 διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν περισσότερες από 400 γεωτρήσεις και φρέατα, εκ των οποίων 196 σε χρήση.

Διακρίνονται τέσσερις κύριοι υδροφόροι ορίζοντες, της Οίας, των Φηρών, της Μεσαριάς και του Εμπορείου. Στην πραγματικότητα, οι επί μέρους υδροφόροι ορίζοντες Φηρών και Μεσαριάς επικοινωνούν μεταξύ τους και συγκροτούν έναν ενιαίο υδροφόρο ορίζοντα (Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.6 Υπόγεια ύδατα νήσου Θήρας. Κύριος υδροφορέας Βουρβούλου – Φηρών – Μεσαριάς – Καμαρίου (Πηγή: Geodata, <http://geodata.gov.gr/>)

Βασικά χαρακτηριστικά των υδροφορέων, τα οποία αντλήθηκαν από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα του Δήμου Θήρας 2013-2014, παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Υδροφόρος Οριζοντας Οίας: Εκτείνεται στο πεδινό τμήμα του βορειότερου τμήματος της Σαντορίνης, βόρεια των χωριών Οίας και της Φοινικιάς. Η επιφάνεια του εδάφους έχει κλίση προς βορρά. Η περιοχή καλύπτεται από λεπτό στρώμα (πάχους 10 - 15 m) ανώτερης κίσηρης και βαθύτερα ακολουθεί το μεσαίο στρώμα κίσηρης με μικρό πάχος επίσης. Ο υδροφόρος οριζοντας είναι πολύ ευαίσθητος στην υφαλμύριση, καθώς βρίσκεται περικυκλωμένος από την θάλασσα. Υπάρχουν αρκετές γεωτρήσεις, ιδιωτικές, που αντλούν ελάχιστες ποσότητες νερού ή βρίσκονται σε αργία.

Υδροφόρος Οριζοντας Φηρών: Εκτείνεται στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του νησιού και περιλαμβάνει τις περιοχές των Κοινοτήτων Ημεροβιγίου, Βουρβούλου, Θηρών και Καρτεράδου. Παλαιότερα, οι πρώτες έρευνες του ΙΓΜΕ είχαν επικεντρωθεί σε κατασκευή ερευνητικών γεωτρήσεων πολύ κοντά στην παραλία και σε υψόμετρο 60 - 80 m. Οι πιο σύγχρονες γεωτρήσεις κατασκευάστηκαν σε υψόμετρο 100 - 120 m και βρίσκονται περίπου

στο κέντρο του νησιού, δηλαδή στην μεγαλύτερη δυνατή απόσταση από την παραλία, όπου το στρώμα του γλυκού νερού να έχει το μεγαλύτερο πάχος. Αν και οι δημοτικές γεωτρήσεις δε χρησιμοποιούνται πλέον, ήταν συγκεντρωμένες σε ένα πολύ μικρό χώρο και αντλούνταν με υπερβολικό ρυθμό. Είχε αποδειχτεί ότι η μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή άντλησης ανά γεώτρηση, ώστε να εξασφαλίζεται ανεκτή ποιότητα νερού, είναι της τάξης των 5-7 m³/ώρα κα σε περίπτωση που αυτή ξεπερνιόταν η γεώτρηση αντλούσε και θαλασσίνο νερό, που προέρχεται από τα βαθύτερα στρώματα, κάτω από την διαχωριστική επιφάνεια γλυκού - αλμυρού νερού. Η θέση σε αργία μιας γεώτρησης δεν βελτιώνει την κατάσταση.

Υδροφόρος Ορίζοντας Μεσαριάς: Εκτείνεται στο κεντρικό τμήμα του νησιού που βρίσκεται δυτικά και ανατολικά του αεροδρομίου. Περιλαμβάνει προς βορρά τις περιοχές των Κοινοτήτων Μεσαριάς, Βόθωνα και προς το νότο την Έξω Γωνιά, την κοινότητα της Επισκοπής Γωνιάς και του Καμαρίου. Η περιοχή αυτή παρουσιάζεται ευνοημένη από απόψεως ισοζυγίου, διότι υπάρχουν πολλά επιφανειακά νερά, που προέρχονται από τον ορεινό όγκο του Προφήτη Ηλία και τα οποία καταλήγουν σε χείμαρρους, που διασχίζουν την πεδιάδα και εμπλουτίζουν τους υδροφόρους ορίζοντες. Η κακή ποιότητα του νερού των Δημοτικών γεωτρήσεων οφείλεται στον μικρό αριθμό των γεωτρήσεων και στην υπερβολική παροχή άντλησης ανά γεώτρηση. Τα τελευταία χρόνια η περιοχή υφίσταται την έντονη επέμβαση του ανθρώπου με την κατασκευή του αεροδρομίου και την ασφαλτόστρωση των χείμαρρων, που μετατρέπονται σε δρόμους, με αποτέλεσμα να έχει μειωθεί εξαιρετικά ο εμπλουτισμός των υδροφόρων οριζόντων.

Υδροφόρος Ορίζοντας Εμπορείου: Εκτείνεται στην πεδινή περιοχή στο νότιο τμήμα της Σαντορίνης, στις περιοχές Εμπορείου, Περίσσας, Περιβόλου, Εξωμύτη και Μεγαλοχωρίου. Ουσιαστικά περιλαμβάνει την πεδινή χαμηλή περιοχή νοτίως του όρους Προφήτης Ηλίας. Στα νότια του Εμπορείου, το επίμηκες βουνό Γαβρίλος, χωρίζει την περιοχή σε δύο τμήματα, ανατολικό και δυτικό. Το βουνό αυτό φθάνει μέχρι τις νότιες ακτές της Σαντορίνης, στον οικισμό Βλυχάδα. Τα όρη Προφήτης Ηλίας και Γαβρίλος καλύπτονται από τριαδικούς ασβεστόλιθους, που είναι επωθημένοι επάνω σε ένα σύστημα σχιστόλιθων - φυλλιτών. Στον Προφήτη Ηλία, η επαφή ασβεστόλιθων - σχιστόλιθων δεν είναι επίπεδη, αλλά σχηματίζει ένα αντίκλινο με άξονα διεύθυνσης Α-Δ. Έτσι η επαφή κλίνει προς βορρά και προς νότο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, τα υπόγεια νερά, που κυκλοφορούν μέσα στους ασβεστόλιθους, να κατευθύνονται (υπογείως) είτε προς το Καμάρι είτε προς την Περίσσα, εμπλουτίζοντας φυσικά τους υδροφόρους ορίζοντες, που σχηματίζονται μέσα στην κίσσηρη. Στο όρος Γαβρίλος, η επαφή ασβεστόλιθων και φυλλιτών έχει κλίση προς νότο ή νοτιοανατολικά. Στην περιοχή Βλυχάδα και Εξωμύτης, το στρώμα των ασβεστόλιθων βυθίζεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να διεισδύει με ευκολία η θάλασσα μέσα στον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα και να προκαλεί υφαλμύριση σε όλα τα νερά της περιοχής, ακόμη και σε αυτά των αλλουβιακών οριζόντων, που επικοινωνούν με τον ασβεστολιθικό. Η περιοχή Περίσσας - Περιβολιών καλύπτεται από παχύ στρώμα μεταφερμένης κίσσηρης. Εδώ σχηματίζεται ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας, ο οποίος υφίσταται εντατική εκμετάλλευση για τις αρδεύσεις της αγροτικής αυτής περιοχής, εξαιτίας των οποίων παρατηρείται υφαλμύριση.

Η εκμετάλλευση των υπόγειων νερών παρουσιάζει προβλήματα ποσότητας και ποιότητας. Η μέση ετήσια αναπλήρωση των αποθεμάτων (από τις βροχοπτώσεις), λόγω της μικρής έκτασης των υδρολογικών λεκανών είναι περιορισμένη και ανέρχεται σε 3.000.000 m³. Από την ποσότητα αυτή και συμφωνά με τις σημερινές συνθήκες, το μισό περίπου χάνεται στην θάλασσα και το υπόλοιπο μισό αντλείται και διοχετεύεται στην κατανάλωση. Στην περίπτωση ξηρών υδρολογικών ετών, οι αντλήσεις εξαντλούν τα υπόγεια αποθέματα και προκαλούν σημαντική υφαλμύριση των υδροφόρων οριζόντων, τα οποία λόγω της πολύ χαμηλής απόλυτης στάθμης των υδροφόρων οριζόντων και της γεινίασης με την θάλασσα, είναι πολύ ευαίσθητα στην υφαλμύριση από το θαλασσινό νερό. Οι υπάρχουσες γεωτρήσεις αντλούνται κυρίως κατά τους θερινούς μήνες, όταν η φυσική στάθμη των υδροφόρων οριζόντων βρίσκεται στο κατώτατο σημείο της, με αποτέλεσμα το θαλασσινό νερό να εισχωρεί στον υδροφόρο ορίζοντα και να αυξάνει αισθητά η αλατότητα του νερού. Η διείσδυση του αλμυρού νερού γίνεται κυρίως εκ των κάτω (από το θαλασσινό νερό που βρίσκεται κάτω από το στρώμα γλυκού νερού) και αυξάνει ανάλογα με την ποσότητα που αντλείται από κάθε γεώτρηση. Η διείσδυση θαλασσινού νερού από το μέτωπο της παραλίας φαίνεται ότι παίζει δευτερεύοντα ρόλο. Επομένως, η ποιότητα του αντλούμενου νερού εξαρτάται βασικά από την παροχή άντλησης ή εκμετάλλευσης των γεωτρήσεων (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Θήρας 2013-2014, 2012).

2.4.12 Οδηγία Πλαίσιο και υπόγεια ύδατα Θήρας

Η Σαντορίνη σε πολύ μεγάλο ποσοστό χρησιμοποιεί τα υπόγεια νερά ως βασική πηγή υδροδότησής της. Με βάση τα όσα ορίζει η Οδηγία Πλαίσιο, το πρώτο βήμα για τα υπόγεια ύδατα του νησιού, ο χαρακτηρισμός των υπόγειων υδάτων σε υδατικά συστήματα και ο προσδιορισμός των χρήσεων και ανθρωπογενών πιέσεων σε αυτά, με σκοπό την αξιολόγηση του κινδύνου που διατρέχουν να μην πληρούν τους στόχους της Οδηγίας (άρθρο 5, Παράρτημα II). Σύμφωνα με την οδηγία 2000/60/ΕΚ, η οριοθέτηση των υπογείων υδατικών συστημάτων βασίζεται σε γεωλογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά (Άρθρο 2.2, 2.12). Επίσης, η Οδηγία 2000/60/ΕΚ, στο Άρθρο 4, ορίζει ότι:

- Για τα υπόγεια ύδατα πρέπει να εφαρμόζονται τα απαραίτητα μέτρα ώστε να προληφθεί ή να περιορισθεί η διοχέτευση ρύπων σε αυτά, καθώς και η υποβάθμιση της κατάστασης όλων των υπόγειων υδάτων.
- Η προστασία, αναβάθμιση και αποκατάσταση όλων τα υπόγειων υδατικών συστημάτων, με τη διασφάλιση ισορροπίας μεταξύ των εκφορτίσεων (φυσική ή μέσω αντλήσεων) και της ανατροφοδότησης των υπόγειων υδάτων το αργότερο μέχρι το 2015.
- Η εφαρμογή απαραίτητων μέτρων, ώστε να αναστραφεί κάθε σημαντική και έμμονη ανοδική τάση συγκέντρωσης οποιουδήποτε ρύπου, η οποία οφείλεται σε ανθρώπινη δραστηριότητα, προκειμένου να μειωθεί η ρύπανση των υπόγειων νερών σταδιακά.

Για την εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 έχουν προσδιορισθεί τα χαρακτηριστικά των υπόγειων υδάτων της Σαντορίνης. Οι υδροφορείς έχουν χωριστεί με διαφορετικό τρόπο. Είναι ο υδροφορέας Φηρών και Μεσαριάς με κωδικό ΥΥΣ GR1400872, ο υδροφορέας Εμπορείου με όνομα GR1400873 και το υπόλοιπο του νησιού ως ενιαίος υδροφορέας με

κωδικό GR1400871. Τα χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται διεξοδικά στους Πίνακες 2.16 έως 2.19 που ακολουθούν. Η κατάσταση των υδροφορέων Φηρών – Μεσαριάς και Εμπορείου χαρακτηρίζεται ως κακή τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά (Εικόνες 2.7 και 2.8). Παρατηρείται υπερεκμετάλλευση και πτώση στάθμης, και ταυτόχρονα υφαλμύριση με αυξημένες συγκεντρώσεις αλάτων στην παράκτια ζώνη. Και οι δύο υδροφορείς υπάγονται στο Άρθρο 4.4 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ που αφορά στην παράταση της προθεσμίας επίτευξης της καλής κατάστασης το 2021 ή το αργότερο το 2027 (2η και 3η αναθεώρηση Σχεδίων Διαχείρισης) ή όποτε το επιτρέψουν οι φυσικές συνθήκες μετά το 2027 (Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015).



Εικόνα 2.7 Ποιοτική Κατάσταση Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)



Εικόνα 2.8 Ποσοτική Κατάσταση Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)

Ακολουθούν οι αναλυτικοί πίνακες με τα χαρακτηριστικά των υπόγειων υδατικών συστημάτων της νήσου Θήρας (Πίνακες 2.16 έως 2.19).

Πίνακας 2.16 Χαρακτηρισμός των υπόγειων υδατικών συστημάτων νήσου Θήρας – Γεωλογικά χαρακτηριστικά (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)

Κωδικός ΥΥΣ	Ονομασία	Γεωλογία	Υπερκείμενα Στρώματα	Τύπος Υδροφορέα	Τύπος Υδροφόρου	Έκταση (km ²)	Χρήσεις Γης	Σημειακές Πηγές Ρύπανσης
GR1400871	Σύστημα Καμαρίου - Φηρών - Εμπορείου (Α), Ν.Θήρα	Παλαιοεδαφικός οριζοντας και ηφαιστειακοί σχηματισμοί	Ηφαιστειακοί σχηματισμοί και κίσηρης χαμηλής περατότητας.	Κοκκώδης	Ελεύθερος	54,8	Καλλιέργειες, Αστικοποίηση, Φυσικοί βοσκότοποι	Εξορυκτικές δραστηριότητες, ΧΑΔΑ
GR1400872	Σύστημα Καμαρίου - Φηρών - Εμπορείου (Β), Ν.Θήρα	Παλαιοεδαφικός οριζοντας και ηφαιστειακοί σχηματισμοί	Ηφαιστειακοί σχηματισμοί και κίσηρης χαμηλής περατότητας.	Κοκκώδης	Ελεύθερος	17,6	Καλλιέργειες, Αστικοποίηση	
GR1400873	Σύστημα Καμαρίου - Φηρών - Εμπορείου (Γ), Ν.Θήρα	Ηφαιστειακά πετρώματα	Πυροκλαστικά υλικά (κίσηρης, ηφαιστειακή τέφρα) χαμηλής έως πολύ χαμηλής περατότητας.	Κοκκώδης	Ελεύθερος	3,4	Φυσική βλάστηση, Αστικοποίηση	

Πίνακας 2.17 Χαρακτηρισμός των υπόγειων υδατικών συστημάτων νήσου Θήρας – Ιδιότητες (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)

Κωδικός ΥΥΣ	Υδραυλικά Στοιχεία		Συσχετιζόμενα Επιφανειακά Συστήματα - Οικοσυστήματα	Αλληλεπίδραση Επιφανειακών/ Υπόγειων Συστημάτων	Φυσική Ανατροφοδότηση ($10^6 \text{ m}^3/\gamma$)	Τεχνητός Εμπλουτισμός	Υπερεκμ/ση	Μέση Υδροληψία ($10^6 \text{ m}^3/\gamma$)
	K m/d	s %						
GR1400871						ΌΧΙ		1,5
GR1400872	2-20	2-5	ΌΧΙ	ΌΧΙ	0,7-1,5	ΌΧΙ	Ναι	Άγνωστη
GR1400873	2-20	2-5	ΌΧΙ	ΌΧΙ	0,7-1,5	ΌΧΙ	Ναι	Άγνωστη

Πίνακας 2.18 Χαρακτηρισμός των υπόγειων υδατικών συστημάτων νήσου Θήρας – Χαρακτηρισμός (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)

Κωδικός ΥΥΣ	Παρατηρήσεις	Περεταίρω Χαρακτηρισμός	Στοιχεία Υφαλμύρισης	Επιπτώσεις (Ανθρωπογενείς)	Φυσική Ρύπανση	Ποιοτική Κατάσταση	Ποσοτική Κατάσταση
GR1400871						ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
GR1400872	Υπερεκμετάλλευση υδροφόρου. Αυξημένες συγκεντρώσεις Cl.	ΟΧΙ	Συγκεντρώσεις Cl από 300-3.000 mg/l	-Πτώση στάθμης - Υφαλμύριση στην παράκτια ζώνη (Cl από 300-3.000 mg/l)	- SO4 (έως 300 mg/l) - Fe, Mn, Pb	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ
GR1400873	Υπερεκμετάλλευση υδροφόρου. Αυξημένες συγκεντρώσεις Cl.	ΝΑΙ	Συγκεντρώσεις Cl από 300-3.000 mg/l	- Πτώση στάθμης - Υφαλμύριση στην παράκτια ζώνη (Cl από 300-3.000 mg/l)		ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ
		ΝΑΙ					

Πίνακας 2.19 Χαρακτηρισμός των υπόγειων υδατικών συστημάτων νήσου Θήρας – Περιβαλλοντικός στόχος (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης ΥΔ Νήσων Αιγαίου, 2015)

Κωδικός ΥΥΣ	Ονομασία	Περιβαλλοντικός στόχος	Αιτίες εξαίρεσης για τη χρονική περίοδο έως το 2027
GR1400871	Σύστημα Καμαρίου - Φηρών - Εμπορείου (Α), Ν.Θήρα	Μη υποβάθμιση	
GR1400872	Σύστημα Καμαρίου - Φηρών - Εμπορείου (Β), Ν.Θήρα	Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4	Το χρονικό διάστημα δεν είναι αρκετό για την ανάκαμψη του συστήματος.
GR1400873	Σύστημα Καμαρίου - Φηρών – Εμπορείου (Γ), Ν.Θήρα	Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4	Το χρονικό διάστημα δεν είναι αρκετό για την ανάκαμψη του συστήματος.

3 Συλλογή Όμβριων Υδάτων

3.1 Γενικά

Η Συλλογή Όμβριων Υδάτων (Rain Water Harvest – RWH) είναι ένας όρος ο οποίος περιγράφει τις ποικίλες τεχνικές για την εκμετάλλευση των βροχοπτώσεων. Σε πολλές χώρες του κόσμου όπως και στην Ελλάδα, παρουσιάζεται το πρόβλημα της ανεπάρκειας υδατικών πόρων. Το πρόβλημα δεν αφορά μόνο τη συνολική και πεπερασμένη ποσότητα γλυκού νερού, αλλά κυρίως στη γεωγραφική και εποχιακή κατανομή και διαθεσιμότητά του, ιδιαίτερα σε σχέση με τις τοπικές ανάγκες και χρήσεις του. Οι υδατικοί πόροι είναι άνισα κατανομημένοι στο χώρο αλλά και στο χρόνο. Για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας αναπτύχθηκαν διαφορετικές τεχνικές και τοπικά συστήματα RWH. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν αντοχή στο χρόνο, προσαρμοστικότητά στις ξεχωριστές υδρολογικές και κλιματικές συνθήκες της περιοχής και συμβατότητα με την αειφορία των υδατικών πόρων.

Η συλλογή όμβριων υδάτων ορίζεται ως η διαδικασία συλλογής του βρόχινου νερού από επιφάνειες απορροής, όπως στέγες, βραχώδεις και εδαφικές επιφάνειες, η μεταφορά του σε μία περιοχή και η αποθήκευσή του, με σκοπό τη μελλοντική του χρήση. Τα όμβρια ύδατα είτε αποθηκεύονται σε επίγειες ή υπόγειες στεγανές δεξαμενές για αστική ή αρδευτική χρήση είτε μέσω της διήθησής τους στο έδαφος συμβάλλουν στον κορεσμό του εδάφους ή/και στην επαναφόρτιση των υπόγειων υδροφορέων.

Η συλλογή όμβριων υδάτων για αστική χρήση έχει αποκτήσει μεγάλη σημασία ως μια σύγχρονη, σχετικά φθηνή και απλή τεχνολογία εξοικονόμησης νερού, αποτελώντας μια από τις πιο υποσχόμενες εναλλακτικές λύσεις παροχής νερού ενάντια στο πρόβλημα της αυξανόμενης λειψυδρίας και της ζήτησης. Παρέχει τη δυνατότητα αύξησης των υδατικών αποθεμάτων επιτρέποντας ταυτόχρονα αυτοδυναμία και αειφορία (Λόντρα, 2014)

Σε περιοχές όπου οι υδατικοί πόροι δεν είναι ποσοτικά και ποιοτικά επαρκείς για κατανάλωση από τον άνθρωπο, το νερό της βροχής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πόση και άλλες οικιακές χρήσεις. Επίσης, με την κατάλληλη επεξεργασία, το νερό της βροχής μπορεί να αποτελέσει την κύρια πηγή πόσιμου νερού για τον πληθυσμό τους.

Τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή τεχνολογιών συλλογής όμβριων υδάτων αφορούν τόσο στους χρήστες, όσο στα κράτη και είναι οικονομικά και περιβαλλοντικά.

Για τους χρήστες τα οφέλη είναι:

- Πρόσβαση σε φθηνή και ανεξάντλητη πηγή νερού χρησιμοποιώντας απλές και χαμηλού κόστους τεχνολογίες.
- Εξοικονόμηση χρημάτων με τη μείωση της χρήσης του νερού από το δημόσιο υδρευτικό δίκτυο.
- Δυνατότητα εκμετάλλευσης μια εναλλακτικής πηγής νερού με συνέπεια την αύξηση της αυτονομίας και αυτάρκειας.

- Ποιότητα του βρόχινου νερού είναι σε γενικές γραμμές πολύ καλή, άριστη για άρδευση και κτηνοτροφία και μετά από κατάλληλη επεξεργασία και για πόση.

Για την πολιτεία και το περιβάλλον:

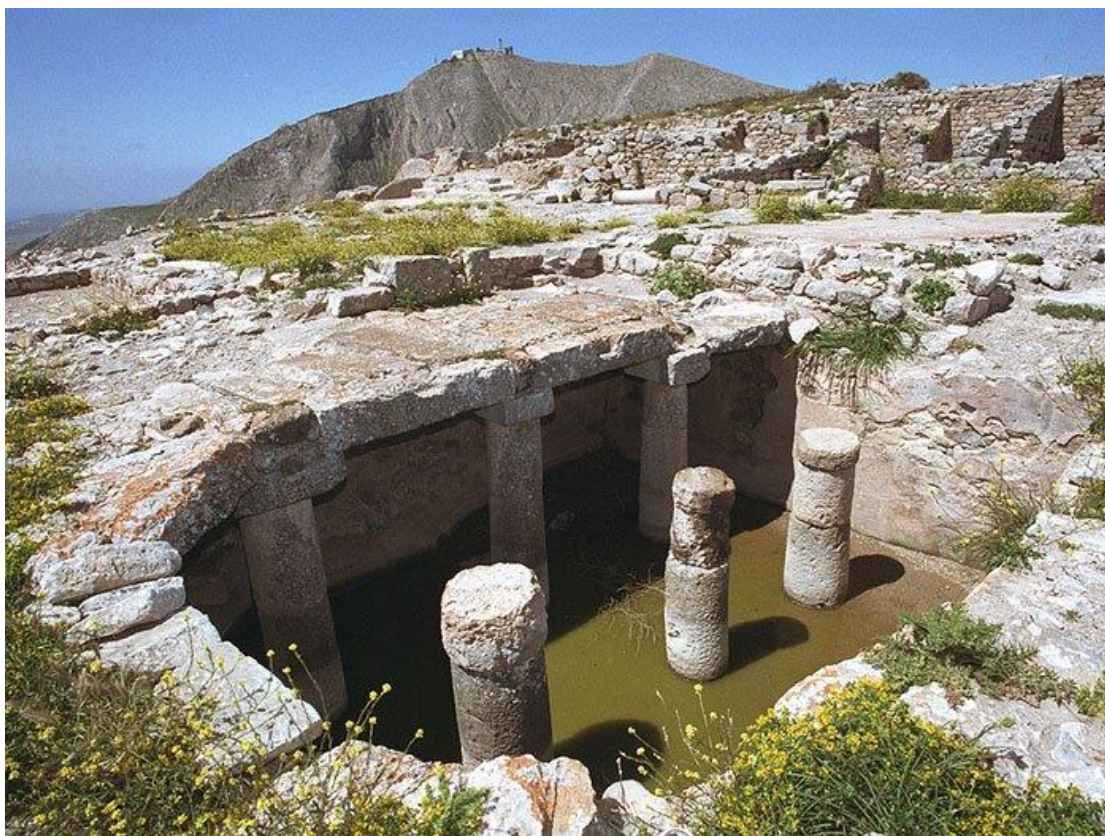
- Όταν εφαρμόζεται τεχνολογία σε μεγάλες εγκαταστάσεις, όπως σχολεία, αεροδρόμια, βιομηχανίες, αθλητικές εγκαταστάσεις και νοικοκυριά, η εξοικονόμηση σε νερό από το δίκτυο είναι σημαντική.
- Μείωση του κόστους των επενδύσεων της αντικατάστασης του δικτύου ύδρευσης.
- Μειώνεται το έλλειμα ή η ζήτηση αιχμής κατά τη διάρκεια των περιόδων υψηλής ζήτησης.
- Μειώνεται η απορροή και οι πλημμυρικές αιχμές με αποτέλεσμα τη μείωση του κινδύνου από πλημμύρες και της διάχυτης ρύπανσης.
- Συμβάλλει στην καθιέρωση της διαχείρισης ζήτησης και κατανάλωσης από τους χρήστες και της περιβαλλοντική συνείδηση.
- Εξοικονόμηση υδατικών πόρων.

Από βιβλιογραφικά στοιχεία προκύπτει ότι σε πολλά μέρη του κόσμου έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι συλλογής όμβριων υδάτων. Εκτός από την Ελλάδα (Sazakli et al., 2007), οι Ηνωμένες Πολιτείες (Jones and Hunt, 2010), η Ισπανία (Domènech and Saurí, 2011), η Βραζιλία (Ghisi et al., 2009), η Αυστραλία (Marks et al., 2006), το Ηνωμένο Βασίλειο (Fewkes, 1999a), η Νότια Αφρική (Kahinda et al., 2007) και η Κίνα (Li and Gong, 2002) είναι μόνο κάποια από τα μέρη που έχουν εφαρμοστεί σχετικές τεχνολογίες (Λόντρα Π., 2014).

3.2 Συλλογή όμβριων υδάτων στην Ελλάδα – Ιστορική αναδρομή

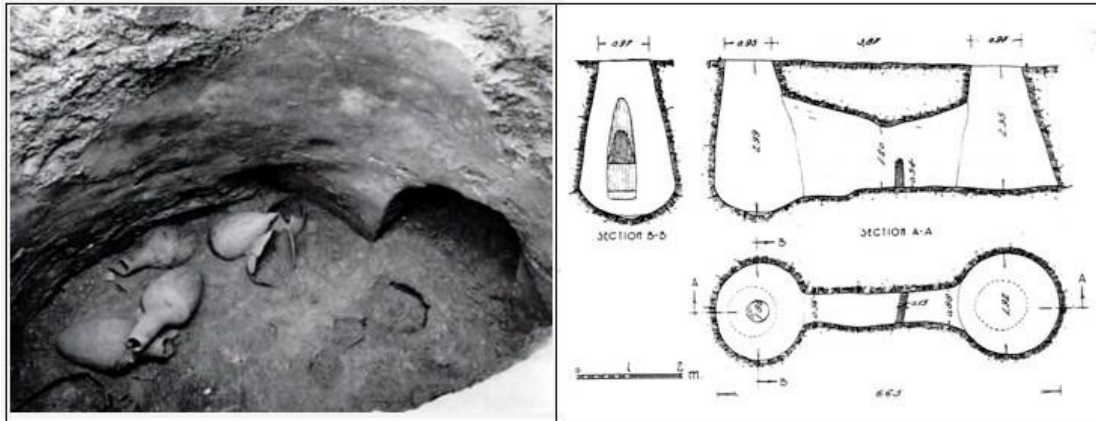
Η αστική διαχείριση του νερού στην Αρχαία Ελλάδα ξεκίνησε από την Κρήτη κατά την πρώιμη Μινωική περίοδο (3500 – 1200 π.Χ.) και οδήγησε σε μια σειρά από σημαντικές εξελίξεις τόσο στην ηπειρωτική χώρα όσο και τα νησιά της Ελλάδας κατά τη διάρκεια των Ελληνιστικών και Ρωμαϊκών χρόνων. Στη Μινωική Κρήτη η συλλογή, η μεταφορά και η αξιοποίηση των υδάτων αποτελούσε συνήθη πρακτική. Οι τύποι συστημάτων ποικίλουν ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και τις τεχνικές, ενώ έχουν καταγραφεί και συστήματα συλλογής, αποθήκευσης και χρήση του βρόχινου νερού. Πέντε στέρνες είναι γνωστές από την μεσο-και υστερο-μινωική περίοδο (2000 έως 1200 π.Χ.) δύο στον Πύργο Μύρτου και από μια στην κεντρική πλατεία του ανακτόρου της Ζάκρου, στις Αράχνες και στην Οικία Γ. Οι τεχνολογίες αυτές αναπτύχθηκαν από προγενέστερους τύπους όπως αυτός της οικίας στο Χαμαίζι και βελτιώθηκαν περαιτέρω στους μετέπειτα πολιτισμούς (Αγγελάκης, 2011). Προηγμένες τεχνικές αναπτύχθηκαν επίσης στα νησιά του Αιγαίου κατά την Πρωτοκυκλαδική περίοδο (3100 έως 1.600 π.Χ.). Στη Δήλο, νησί των Κυκλάδων διαπιστώθηκε ότι στα περισσότερα σπίτια υπήρχαν κατασκευές συλλογής και αποθήκευσης του βρόχινου νερού σε δεξαμενές κάτω από τις αυλές των οικιών (Koutsoyiannis et al., 2006).

Στη Σαντορίνη έχουν βρεθεί περισσότερες από 50 στέρνες στον οικισμό της Αρχαίας Θήρας (Εικόνα 3.1). Τα μεγέθη τους ποικίλουν και χρησιμοποιούνταν για τη συλλογή του νερού της βροχής από τις επίπεδες στέγες των κτηρίων. Έπειτα με τα κατάλληλα κανάλια το νερό διοχετευόταν στις δεξαμενές.



Εικόνα 3.1 Στέρνα στον οικισμό της Αρχαίας Θήρας (Πηγή: www.greece.com)

Στην Αθήνα, της Κλασικής εποχής (499 έως 323 π.Χ.), σταδιακά τα φρεάτια συμπληρώθηκαν ή αντικαταστάθηκαν από στέρνες. Μάλιστα, ο Αριστοτέλης έγραψε ότι «έπρεπε να υπάρχουν σε κάθε σπίτι, ώστε η πόλη να έχει επάρκεια νερού σε περίπτωση πολέμου». Η κατασκευή δεξαμενών ήταν γνωστή πρακτική από προγενέστερες περιόδους. Είναι γνωστή η δεξαμενή του 6^{ου} π.Χ. αιώνα που έχει βρεθεί στο εσωτερικό του τοίχου της Ακρόπολης στα αριστερά των Προπυλαίων. Σκαμμένη στο βράχο της επιφάνειας, με λαξευτά κανάλια αποστράγγισης, ήταν σε θέση να συγκρατήσει μερικούς μήνες παροχής νερού το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για πόσιμο εάν είναι απαραίτητο, αλλά συνήθως χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό και την κολύμβηση (Crouch, 1993). Όμως, οι περισσότερες από τις δεξαμενές χρονολογούνται από τον 4^ο έως τον 1^ο π.Χ. αιώνα. Ο κύριος λόγος της διάδοσης των δεξαμενών εκείνη την περίοδο πρέπει να ήταν η σταδιακή πτώση στο ύψος του υδροφόρου ορίζοντα υπόγειων υδάτων λόγω υπερβολικής άντλησης. Ήταν ιδιωτικές και συνήθως μικρές, με διάμετρο κατά μέσο όρο περίπου 3 μέτρα στο επίπεδο του δαπέδου. Ήταν γεμάτες από τα όμβρια ύδατα, τα οποία συλλέγονταν από τις γύρω στέγες και μέσω του αγωγού οδηγούνταν προς την δεξαμενή. Το νερό από τις στέρνες χρησιμοποιούνταν για πόση και για το πλύσιμο (Εικόνα 3.2) (Lang, 1968) όπως περιγράφεται από Koutsoyiannis et al., 2006.

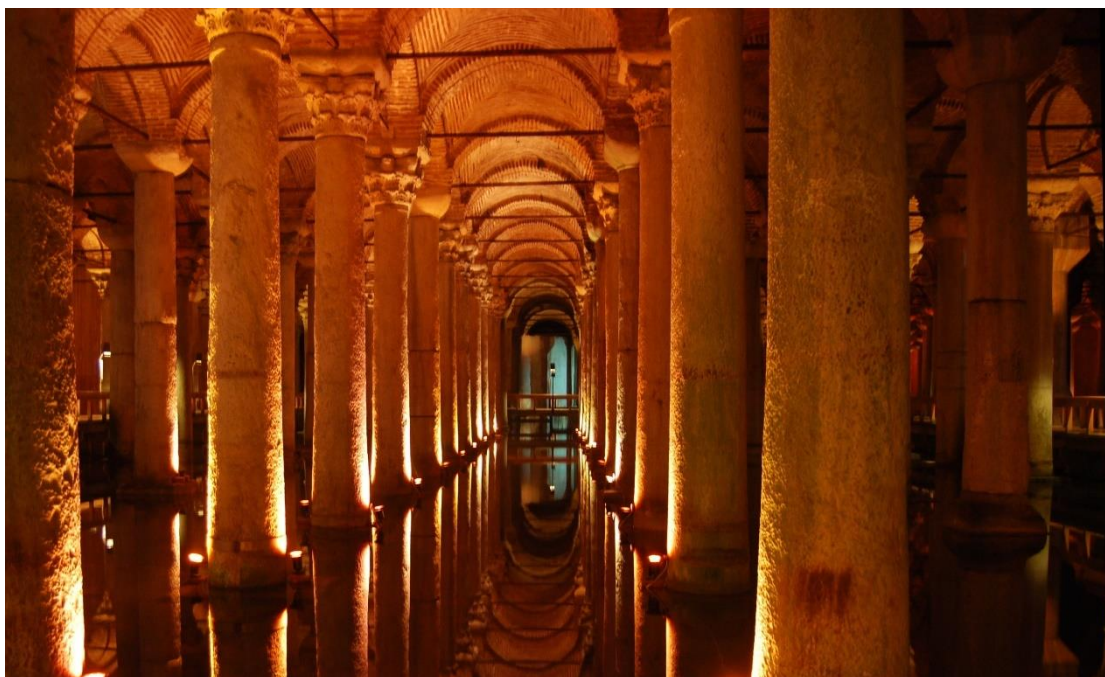


Εικόνα 3.2 α) Στέρνα στην αρχαία Αγορά, β) Στέρνες στο λόφο Κολωνού Αγοραίου (Πηγή: <http://www.hydriaproject.net/>)

Κατά την Ελληνιστική Περίοδο (περ. 323-146 π.Χ.), η συλλογή όμβριων σε στέρνες αποτελούσε την αποκλειστική πηγή ύδρευσης σε πολλές πόλεις σε όλη την Ελλάδα (Angelakis and Srygidakis, 1996). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αρχαία πόλη της Περγάμου στη δυτική Ανατολία, όπου βρέθηκαν 149 στέρνες και αποτελούσαν ασφαλές τμήμα του συστήματος ύδρευσης της πόλης και ήταν ικανές να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες των περίπου 7900 κατοίκων της (Garbrecht and Garbrecht, 2005).

Η πρακτική της συλλογής όμβριων υδάτων συνεχίστηκε και η τεχνολογία βελτιώθηκε περαιτέρω κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο (περ. 67 π.Χ. - 330 μ.Χ.) και τη Βυζαντινή περίοδο (περ. 330 έως 1204 μ.Χ.) κατά Koutsoyiannis et al., 2006.

Στο Βυζάντιο, οι κιστέρνες (τεράστιες στέρνες) χρησιμοποιούνταν για τη συλλογή και την αποθήκευση του νερού για την ύδρευση ολόκληρων πόλεων. Μπορεί να ήταν ημιυπόγειες ή υπόγειες και το νερό μεταφερόταν σε αυτές από άλλες περιοχές είτε μέσω υδραγωγείων ή ήταν το βρόχινο νερό που κατέληγε εκεί, μέσα από σωληνώσεις και χτιστά αυλάκια. Το εσωτερικό τους ήταν διαμορφωμένο από κίονες που κατέληγαν στην οροφή σε θόλους. Οι θόλοι των κιστερνών προστάτευαν το νερό από το φως και τον αέρα και το διατηρούσαν δροσερό και καθαρό. Επίσης, υπήρχαν μικρά παράθυρα αρκετά ψηλά από τη στάθμη του νερού. Τα εσωτερικά τους τοιχώματα ήταν επιχρισμένα με υδραυλικό κονίαμα (κουρασάνι) για να είναι στεγανά. Στην οροφή οι κιστέρνες είχαν στόμια απ' όπου μπορούσε κανείς να αντλήσει το νερό με κάδους. Κιστέρνες απαντώνται σε διάφορα μέρη της Ελλάδας (π.χ. Θεσσαλονίκη) και ιδιαίτερα στις περίφημες καστροπολιτείες Μυστρά, Μονεμβασιά, Ρόδος κ.α., όπου η κιστέρνα ήταν ζωτικής σημασίας για την ύδρευση και άρα τη ζωή στο κάστρο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Βασιλική Κιστέρνα της Κωνσταντινούπολης που χτίστηκε τον 6ο αιώνα μ.Χ. από τον Ιουστινιανό (Εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3 Φωτογραφία της Βασιλική Κινστέρνα της Κωνσταντινούπολης (Πηγή: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cisterna_Basilica_Junto_a_Santa_Sofia_Estambul.JPG#/media/File:Cisterna_Basilica_Junto_a_Santa_Sofia_Estambul.JPG)

Οι στέρνες δε σταμάτησαν να κατασκευάζονται στην Ελλάδα (Εικόνα 3.4). Μέχρι και τα μέσα του 20^{ου} αιώνα ήταν απαραίτητες για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών των κατοίκων σε όλη την Ελλάδα. Οι δεξαμενές ήταν υπόγειες ή υπέργειες όχι μόνο στα σπίτια αλλά και στα χωράφια για την άρδευση των καλλιεργειών και το πότισμα των ζώων. Επέλεξαν εδάφη κατηφορικά, δημιουργούσαν αυλάκια για να οδηγηθεί το νερό από τις ψηλότερες αναβαθμίδες στη στέρνα και από εκεί, πάλι, με την κλίση του εδάφους στο παρακάτω χωράφι για πότισμα. Χαρακτηριστικό είναι το «σαρνίτσι» σε αγροτικές περιοχές της Κρήτης όπου συλλέγεται το βρόχινο νερό μέσα από ένα μικρό κανάλι. Είναι υπόγεια στέρνα με θολωτή οροφή χτισμένη με πέτρες (Λόντρα, 2014).

Στην Κύθνο οι περισσότερες ήταν δημόσιες στέρνες. Μόνο οι πλούσιοι είχαν στέρνα στο σπίτι και αυτό ήταν ένδειξη της κοινωνικής θέσης και του πλούτου.

Η περιοχή «σουβάλες» στην Αίγινα ήταν δημόσιες πελεκητές υπέργειες στέρνες που το καθάρισμα και η συντήρησή τους ήταν ευθύνη της τοπικής κοινωνίας.

Στο Καστελόριζο κυριαρχούσε το δίκτυο μεγάλων δημόσιων δεξαμενών και αυλακιών όπου συγκεντρωνόταν το νερό από τις πλαγιές και τα ρυάκια. Ένα τέτοιο δίκτυο αποτελούταν συνήθως από 9-10 κυκλικές δεξαμενές, κλειστές (με τρούλο) ή ανοιχτές που λέγονταν «πασσάδες». Εκτός από την κάλυψη των αναγκών σε νερό, οι δεξαμενές ήταν τόπος συνάντησης των γυναικών.

Στη Μάνη, η στέρνα ήταν σοβαρό μέρος της προίκας της νύφης καθώς το νερό θεωρούταν εγγύηση για την ευημερία των νεόνυμφων (Λόντρα, 2014).



Εικόνα 3.4 Εξωτερική χτιστή στέρνα στη Σύρο © Θώμη Βλαχογιάννη

3.2.1 Νομοθεσία στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια γίνεται η προσπάθεια νομοθέτησης για την συλλογή όμβριων υδάτων. Σύμφωνα με την πολεοδομική νομοθεσία ισχύουν τα εξής:

- i. Με το **Π.Δ** της **16-06-1993 (ΦΕΚ 732Δ/07-07-1993)** «Καθορισμός χρήσεων γης και όρων και περιορισμών των εκτός σχεδίου και εκτός ορίων οικισμών περιοχών των νήσων Πάρου και Αντιπάρου (Ν. Κυκλάδων)» και σύμφωνα με το άρθρο 2 παράγραφος 11, επιβάλλεται η κατασκευή δεξαμενών νερού περιορισμένων διαστάσεων, η επικάλυψη των οποίων δεν μπορεί να εξέχει πλέον των 0,80 m από την πέριξ φυσική στάθμη του εδάφους. Οι δεξαμενές νερού δεν προσμετρώνται στο συντελεστή δόμησης και την κάλυψη του γηπέδου. Σύμφωνα με την **οικ. 17250/2582/24-4-12 (ΦΕΚ 148/Α.Α.Π/2- 5-12)** απόφαση του γενικού γραμματέα της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αιγαίου «Έγκριση του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου του Δήμου Πάρου, νήσου Πάρου, Νομού Κυκλάδων» διατυπώνονται οι διατάξεις για την επιτρεπόμενη διαστασιολόγηση αυτών. Αναλυτικότερα στο ΓΠΣ Πάρου προβλέπονται τα κάτωθι:

Επιβάλλεται σε κάθε νέα οικοδομή, για την εξοικονόμηση ύδρευσης των κτισμάτων, η συλλογή του βρόχινου νερού με την κατασκευή υπόγειας δεξαμενής συγκέντρωσης των όμβριων υδάτων. Ο μέγιστος όγκος της δεξαμενής θα πρέπει να είναι $V=0,5 \cdot E$ (όπου E η επιφάνεια της πραγματοποιούμενης κάλυψης των κτηρίων). Ισχύουν ωστόσο ειδικοί περιορισμοί σε κάποιες περιοχές που περιορίζουν το μέγεθος της ομβροδεξαμενής στα 30 ή 45 m. Επίσης, στην περίπτωση της κατασκευής

κολυμβητικών δεξαμενών (πισίνες) επιβάλλεται η κατασκευή ομβροδεξαμενής διπλάσιου όγκου από αυτόν της πισίνας. Όσον αφορά στην τοποθέτηση και το είδος των δεξαμενών επιτρέπονται κατά περίπτωση τόσο οι υπόγειες όσο και οι υπέργειες δεξαμενές, ενώ προβλέπεται γενικά ότι οι υπόγειες υδατοδεξαμενές δεν μπορούν να βρίσκονται κάτω από τα ισόγεια των κτισμάτων (κύριας ή βοηθητικής χρήσης) ή κάτω από τις βεράντες. Η οροφή τους μπορεί να εξέχει του φυσικού εδάφους το πολύ 50cm και σε περίπτωση αυτόνομης υδατοδεξαμενής εντός του γηπέδου η απόστασή της από κάθε κτίσμα θα είναι κατ' ελάχιστον 5 m.

- ii. Με το **ΠΔ της 10-05-2002 (ΦΕΚ 402/Δ/17-05-2002)** «Χαρακτηρισμός των νησιών Κίμωλος, Δονούσα, (Ανω) Κουφονήσι, Ηρακλεία, Σχοινούσα, Αμοργός, Ανάφη, Σίκινος, Φολέγανδρος, Τήλος, Νίσυρος, Χάλκη, Μεγίστη, Κάσος, Τέλενδος, Ψέριμος, Αστυπάλαια, Λειψοί, Αγαθονήσι, Αρκοί, Αγ. Ευστράτιος, Οινούσες, Ψαρά, Φούρνοι, Θύμαινα, ως περιοχών που έχουν ανάγκη από ιδιαίτερη προστασία και καθορισμός περιορισμών και ειδικών όρων δόμησης στις εκτός σχεδίου και εκτός οικισμών περιοχές αυτών», επιβάλλεται (αρθ. 2β παρ. 11) η κατασκευή ομβροδεξαμενών σε εκτός σχεδίου και οικισμού κατοικίες σε αυτά τα 25 νησιά του Αιγαίου.
- iii. Η **ΚΥΑ αριθ. οικ. 146896 (ΦΕΚ Β' 2878/27-10-2014)** «Κατηγορίες αδειών χρήσης και εκτέλεσης έργων αξιοποίησης των υδάτων. Διαδικασία και όροι έκδοσης των αδειών, περιεχόμενο και διάρκεια ισχύος τους και άλλες συναφείς διατάξεις» απλοποιεί και προτυποποιεί την αδειοδότηση για τη χρήση και τα έργα αξιοποίησης υδάτων. Στην νέα αυτή ΚΥΑ ορίζονται εξαιρέσεις από την αδειοδότηση, μία από τις οποίες είναι οι ομβροδεξαμενές, η πλήρωση των οποίων γίνεται με νερό βροχής από κτιριακές εγκαταστάσεις ή/και θερμοκήπια.
- iv. Το ΥΠΕΚΑ μέσω της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων ξεκίνησε τον Απρίλιο του 2011 να εξετάζει την κατάρτιση Θεσμικού Πλαισίου και Προγράμματος Μέτρων για την κατ' *Οίκον Εξοικονόμηση Νερού*. Η σχετική μελέτη, που έχει ήδη ολοκληρωθεί, έδειξε ότι απλές παρεμβάσεις στον εξοπλισμό ενός νοικοκυριού μπορούν να επιτύχουν σημαντική εξοικονόμηση νερού. Τα μέτρα που υποδεικνύονται από τη μελέτη και που βρίσκονται υπό διερεύνηση περιλαμβάνουν εκτός των άλλων και χρήση των όμβριων υδάτων για πότισμα ή άλλες δευτερεύουσες οικιακές χρήσεις, όπως π.χ. χρήση στην τουαλέτα. Επιπλέον, προτείνεται η επέκταση της υποχρεωτικής κατασκευής και χρήσης στερνών και σε άλλες περιοχές προτεραιότητας που ανήκουν σε ελλειμματικά ή οριακά Υδατικά Διαμερίσματα όπως τα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (ΥΔ 7), Θεσσαλίας (ΥΔ 8), Αν. Πελοποννήσου (ΥΔ 3), Κρήτης (ΥΔ 13) και Νήσων Αιγαίου (ΥΔ 14). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση έως 20% σε κάθε νοικοκυριό και συνολικά 3,3 hm³ το έτος (Κυριαζοπούλου, 2012).

3.3 Ομβροδεξαμενές στη Σαντορίνη του 20^{ου} αιώνα.

Πριν αναπτυχθούν σύγχρονα μέσα ύδρευσης και υπάρξουν δίκτυα διανομής, όλα τα σπίτια στη Θήρα, υπόσκαφα ή μη, είχαν οπωσδήποτε υπόγεια ομβροδεξαμενή (στέρνα), ώστε οι

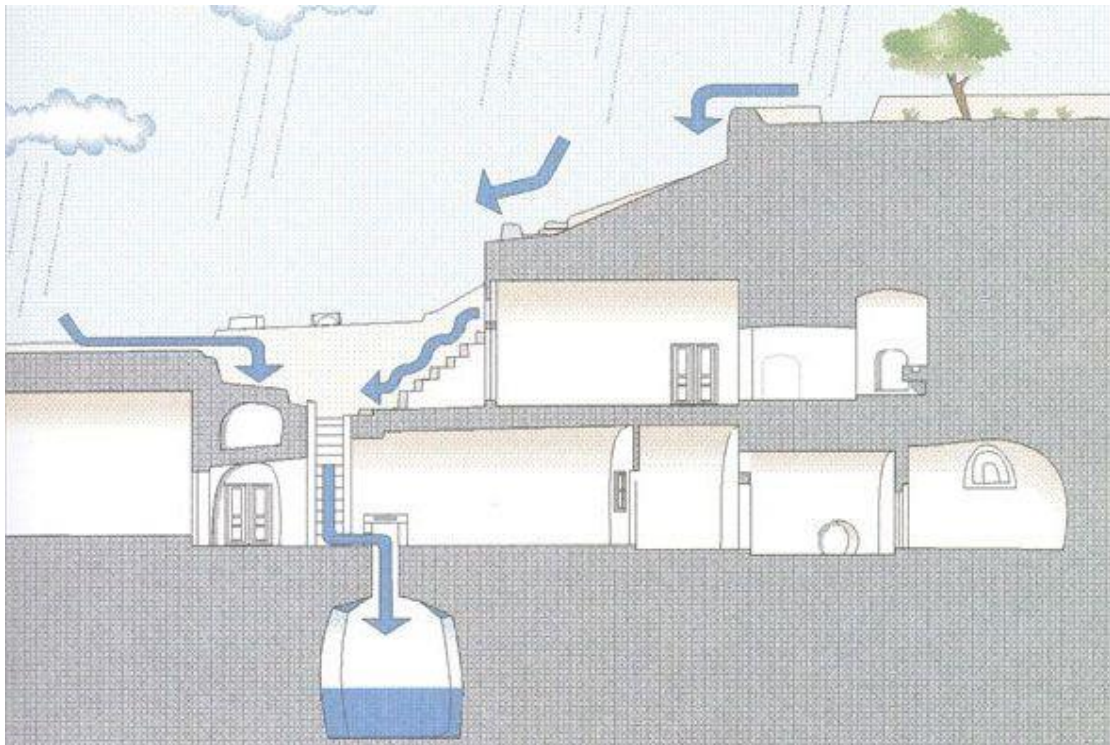
κάτοικοι να καλύπτουν τις ανάγκες για νερό από το βρόχινο νερό. Οι στέρνες είχαν συνήθως χωρητικότητα 30 με 40 m³, σκάβονταν μέσα στη γη κάτω από το κτήριο ή στον περιβάλλοντα χώρο αυτού (Εικόνα 3.5). Η δεξαμενή αυτή έπρεπε να καλύψει τις ανάγκες του κάθε νοικοκυριού για όλη τη χρονιά. Οι ανάγκες που ικανοποιούνταν ήταν οι απολύτως βασικές και μάλιστα με μεγάλη προσοχή. Αυτές ήταν η πόση, το νερό για το μαγείρεμα και τα ζώα που η κάθε οικογένεια διατηρούσε για τροφή. Το μπάνιο, το πλύσιμο των ρούχων και άλλες καθημερινές σημερινές χρήσεις ικανοποιούνταν σπανιότερα, και με σαφώς μικρότερες ποσότητες.



Εικόνα 3.5 Εξωτερική, υπόγεια στέρνα στη Θήρα, σήμερα © Γιώργος Μηνδρινός

Οι στέρνες επειδή ήταν μέσα στη γη διατηρούσαν το νερό σε σταθερή θερμοκρασία ακόμα και τα καλοκαίρια γύρω στους 16 °C. Το νερό της βροχής έρρεε από τις επίπεδες ταράτσες ή αυλές στις οποίες έδιναν μία μικρή κλίση προς το «κουντούτο» (υδρορροή) και κατέληγε στη στέρνα (Εικόνα 3.6). Ακριβώς πριν το «κουντούτο» τοποθετούσαν φρύγανα ως μία μορφή φίλτρου. Η παραδοσιακή διαδικασία κατασκευής ομβροδεξαμενών εξασφάλιζε την υδατοστεγανότητά τους. Μετά την υποσκαφή και τη διαμόρφωση της μορφής μιας στέρνας, ακολουθούσε το «σοβάντισμα» σε όλη τη δεξαμενή με ένα μίγμα ασβέστη και λάσπης. Αφού άφηναν αυτή τη στρώση να στεγνώσει για μία εβδομάδα στη συνέχεια την περνούσαν με το «άλειμμα», με την τεχνική του «πατητό». Το «άλειμμα» είναι ένα είδος τσιμέντου και αποτελεί το συνδυασμός κοσκινισμένης θηραϊκής γης με ασβέστη και νερό. Το «άλειμμα» για να χρησιμοποιηθεί θα έπρεπε να έχει ζυμωθεί για τρεις μέρες και να τοποθετηθεί την τέταρτη. Παρόλο που το πάχος της επίστρωσης ήταν 1 cm, υπήρχε η απαραίτητη σκληρότητα και στεγανότητα. Η θηραϊκή γη περιέχει φυσική ποζολάνη, το οποίο είναι ένα ανόργανο υλικό με υδραυλικές ιδιότητες παραπλήσιες με αυτές του τσιμέντου. Για να είναι το νερό σε μία καλή ποιότητα και να μπορούν να το χρησιμοποιούν, το απολύμαναν ρίχνοντας άσβεστο

ασβέστη, σε μορφή πέτρας. Το νερό αντλούνταν ρίχνοντας μέσα στη δεξαμενή ένα δοχείο δεμένο σε σχοινί ή αλυσίδα, τη σίγλα.



Εικόνα 3.6 Σκίτσο τομής που παρουσιάζει το δέσιμο των υπόσκαφων κτηρίων της Θήρας και εδάφους και το σύστημα συλλογής όμβριων υδάτων (Πηγή: <http://www.4green.gr/jpg/4GREEN/390/NEWS/bioklimatika002.jpg>)

Παρόλο που συνεχίζουν να κατασκευάζονται και σήμερα ομβροδεξαμενές, αν και όχι σε όλα τα σπίτια, η διαδικασία που ακολουθείται δεν είναι ακριβώς ίδια. Τα υλικά έχουν αλλάξει και οι μέθοδοι έχουν βελτιωθεί. Οι σύγχρονες στέρνες συνεχίζουν να είναι υπόγειες, αλλά κατασκευασμένες από σκυρόδεμα και μεγαλύτερες σε χωρητικότητα (σε επιφάνεια κάλυψης 100 m^2 γύρω στα $50 - 60 \text{ m}^3$). Οι περισσότερες διαθέτουν συστήματα άντλησης. Λόγω της ύπαρξης του δημόσιου δικτύου ύδρευσης και των υδροπωλητών, η συλλογή των όμβριων λειτουργεί συμπληρωματικά στην ικανοποίηση των υδρευτικών αναγκών.

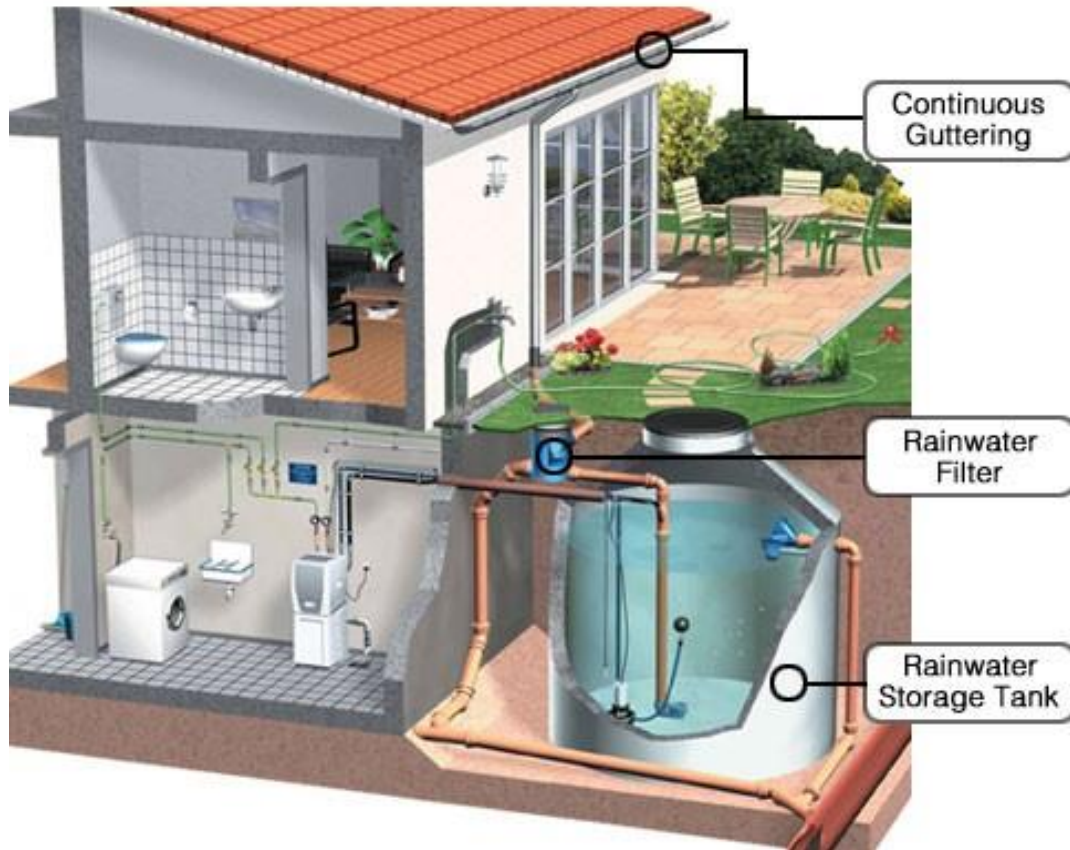
3.3.1 Νομικά

Δεν υπάρχει νομοθετικό πλαίσιο που να ορίζει ρητά την υποχρεωτική κατασκευή ομβροδεξαμενών στη Θήρα. Ο νόμος ορίζει μόνο το εξής:

Η κατασκευή υπόγειας στεγανοποιημένης δεξαμενής – στέρνας για τη συλλογή των όμβριων υδάτων επιτρέπεται μόνο στον υπόγειο χώρο του κτιρίου ή εκτός του περιγράμματος αυτού, υπό την προϋπόθεση ότι δεν εξέχει από τη φυσική στάθμη του εδάφους. Η υπόγεια δεξαμενή – στέρνα δεν προσμετρείται στο συντελεστή και στην κάλυψη του γηπέδου. Απαγορεύεται η αλλαγής της χρήσης της (Π.Δ. της **27.4.2012 (ΦΕΚ 144/ΑΠΠ/30.4.2012)**).

3.4 Περιγραφή συστημάτων συλλογής όμβριων υδάτων

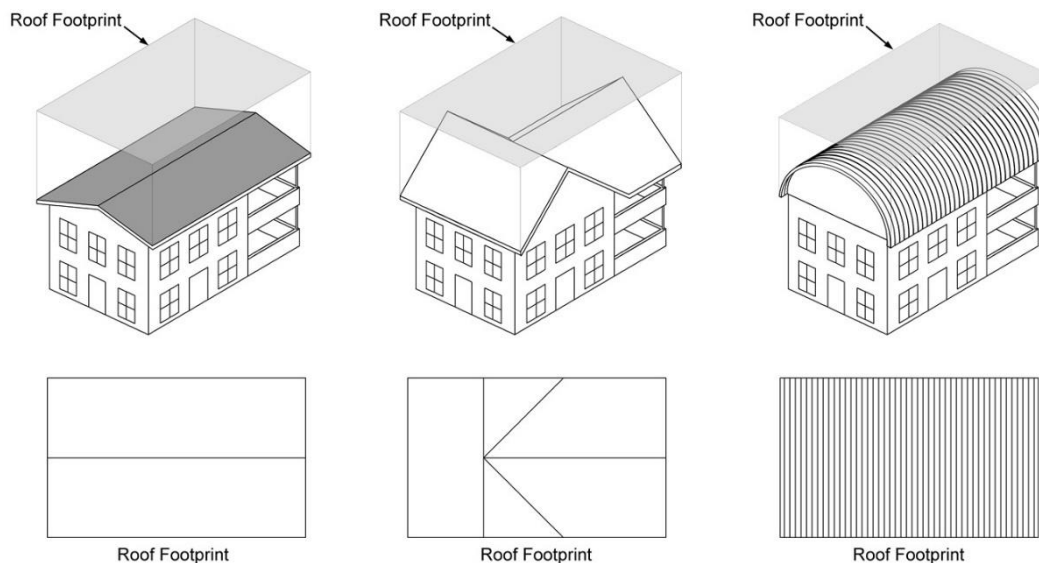
Τα συστήματα συλλογής και αποθήκευσης όμβριων υδάτων μπορούν να εγκατασταθούν τόσο σε υφιστάμενα όσο και σε υπό κατασκευή κτίρια. Συνήθως, τα συστήματα αποτελούνται από τρεις κύριες δομές, την επιφάνεια συλλογής, το σύστημα μεταφοράς και τον χώρο αποθήκευσης του συλλεγόμενου βρόχινου νερού. Συμπληρωματικά, υπάρχουν οι δομές που αφορούν τον καθαρισμό και τη διανομή του νερού (Εικόνα 3.7)



Εικόνα 3.7 Σύστημα συλλογής όμβριων υδάτων για αστική χρήση με υπόγεια δεξαμενή (Πηγή: <http://www.watertech.ie/>)

1. **Επιφάνεια συλλογής:** Η επιφάνεια συλλογής είναι το πρώτο σημείο επαφής με τη βροχόπτωση. Οι στέγες αποτελούν ιδανικές επιφάνειες συλλογής αφού συλλέγουν εύκολα μεγάλο όγκο του νερού. Το νερό μπορεί να συλλεχθεί από οποιαδήποτε επιφάνεια στέγης ανεξάρτητα από το υλικό κατασκευής ή την κλίση της. Η ποσότητα και η ποιότητα του συλλεγόμενου νερού επηρεάζεται σημαντικά από το μέγεθος της στέγης, τα υλικά κατασκευής και φυσικά εξαρτάται από την ποσότητα και ένταση της βροχόπτωσης.

Η επιφάνεια συλλογής μπορεί να υπολογιστεί με βάση το «αποτύπωμα» της οροφής το οποίο δεν μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την κλίση της στέγης (Εικόνα 3.8). Το «αποτύπωμα» (οριζόντια προβολή), μπορεί να υπολογιστεί με την εύρεση της επιφάνειας του κτιρίου και προσθέτοντας την επιφάνεια προεξοχής της στέγης.



Εικόνα 3.8 Αποτύπωμα στέγης (Πηγή: <http://rainwaterharvesting.tamu.edu/files/2012/08/Roof-Footprint.jpg>)

Η ποιότητα του νερού που συλλέγεται εξαρτάται από την ένταση της βροχόπτωσης και από το υλικό κατασκευής της οροφής. Σε περίπτωση που το νερό προορίζεται για πόση, υπάρχουν περιορισμοί στα υλικά, επιτρέπονται μόνο τα αδρανή υλικά, όπως ξύλο, πλαστικό, αλουμίνιο, fiberglass, κεραμίδια από πηλό, πλακίδια από σκυρόδεμα ή φυσική πέτρα και σε κάθε περίπτωση θα πρέπει η επιφάνεια να είναι είτε άβαφη είτε να χρησιμοποιείται μη τοξικό χρώμα (βαφές χωρίς μόλυβδο). Όταν το νερό της βροχής προορίζεται για μη πόσιμη χρήση δεν υπάρχει περιορισμός στο υλικό κατασκευής. Επίσης, η τραχύτητα του υλικού φαίνεται να έχει επίδραση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, οι στέγες με λεία και κεκλιμένη επιφάνεια σε σχέση με στέγες που έχουν επίπεδη τραχεία επιφάνεια συγκεντρώνουν νερό με καλύτερη ποιότητα, καθώς οι στέγες από επίπεδο χαλίκι μπορούν να παρουσιάσουν υψηλές τιμές σε σχεδόν όλες τις ρυπαντικές ουσίες λόγω της εναπόθεσης σωματιδίων, αποσάθρωσης του υλικού και της φυτικής ανάπτυξης, σε αντίθεση με τις λιγότερο τραχείς στέγες (από κεραμίδια, μέταλλο και πολυανθρακικό πλαστικό). Η κλίση της οροφής επηρεάζει το πόσο γρήγορα το νερό απορρέει κατά τη διάρκεια μιας εκδήλωσης βροχής. Σε μία απότομη στέγη το νερό απορρέει γρηγορότερα, απομακρύνοντας ρυπαντικά στοιχεία από τη οροφή σε αντίθεση με μία λιγότερο απότομη, επίπεδη στέγη στην οποία το νερό κινείται πιο αργά, αυξάνοντας το ρυπαντικό δυναμικό καθώς παραμένει περισσότερο στην επιφάνεια.

Για τον υπολογισμό του τελικώς συλλεγόμενου νερού χρησιμοποιείται ο συντελεστής απορροής (C), ο οποίος λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά της στέγης και τις τυχόν απώλειες που οφείλονται σε εξάτμιση, διαρροή, υπερχειλίση και τη μεταφορά. Σύμφωνα με τους Kinkade - Levario, 2007, ο συντελεστής απορροής, C, ανάλογα με το υλικό κάλυψης της επιφάνειας, συνήθως λαμβάνει τιμές μεταξύ 0,3 και 0,9, ενώ κατά το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) που εφαρμόστηκε το 2009 κυμαίνονται από 0,6-0,9 (Πίνακας 3.1). Γενική εκτίμηση είναι ότι για τις στέγες οι τιμές κυμαίνονται από 0,75 έως 0,95.

Πίνακας 3.1 Τιμές συντελεστή απορροής, C, για διαφορετικά υλικά (Πηγή: Kinkade - Levario, 2007 και UNEP, 2009)

Υλικό Επιφάνειας	Συντ. απορροής C: Kinkade - Levario, (2007)	Υλικό Επιφάνειας	Συντ. απορροής C: UNEP, 2009
Λείες, στεγανές στέγες π.χ. από μέταλλο, κεραμίδι, τσιμέντο	0,90	Με πλακάκια	0,80 - 0,90
Χαλικόστρωτες στέγες και λιθόστρωτες επιφάνειες	0,80	Με μεταλλικά φύλλα	0,70 - 0,90
Επεξεργασμένο έδαφος	0,60	Από σκυρόδεμα (εδάφους)	0,60 - 0,80
Φυσικό έδαφος	0,30	Φυσικό έδαφος	0,1 - 0,5

- 2. Σύστημα μεταφοράς όμβριων:** Το σύστημα μεταφοράς όμβριων είναι ουσιαστικά το δίκτυο των σωληνώσεων και αγωγών που μεταφέρει το συλλεγόμενο νερό από την επιφάνεια της στέγης στη δεξαμενή αποθήκευσης. Είναι σημαντικό να είναι σχεδιασμένο σωστά, ώστε να έχει τις κατάλληλες διαστάσεις για τη μεταφορά του νερού από τη στέγη προς το έδαφος ενδεχομένως με διαφορετικές διαστάσεις, υλικά και τη εγκατάσταση ώστε να εξασφαλίζεται η απαραίτητη στεγανότητα. Οι διαστάσεις των σωλήνων είναι σκόπιμο να υπολογίζονται με βάση τον νόμο του Manning για την αναμενόμενο όγκο που θα διοχετεύσουν. Ένα σύνηθες εύρος παροχής σχεδιασμού είναι 2,8 έως 4,5 L/sec. Επίσης, οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των όμβριων υδάτων, πρέπει να είναι κατασκευασμένα από πλαστικό, PVC ή άλλα αδρανή υλικά, γιατί το pH του νερού της βροχής μπορεί να είναι όξινο και θα μπορούσε να προκαλέσει διάβρωση, και την ενεργοποίηση βαρέων μετάλλων, σε μεταλλικούς σωλήνες.
- 3. Διατάξεις εκτροπής πρώτης έκπλυσης και καθαρισμού στέγης:** Είναι πολύ σημαντικό να προλαμβάνεται η εισροή φερτών και ακαθαρσιών στη δεξαμενή αποθήκευσης για οικιακή χρήση. Η αρχική απορροή κάθε βροχόπτωσης είναι συγκεντρώνει υψηλό ρυπαντικό φορτία, όπως σκόνη, φύλλα, περιπτώματα πτηνών και φερτά κάθε είδους που συγκεντρώνονται στη στέγη και τα οποία πρέπει να απομακρυνθούν. Οι διατάξεις εκτροπής είναι μία μορφή φίλτρου που εμποδίζει τη διείσδυση απορριμμάτων στο σύστημα (Εικόνα 3.9). Το σχετικά καθαρό νερό θα είναι διαθέσιμο μετά την πρώτη έκπλυση (first flush), δηλαδή την απομάκρυνση της αρχικής απορροής κάθε βροχόπτωσης. Ο όγκος του νερού που εκτρέπεται για ένα συγκεκριμένο σύστημα συλλογής εξαρτάται από τον αποδεκτό κίνδυνο για τους τελικούς χρήστες. Τα συστήματα αυτά τοποθετούνται πριν την είσοδο την μονάδας αποθήκευσης ώστε να γίνεται το πρώτο εντατικό φιλτράρισμα.



Εικόνα 3.9 Φίλτρο και εκτροπή της πρώτης έκπλυσης σε συστήματα συλλογής όμβριων υδάτων (Πηγή: http://www.aquabarrel.com/product_multifunctional_downspout_devices.php)

Ο όγκος του νερού που εκτρέπεται για ένα συγκεκριμένο σύστημα συλλογής εξαρτάται από τον αποδεκτό κίνδυνο για τους τελικούς χρήστες. Ως καθοριστικοί παράγοντες για τον υπολογισμό της κατάλληλης τιμής της πρώτης έκπλυσης αναφέρονται η τοποθεσία του συστήματος συλλογής όμβριων και η απόστασή του από δρόμους, τα δέντρα, η ποιότητα του υλικού κατασκευής της στέγης κ.α. Ο Πίνακας 3.2 παρουσιάζει συνοπτικά τις συστάσεις που διατίθενται στη βιβλιογραφία σχετικά με το πόσο νερό πρέπει να εκτραπεί για την οικιακή συλλογή του νερού της στέγης (Παπαγιάννη, 2014).

Πίνακας 3.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση τιμών εκτροπής πρώτης έκπλυσης (Πηγή: Παπαγιάννη, 2014)

Βιβλιογραφία	Προδιαγραφές	Εκτρεπόμενο νερό
(Yaziz, et al. 1989) και Kinkade-Levario (2007)	Για την προστασία από τη μικροβιακή μόλυνση	0,33 mm
(Ntale, et al. 2003)	Εμπειρικές τιμές (θα πρέπει να μειωθεί σε περίοδο βροχών)	0,83 mm ή για τα πρώτα 10 λεπτά
(Martinson and Thomas 2005)	Με βάση τις μετρήσεις δείγματος στέγης	Για κάθε mm βροχόπτωσης που απομακρύνεται του μολυσματικού φορτίου μειώνεται κατά το ήμισυ
(Cunliffe 1998)	Για μεσαίου μεγέθους στέγες	20 - 25 L
(Pacey and Cullis 1986)	-	Τα πρώτα 10 λεπτά ενός γεγονότος βροχόπτωσης
(Texas Water Development Board 2005)	Ανάλογα με τις ξηρές ημέρες, τα δέντρα, και την εποχή	0,41 – 0,82 mm
(Michaelides 1987)	Με βάση πειραματική εργασία στην Ταϊλάνδη	0,28 mm

4. **Δεξαμενές αποθήκευσης:** Οι δεξαμενές αποθήκευσης είναι συνήθως από τα πιο ακριβά εξαρτήματα στα συστήματα συλλογής ομβρίων και η επιλογή του κατάλληλου τύπου είναι κρίσιμη. Η επιλογή της δεξαμενής εξαρτάται κυρίως από τη σχέση κόστους – οφέλους, τη διαθέσιμη απορροή και τα διαθέσιμα τοπικά οικοδομικά και εμπορικά υλικά. Οι δεξαμενές μπορεί να είναι επίγειες ή υπόγειες και πρέπει να εξασφαλίζεται η στεγανότητά και η δομική και μηχανική τους αντοχή. Επιπλέον είναι σημαντικό να είναι κατασκευασμένες από αδρανή υλικά, μη περατές από το ηλιακό φως, ουδέτερης οσμής και χρώματος, να διατηρούν θερμοκρασία κάτω από 18°C ώστε να μην επηρεάζεται η ποιότητα του αποθηκευμένου ύδατος. Οι μονάδες αποθήκευσης πρέπει να προστατεύονται από τη διείσδυση αερίων, ακαθαρσιών, φερτά και μικρών ζώων και εντόμων, να έχουν εύκολο σύστημα πρόσβασης για καθαρισμό και συντήρηση. Οι διατάξεις δύναται να τοποθετούνται στο χώρο της οικίας ή στον περιβάλλοντα χώρο, χωρίς να ελλοχεύει κίνδυνος για παιδιά, ή περαστικούς. Στα κατάλληλα υλικά περιλαμβάνονται το πολυαιθυλένιο, το πολυπροπυλένιο, ο ανοξείδωτος χάλυβας, ο γαλβανισμένος σίδηρος, το οπλισμένο ή μη σκυρόδεμα, κατάλληλα προετοιμασμένο εδαφικό υλικό, ή ακόμη και ξύλο (Εικόνα 3.10). Επίσης, είναι βασικό να συνοδεύονται από διατάξεις εκκένωσης και υπερχειλίσης.



Εικόνα 3.10 Υπέργεια ξύλινη δεξαμενή αποθήκευσης βρόχινου νερού (Πηγή: <http://rainwaterharvesting.tamu.edu/files/2012/08/Aboveground.jpg>)

Οι επίγειες δεξαμενές πλεονεκτούν με στην ευκολία επιθεώρησης, συντήρησης και επιδιόρθωσης και στη δυνατότητα αύξησης του πιεζομετρικού φορτίου σε περίπτωση που τοποθετηθεί σε υψηλό σημείο. Επίσης, έχουν ευκολότερη τοποθέτηση σε υφιστάμενες κατασκευές. Αντιθέτως, τα σημεία που υστερούν είναι ότι τα υλικά τους είναι εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες και στο φως οπότε και απαιτείται προστασία τους και απαιτείται σημαντική επιφάνεια για την τοποθέτησή τους ειδικά σε περίπτωση μεγάλων όγκων.

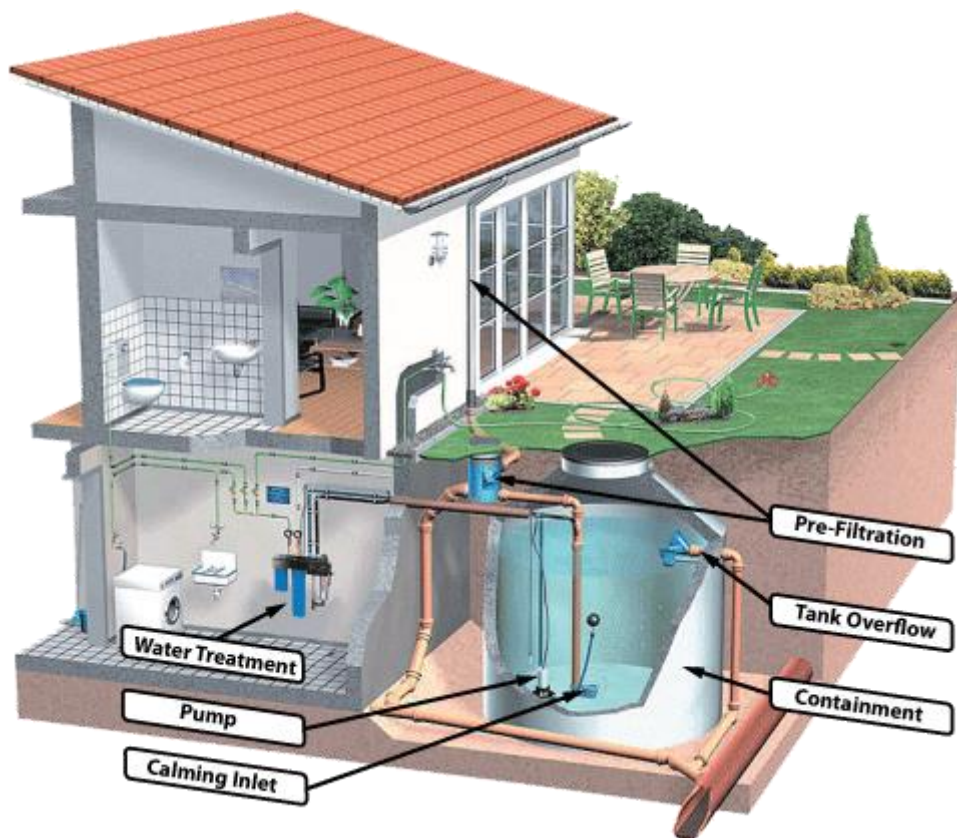


Εικόνα 3.11 Υπό κατασκευή υπόγεια τσιμεντένια δεξαμενή αποθήκευσης όμβριων υδάτων με σύστημα πρόσβασης (Πηγή: <http://durabuildcare.com/images/underground-water-tank.jpg>)

Οι υπόγειες συνήθως κατασκευάζονται μαζί με το υπόλοιπο κτίσμα και ενσωματώνονται στο έδαφος οπότε και έχουν ανάγκη από μικρότερου πάχους

τοιχώματα (Εικόνα 3.11). Είναι ιδανικές για μεγάλους όμβριων ή όταν υπάρχει περιορισμός χώρου. Επιπλέον, το νερό είναι προστατευμένο από το ηλιακό φως και την εξωτερική θερμοκρασία, οπότε και διατηρείται δροσερό. Όμως, εμφανίζουν περισσότερα προβλήματα σχετικά με την επιθεώρηση και επιδιόρθωσή τους και είναι πιο εκτεθειμένες σε ρίζες δέντρων και μόλυνση από μικροοργανισμούς. Χρειάζεται μεγάλη προσοχή στην κατασκευή και στη συντήρηση για να μην υπάρξει κίνδυνος διαρροών ή κατάρρευσης.

5. **Σύστημα διανομής:** Περιλαμβάνει τις διατάξεις άντλησης και μεταφοράς του νερού από τη δεξαμενή προς το σημείο της τελικής κατανάλωσης.
6. **Σύστημα επεξεργασίας/απολύμανσης:** Οι διατάξεις χρησιμοποιούνται όταν το νερό προορίζεται για πόση. Οι διατάξεις επεξεργάζονται και απολυμαίνουν το βρόχινο νερό αφού μπει στο σύστημα διανομής ώστε να αποκτήσει τα απαραίτητα ποιοτικά χαρακτηριστικά που θα το καταστήσουν πόσιμο. Στη συνέχεια διανέμεται στο εσωτερικό δίκτυο σωληνώσεων της οικίας (Εικόνα 3.12).



Εικόνα 3.12 Διατάξεις εκτροπής πρώτης έκπλυσης, αποθήκευσης, διανομής και επεξεργασίας σε οικιακό σύστημα αποθήκευσης όμβριων υδάτων (Πηγή: http://ecoactivehouse.com/wp-content/uploads/2014/10/RW_domestic.png)

Η διήθηση είναι πολύ απλή μέθοδος, όμως τα φίλτρα θα πρέπει να συντηρούνται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή τους για να μην δημιουργηθούν προβλήματα. Η καθίζηση που πραγματοποιείται μέσα στη δεξαμενή αποθήκευσης έχει ως αποτέλεσμα τα

βαρύτερα σωματίδια να καθιζάνουν. Συνεχίζουν όμως να υπάρχουν ακόμα σωματίδια τα οποία αιωρούνται και τα οποία μπορούν να παρασυρθούν με τη ροή του νερού. Ένα φίλτρο με μέγεθος πόρων 5μm είναι απαραίτητο. Μπορεί όμως να είναι απαραίτητη και η χρήση φίλτρου με ακόμα μικρότερο μέγεθος πόρων ανάλογα με το είδος της απολύμανσης το οποίο χρησιμοποιείται. Όλα τα φίλτρα πρέπει να αντικαθιστούν πριν ακόμα τελειώσει ο χρόνος ζωής τους, έτσι ώστε να αποφευχθεί η συμβολή του φίλτρου στη ρύπανση του νερού. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι απολύμανσης του νερού, όμως αυτές που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η φυσική απολύμανση με UV, η χημική απολύμανση με χλώριο και ενώσεις του και η οξειδωτική απολύμανση με ενεργό οξυγόνο. (Ανδρεαδάκης Α., 2008). Από αυτές τις μεθόδους, η πλέον κατάλληλη για συστήματα αυτού του μεγέθους είναι η φυσική απολύμανση με UV (Εικόνα 3.13).



Εικόνα 3.13 α) Σύστημα φίλτρανσης νερού (Πηγή: <http://www.waterflowcontrol.com.au>) και β) συσκευές απολύμανσης με UV ακτινοβολία (Πηγή: <http://www.adtec.gr>)

Απαραίτητη είναι και η **συσκευή αποτροπής αντίστροφης ροής** στα κτήρια που χρησιμοποιούν και το κεντρικό δίκτυο ύδρευσης, γιατί με αυτό τον τρόπο δεν έχουμε ανάμειξη των δύο τύπων νερού.

3.5 Ποιότητα

Σε γενικές γραμμές, η ποιότητα του νερού που απορρέει από στέγη είναι αποδεκτή για οικιακή χρήση που δεν απαιτεί υψηλής ποιότητας νερό. Διάφορα ρυπογόνα στοιχεία κατά τη συλλογή βρόχινου νερού από στέγη, όπως οργανική ύλη, αδρανή στερεά υλικά, περιττώματα ζώων και πουλιών, ίχνη ορισμένων μετάλλων, ακόμα και πολύπλοκες οργανικές ενώσεις, επιβαρύνουν και υποβαθμίζουν το συλλεγμένο και αποθηκευμένο νερό (Forster et. al., 1991).

Πρόσφατη μελέτη της ποιοτικής κατάστασης συλλεγμένου βρόχινου νερού από στέγη κτηρίου στη νοτιοδυτική Γαλλία, κατά τη διάρκεια αποθήκευσης του, έδειξε καλή φυσικοχημική κατάσταση, αλλά όπως ήταν αναμενόμενο όχι επαρκή για πόσιμο νερό, ενώ η βακτηριολογική του κατάσταση υποβαθμιζόταν συνεχώς με το χρόνο αποθήκευσης (Vialle et al., 2011).

Παράγοντες όπως το υλικό της επιφάνειας συλλογής ομβρίων, η περίοδος προγενέστερης ξηρής περιόδου (ατμοσφαιρική εναπόθεση) και οι περιβαλλοντικές συνθήκες γύρω από την περιοχή συλλογής και αποθήκευσης βρόχινου νερού (απόσταση από πηγές ρύπανσης, όπως οι αυτοκινητόδρομοι ή βιομηχανικές περιοχές) έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στην επιφάνεια συλλογής και κατ' επέκταση την ποιότητα του συλλεγόμενου βρόχινου νερού (Yaziz et al., 1989; Thomas et al. 1993; Forster, 1996; Forster, 1999). Επίσης, τα ίδια υλικά της επιφάνειας συλλογής (στέγης), μπορούν να δημιουργήσουν επιπλέον πρόβλημα όταν αποτελούνται από βαρέα μέταλλα, μια κατάσταση που μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση ενός κατάλληλου αδρανούς υλικού. Ωστόσο, η έκθεση της στέγης σε υπεριώδη ακτινοβολία, θερμότητα και ξηρές συνθήκες, μπορεί να καταστρέψει πολλά βακτήρια, και ο άνεμος μπορεί να απομακρύνει βαρέα μέταλλα (π.χ. αρσενικό), που έχουν συσσωρευτεί από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα στη στέγη, με αποτέλεσμα να μειώνεται το ρυπαντικό φορτίο κατά τη συλλογή και μην επιβαρύνεται η ποιότητα του αποθηκευμένου βρόχινου νερού (Sprinks et al. , 2003).

3.6 Διαστασιολόγηση

Για να γίνει η διαστασιολόγηση του μεγέθους δεξαμενής αποθήκευσης όμβριων υδάτων για την κάλυψη αναγκών αστικής χρήσης είναι σημαντικό πριν τη μοντελοποίηση να οριστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν το σύστημα. Οι παράγοντες αυτοί είναι το υλικό και το μέγεθος της επιφάνειας συλλογής ομβρίων, τα τοπικά δεδομένα βροχόπτωσης, ο αριθμός των εξυπηρετούμενων κατοίκων, η διάρκεια της άνομβρης περιόδου, η ύπαρξη εναλλακτικών πηγών ύδρευσης και το κόστος του συστήματος συλλογής όμβριων υδάτων.

Επίσης, η διάρκεια συλλογής ομβρίων μπορεί να διαφέρει όπως και η διάρκεια χρήσης του συλλεγόμενου νερού. Η χρήση μπορεί να είναι περιστασιακή, όταν τόσο η συλλογή όσο και η αποθήκευση ομβρίων γίνεται για λίγες μέρες σε μικρές δεξαμενές, ενώ όταν αναφέρεται στη μακρά περίοδο βροχοπτώσεων με την κάλυψη όλων των αναγκών, περιοδική. Μερική χρήση συνίσταται όταν η συλλογή και αποθήκευση ομβρίων γίνεται όλο το χρόνο, αλλά το νερό δεν επαρκεί για την κάλυψη όλων των αναγκών και πλήρης όταν το σύστημα λειτουργεί όλο το χρόνο και ανταποκρίνεται στην κάλυψη όλων των αναγκών οικιακής χρήσης.

Ένα κρίσιμο κομμάτι στη λειτουργία των συστημάτων συλλογής και αποθήκευσης όμβριων υδάτων είναι ο υπολογισμός του βέλτιστου όγκου της δεξαμενής, ώστε να μην είναι πολύ μεγάλη, ούτε πολύ μικρή. Το κόστος κατασκευής και η επιφάνεια που απαιτείται για την εγκατάσταση είναι παράγοντες που αποτρέπουν την εγκατάσταση πολύ μεγαλύτερων από το αναγκαίο, ενώ η αποτυχία στην κάλυψη των αναγκών και της ζήτησης ορίζει την ελάχιστη χωρητικότητα.

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μεθοδολογίες για τη διαστασιολόγηση ομβροδεξαμενών, που βασίζονται είτε στην ανάπτυξη μοντέλων ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου (Fewkes, 1999b, Fewkes and Butler, 2000, Villarreal and Dixon, 2005, Ghisi and Ferreira, 2007, Mitchell, 2007, Zhou et al., 2010, Imteaz et al., 2011, Palla et al., 2011, Ward et al., 2011, Campisano and Modica, 2012, Tsihrintzis and Baltas, 2013, Londra et al., 2015a), είτε στην ανάπτυξη πιθανοτικών μοντέλων (Lee et al., 2000, Tsubo et al., 2005, Guo and Baetz, 2007, Cowden et al., 2008, Su et al., 2009, Basinger et al., 2010, Chang et al., 2011). Τα μοντέλα δε μπορούν να τυποποιηθούν, καθώς τα αποτελέσματά τους (αποδοτικότητα, αποδοτικότητα κ.α.) επηρεάζονται από τοπικές παραμέτρους συλλογής (πχ. επιφάνεια συλλογής, βροχομετρικό καθεστώς) και ζήτησης (εξυπηρετούμενα άτομα, ημερήσια ζήτηση) (Λόντρα, 2014).

Για τη διαστασιολόγηση δεν υπάρχει ένα κοινό αποδεκτό πρότυπο. Κάθε χώρα εφαρμόζει πρακτικές, μοντέλα και ορίζει παραμέτρους με διαφορετικό τρόπο. Στον πίνακα που ακολουθεί στη συνέχεια (Πίνακα 3.3) παρουσιάζονται ορισμένες μέθοδοι διαστασιολόγησης ανά χώρα και ο τρόπος υπολογισμού της ετήσιας απόδοσης όμβριων υδάτων και του όγκου της ομβροδεξαμενής (Λόντρα, 2014).

Η αναβίωση παραδοσιακών τεχνικών συλλογής όμβριων υδάτων που είχαν εγκαταλειφθεί σε συνδυασμό με την εφαρμογή νέων επιστημονικών και καινοτόμων προσεγγίσεων μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην αναζήτηση λύσεων για την ανάγκη εξοικονόμησης υδατικών πόρων.

Πίνακας 3.3 Μέθοδοι διαστασιολόγησης ομβροδεξαμενών

Χώρα	Ετήσια απόδοση όμβριων υδάτων ARY (L)	Η ετήσια ζήτηση όμβριων υδάτων ARD (L)	Απαιτούμενη χωρητικότητα δεξαμενής V_{tank} (L)
Αυστραλία	$ARD = C \cdot (\bar{P} - I_a) \cdot A$ C = συντελεστής απορροής \bar{P} = μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης (mm) $I_a=2$ mm/month ή 24 mm/year (Australian Government, 2004) A = εμβαδόν επιφάνειας συλλογής (m ²)	$ARD = 365 \cdot N_{cap} \cdot q$ N_{cap} = αριθμός εξυπηρετούμενων κατοίκων q = ημερήσια κατανάλωση νερού ανά κάτοικο	Η χωρητικότητα της δεξαμενής υπολογίζεται για κάθε μήνα χρησιμοποιώντας τη μέση μηνιαία βροχόπτωση με βάση το ισοζύγιο εισροών - ζήτησης και λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχει υπερχείλιση (Australian Government, 2004)
Γερμανία	-	-	$V_{tank} = 0,06 \cdot \min(ARD, ARD)$ Κανονισμός DIN 1989 – 1 (2002) για βροχομετρικά δεδομένα 5 – 10 ετών
Ηνωμένο Βασίλειο	$ARY = C \cdot \bar{P} \cdot A$ C = συντελεστής απορροής \bar{P} = μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης (mm) A = εμβαδόν επιφάνειας συλλογής (m ²)	$ARD = 16000 \cdot N_{cap} + 60 \cdot A_G$ N_{cap} = αριθμός εξυπηρετούμενων κατοίκων A_G = έκταση αρδευόμενου κήπου (m ²)	$V_{tank} = 0,05 \cdot \min(ARY, ARD)$ εναλλακτικά $V_{tank} = \frac{N_{dd}}{365} \cdot (\min(ARY, ARD))$ N_{dd} = περίοδος ανομβρίας (τυπικά $N_{dd}=21$ ημέρες)
Ισπανία	-	-	$V_{tank} = \left(\frac{30}{365}\right) \cdot \left(\frac{ARY + ARD}{2}\right)$ Πρότυπο ETA 0701
Πορτογαλία	-	-	κάλυψη ζήτησης άνομβρης περιόδου 90 ημερών Πρότυπο ETA 0701

4 Ανάπτυξη μεθοδολογίας

4.1 Μοντέλο ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου (daily water balance model)

Το μοντέλο ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου ουσιαστικά προσομοιώνει τη λειτουργία της δεξαμενής όμβριων υδάτων ενός συστήματος συλλογής και αποθήκευσης ομβρίων σε ημερήσια βάση. Στο οικιακό σύστημα συλλογής που εξετάζεται, η συλλογή του βρόχινου νερού μπορεί να γίνει από στέγη και άλλες επιφάνειες, που είναι διαθέσιμες, του κτηρίου και η αποθήκευση του σε δεξαμενή. Η ζήτηση αφορά σε κάλυψη αναγκών αστικής χρήσης, εκτός της πόσης, και εξετάζονται διάφορα ποσοστά που μπορούν να ικανοποιηθούν από το βρόχινο νερό του συστήματος. Με την προσομοίωση αυτή εξετάζεται η αποδοτικότητα του συστήματος συλλογής όμβριων υδάτων.

Απαιτούνται βροχομετρικά δεδομένα της περιοχής μελέτης, τα οποία χρησιμοποιούνται ως δεδομένα εισόδου στο μοντέλο και ουσιαστικά καθορίζουν τον όγκο του βρόχινου νερού που δύναται να συλλεχθεί. Ο όγκος αυτός προσδιορίζει τη χωρητικότητα της δεξαμενής αποθήκευσης και κατά συνέπεια θα καθορίσει το ποσοστό κάλυψης των αναγκών ζήτησης.

Η ημερήσια αποθηκευμένη ποσότητα βρόχινου νερού στη δεξαμενή, η οποία εξαρτάται από την ποσότητα και τη συχνότητα της βροχόπτωσης και από τη ζήτηση νερού για την κάλυψη των αναγκών που έχουν οριστεί, υπολογίζεται από την εξίσωση του ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου (Tsihrintzis and Baltas, 2013):

$$S_t = S_{t-1} + R_t - D_t, \quad 0 \leq S_{t-1} \leq V_{tank} \quad (4.1)$$

όπου:

- S_t ο όγκος του νερού που θα αποθηκευτεί στη δεξαμενή την t ημέρα (m^3)
- S_{t-1} ο όγκος του αποθηκευμένου νερού στη δεξαμενή την προηγούμενη ημέρα (m^3)
- R_t ο όγκος του νερού της βροχής που θα απορρεύσει από την επιφάνεια συλλογής και θα εισέλθει στη δεξαμενή την t ημέρα (m^3)
- D_t η ζήτηση νερού από τη δεξαμενή την t ημέρα (m^3) και
- V_{tank} η χωρητικότητα της δεξαμενής (m^3)

4.1.1 Προσδιορισμός συλλεγόμενου όγκου όμβριων υδάτων

Ο όγκος του νερού της βροχής που θα απορρεύσει από την επιφάνεια συλλογής και θα συλλεχθεί σε ημερήσια βάση υπολογίζεται ως εξής:

$$R_t = C \cdot A \cdot P_{eff,t} \quad (4.2)$$

Όπου:

- C ο συντελεστής απορροής της επιφάνειας συλλογής
- A το εμβαδό της επιφάνειας συλλογής ομβρίων που είναι συνδεδεμένη με τηδεξαμενή (στέγη και λοιπές επιφάνειες) (m^2)
- $P_{eff,t}$ η ημερήσια ωφέλιμη βροχόπτωση της t ημέρας (m)

Λόγω του επιβαρυντικού φορτίου εξαιτίας της σκόνης και άλλων υπολειμμάτων που υπάρχουν στις στέγες και στις άλλες επιφάνειες, κάποιος αρχικός όγκος νερού που απορρέει θεωρείται ποιοτικά υποβαθμισμένος και δεν πρέπει να συλλέγεται και να αποθηκεύεται στην ομβροδεξαμενή. Η πρώτη αυτή έκπλυση του νερού της βροχής (first flush) αφαιρείται από την ημερήσια βροχόπτωση ώστε να προκύψει η ωφέλιμη $P_{eff,t}$. Η ημερήσια ωφέλιμη βροχόπτωση υπολογίζεται ως:

$$P_{eff,t} = P_t - (first\ flush) \quad (\text{σε mm}) \quad (4.3)$$

4.1.2 Προσδιορισμός αναγκών ζήτησης

Η ημερήσια ζήτηση νερού, για μια κατοικία εξαρτάται:

- α) από τον αριθμό των ατόμων που διαμένουν σ' αυτή, N_{cap} (cap),
- β) κατανάλωση νερού κατ' άτομο, q ($\text{m}^3/\text{cap}/\text{day}$) και
- γ) από το ποσοστό, p , της συνολικής χρήσης νερού, το οποίο ορίζεται ότι θα ικανοποιείται από το αποθηκευμένο νερό της ομβροδεξαμενής.

Η σχέση που δίνει τη ζήτηση είναι:

$$D_t = N_{cap} \cdot q \cdot \left(\frac{p}{100}\right) \quad (\text{σε m}^3) \quad (4.4)$$

Η ημερήσια οικιακή κατανάλωση νερού κατ' άτομο, q , ορίζεται από την ΚΥΑ Αριθ. Δ11/Φ.16/8500 (ΦΕΚ 174/Β/1991). Η ελάχιστη κατανάλωση θεωρείται το όριο 100 L/κάτοικο/ημέρα, δηλαδή 0,1 $\text{m}^3/\text{cap}/\text{day}$, ενώ το ανώτερο τα 200 L/κάτοικο/ημέρα (0,2 $\text{m}^3/\text{cap}/\text{day}$).

Το ποσοστό p , της συνολικής χρήσης νερού που θα χρησιμοποιείται από την ομβροδεξαμενή, εξαρτάται από τη μέση ετήσια βροχόπτωση, το μέγεθος της επιφάνειας συλλογής και τον αριθμό των κατοίκων που εξυπηρετούνται. Η μέγιστη τιμή του ποσοστού αυτού σε περίπτωση που δε χρησιμοποιείται για πόση, κυμαίνεται από 40 έως 55% (Tsihrintzis and Baltas, 2013). Οι καταναλώσεις νερού για οικιακή χρήση για μία τυπική οικογένεια στην Ευρώπη δίνονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 Καταναλώσεις νερού για τυπική οικογένεια στην Ευρώπη (Πηγή: Karavitis, 2008)

Χρήση	Ποσοστό %
Καζανάκι τουαλέτας	33
Μπάνιο - ντους	20-32
Πλυντήριο (ρούχων – πιάτων)	15
Μαγείρεμα - πόση	3
Πότισμα, πλύσιμο αυτοκινήτου κ.α.	17-29

4.1.3 Διαστασιολόγηση όγκου ομβροδεξαμενής

Χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι για τη διαστασιολόγηση δεξαμενών αποθήκευσης ομβρίων υδάτων που ποικίλουν σε πολυπλοκότητα και εξειδίκευση. Σε αυτή την εργασία περιγράφονται δύο μέθοδοι:

1. Διαστασιολόγηση ομβροδεξαμενής με τη μέθοδο ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου
2. Διαστασιολόγηση ομβροδεξαμενής με τη μέθοδο μέγιστης άνομβρης περιόδου

4.1.4 Υπολογισμός όγκου ομβροδεξαμενής με τη μέθοδο ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου

Σύμφωνα με την Εξίσωση (4.1) του ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου, ο όγκος του νερού που θα μπορούσε να αποθηκευτεί στη ομβροδεξαμενή οποιαδήποτε ημέρα, S_t , λαμβάνοντας υπόψη τις Εξισώσεις (4.2) και (4.4), υπολογίζεται ως εξής (Λόντρα, 2014):

$$S_t = S_{t-1} + C \cdot A \cdot P_{eff,t} - N_{cap} \cdot q \cdot \left(\frac{p}{100}\right), \quad 0 \leq S_{t-1} \leq V_{tank} \quad (4.5)$$

Η ημερήσια διαφορά ΔS_t , μεταξύ απορροής και ζήτησης ισούται με:

$$\Delta S_t = C \cdot A \cdot P_{eff,t} - N_{cap} \cdot q \cdot \left(\frac{p}{100}\right) \quad (4.6)$$

Από τις δύο παραπάνω εξισώσεις προκύπτει ότι:

$$S_t = S_{t-1} + \Delta S_t \quad (4.7)$$

Ο υπολογισμός του ημερήσιου αποθηκευτικού όγκου είναι επαναληπτικός και ξεκινάει από μία αρχική τιμή $S_{t=0}=S_0$ για $t=0$ και αφορά τον αρχικό αποθηκευμένο όγκο νερού στη δεξαμενή. Η τιμή μπορεί να είναι οποιαδήποτε. Η πιο συντηρητική τιμή είναι μηδέν ($S_0=0$) για αρχικά άδεια δεξαμενή, η μέγιστη τιμή ίση με τον όγκο της δεξαμενής ($S_0=V_{tank}$) για αρχικά γεμάτη δεξαμενή, ή οποιαδήποτε τιμή για μερικώς γεμάτη δεξαμενή.

Για να ληφθεί υπόψη η χωρητικότητα της δεξαμενής κατά τον υπολογισμό της ημερήσιας ποσότητας του αποθηκευμένου νερού, ακολουθείται επαναληπτικά η παρακάτω διαδικασία ευριστικού αλγορίθμου:

$$if S_t + \Delta S > V_{tank} \text{ then } V_{tank}, if S_{t-1} + \Delta S < 0 \text{ then } 0 \text{ else } S_t = S_{t,tank} = S_{t-1} + \Delta S_t \quad (4.8)$$

όπου

$S_{t,tank}$ ο πραγματικά διαθέσιμος αποθηκευμένος όγκος νερού της δεξαμενής.

Ο όγκος του νερού που θα υπερχειλίσει από τη δεξαμενή, O_t , όταν αυτή είναι γεμάτη με νερό, υπολογίζεται από τον ακόλουθο αλγόριθμο:

$$if S_t \geq V_{tank} \text{ then } O_t = S_t - V_{tank} \text{ else } O_t = 0 \quad (4.9)$$

Στην περίπτωση που ο αποθηκευμένος όγκος νερού στη δεξαμενή, $S_{t,tank}$, δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της καθορισμένης ζήτησης, D_t , τότε η ζήτηση θα καλυφθεί συμπληρωματικά, εν μέρει ή εξολοκλήρου, με νερό από τη δημόσια υπηρεσία παροχής νερού ύδρευσης της περιοχής, T_t , και υπολογίζεται από τον παρακάτω αλγόριθμο:

$$if S_t < D_t \text{ then } T_t = D_t - S_{t,tank} \text{ else } T_t = 0 \quad (4.10)$$

Έχοντας διαθέσιμες τις ημερήσιες καταγραφές βροχόπτωσης, τουλάχιστον 5 έως 10 ετών (DIN 1989-1, 2002), η παραπάνω διαδικασία προσδιορισμού του όγκου της ομβροδεξαμενής μπορεί εύκολα να εφαρμοστεί σε ένα πρόγραμμα λογιστικών φύλλων.

4.2 Υπολογισμός όγκου ομβροδεξαμενής με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου

Η εναλλακτική αυτή μέθοδος είναι απλούστερη από την προαναφερόμενη και χρησιμοποιείται ευρέως (Λόντρα, 2014). Ο όγκος της ομβροδεξαμενής υπολογίζεται ώστε να ικανοποιεί τη ζήτηση για τις μέγιστες ετήσιες άνομβρες περιόδους. Έτσι, εάν θέσουμε ως $N_{dd,max}$ τον μέγιστο αριθμό ημερών άνομβρίας, ο απαιτούμενος όγκος $V_{tank,dd}$ υπολογίζεται ως εξής:

$$V_{tank,dd} = N_{dd,max} \cdot N_{cap} \cdot q \cdot \left(\frac{p}{100}\right) \quad (4.11)$$

4.3 Συντελεστής αποδοτικότητας (Re)

Ο συντελεστής αποδοτικότητας (Re) υπολογίζεται ως το ποσοστό του αριθμού των ημερών όπου η ζήτηση εξυπηρετείται πλήρως από το διαθέσιμο αποθηκευμένο νερό της δεξαμενής, προς τον συνολικό αριθμό των ημερών των καταγραφών των βροχομετρικών δεδομένων που προσομοιώνονται για τη διαστασιολόγηση του συστήματος συλλογής. Ο συντελεστής επιτρέπει τον καθορισμό της αποδοτικότητας του συστήματος συλλογής ομβρίων για τα εξεταζόμενα επίπεδα ζήτησης.

$$Re = \frac{\Sigma(days \text{ without tap use})}{\Sigma(total \text{ timespan})} \quad (4.12)$$

4.4 Ανάλυση κόστους συστημάτων συλλογής ομβρίων υδάτων

Η σχέση κόστους-οφέλους και η απόδοση των επενδύσεων για τα συστήματα συλλογής βρόχινου νερού εξαρτώνται από έναν αριθμό παραγόντων, ενώ αρκετές αναλύσεις κόστους-οφέλους έχουν δημοσιευθεί μέχρι σήμερα.

Το αρχικό κόστος κεφαλαίου αποτελεί τον κύριο παράγοντα και αφορά στην αγορά και την εγκατάσταση του συστήματος συλλογής ομβρίων. Αυτό το αρχικό κόστος (μαζί με τα πρόσθετα έξοδα που σχετίζονται με τη συντήρηση και λειτουργία) εκτιμάται κατά την παρούσα αξία των μελλοντικών παροχών. Η ανάλυση του αρχικού κόστους απαιτεί τον επιμερισμό του συστήματος στα μέρη που το απαρτίζουν (αντλίες, φίλτρα διήθησης, απολύμανση, δεξαμενή, σύστημα διανομής κ.ά.) και η αποτίμηση του χρόνου ζωής τους που θα επιτρέψει τη καλύτερη ανάλυση του κόστους του αρχικού κεφαλαίου στον κύκλο ζωής του έργου. Στην περίπτωση που η ομβροδεξαμενή κατασκευάζεται κατά την κατασκευή του κτηρίου, το κόστος μειώνεται αρκετά. Η αγορά έτοιμης δεξαμενής, πλαστικής ή μεταλλικής, ή κατασκευή δεξαμενής από σκυρόδεμα σε χρόνο διαφορετικό από την οικία, ουσιαστικά οδηγεί σε αυξημένο αρχικό κόστος και απαιτεί σύγκριση διαφόρων τιμών για επιλεγμένο όγκο και σχήμα δεξαμενής.

Η συντήρηση των συστημάτων και οι διορθώσεις που ενδεχομένως να απαιτηθούν στη διάρκεια ζωής του συστήματος αποτελούν δαπάνες που προσμετρώνται στο αρχικό κόστος επένδυσης. Οι δαπάνες αυτές είναι συνήθως ελάχιστες για κατάλληλα σχεδιασμένα συστήματα συλλογής όμβριων υδάτων. Συνήθως, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης είναι μικρό, καθώς δεν απαιτείται εξειδικευμένο συνεργείο και η συντήρηση της δεξαμενής μπορεί να γίνει και από τον ίδιο τον ιδιοκτήτη. Συνυπολογίζουμε πως για το κόστος συντήρησης μπορεί να ληφθεί ένα ποσοστό του 2% του αρχικού κόστους επένδυσης ανά έτος για δεξαμενές όπου από τη χρήση του νερού θα εξαιρείται η πόση (Παπαγιάννη, 2014).

Υπάρχει αυξητική τάση στην κοστολόγηση του νερού ιδιαίτερα στα νησιά του Αιγαίου λόγω δαπανηρών επενδύσεων στον τομέα της ύδρευσης (εγκαταστάσεις αφαλατώσεων, γεωτρήσεις, μεταφορά νερού). Επομένως αποτελεί σημαντικό στοιχείο έρευνας η εξέταση του του όφελος που μπορεί να προκύψει από την εξοικονόμηση νερού μέσω των συστημάτων συλλογής ομβρίων τόσο για τους χρήστες, όσο και για το κράτος σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο.

4.5 Κοστολόγηση δεξαμενών και εξαρτημάτων

Η δεξαμενή αποθήκευσης του βρόχινου νερού αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο κόστος στο σύνολο του συστήματος και κυμαίνεται από 30% έως 40% του ολικού κόστους επένδυσης, ανάλογα πάντα με τον όγκο της δεξαμενής που θα επιλεγεί. Η επιλογή της δεξαμενής στο πλαίσιο του σχεδιασμού του συστήματος συλλογής όμβριων υδάτων, συνδέεται άμεσα με την επιφάνεια συλλογής ομβρίων, τη ζήτηση του νερού, καθώς και με τις τοπικές καταγραφές των βροχοπτώσεων. Η εύρεση του αρχικού κόστους αφορά στις έτοιμες δεξαμενές που κυκλοφορούν στην αγορά και σύγκριση διαφόρων τιμών για επιλεγμένο όγκο και σχήμα δεξαμενής (Εικόνα 4.1).



Εικόνα 4.1 Διαθέσιμα σχήματα πλαστικών δεξαμενών νερού (Πηγή: <http://www.mytherm.gr>)

Το αρχικό κόστος τοποθέτησης μίας πλαστικής δεξαμενής βρόχινου νερού, κυλινδρικού σχήματος σε σχέση με τον όγκο της παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2 Ενδεικτικό κόστος πλαστικών ομβροδεξαμενών οικιακής χρήσης ανάλογα με τη χωρητικότητα και τις διαστάσεις (οι τιμές επιβαρύνονται με Φ.Π.Α. 23%) (Πηγή: <http://www.mytherm.gr/>)

Τύπος	Χωρητικότητα (L)	Διαστάσεις (cm)			Τιμή €
		Μήκος	Πλάτος	Ύψος	
Κλασική Σ7 SLIM	500	108	58	107	130
	700	112	68	120	152
	1.000	155	64	126	217
	1.100	153	68	125	248
	1.300	153	68	142	300
	1.500	205	67	152	492
	2.000	205	67	185	732
Κυλινδρική Οριζόντια Σ5 PORKY	500	133	72	85	140
	1.000	140	105	118	222
	2.000	173	130	150	432
	3.000	195	145	160	576
Παταριού Σ12 AQUA	260	100	50	55	86
Τύπος	Χωρητικότητα	Διάμετρος (cm)		Ύψος	Τιμή (€)
Κυλινδρική Κατακόρυφη Σ6 - ECO	300	58		118	96
	500	64		165	130
	750	74		195	163
	1.000	86		200	203
Κυλινδρική Κατακόρυφη Σ8 ELEPHANT	5.500	200		200	740
	9.000	235		240	1.780
	10.000	260		207	2.000
	15.000	270		270	2.800
	20.000	310		270	3.800

Για προκατασκευασμένες δεξαμενές από οπλισμένο σκυρόδεμα το ενδεικτικό κόστος αγοράς παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3 Ενδεικτικό κόστος προκατασκευασμένης ομβροδεξαμενής από σκυρόδεμα (Πηγή: Τουμάζης κ.α., 2009)

Χωρητικότητα (m ³)	Κόστος αγοράς (€)
8	700
22	2700

Στη συνέχεια γίνεται μία εκτίμηση κόστους και των υπόλοιπων εξαρτημάτων συστήματος συλλογής όμβριων υδάτων. Η κοστολόγηση έγινε με βάση τις ισχύουσες τιμές εταιρειών εμπορίας συναφών ειδών (Πίνακας 4.4).

Πίνακας 4.4 Ενδεικτική κοστολόγηση εξαρτημάτων συστήματος συλλογής όμβριων (Πηγή: <http://www.e-watershop.gr/>)

Εξαρτήματα	Κόστος (Ενδεικτική τιμή)
Σωληνώσεις	2,5 €/m
Εσχάρα	3 €
Διαχωριστής πρώτης απόπλυσης	100 €
Αντλία	250 €
Φίλτρα διήθησης	160 €
Απολυμαντήρας UV	400 €
Μηχάνημα αποτροπής αντίστροφης ροής	120 €

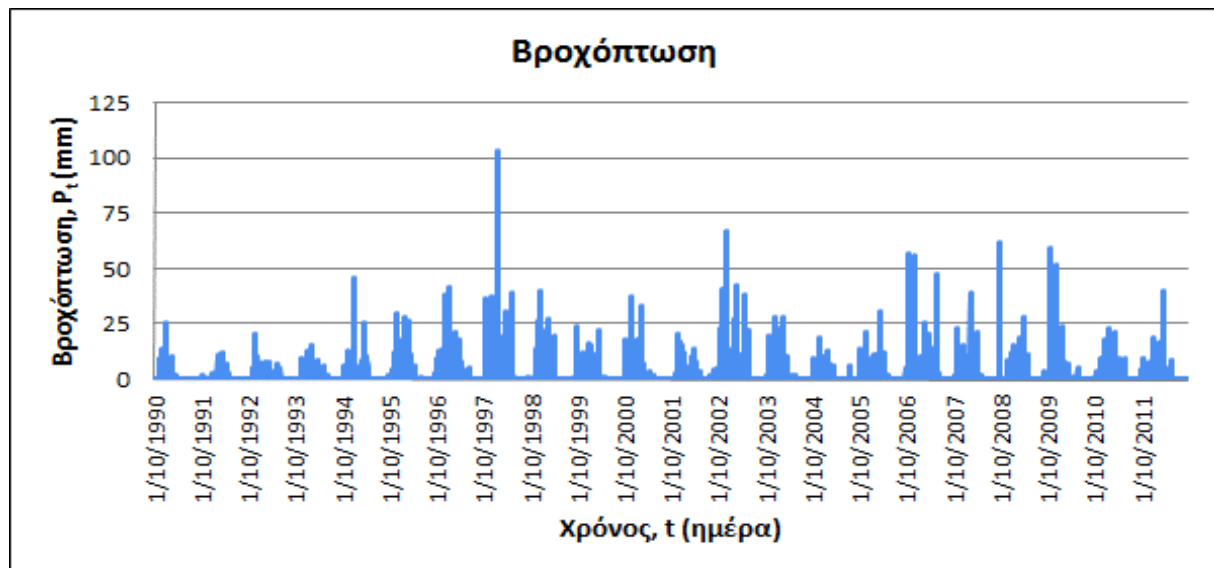
5 Εφαρμογή της μεθοδολογίας στη Νήσο Θήρα

5.1 Βροχομετρικά δεδομένα

Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης από το σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ), για τη νήσο Θήρα, για τη χρονική περίοδο 1990-2012.

Η χρονική περίοδος των 22 υδρολογικών ετών (1990-91 έως 2011-2012) επιλέχτηκε, ώστε να υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις σε βροχομετρικά δεδομένα για διαστασιολόγηση ομβροδεξαμενής (ο γερμανικός κανονισμός DIN 1989-1 (2002) προτείνει 5 έως 10 έτη βροχομετρικών δεδομένων), καθώς ο σταθμός διαθέτει πλήρη χρονοσειρά βροχομετρικών δεδομένων το ανωτέρω χρονικό διάστημα.

Στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζονται τα ημερήσια ύψη βροχόπτωσης P_t , για την εξεταζόμενη περίοδο, τα οποία κυμαίνονται από 0 έως 103 mm.



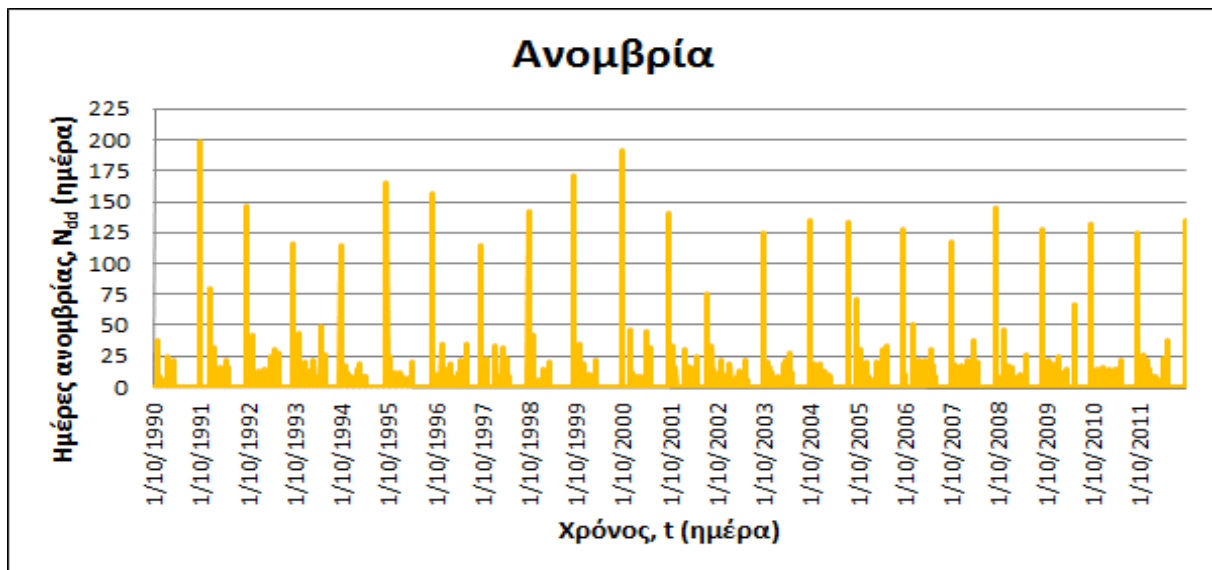
Σχήμα 5.1 Κατανομή βροχόπτωσης διάρκειας 22 ετών από δεδομένα του σταθμού Θήρας

Από τα βροχομετρικά δεδομένα του σταθμού Θήρας η μέση ετήσια βροχόπτωση, \bar{P} , είναι $\bar{P}=297,3$ mm και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\bar{P} = 365 \cdot \frac{\sum_{i=1}^N P_t}{N} \quad (5.1)$$

Όπου N ο συνολικός αριθμός ημερών με καταγεγραμμένη βροχόπτωση ($N=8.030$ ημέρες).

Στο Σχήμα 5.2 παρουσιάζεται η κατανομή των άνομβρων περιόδων, N_{dd} , για την εξεταζόμενη περίοδο 1990-2012, λαμβάνοντας ως άνομβρη περίοδο τον αριθμό των ημερών χωρίς βροχόπτωση ή με ωφέλιμη βροχόπτωση μικρότερη ή ίση του 1mm, λαμβάνοντας ως ελάχιστη διάρκεια άνομβρης περιόδου αυτή των 5 ημερών. Η μέγιστη τιμή, $N_{dd,max}$ ήταν 198 ημέρες, και καταγράφηκε την περίοδο 17-03-1991 έως 30-09-1991.



Σχήμα 5.2 Κατανομή άνομβρων ημερών από δεδομένα διάρκειας 22 ετών του σταθμού Θήρας

5.2 Παραδοχές

First flush

Για τον υπολογισμό της της ωφέλιμης βροχόπτωσης $P_{eff,t}$, ορίστηκε ως ποσότητα πρώτης έκπλυσης/εκτροπής (first flush) η τιμή 0,33 mm, λαμβάνοντας υπόψη τις αναφορές Yaziz et al. (1989) και Kinkade - Levario (2007) για την προστασία από τη μικροβιακή μόλυνση και τη βελτίωση της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού (Λόντρα, 2014). Έτσι, τα πρώτα 0,33 mm βροχής αφαιρούνται από τη συνολική ημερήσια βροχόπτωση διαμορφώνοντας τη σχέση της ωφέλιμης βροχόπτωσης ως εξής:

$$P_{eff,t} = P_t - 0,33 \text{ (σε mm)} \quad (5.2)$$

Οπότε, η μέση ετήσια ωφέλιμη βροχόπτωση, $\overline{P_{eff}}$, είναι $\overline{P_{eff}} = 280,6$ mm και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\overline{P_{eff}} = 365 \cdot \frac{\sum_{i=1}^N P_{eff,t}}{N} \quad (5.3)$$

Όπου N ο συνολικός αριθμός ημερών καταγραφής βροχόπτωσης ($N=8.030$ ημέρες).

Συντελεστής απορροής, C

Οι στέγες των κατοικιών στη Σαντορίνη είναι επίπεδες και χρησιμοποιούν στην πλειοψηφία τους τσιμέντο ή πλακάκια. Αυτό οδηγεί στην επιλογή της τιμής του συντελεστή απορροής το $C=0,9$. Επίσης, τα μπαλκόνια και οι αυλές, από τις οποίες μπορεί να γίνει συλλογή, είναι επίσης κατασκευασμένες από τα ίδια υλικά, οπότε ο συντελεστής δεν αλλάζει.

Επιφάνεια απορροής ομβρίων, A

Η ποσότητα του συλλεγόμενου νερού εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος της επιφάνειας απορροής. Στη Σαντορίνη, σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία, οι επιφάνειες των κτηρίων

στην πλειοψηφία τους κυμαίνονται κάτω από τα 100 m². Επίσης, η πυκνότητα κατοίκησης στο 48% του συνόλου αντιστοιχεί σε 20-49 m² ανά άτομο. Ωστόσο, υπάρχουν κτήρια που καλύπτουν πολύ μεγαλύτερες επιφάνειες. Άλλωστε λόγω της βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου και της οικονομικής ευημερίας, εμφανίζονται όλο και συχνότερα μεγαλύτερες κατασκευές. Έτσι, η επιφάνεια συλλογής εξετάζεται για διάφορες τιμές από 50 έως 150 m². Σε κάποιες αναλύσεις εξετάζονται και επιφάνειες έως 300 m².

Αριθμός εξυπηρετούμενων ατόμων ανά νοικοκυριό, N_{cap}

Εξετάζονται οι περιπτώσεις στις οποίες εξυπηρετούνται διμελείς, τριμελείς, τετραμελείς και πενταμελείς οικογένειες. Σύμφωνα με τη απογραφή του 2011 από την ΕΛΣΤΑΤ, οι κάτοικοι που ανήκουν σε διμελή νοικοκυριά είναι 3.402, σε τριμελή 3.771, σε τετραμελή 4.232 και σε πενταμελή 1.640, δηλαδή το 86% του συνόλου του πληθυσμού.

Κατανάλωση νερού κατ' άτομο, q

Η ημερήσια οικιακή κατανάλωση νερού ανά άτομο, q , που εξετάζεται αντιστοιχεί σε 100, 150, 200 L/κάτοικο/ημέρα (εντός ορίων της σχετικής ΚΥΑ). Σε κάποιες περιπτώσεις εξετάζονται και τιμές όπως 250 και 300 L/κάτοικο/ημέρα λόγω του βιοτικού επιπέδου και των ενδεχόμενων σπαταλών.

Ποσοστό χρήσης συστήματος, p

Το ποσοστό της συνολικής χρήσης νερού, το οποίο θα ικανοποιείται από το αποθηκευμένο νερό της ομβροδεξαμενής εξετάζεται για ποσοστά από 3 έως 100%, δηλαδή από ποσοστά πολύ περιορισμένα έως την πλήρη κάλυψη των αναγκών.

Μέγεθος ομβροδεξαμενής, V_{tank}

Οι όγκοι που εξετάζονται ξεκινούν από τα 5 m³ έως τα 50 m³. Οι τιμές αυτές είναι ρεαλιστικές καθώς οι μεγάλοι όγκοι συναντώνται σε κτήρια με εγκατεστημένες υπόγειες δεξαμενές από σκυρόδεμα, ενώ τα μικρότερα θα αφορούν διατάξεις κατασκευασμένες από πλαστικό και είναι διαθέσιμες στο εμπόριο. Στο πλαίσιο της εφαρμογής της μεθόδου της μέγιστης άνομβρης περιόδου, υπολογίστηκαν οι απαιτούμενοι όγκοι ομβροδεξαμενής.

Όφελος του χρήστη από την εξοικονόμηση νερού

Το τιμολόγιο της ΔΕΥΑ Θήρας για τους καταναλωτές της είναι κλιμακωτό και εκδίδεται κάθε δύο μήνες (τιμολόγιο περιοχής Καμαρίου). Η τιμολόγηση έως τα 14 m³ γίνεται με 1,05 €/m³ και έπειτα με 1,50 €/m³. Στις τιμές αυτές δε συμπεριλαμβάνεται ΦΠΑ 13%. Ανάλογα με τη χρήση νερού, εκδίδεται και το τιμολόγιο της αποχέτευσης. Στο τιμολόγιο αυτό, στο 60% της συνολικής καθαρής αξίας του νερού που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των δύο μηνών, προστίθεται ΦΠΑ 23%. Οι τιμές αυτές αφορούν στην περιοχή Καμαρίου που υδρεύεται αποκλειστικά από δημοτικές γεωτρήσεις, όπου το κόστος λειτουργίας τους είναι μικρότερο από το κόστος λειτουργίας μιας μονάδας αφαλάτωσης.

Στην περιοχή της Οίας, η χρέωση του νερού το 2015 λόγω του υψηλού κόστους αφαλάτωσης ήταν υψηλή και ανερχόταν στα 3,8 €/m³.

Στη Θηρασιά, οι κάτοικοι του νησιού το 2011 αγόραζαν το νερό με 2,6 €/m³.

Οι κάτοικοι των οικισμών που δεν συμπεριλαμβάνονται στο δίκτυο της ΔΕΥΑΘ και ως εκ τούτου υδροδοτούνται από τους υδροπωλητές που εκμεταλλεύονται ιδιωτικές γεωτρήσεις, δαπανούν το λιγότερο 3 €/m³ (χωρίς ΦΠΑ 13%).

Με τα παραπάνω ως δεδομένα, θεωρήθηκε ως μέσο χρηματικό όφελος λόγω της εξοικονόμησης νερού, το τιμολόγιο σε περιοχές αφαλατώσεων, καθώς προβλέπεται η ολική ύδρευση του νησιού από αυτές. Ελάχιστο θα μπορούσε να θεωρηθεί η τιμή των 3 €/m³, εξετάζοντας την κάλυψη των αναγκών από ιδιώτες υδροπωλητές. Η τιμή για την καθαρή αξία νερού που χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό είναι 3,5 €/m³, χωρίς κλιμάκωση στην τιμή. Στην τιμή αυτή θα προστεθούν ο ΦΠΑ και η χρέωση του τιμολογίου αποθήκευσης.

Όφελος της δημοτικής επιχείρησης ύδρευσης

Το κόστος λειτουργίας για την παραγωγή ενός m³ νερού για τη διάθεσή του στο δίκτυο από τη δημοτική επιχείρηση ύδρευσης, ορίζεται στο ποσό των 2 €/m³. Η τιμή αυτή, είναι το μέσο κόστος παραγωγής για τα νησιά του ΥΔ Νοτίου Αιγαίου. Επίσης είναι μια μέση τιμή κόστους για μονάδες δυναμικότητας από 1000 - 5000 m³/ημέρα. Από στοιχεία του 2011, το κόστος λειτουργίας της μονάδας αφαλάτωσης στην Οία ήταν 2€/m³. Ελλείψει άλλης πιο πρόσφατης πληροφόρησης από την αρμόδια υπηρεσία, χρησιμοποιείται η τιμή αυτή.

5.3 Βασικά σενάρια μελέτης

Με βάση τα στοιχεία από την απογραφή και με σκοπό να εξεταστούν ρεαλιστικά σενάρια λειτουργίας του συστήματος συλλογής όμβριων υδάτων, επιλέχθηκαν τα τέσσερα παρακάτω σενάρια, με την παραδοχή 30 m² επιφάνεια συλλογής ομβρίων ανά άτομο σε κάθε κατοικία.

1. Νοικοκυριό δύο ατόμων, με επιφάνεια συλλογής ομβρίων 60 m²
2. Νοικοκυριό τριών ατόμων με επιφάνεια συλλογής ομβρίων 90 m²
3. Νοικοκυριό τεσσάρων ατόμων με επιφάνεια συλλογής ομβρίων 120 m² και
4. Νοικοκυριό πέντε ατόμων με επιφάνεια συλλογής ομβρίων 150 m².

6 Αποτελέσματα - Συζήτηση

6.1 Εφαρμογή μοντέλου διαστασιολόγησης ομβροδεξαμενής με τη μέθοδο του ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου

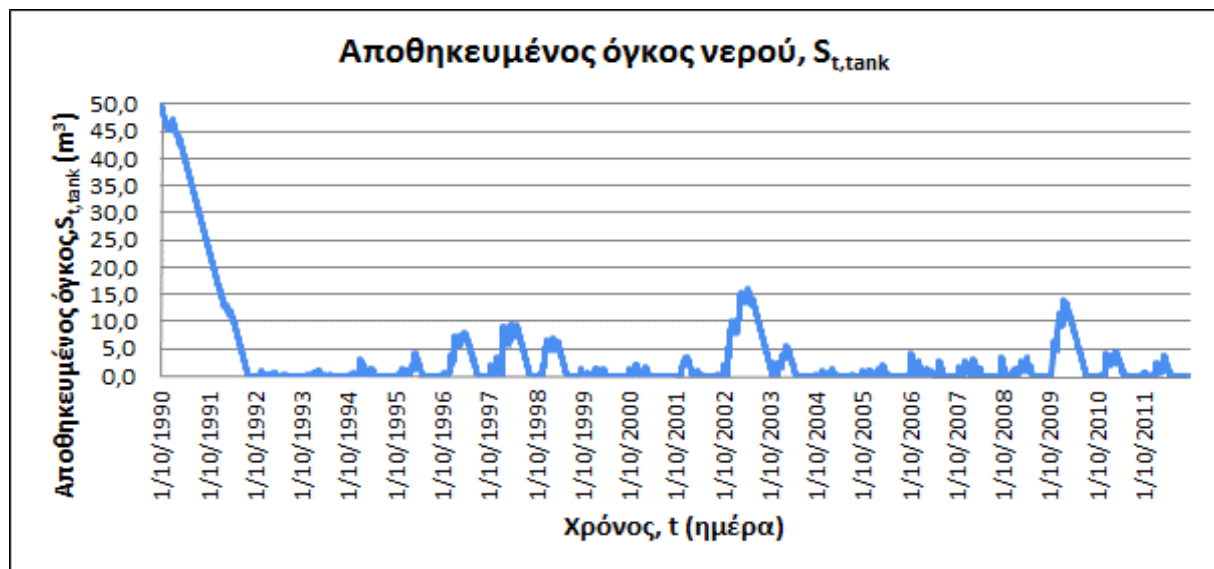
6.1.1 Εφαρμογή στα βασικά σενάρια μελέτης

Εξετάζεται αναλυτικά το σενάριο 1, το οποίο αναφέρεται σε δύο εξυπηρετούμενα άτομα ($N_{cap}=2$) με επιφάνεια συλλογής 60 m^2 ($A=60 \text{ m}^2$), διότι είναι αυτό με την μεγαλύτερη αποδοτικότητα από τα τέσσερα σενάρια που μελετήθηκαν.

Οι ημερήσιες καταναλώσεις (q) κυμαίνονται από 100 έως 200 L/κάτοικο/ημέρα, το ποσοστό ζήτησης (p) από 3% έως 100%, ενώ οι εξεταζόμενοι όγκοι δεξαμενής (V_{tank}) από 5 έως 50 m^3 , με δεδομένο ότι η δεξαμενή θα είναι γεμάτη κατά την έναρξη λειτουργίας του συστήματος.

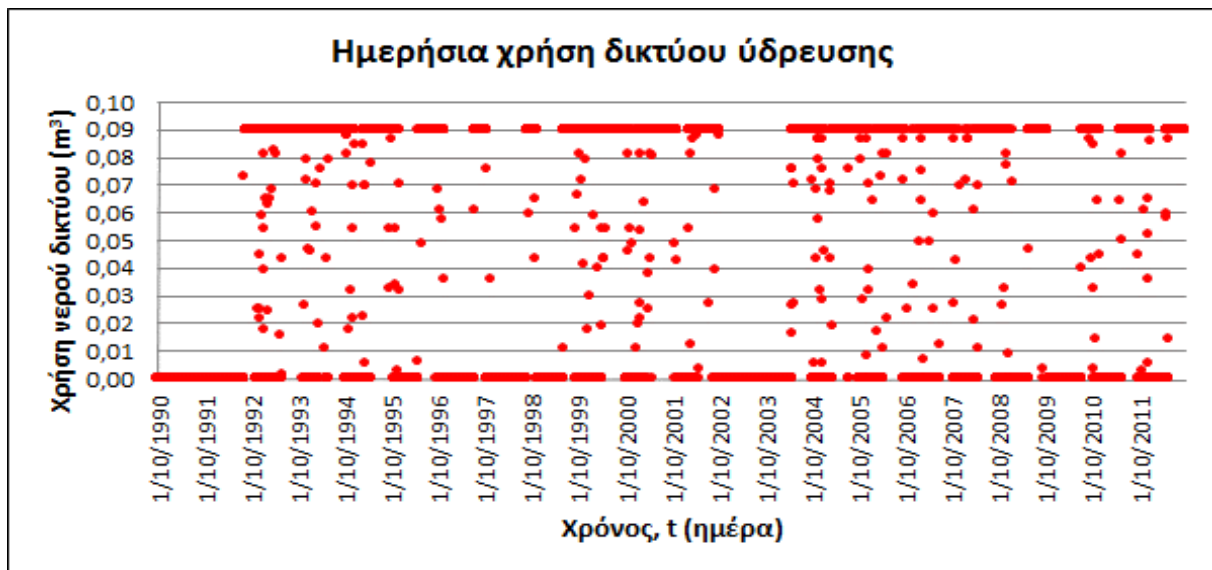
Ενδεικτικά παρουσιάζεται η κατάσταση του συστήματος για μέση ημερήσια κατανάλωση 150 L/day/cap , ποσοστό χρήσης 30% και χωρητικότητα ομβροδεξαμενής 50 m^3 .

Ο αποθηκευμένος όγκος νερού $S_{t,tank}$ στο σύστημα παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.1 σε συνάρτηση με το χρόνο.



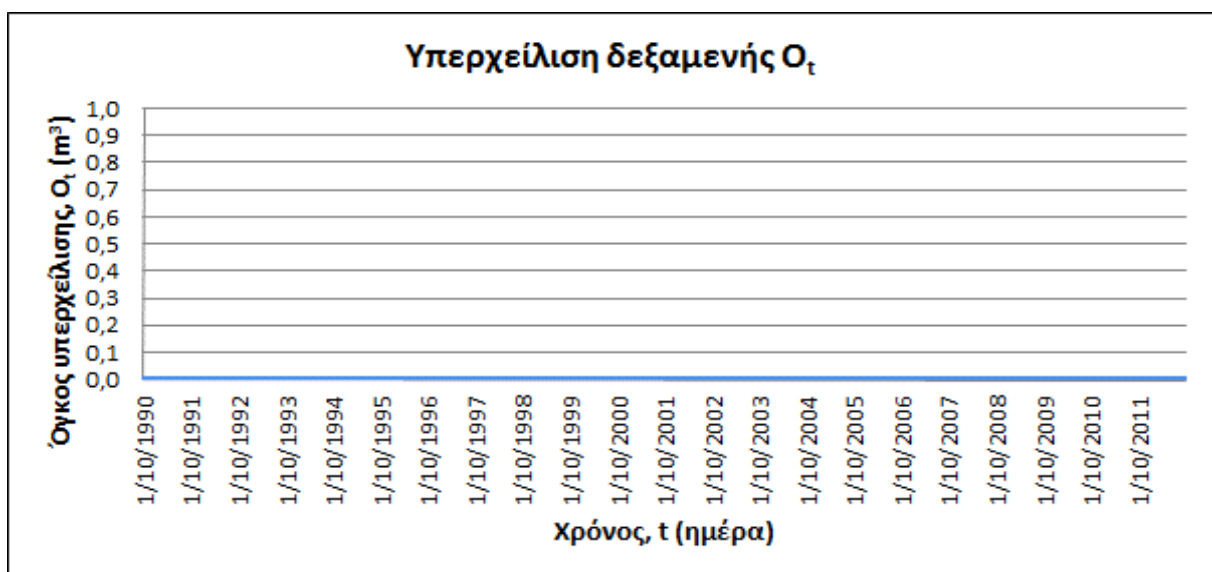
Σχήμα 6.1 Αποθηκευμένος όγκος νερού στο σύστημα με $N_{cap}=2$, $q=150 \text{ L/cap/day}$, $A=60 \text{ m}^2$, $V_{tank}=50 \text{ m}^3$ και $p=30\%$

Η ποσότητα του νερού που απαιτείται από το σύστημα σε καθημερινή βάση είναι 90 L ($0,090 \text{ m}^3/\text{day}$) και η αποδοτικότητα του συστήματος είναι $Re= 51,92\%$, δηλαδή από τις 8.030 ημέρες τις 4.169 μπορεί να καλυφθεί η ζήτηση με βρόχινο νερό. Τις υπόλοιπες 3.861 ημέρες απαιτήθηκε κάποια ποσότητα νερού από το δίκτυο ύδρευσης για να καλύψει τις ανάγκες (Σχήμα 6.2).



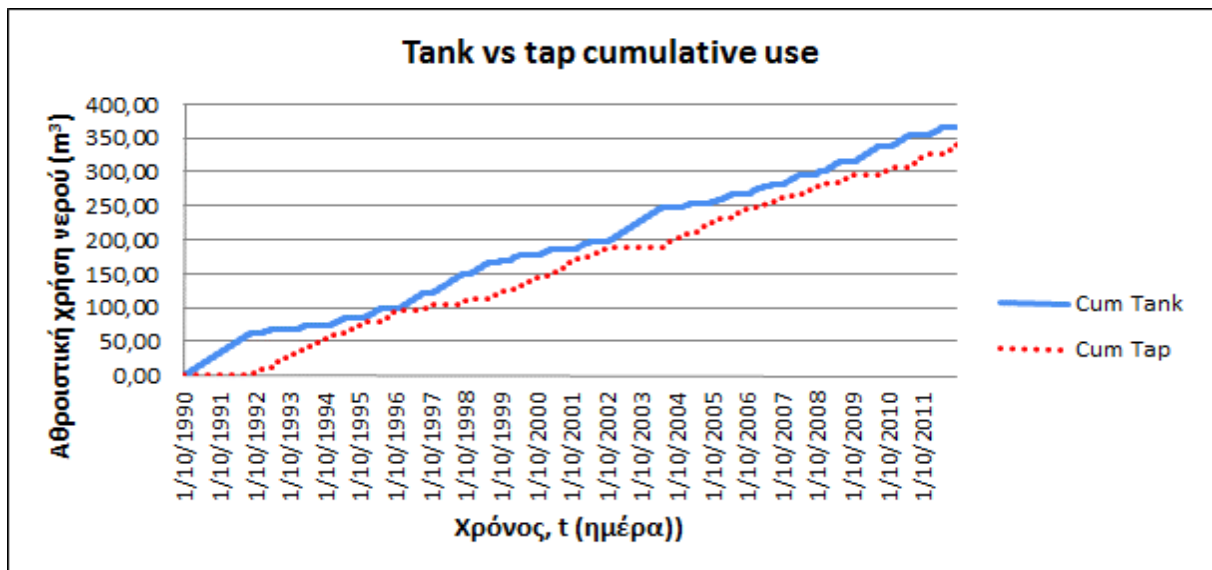
Σχήμα 6.2 Η ποσότητα του νερού (m³) που απαιτήθηκε από το δίκτυο ύδρευσης, για $N_{cap}=2$, $q=150$ L/cap/day, $A=60$ m², $V_{tank}=50$ m³ και $p=30\%$

Το σύστημα, δεν παρουσίασε υπερχειλίση καμία στιγμή (Σχήμα 6.3). Ο απαιτούμενος ελάχιστος όγκος ομβροδεξαμενής θα εξεταστεί σε επόμενο στάδιο.



Σχήμα 6.3 Υπερχειλίση δεξαμενής αποθήκευσης, O_t με τον χρόνο, για $N_{cap}=2$, $q=150$ L/cap/day, $A=60$ m², $V_{tank}=50$ m³ και $p=30\%$

Στα 22 έτη μελέτης, ο συνολικός όγκος νερού που χρησιμοποιήθηκε από την ομβροδεξαμενή είναι $Cum\ tank= 366,7$ m³, ενώ από το δίκτυο $Cum\ tap= 339,3$ m³. Η εξέλιξη των χρήσεων αναπαρίσται στο Σχήμα 6.4.



Σχήμα 6.4 Αθροιστική χρήση νερού από ομβροδεξαμενή και δημόσιο δίκτυο ύδρευσης για ικανοποίηση ζήτησης 90 L/day περιόδου 22 ετών ($A=60 \text{ m}^2$, $V_{\text{tank}}=50 \text{ m}^3$)

Το μέσο ετήσιο όφελος για τον καταναλωτή - νοικοκυριό από τη χρήση του συστήματος είναι 108,98 € (65,93 € το κόστος ύδρευσης και 43,05 € το κόστος αποχέτευσης αντίστοιχα, συμπεριλαμβάνεται ο ΦΠΑ) για μέσο ετήσιο όγκο νερού (16,67 m³/έτος), το οποίο μεταφράζεται σε 15% μείωση στο πληρωτέο ποσό. Στα 22 έτη χρήσης ανάγεται σε περίπου 2.397,56 €. Το ετήσιο κέρδος για την υπηρεσία ύδρευσης, αφορά στο κέρδος από τη μη παραγωγή νερού από τις αφαλατώσεις (εξοικονόμηση) και υπολογίζεται στα 2 €/m³, δηλαδή 33,34 €/νοικοκυριό.

Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο απαιτούμενος όγκος ομβροδεξαμενής, V_{tank} , για μηδενική χρήση νερού από το δίκτυο της ΔΕΥΑ Θήρας, χρησιμοποιώντας τους αλγόριθμους βελτιστοποίησης "Goal Seek" και "Solver" που παρέχονται από το υπολογιστικό φύλλο του Microsoft Excel. Για ποσοστά χρήσης 3% και 10% οι όγκοι που προκύπτουν είναι ρεαλιστικοί, ενώ για μεγαλύτερα ποσοστά οι απαιτούμενοι όγκοι αυξάνονται υπερβολικά (Πίνακας 6.1).

Πίνακας 6.1 Χωρητικότητα ομβροδεξαμενής, V_{tank} , για πλήρη ικανοποίηση της ζήτησης p με βρόχινο νερό, ενός διμελούς νοικοκυριού και επιφάνεια συλλογής 60 m²

p (%)	V_{tank} (m ³)		
	q=100 (L/cap/day)	q=150 (L/cap/day)	q=200 (L/cap/day)
3%	1,6	2,6	3,6
10%	8,5	20,3	37,5
30%	148,4	389,3	630,2
50%	469,7	871,1	1274,2
70%	791,2	1352,0	1915,9
100%	1273,3	2073,6	2877,5

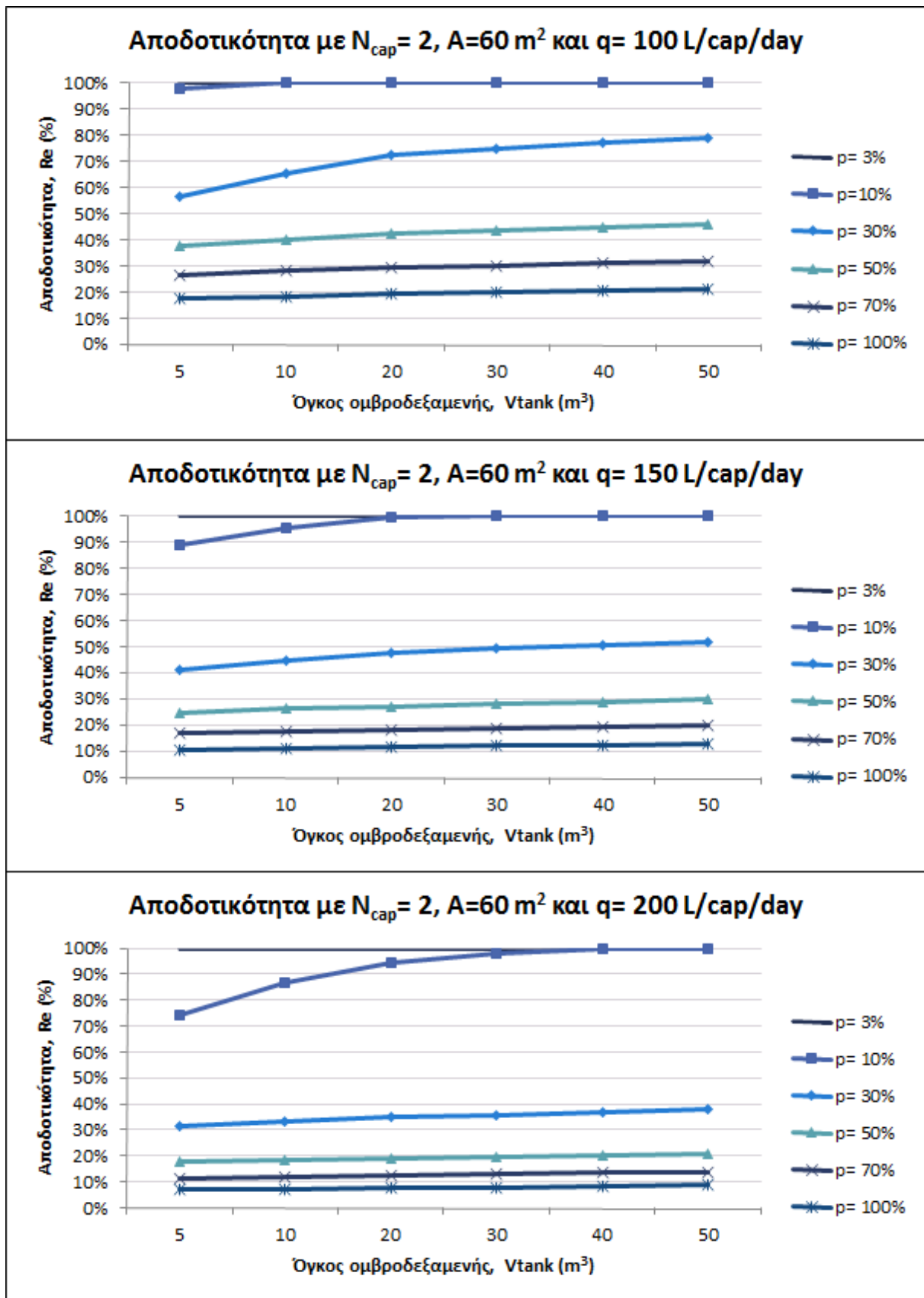
Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι η ελάχιστη απαιτούμενη αρχική ποσότητα νερού που πρέπει να περιέχεται στην ομβροδεξαμενή, ώστε να ικανοποιείται το σύστημα, για μέση ημερήσια κατανάλωση 150 L/cap/day, $p=3\%$ και $V_{\text{tank}}=2,6 \text{ m}^3$ υπολογίζεται σε $V_0=0,3 \text{ m}^3$ και για $p=10\%$ και $V_{\text{tank}}=20,3 \text{ m}^3$ υπολογίζεται σε $V_0=17,5 \text{ m}^3$.

Εξετάζοντας τη σχέση όγκου ομβροδεξαμενής και επιφάνειας απορροής ως προς την αποδοτικότητα, με δεδομένη ημερήσια κατανάλωση $q=150 \text{ L/cap/day}$, παρατηρούμε ότι αυξάνοντας την τιμή της επιφάνειας απορροής μειώνεται ο απαιτούμενος όγκος τη δεξαμενής. Ρεαλιστικές διαστάσεις προκύπτουν μόνο για μεγάλες επιφάνειες απορροής και χαμηλά ποσοστά χρήσης (Πίνακας 6.2)

Πίνακας 6.2 Απαιτούμενος όγκος ομβροδεξαμενής, V_{tank} , συναρτήσει της επιφάνειας συλλογής, για την ικανοποίηση διαφόρων ποσοστών ζήτησης p , με $N_{\text{cap}}=2$ και $q=150 \text{ L/cap/day}$

A (m ²)	V _{tank} (m ³)		
	p=30%	p=40%	p=50%
50	446,43	685,84	927,59
100	168,06	407,96	648,64
150	76,10	139,16	372,05
200	53,91	101,12	154,90
250	37,60	77,73	126,69
300	33,95	60,98	101,50

Επεκτείνοντας τη μελέτη της απόδοσης του συστήματος, γίνεται διερεύνηση της αποδοτικότητας του συστήματος σε σχέση με τον όγκο της ομβροδεξαμενής και του ποσοστού χρήσης. Όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 6.5), η αποδοτικότητα του συστήματος αυξάνεται, όταν αυξάνεται ο όγκος της δεξαμενής ή μειώνεται το ποσοστό χρήσης. Το σύστημα παρουσιάζει 100% αποδοτικότητα για ποσοστό χρήσης 3% και αποδεκτή για χρήση του συστήματος σε ποσοστό 10%. Για ποσοστά χρήσης μεγαλύτερα ή ίσα του 50%, η αποδοτικότητα και στο ευνοϊκότερο σενάριο μικρής ημερήσιας κατανάλωσης ($q=100 \text{ L/cap/day}$) και μεγάλου αποθηκευτικού όγκου ($V_{\text{tank}}=50 \text{ m}^3$), δε φτάνει το 50%, ενώ σε μεγάλα $q=200 \text{ L/cap/day}$ λαμβάνει μόνο μονοψήφια ποσοστά.



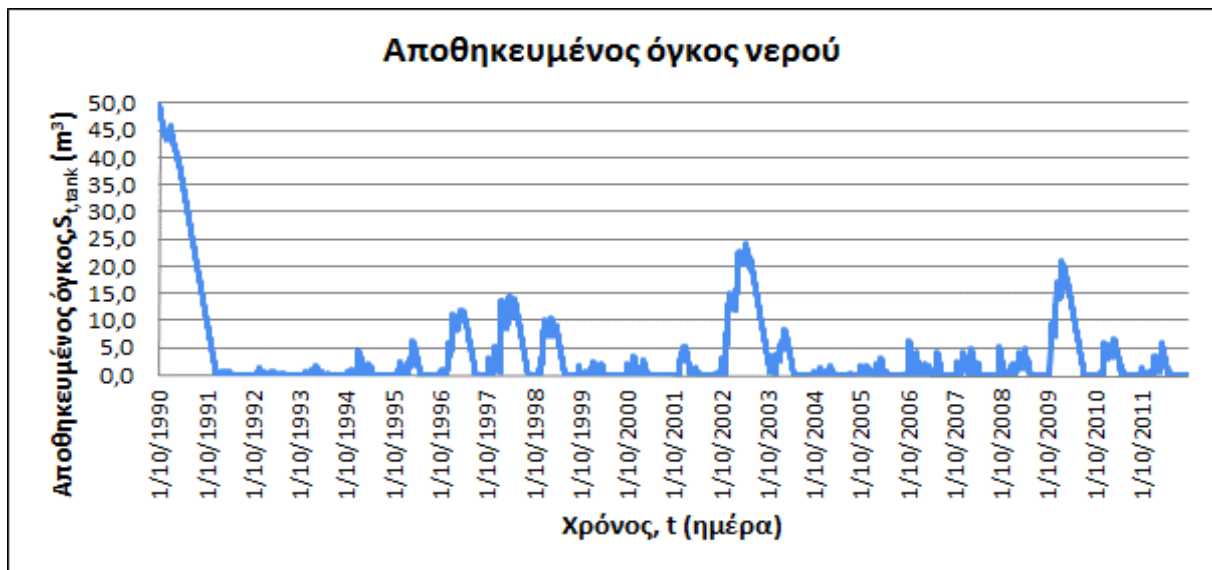
Σχήμα 6.5 Αποδοτικότητα συστήματος συλλογής ομβρίων συναρτήσεως του όγκου ομβροδεξαμενής για διάφορα ποσοστά ζήτησης κάλυψης των αναγκών, p των 2 κατοίκων και επιφάνεια συλλογής 60 m^2

Το μοντέλο εφαρμόστηκε και για τα άλλα τρία σενάρια μελέτης. Συγκεκριμένα, αναλύονται τα αποτελέσματα για μέση ημερήσια κατανάλωση, $q=150$ L/day/cap, ποσοστό χρήσης, $p=30\%$ και δεδομένη ομβροδεξαμενή, $V_{\text{tank}}=50$ m³, στο excel. Η καθημερινή απαιτούμενη ποσότητα νερού για το σύστημα της ομβροδεξαμενής παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.3.

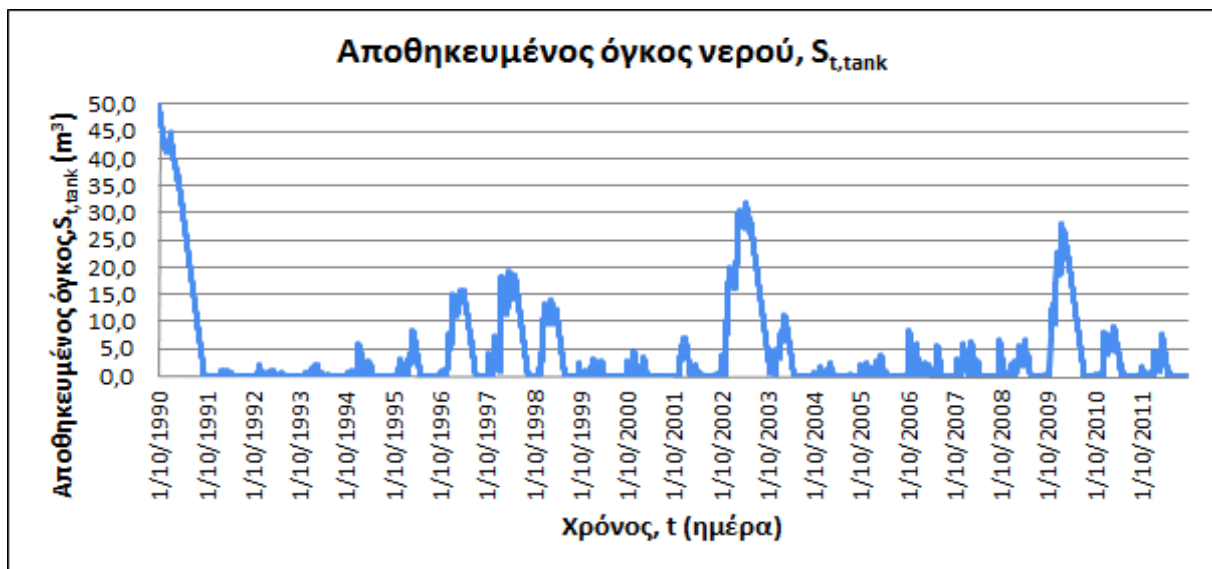
Πίνακας 6.3 Απαιτούμενη ημερήσια ποσότητα νερού (ζήτηση) από την ομβροδεξαμενή

Ncap	Ζήτηση (m³/day)
3	0,135
4	0,180
5	0,225

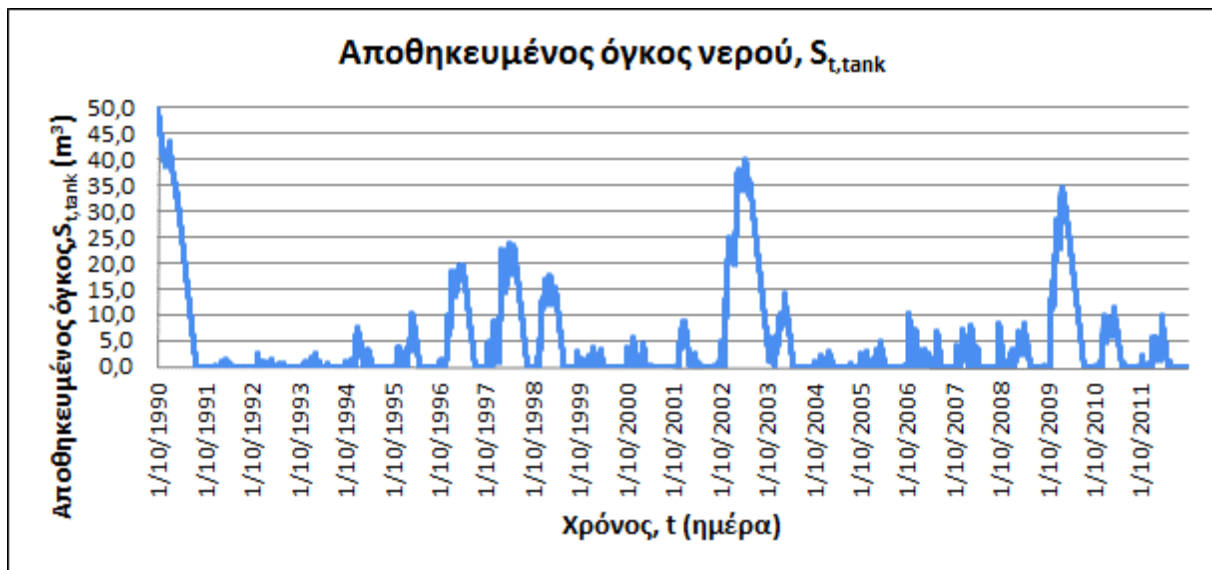
Ο αποθηκευμένος όγκος νερού, $S_{t,\text{tank}}$, στο σύστημα παρουσιάζεται στα επόμενα σχήματα σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήματα 6.6 έως 6.8).



Σχήμα 6.6: Αποθηκευμένος όγκος νερού στο σύστημα με $N_{cap}=3$, $A=90 m^2$, $q=150 L/cap/day$, $V_{tank}=50 m^3$ και $p=30\%$



Σχήμα 6.7 Αποθηκευμένος όγκος νερού στο σύστημα με $N_{cap}=4$, $A=120 m^2$, $q=150 L/cap/day$, $V_{tank}=50 m^3$ και $p=30\%$



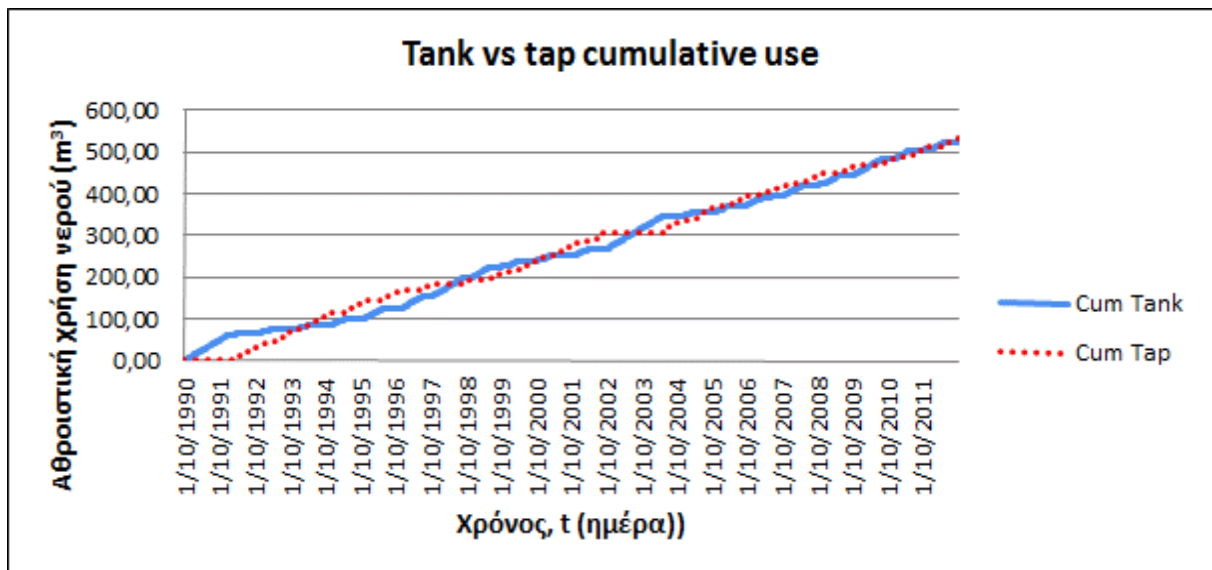
Σχήμα 6.8 Αποθηκευμένος όγκος νερού στο σύστημα με $N_{cap}=5$, $A=150 \text{ m}^2$, $q=150 \text{ L/cap/day}$, $V_{tank}=50 \text{ m}^3$ και $p=30\%$

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο απαιτούμενος όγκος ομβροδεξαμενής, ώστε να εξασφαλίζεται αποδοτικότητα του συστήματος ομβρίων στο 100%, για την ικανοποίηση της ζήτησης $p=30\%$ και για τα τέσσερα σενάρια μελέτης. Οι όγκοι που προκύπτουν είναι απαγορευτικοί και για τα τέσσερα εξεταζόμενα σενάρια (Πίνακας 6.4)

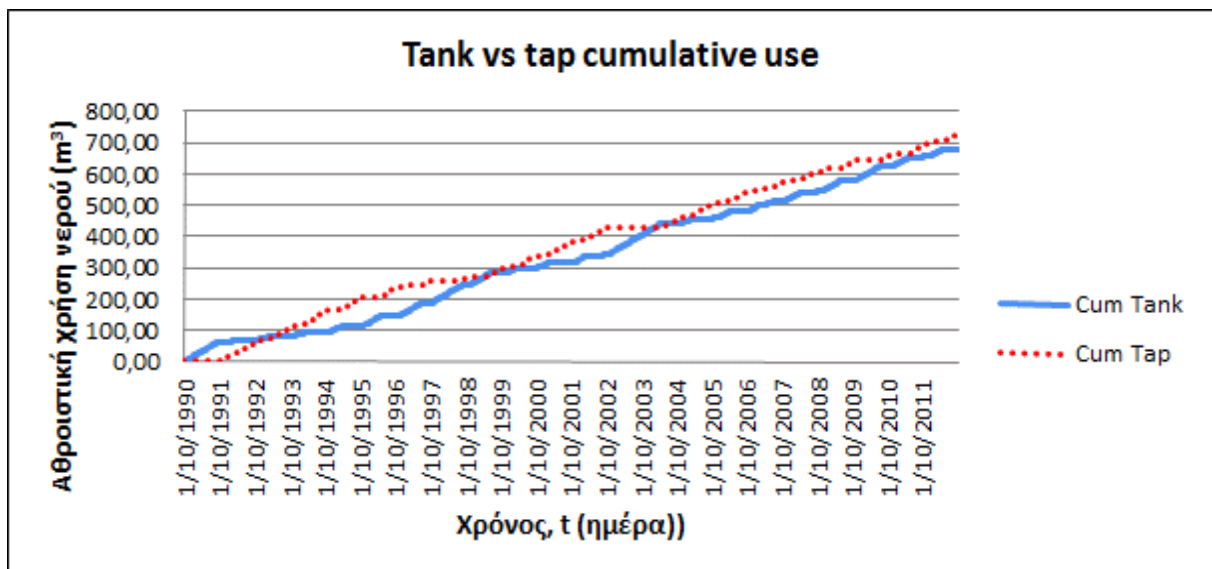
Πίνακας 6.4 Απαιτούμενος όγκος για $Re=100\%$, με $q=150 \text{ L/cap/day}$ και $p=30\%$

Σενάριο	$V_{tank} \text{ (m}^3\text{)}$
$N_{cap}=2$, $A=60 \text{ m}^2$	389,24
$N_{cap}=3$, $A=90 \text{ m}^2$	583,86
$N_{cap}=4$, $A=120 \text{ m}^2$	778,47
$N_{cap}=5$, $A=150 \text{ m}^2$	973,09

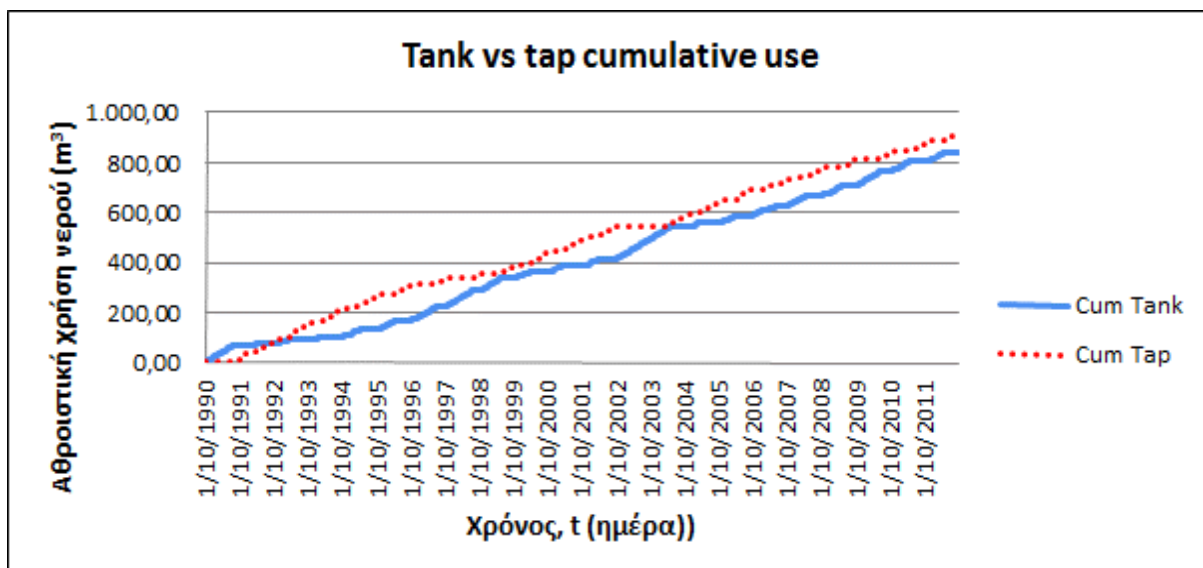
Στα 22 έτη, ο συνολικός όγκος νερού που χρησιμοποιήθηκε από την ομβροδεξαμενή και από το δημόσιο δίκτυο ύδρευσης φαίνεται στα επόμενα σχήματα (Σχήματα 6.9 έως 6.11).



Σχήμα 6.9 Αθροιστική χρήση νερού των δύο συστημάτων με $N_{cap}=3$, $A=90 \text{ m}^2$, $V_{tank}=50 \text{ m}^3$, για $q=150 \text{ L/cap/day}$ και $p=30\%$



Σχήμα 6.10 Αθροιστική χρήση νερού των δύο συστημάτων με $N_{cap}=4$, $A=120 \text{ m}^2$, $V_{tank}=50 \text{ m}^3$, για $q=150 \text{ L/cap/day}$ και $p=30\%$



Σχήμα 6.11 Αθροιστική χρήση νερού των δύο συστημάτων με $N_{cap}=5$, $A=150 \text{ m}^2$, $V_{tank}=50 \text{ m}^3$, για $q=150 \text{ L/cap/day}$ και $p=30\%$

Οι συνολικές ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν από την ομβροδεξαμενή, Cum tank και από το δίκτυο, Cum tap φαίνονται στο Πίνακα 6.5. Στον πίνακα παρουσιάζεται και το χρηματικό ετήσιο όφελος του καταναλωτή

Πίνακας 6.5 Συνολικές ποσότητες νερού και χρηματικό ετήσιο όφελος καταναλωτή και ΔΕΥΑΘ, ανά σενάριο για $q=150 \text{ L/cap/day}$, $V_{tank}=50 \text{ m}^3$, και $p=30\%$

Σενάριο	Cum tank 22 ετών (m^3)	Cum tap 22 ετών (m^3)	Όφελος καταναλωτή (€/έτος)	Όφελος ΔΕΥΑΘ λόγω εξοικονόμησης (€/έτος)
$N_{cap}=2$, $A=60 \text{ m}^2$	366,7	339,3	108,97	33,34
$N_{cap}=3$, $A=90 \text{ m}^2$	523,9	534,0	155,69	47,63
$N_{cap}=4$, $A=120 \text{ m}^2$	681,4	728,7	202,49	61,95
$N_{cap}=5$, $A=150 \text{ m}^2$	839,2	923,3	249,40	76,29

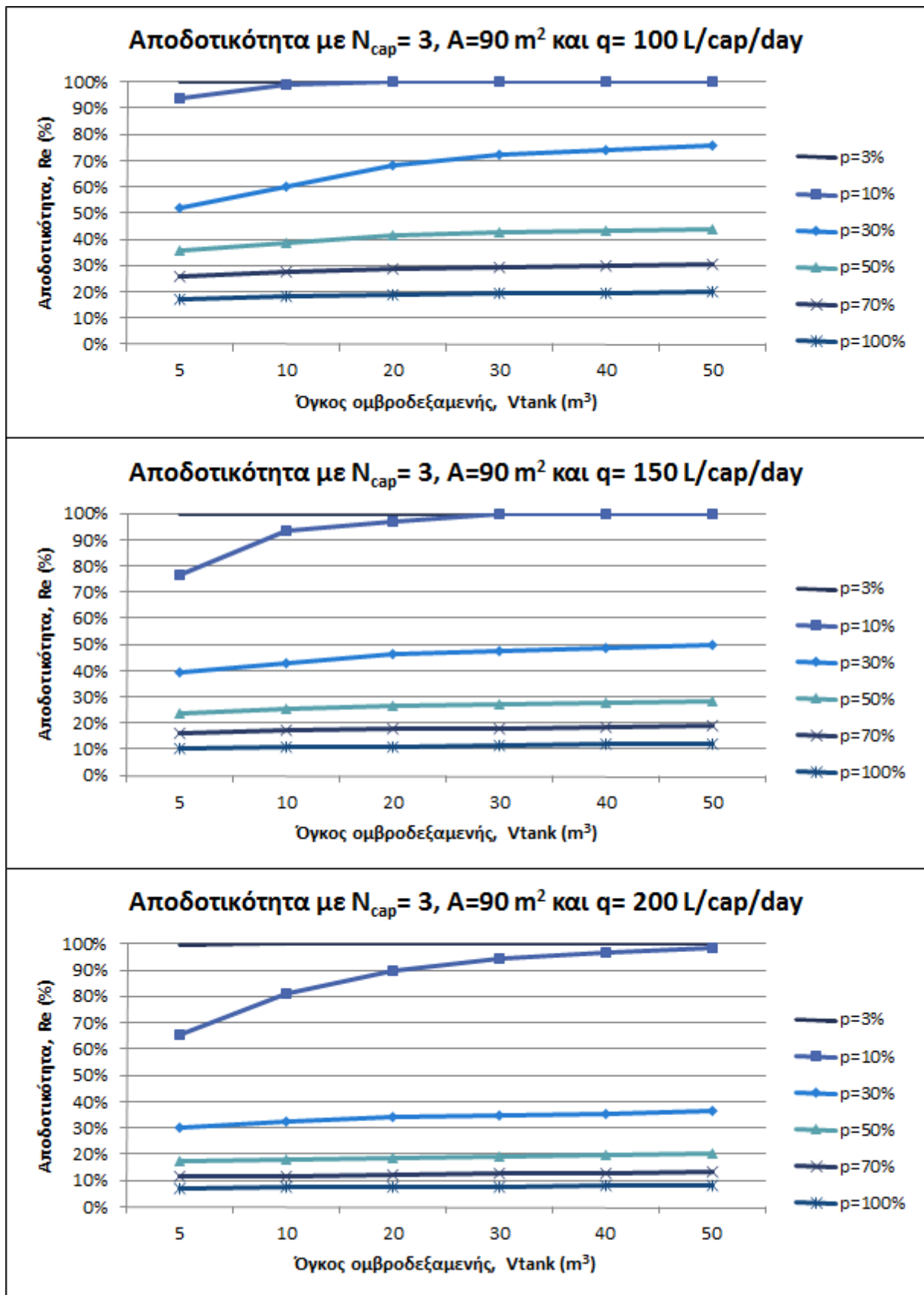
Η αποδοτικότητα των συστημάτων είναι σχετικά χαμηλή για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια. Όσο αυξάνεται η ζήτηση, μειώνεται ο συντελεστής αποδοτικότητας (Πίνακας 6.6).

Πίνακας 6.6 Αποδοτικότητα Re για μέση ημερήσια κατανάλωση, $q=150 \text{ L/cap/day}$ και ποσοστό χρήσης $p=30\%$.

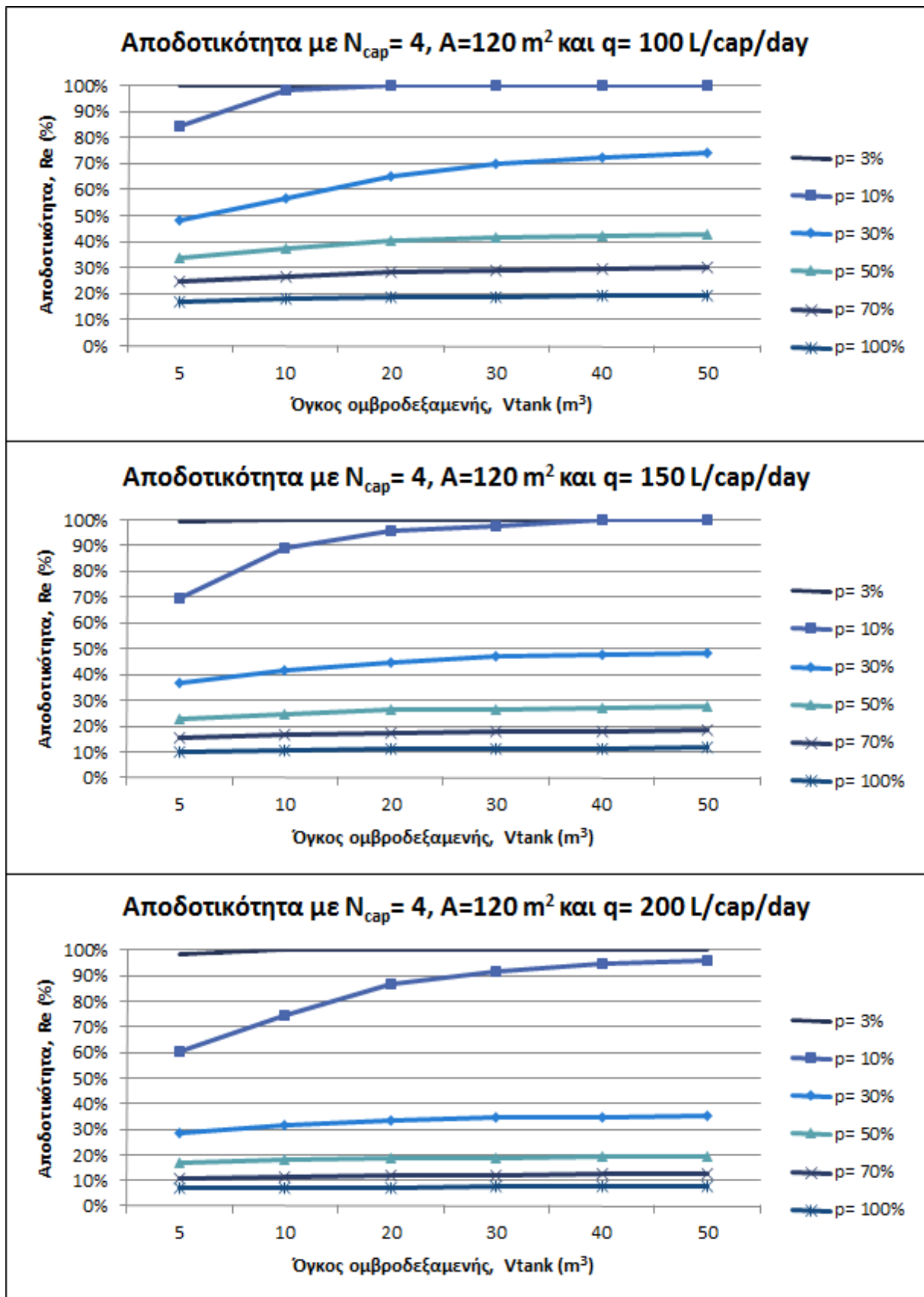
Σενάριο	Re
$N_{cap}=2$, $A=60 \text{ m}^2$	51,92%
$N_{cap}=3$, $A=90 \text{ m}^2$	49,54%
$N_{cap}=4$, $A=120 \text{ m}^2$	48,37%
$N_{cap}=5$, $A=150 \text{ m}^2$	47,67%

6.1.2 Διερεύνηση αποδοτικότητας σε σχέση τον όγκο ομβροδεξαμενής, την ημερήσια κατανάλωση και το ποσοστό χρήσης

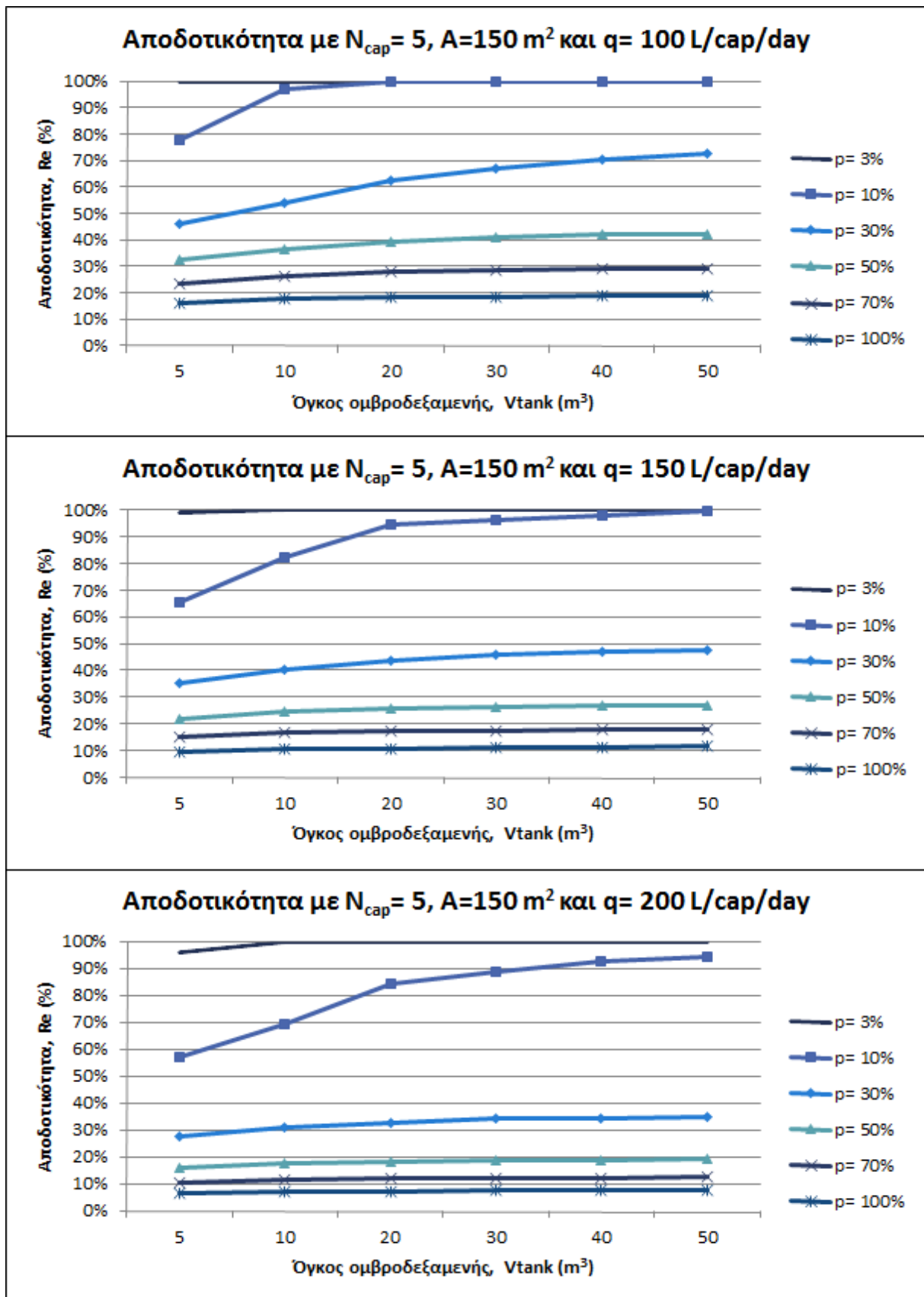
Διερευνώντας την αποδοτικότητα του συστήματος σε σχέση με τον όγκο της ομβροδεξαμενής, τη μέση ημερήσια κατανάλωση και του ποσοστού χρήσης για τα τρία σενάρια παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν (Σχήμα 6.12 έως 6.14). Είναι σαφές, ότι για ποσοστά χρήσης μεγαλύτερα ή ίσα από 30% η αποδοτικότητα δεν είναι ικανοποιητική. Μόνο για $p=3\%$, προκύπτει $Re=100\%$ σε όλα τα σενάρια. Για ποσοστά χρήσης μεγαλύτερα από 50% η αποδοτικότητα είναι ιδιαίτερα χαμηλή, προσεγγίζοντας και μονοψήφια νούμερα, ενώ η αύξηση του όγκου δεν οδηγεί σε βελτίωση της απόδοσης του συστήματος.



Σχήμα 6.12 Αποδοτικότητα συστήματος συλλογής ομβρίων συναρτήσεως του όγκου ομβροδεξαμενής για διάφορα ποσοστά ζήτησης κάλυψης των αναγκών των 3 κατοίκων και επιφάνεια συλλογής 90 m²



Σχήμα 6.13 Αποδοτικότητα συστήματος συλλογής ομβρίων συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής για διάφορα ποσοστά ζήτησης κάλυψης των αναγκών των 4 κατοίκων και επιφάνεια συλλογής 120 m^2

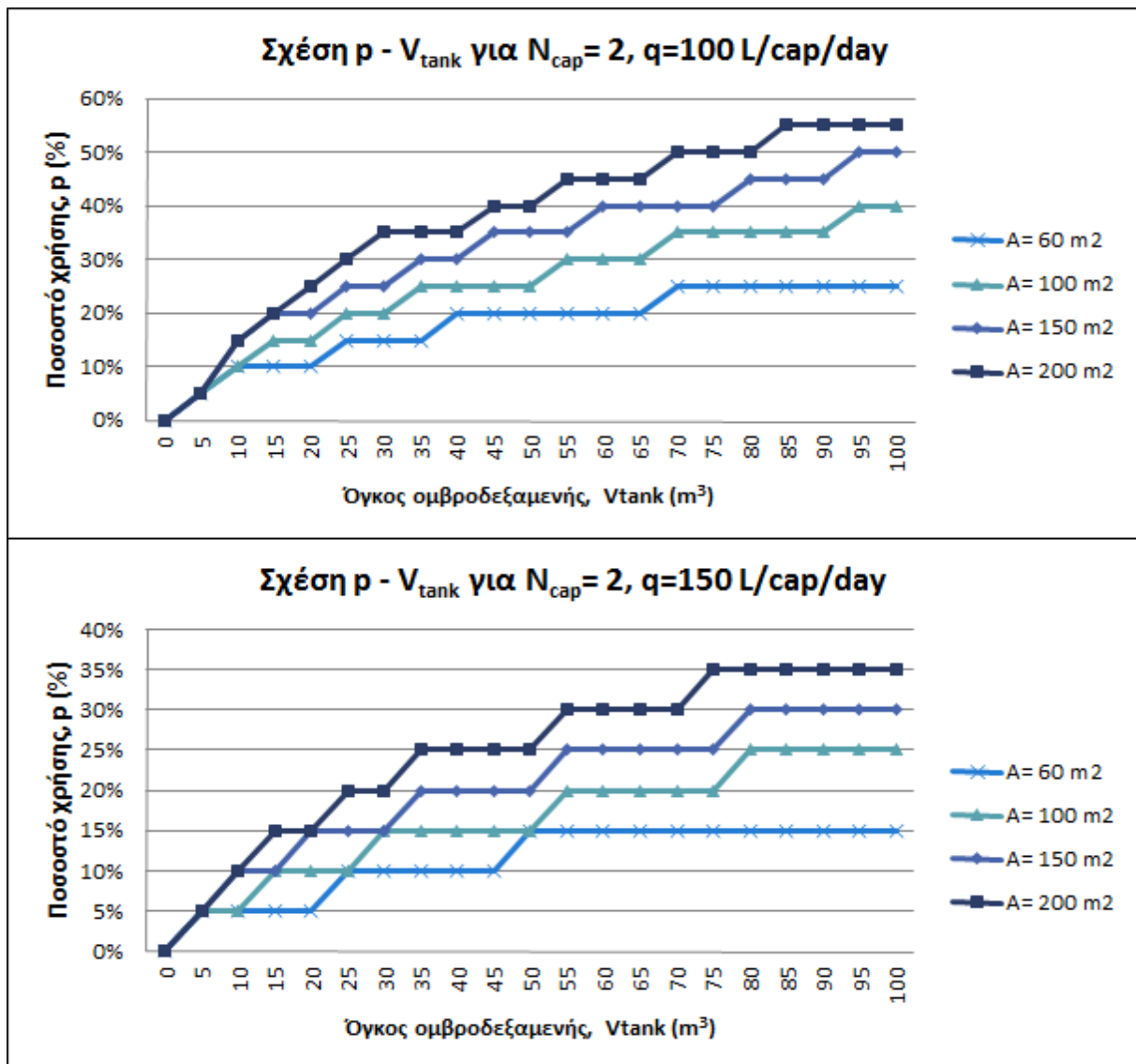


Σχήμα 6.14 Αποδοτικότητα συστήματος συλλογής ομβρίων συναρτήσεως του όγκου ομβροδεξαμενής για διάφορα ποσοστά ζήτησης κάλυψης των αναγκών των 5 κατοίκων και επιφάνεια συλλογής 150 m²

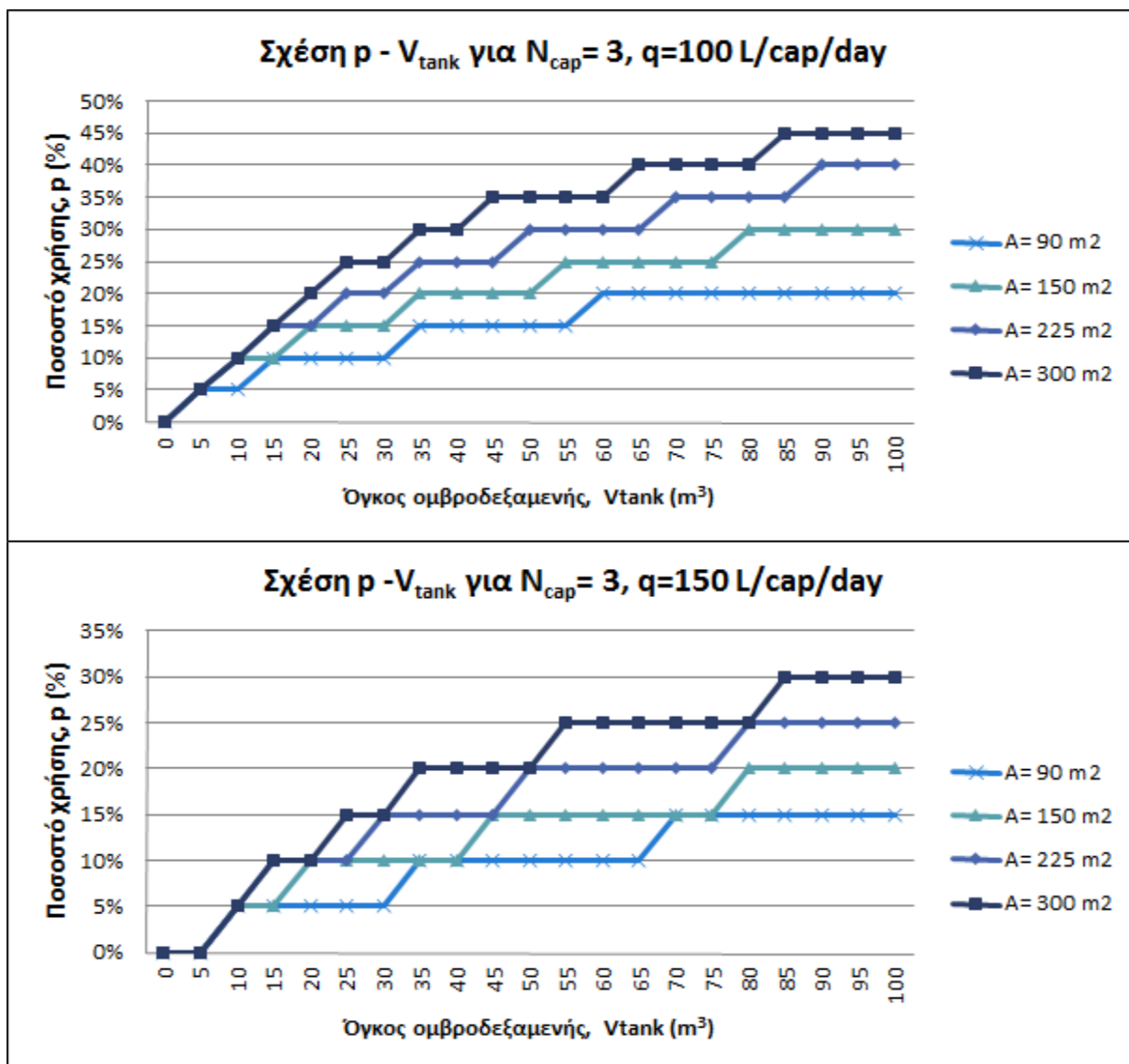
6.1.3 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής για αποδοτικότητα 100%

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η σχέση του βέλτιστου ποσοστού χρήσης συναρτήσει του όγκου της ομβροδεξαμενής, για διάφορες τιμές τις επιφάνειας συλλογής, ώστε να επιτυγχάνεται αποδοτικότητα 100%.

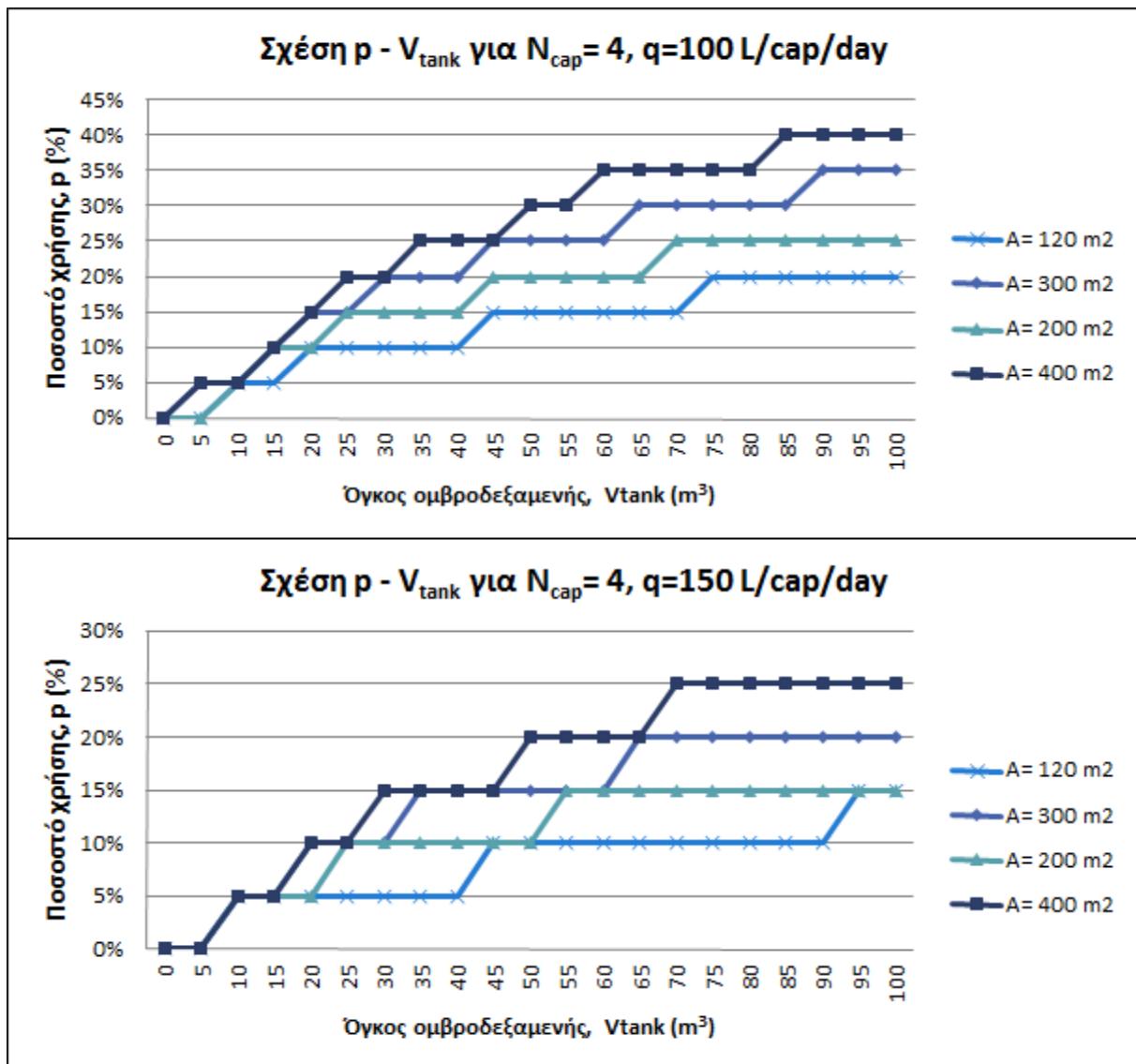
Οι τιμές του εμβαδού της επιφάνειας συλλογής A επιλέχθηκαν ώστε να αντιστοιχούν σε 30, 50, 75 και 100 m^2 /κάτοικο. Η ημερήσια κατανάλωση q κυμαίνεται από 100 έως 150 L/κάτοικο/ημέρα. Η χωρητικότητα της ομβροδεξαμενής V_{tank} επιλέχθηκε να πάρει τιμές έως 100 m^3 και θεωρείται αρχικά γεμάτη. Τα απαιτούμενα ποσοστά χρήσης p για νοικοκυριά των 2, 3, 4 και 5 κατοίκων, με αποδοτικότητα του συστήματος 100%, παρουσιάζονται στα Σχήματα 6.15 - 6.18. Όσο αυξάνεται το εμβαδό συλλογής για δεδομένο όγκο αυξάνεται το βέλτιστο ποσοστό χρήσης, στην καλύτερη περίπτωση κατά 20%. Ο διπλασιασμός του V_{tank} ή του A , δεν οδηγεί σε διπλασιασμό του βέλτιστου p . Επίσης, η αύξηση του όγκου για μικρές επιφάνειες συλλογής, δε βελτιώνει την απόδοση του συστήματος, το δε μέγιστο ποσοστό χρήσης φτάνει το 55%, για δύο εξυπηρετούμενα άτομα με επιφάνεια συλλογής 200 m^2 και όγκο δεξαμενής 100 m^3 , για ημερήσια κατανάλωση 100 L/κάτοικο/ημέρα.



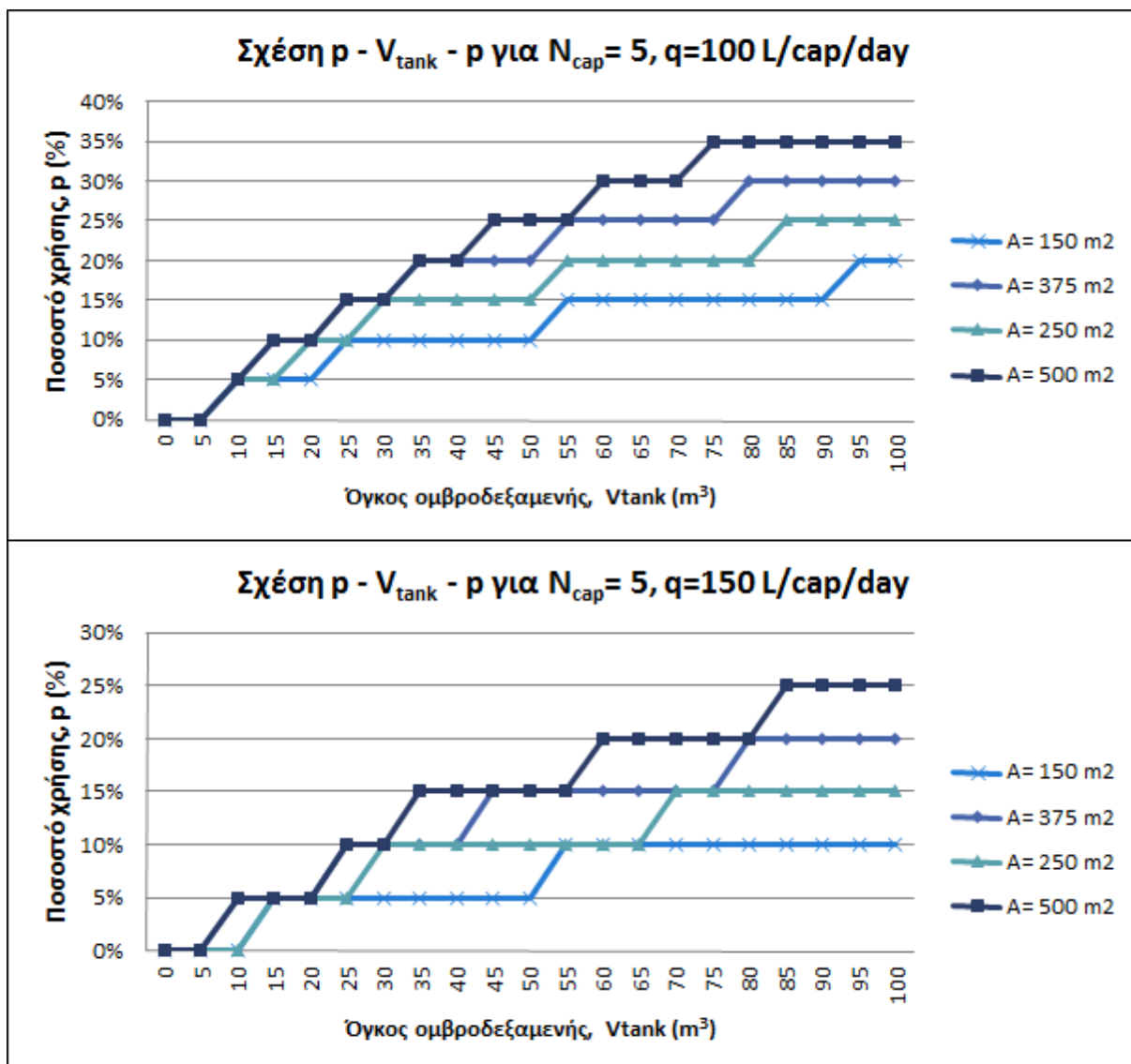
Σχήμα 6.15 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, ρ , συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της επιφάνειας συλλογής, A , και της ημερήσιας κατανάλωσης, q , για 2 εξυπηρετούμενα άτομα και αποδοτικότητα $Re=100\%$



Σχήμα 6.16 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, ρ , συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της επιφάνειας συλλογής, A , και της ημερήσιας κατανάλωσης, q , για 3 εξυπηρετούμενα άτομα και αποδοτικότητα $Re=100\%$

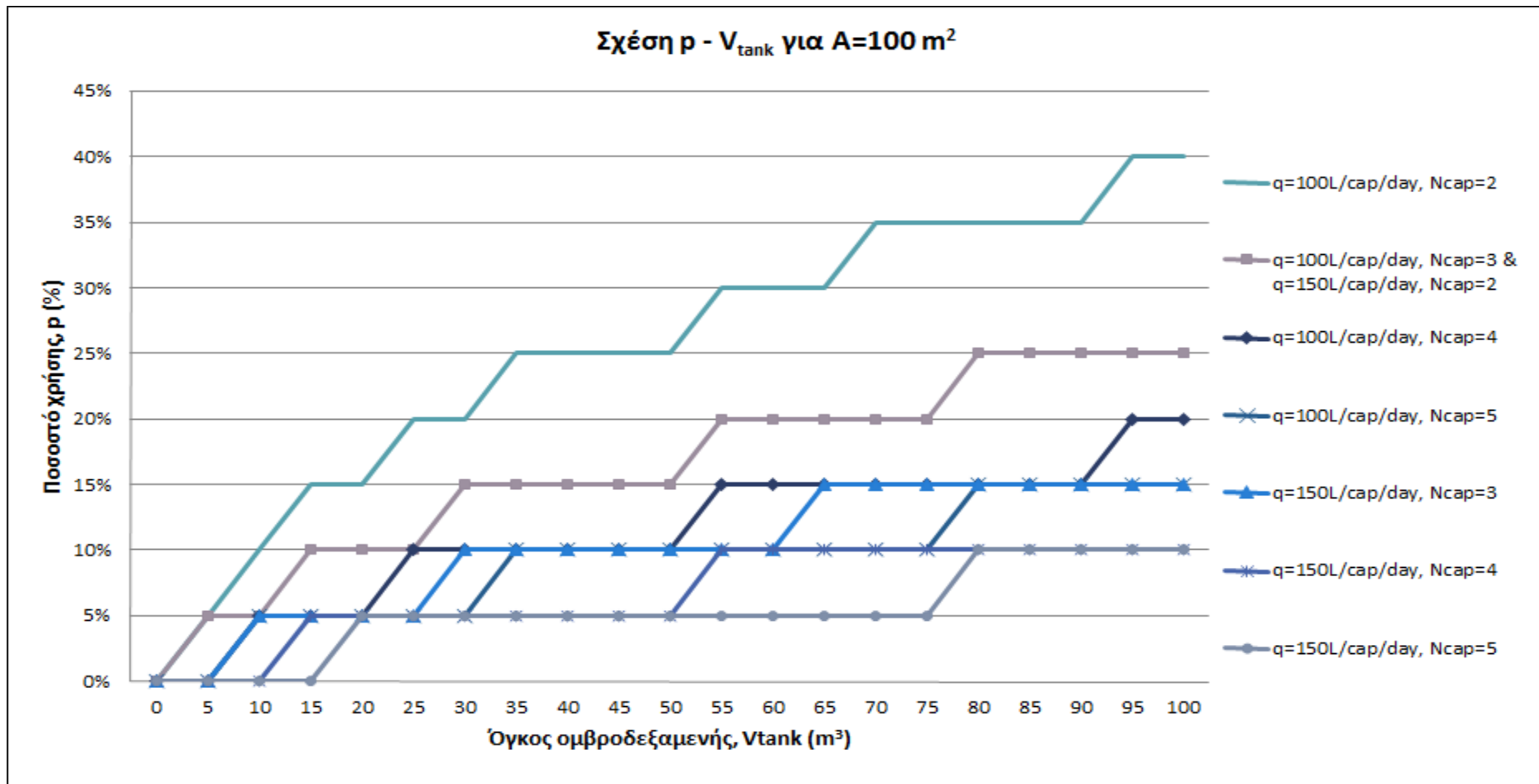


Σχήμα 6.17 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, ρ , συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της επιφάνειας συλλογής, A , και της ημερήσιας κατανάλωσης, q , για 4 εξυπηρετούμενα άτομα και αποδοτικότητα $Re=100\%$

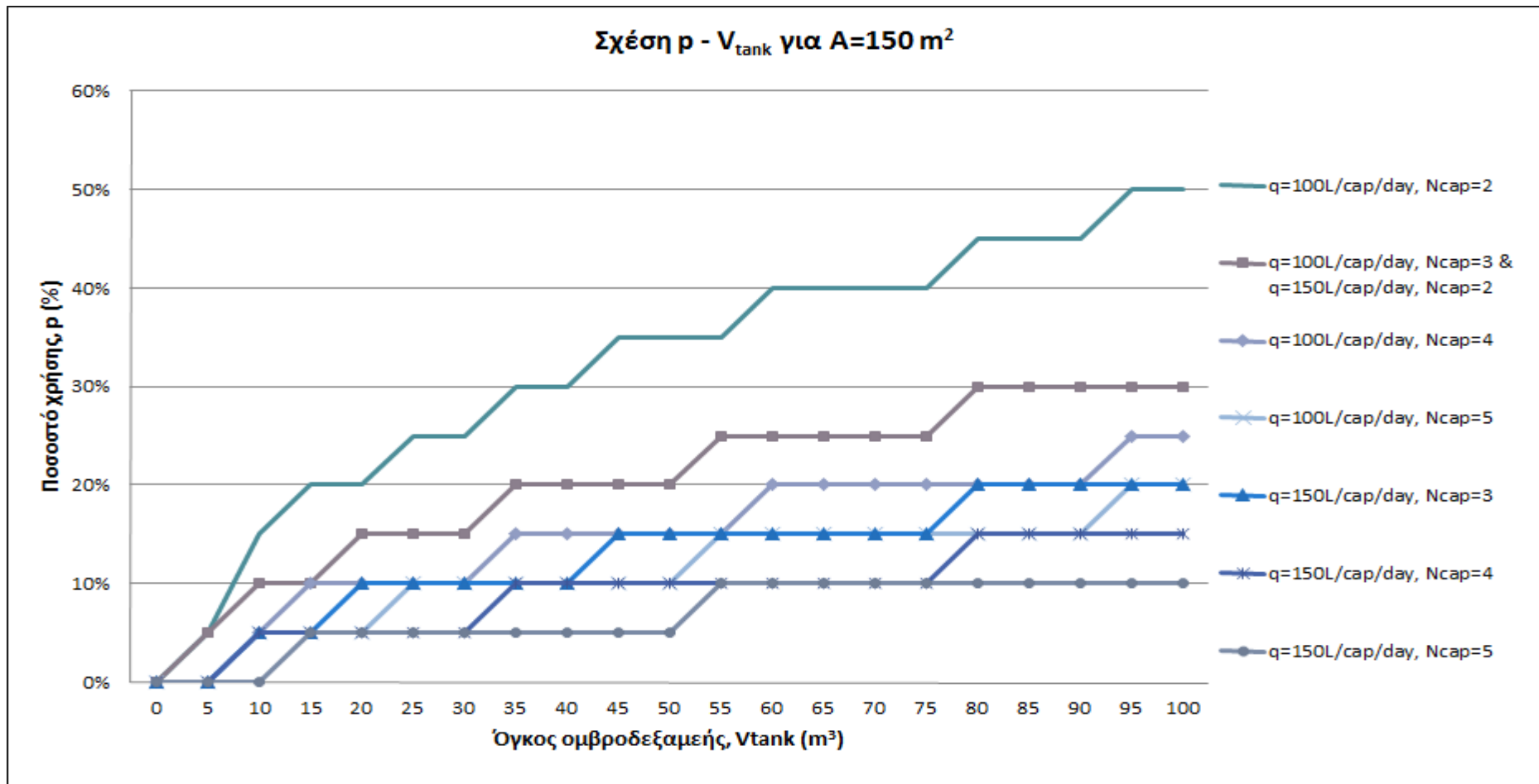


Σχήμα 6.18 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, ρ , συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της επιφάνειας συλλογής, A , και της ημερήσιας κατανάλωσης, q , για 5 εξυπηρετούμενα άτομα και αποδοτικότητα $Re=100\%$

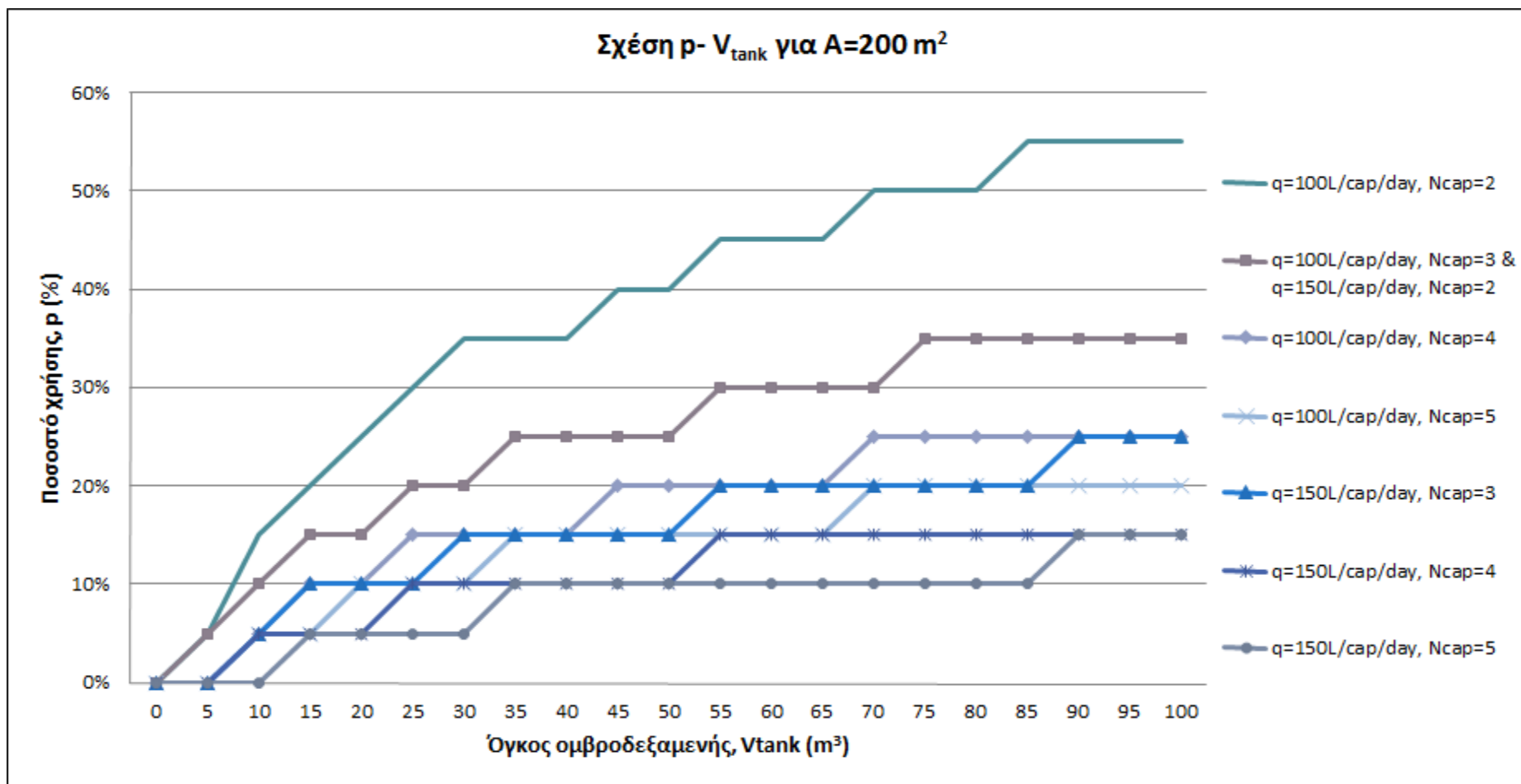
Για δεδομένες και ρεαλιστικές επιφάνειες συλλογής 100, 150 και 200 m², το βέλτιστο ποσοστό χρήσης σε σχέση με τη χωρητικότητα της ομβροδεξαμενής δίνεται στα διαγράμματα που ακολουθούν (Σχήματα 6.19 έως 6.22).



Σχήμα 6.19 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, ρ , συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της ημερήσιας κατανάλωσης, q , και των εξυπηρετούμενων ατόμων, N_{cap} , για επιφάνεια συλλογής $A=100 \text{ m}^2$ και αποδοτικότητα $Re=100\%$



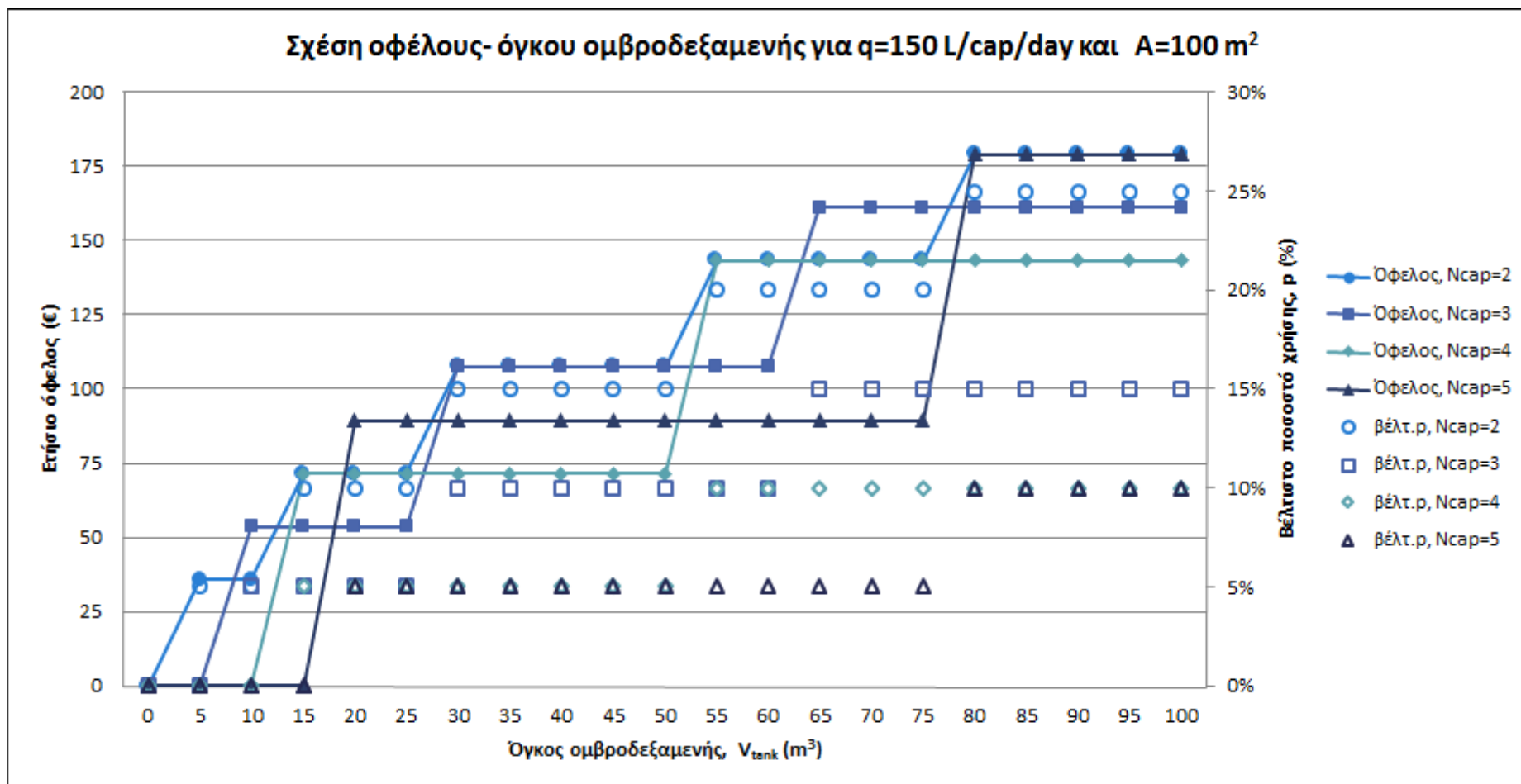
Σχήμα 6.20 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, ρ , συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της ημερήσιας κατανάλωσης, q , και των εξυπηρετούμενων ατόμων, N_{cap} , για επιφάνεια συλλογής $A=150 \text{ m}^2$ και αποδοτικότητα $Re=100\%$



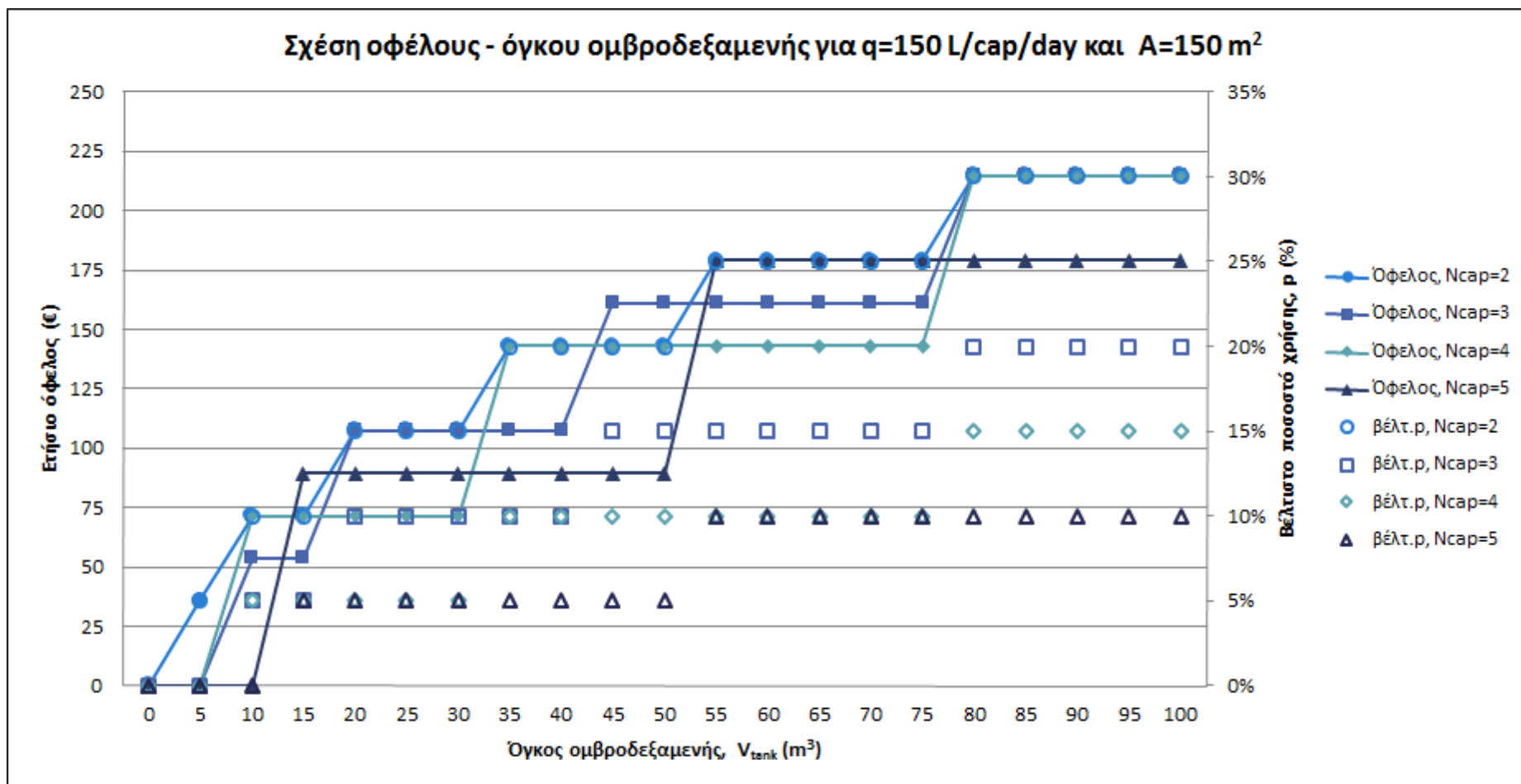
Σχήμα 6.21 Βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού, ρ , συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , της ημερήσιας κατανάλωσης, q , και των εξυπηρετούμενων ατόμων, N_{cap} , για επιφάνειας συλλογής $A=200 \text{ m}^2$ και αποδοτικότητα $Re=100\%$

6.1.4 Χρηματικό όφελος καταναλωτή συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής για αποδοτικότητα 100%

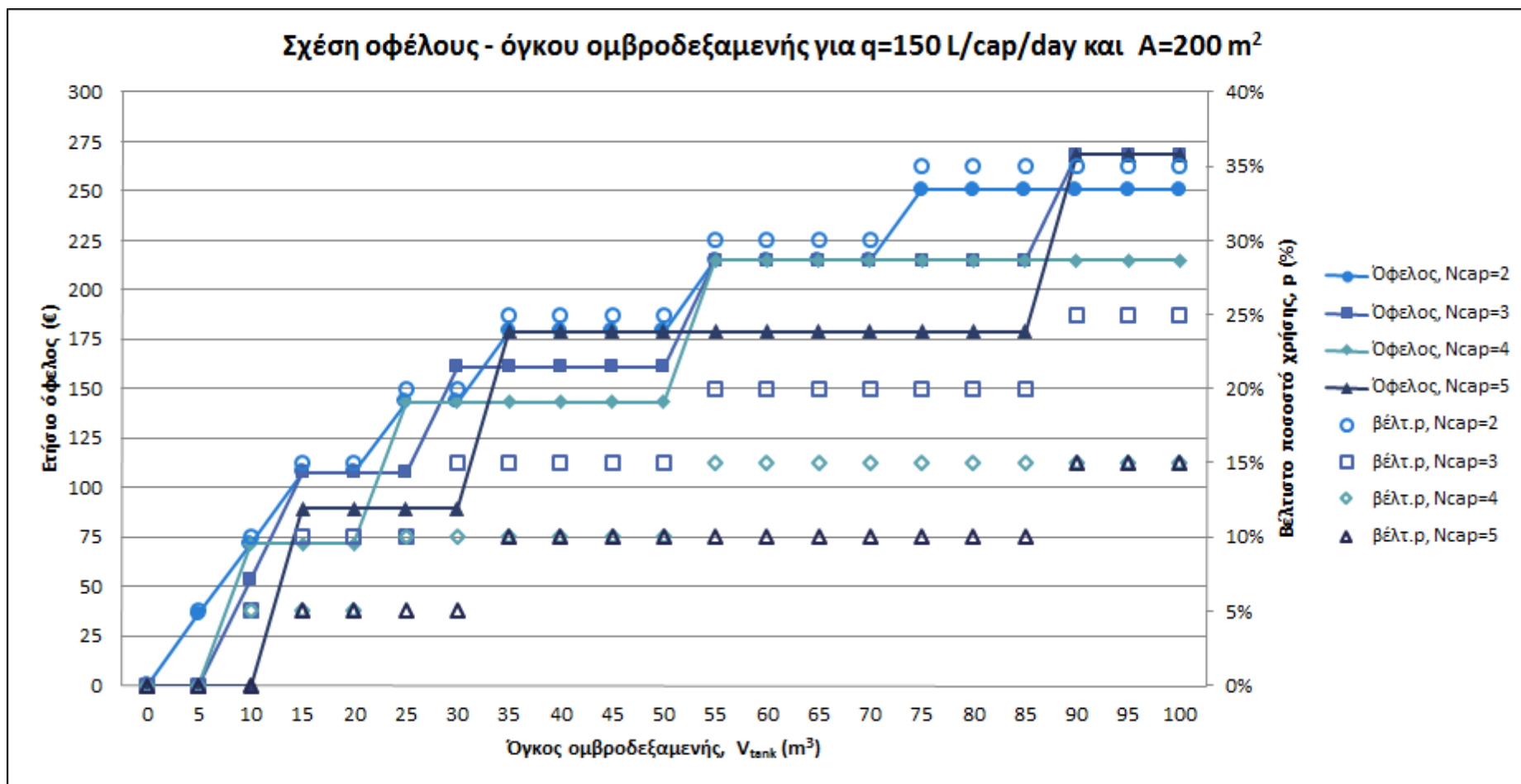
Η σχέση ετήσιου οφέλους νοικοκυριού και όγκου ομβροδεξαμενής, με βάση τα παραπάνω βελτιστοποιημένα ποσοστά χρήσης (Σχήματα 6.19 - 6.21), για μία μέση τιμή ημερήσιας κατανάλωσης $q=150$ L/κάτοικο/ημέρα και διάφορες τιμές της επιφάνειας συλλογής ομβρίων, παρουσιάζονται στα Σχήματα 6.22 έως 6.24. Για ομβροδεξαμενές μεγαλύτερες των 50 m^3 το όφελος στην πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι μεγαλύτερο των 100 €.



Σχήμα 6.22 Σχέση οφέλους συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , των βέλτιστων ποσοστών χρήσης, ρ , και των εξυπηρετούμενων ατόμων, N_{cap} , για επιφάνεια συλλογής $A=100 \text{ m}^2$ και αποδοτικότητα $Re=100\%$



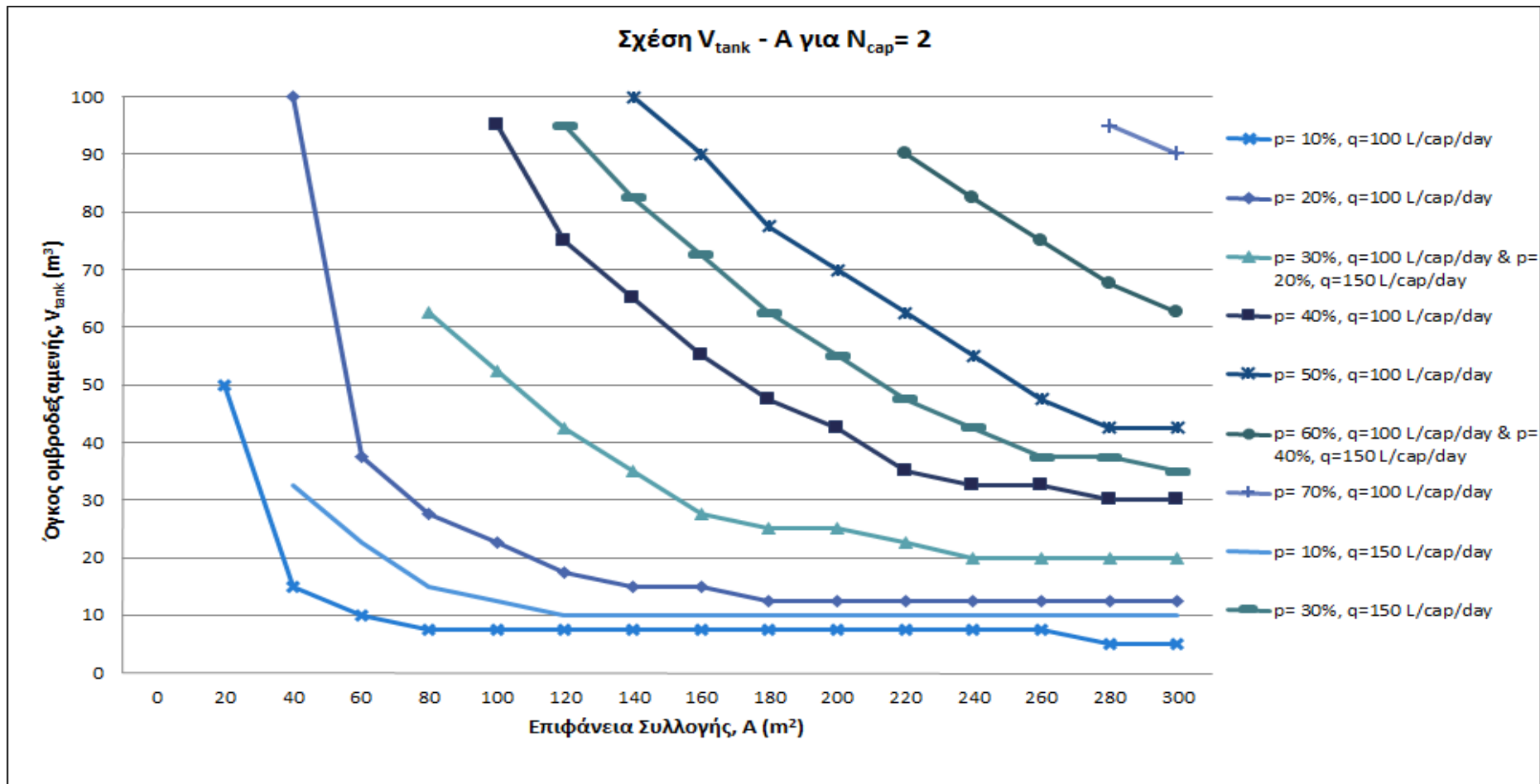
Σχήμα 6.23 Σχέση οφέλους συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , των βέλτιστων ποσοστών χρήσης, ρ , και των εξυπηρετούμενων ατόμων, N_{cap} , για επιφάνεια συλλογής $A=150 \text{ m}^2$ και αποδοτικότητα $Re=100\%$



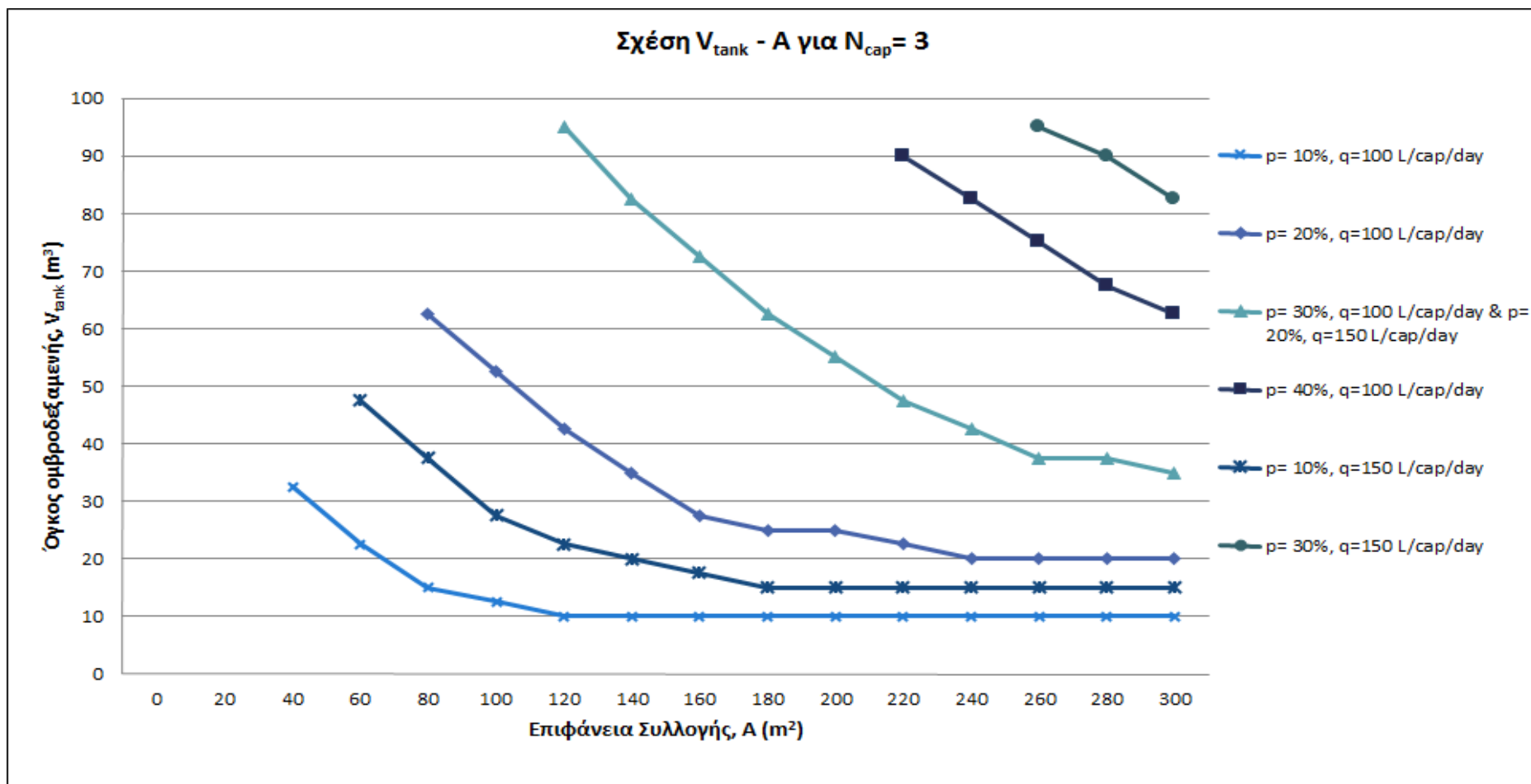
Σχήμα 6.24 Σχέση οφέλους συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, V_{tank} , των βέλτιστων ποσοστών χρήσης, ρ , και των εξυπηρετούμενων ατόμων, N_{cap} , για επιφάνεια συλλογής $A=200 \text{ m}^2$ και αποδοτικότητα $Re=100\%$

6.1.5 Όγκος ομβροδεξαμενής συναρτήσει επιφάνειας συλλογής ομβρίων για αποδοτικότητα 100%

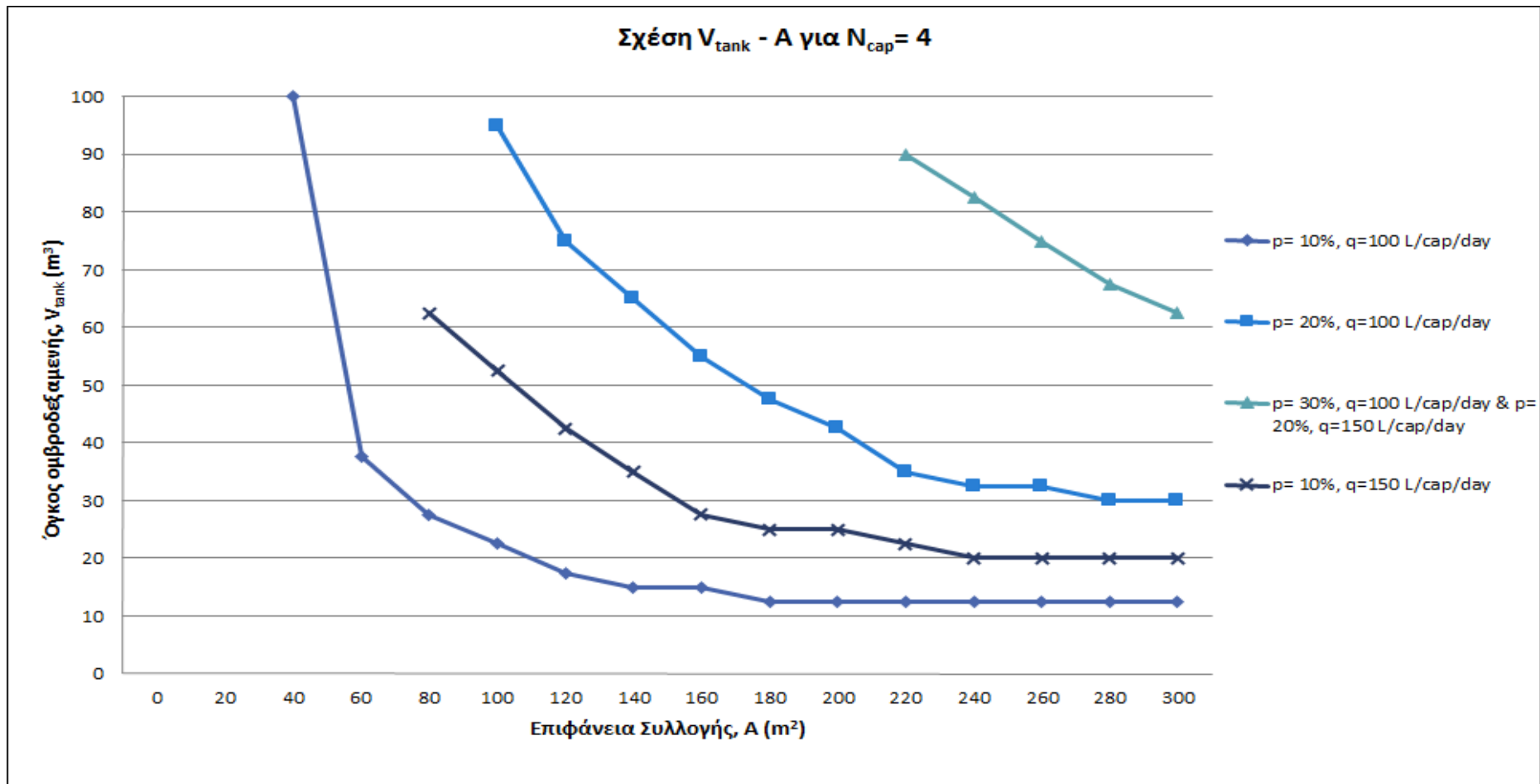
Στα σχήματα που ακολουθούν (Σχήματα 6.25 - 6.28), παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ του όγκου ομβροδεξαμενής και της επιφάνειας συλλογής ομβρίων για αποδοτικότητα του συστήματος 100%, για δεδομένο αριθμό εξυπηρετούμενων κατοίκων, ημερήσια κατανάλωση και ποσοστό χρήσης. Συγκεκριμένα, η επιφάνεια συλλογής εξετάζεται με βήμα 20 m², το ποσοστό χρήσης ανά 10% και επιλέχθηκαν ημερήσιες καταναλώσεις 100 και 150 L/κάτοικο/ημέρα. Οι τιμές του απαιτούμενου όγκου, προσαρμόζονται ώστε να λαμβάνουν τιμές πολλαπλάσια του 2,5 m³ (στρογγυλοποιούνται προς τον αμέσως μεγαλύτερο όγκο). Η ομβροδεξαμενή, θεωρείται αρχικά γεμάτη. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων για το βέλτιστο ποσοστό χρήσης αυξάνεται όσο μειώνεται το βήμα υπολογισμού, ώστε να διερευνηθούν και ενδιάμεσες τιμές του.



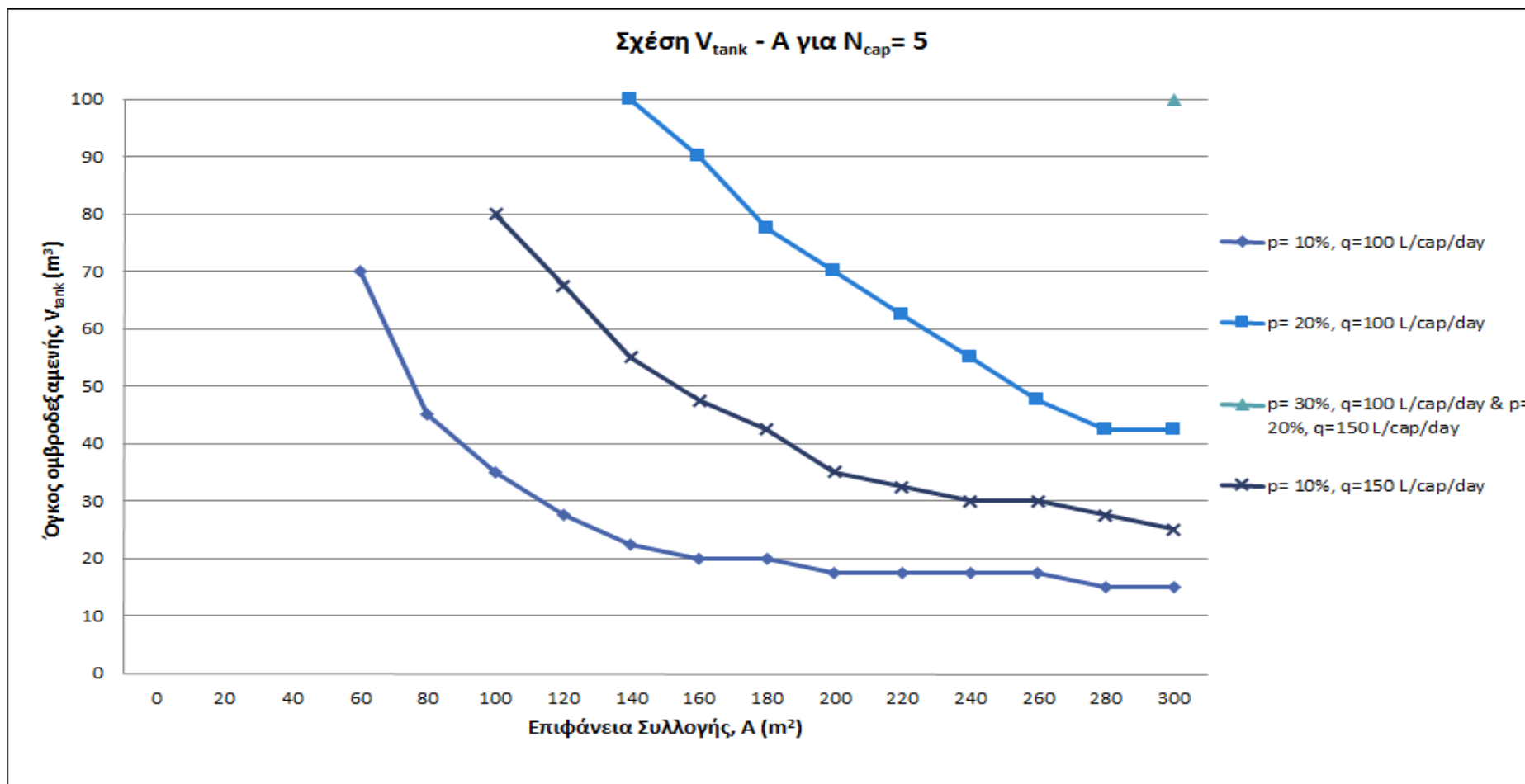
Σχήμα 6.25 Όγκος ομβροδεξαμενής, V_{tank} , σε σχέση με την επιφάνεια απορροής, A , την ημερήσια κατανάλωση, q , και το ποσοστό χρήσης, ρ , για δύο εξυπηρετούμενα άτομα, $N_{\text{cap}}=2$, και αποδοτικότητα $Re=100\%$



Σχήμα 6.26 Όγκος ομβροδεξαμενής, V_{tank} , σε σχέση με την επιφάνεια απορροής, A, την ημερήσια κατανάλωση, q, και το ποσοστό χρήσης, p, για τρία εξυπηρετούμενα άτομα, $N_{\text{cap}}=3$, και αποδοτικότητα $Re=100\%$



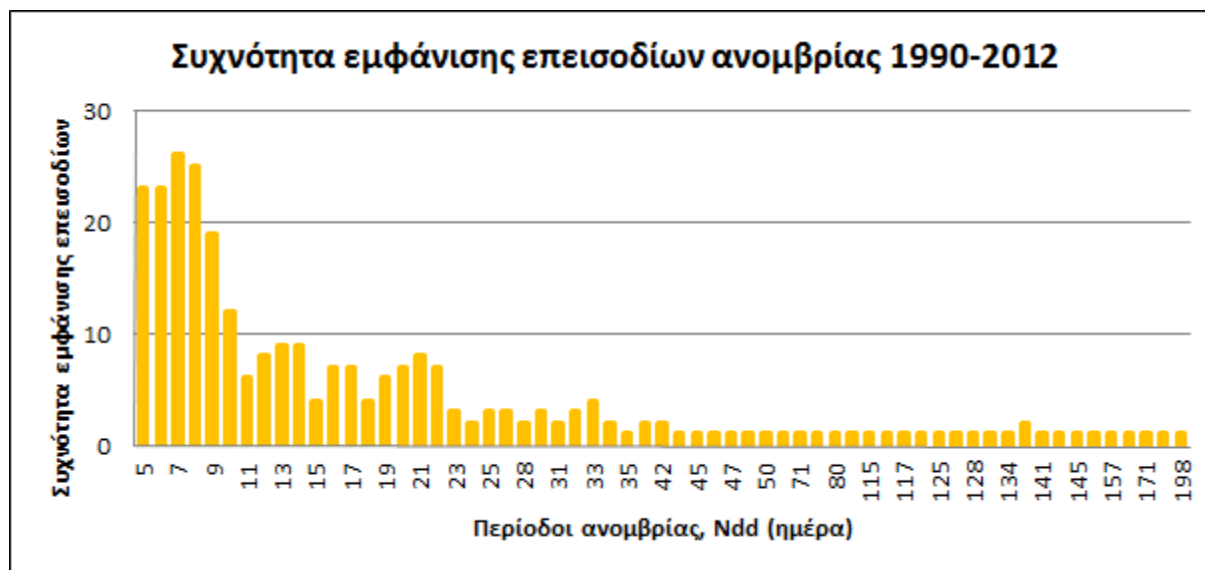
Σχήμα 6.27 Όγκος ομβροδεξαμενής, V_{tank} , σε σχέση με την επιφάνεια απορροής, A , την ημερήσια κατανάλωση, q , και το ποσοστό χρήσης, p , για τέσσερα εξυπηρετούμενα άτομα, $N_{\text{cap}}=4$, και αποδοτικότητα $Re=100\%$



Σχήμα 6.28 Όγκος ομβροδεξαμενής, V_{tank} , σε σχέση με την επιφάνεια απορροής, A , την ημερήσια κατανάλωση, q , και το ποσοστό χρήσης, p , για πέντε εξυπηρετούμενα άτομα, $N_{\text{cap}}=5$, και αποδοτικότητα $Re=100\%$

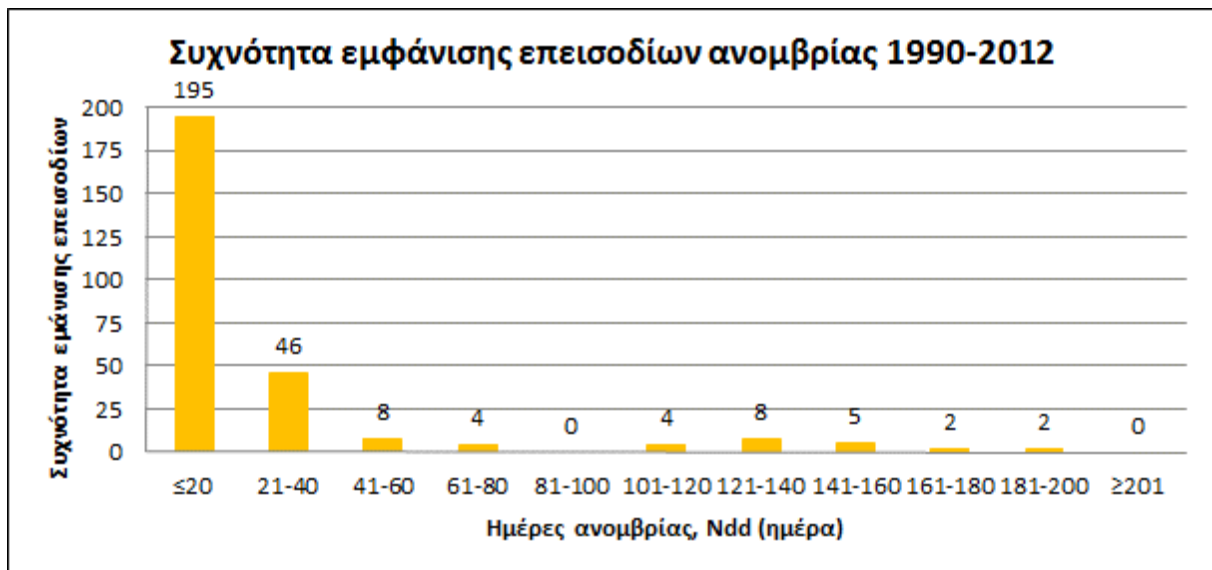
6.2 Διαστασιολόγηση ομβροδεξαμενής με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου και εκτίμηση της αποδοτικότητας

Στη Θήρα, από τα βροχομετρικά δεδομένα των 22 ετών μελέτης (1990- 2012) καταγράφονται 274 επεισόδια άνομβρίας, με ελάχιστη περίοδο αυτή των 5 ημερών. Το μεγαλύτερο εξ αυτών, έχει διάρκεια 198 ημερών και καλύπτει την περίοδο 17-03-1991 έως 30-09-1991 του υδρολογικού έτους 1990-1991. Καθ' όλα τα υδρολογικά έτη εμφανίζονται μεγάλες περίοδοι χωρίς βροχόπτωση και αφορούν κυρίως στους καλοκαιρινούς μήνες. Στο Σχήμα 6.29 παρουσιάζεται η συχνότητα εμφάνισης άνομβρων επεισοδίων σε σχέση με τη διάρκειά τους.



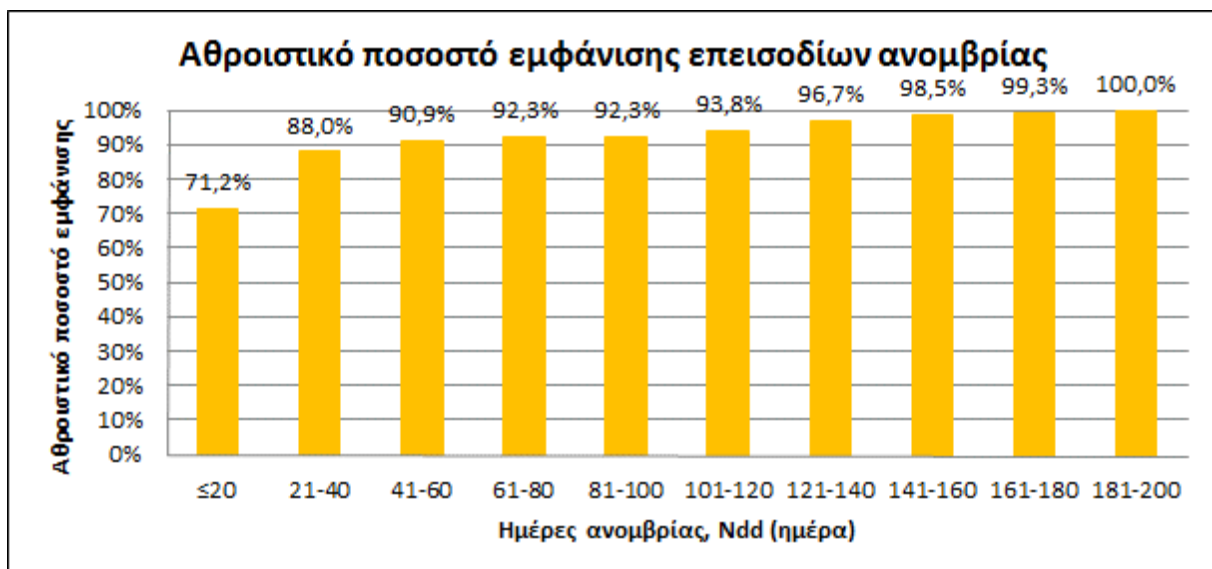
Σχήμα 6.29 Συχνότητα εμφάνισης επεισοδίων άνομβρίας (αριθμός επεισοδίων) της νήσου Θήρας για τα υδρολογικά έτη 1990-91 έως 2011-12

Επίσης, ομαδοποιώντας τα επιμέρους επεισόδια ανά 20 ημέρες προκύπτουν τα Σχήματα 6.30 και 6.31.



Σχήμα 6.30 Συχνότητα εμφάνισης ομαδοποιημένων περιόδων ανομβρίας (αριθμός επεισοδίων) της νήσου Θήρας για τα υδρολογικά έτη 1990-91 έως 2011-12

Η πλειοψηφία των άνομβρων περιόδων αναφέρεται σε επεισόδια κάτω των 20 ημερών, με το ποσοστό τους να κυμαίνεται στο 71,2%. Τα επεισόδια με διάρκεια μεγαλύτερη των 100 ημερών καταλαμβάνουν μόλις το ποσοστό του 7,7%, όμως αναφέρονται στις καλοκαιρινές περιόδους, η οποία χαρακτηρίζεται από ελλιπή βροχόπτωση και μεγάλη ζήτηση (Σχήμα 6.31).



Σχήμα 6.31 Αθροιστικό ποσοστό εμφάνισης ομαδοποιημένων επεισοδίων ανομβρίας της νήσου Θήρας για τα υδρολογικά έτη 1990-91 έως 2011-12

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, χρησιμοποιήθηκε η μέγιστη άνομβρη περίοδος ($N_{dd,max}$) για την εκτίμηση του απαιτούμενου όγκου ομβροδεξαμενής από τη σχέση (4.11), όπου $V_{tank,dd} = N_{dd,max} \cdot N_{cap} \cdot q \cdot \left(\frac{p}{100}\right)$, λαμβάνοντας υπόψη τα άτομα που εξυπηρετεί κάθε νοικοκυριό (N_{cap}), το ποσοστό χρήσης του συστήματος (p) και την ημερήσια κατανάλωση ανά άτομο (q).

Για ημερήσια κατανάλωση q από 100 έως 300 L/κάτοικο/ημέρα και ποσοστό χρήσης p από 10% έως 100%, υπολογίστηκαν οι απαιτούμενοι όγκοι ομβροδεξαμενής $V_{\text{tank,dd}}$ ανάλογα με τον αριθμό των εξυπηρετούμενων ατόμων N_{cap} και παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.7.

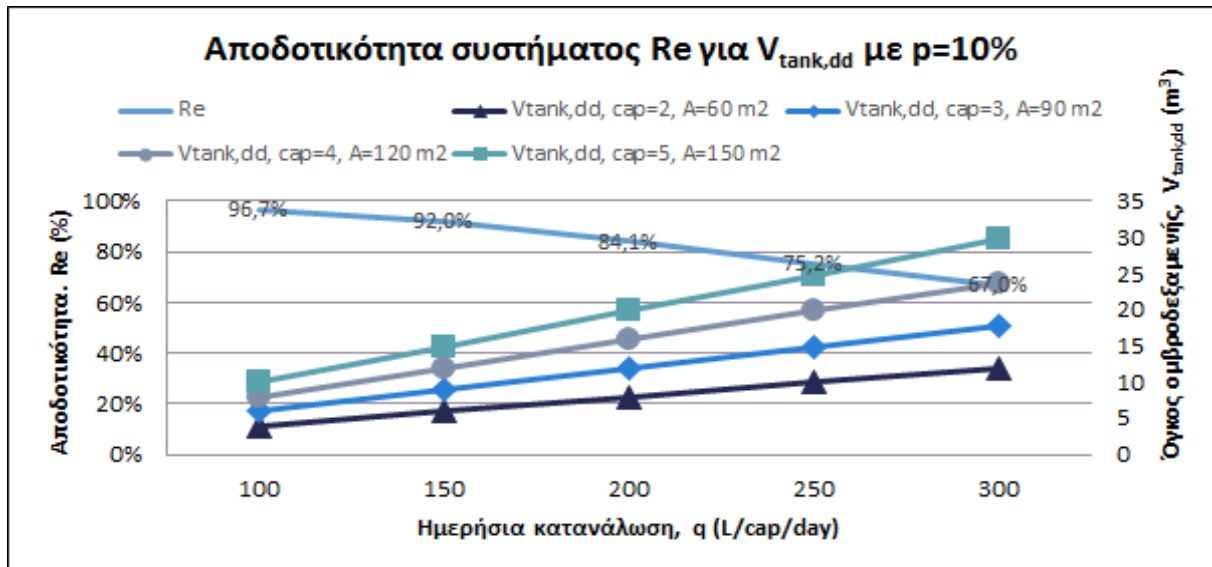
Πίνακας 6.7 Απαιτούμενος όγκος ομβροδεξαμενής, $V_{\text{tank,dd}}$, με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου, για διάφορα ποσοστά χρήσης βρόχινου νερού, ημερήσιες καταναλώσεις και εξυπηρετούμενα άτομα, για 198 ημέρες άνομβρη περίοδο

N_{cap}	p (%)	$V_{\text{tank,dd}}$ (m ³)				
		$q=100$ (L/cap/day)	$q=150$ (L/cap/day)	$q=200$ (L/cap/day)	$q=250$ (L/cap/day)	$q=300$ (L/cap/day)
2	10	3,96	5,94	7,92	9,90	11,88
3		5,94	8,91	11,88	14,85	17,82
4		7,92	11,88	15,84	19,80	23,76
5		9,90	14,85	19,80	24,75	29,70
2	30	11,88	17,82	23,76	29,70	35,64
3		17,82	26,73	35,64	44,55	53,46
4		23,76	35,64	47,52	59,40	71,28
5		29,70	44,55	59,40	74,25	89,10
2	50	19,80	29,70	39,60	49,50	59,40
3		29,70	44,55	59,40	74,25	89,1
4		39,60	59,40	79,20	99,00	118,80
5		49,50	74,25	99,00	123,75	148,50
2	100	39,60	59,40	79,20	99,00	118,8
3		59,40	89,10	118,80	148,5	178,20
4		79,20	118,80	158,40	198,00	237,60
5		99,00	148,50	198,00	247,50	297,00

Όπως είναι αναμενόμενο, οι όγκοι αυξάνονται όταν αυξάνονται τα εξυπηρετούμενα άτομα, ή/και η ημερήσια κατανάλωση, ή/και το ποσοστό χρήσης του συστήματος όμβριων.

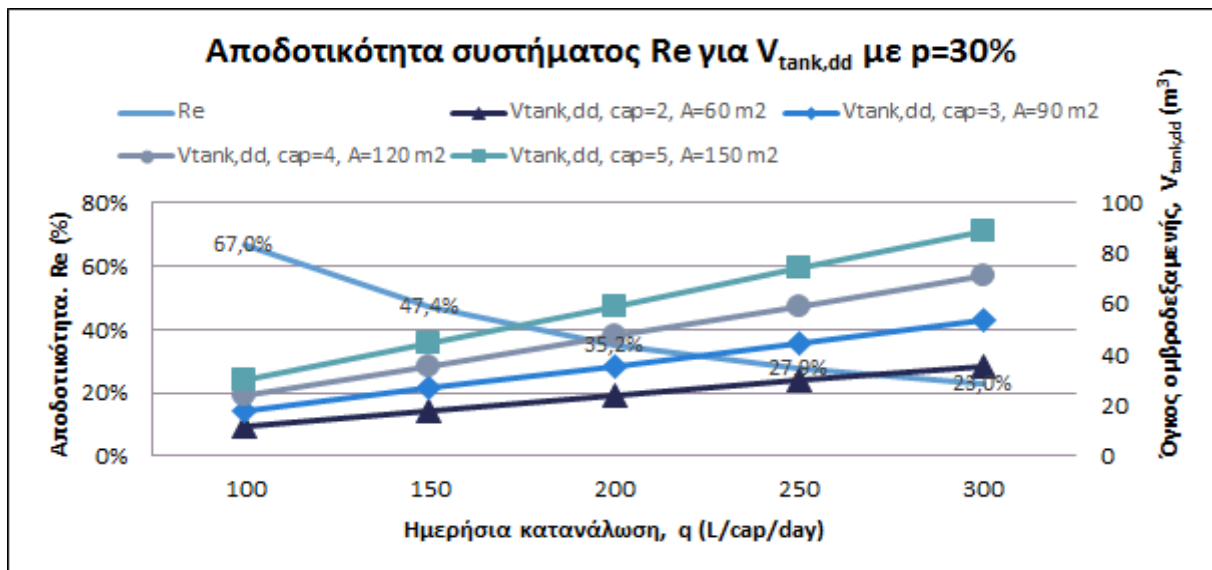
Με δεδομένους τους όγκους που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου, $V_{\text{tank,dd}}$ και χρησιμοποιώντας τους ως όγκους αναφοράς, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου και υπολογίστηκε η αποδοτικότητα του συστήματος για τους όγκους αυτούς. Ως αρχικός όγκος, επιλέχθηκε γεμάτη δεξαμενή. Όπως φαίνεται και

στα επόμενα σχήματα (Σχήματα 6.32 έως 6.35), η αποδοτικότητα κυμαίνεται από 96,7% έως 67% για ποσοστό χρήσης $p=10\%$ και για καταναλώσεις από 100 έως 300 L/κάτοικο/ημέρα αντίστοιχα, ενώ για ποσοστό χρήσης 100% μειώνεται δραματικά, σε ποσοστά από 20,4% έως 6% για τις ίδιες καταναλώσεις. Για ίδια ημερήσια κατανάλωση, q και για τα τέσσερα σενάρια μελέτης (ανεξαρτήτου του όγκου ομβροδεξαμενής που υπολογίστηκε με τη μέθοδο της μέγιστης περιόδου ανομβρίας), η αποδοτικότητα του συστήματος ήταν ίδιο.



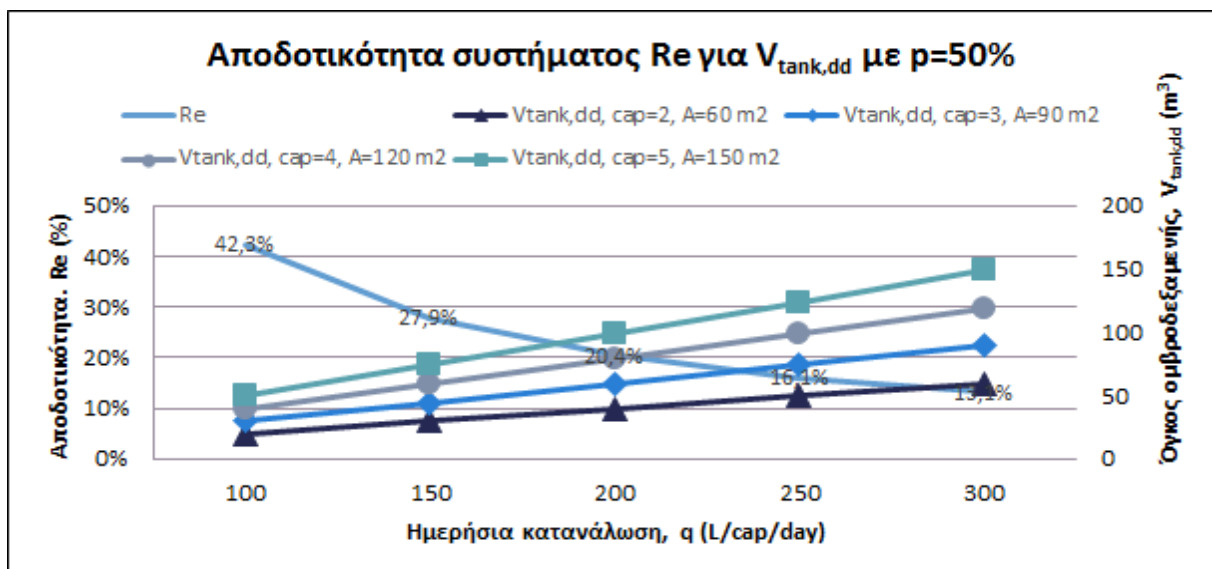
Σχήμα 6.32 Αποδοτικότητα συστήματος συναρτήσει της ημερήσιας κατανάλωσης για όγκο ομβροδεξαμενής υπολογισμένο με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου $V_{\text{tank,dd}}$ και ποσοστό χρήσης $p=10\%$ για τα τέσσερα σενάρια μελέτης

Για ποσοστά χρήσης κοντά στο 30%, η αποδοτικότητα δεν είναι ικανοποιητική. Μόνο για μικρές ημερήσιες καταναλώσεις, της τάξης των 100 L/κάτοικο/ημέρα, η αποδοτικότητα προσεγγίζει το 67%. Για μεγαλύτερα q , μειώνεται κάτω από το 50% (Σχήμα 6.33).



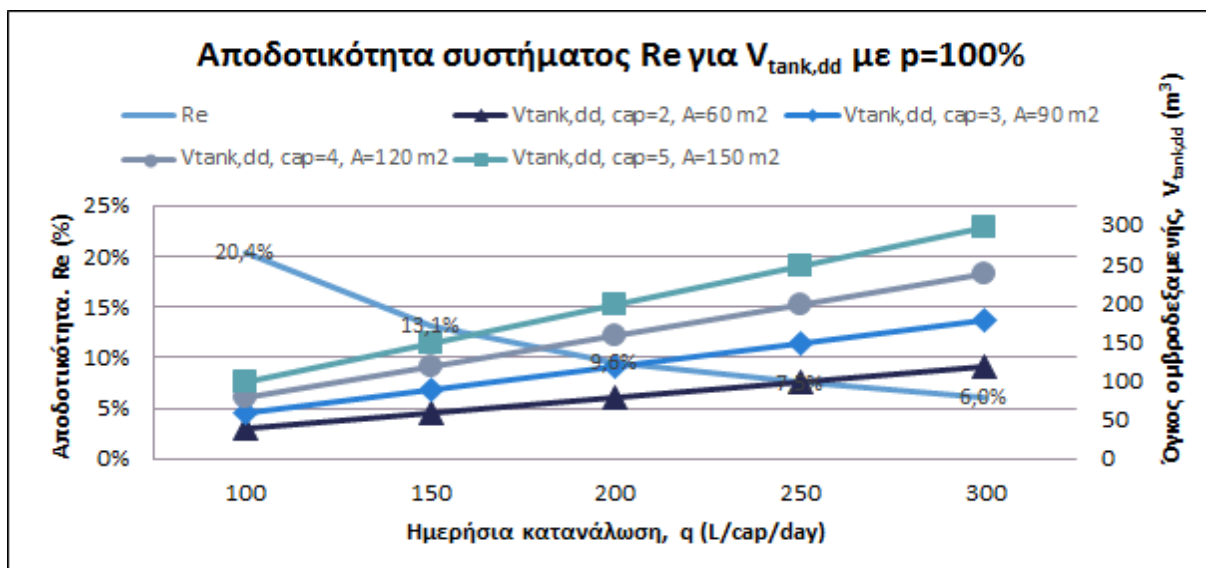
Σχήμα 6.33 Αποδοτικότητα συστήματος συναρτήσει της ημερήσιας κατανάλωσης για όγκο ομβροδεξαμενής υπολογισμένο με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου $V_{\text{tank,dd}}$ και ποσοστό χρήσης $p=30\%$ για τα τέσσερα σενάρια μελέτης

Για $p=50\%$ για καμία ημερήσια κατανάλωση, η αποδοτικότητα δεν είναι ικανοποιητική (Σχήμα 6.34). Στην καλύτερη περίπτωση προσεγγίζει το 42,3%.



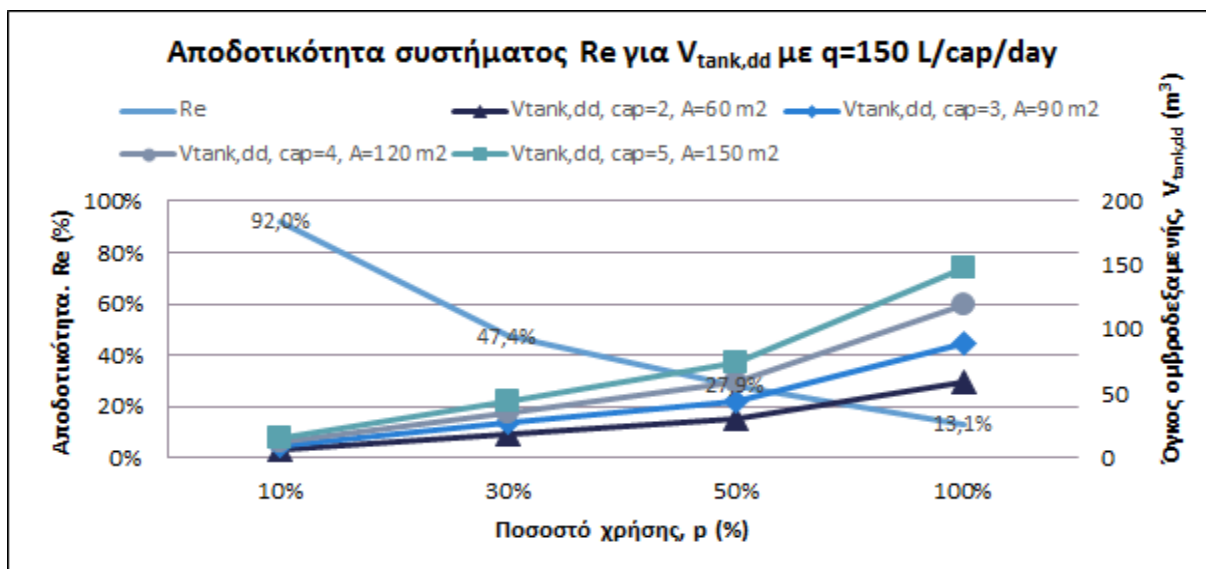
Σχήμα 6.34 Αποδοτικότητα συστήματος συναρτήσει της ημερήσιας κατανάλωσης για όγκο ομβροδεξαμενής υπολογισμένο με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου $V_{\text{tank,dd}}$ και ποσοστό χρήσης $p=50\%$ για τα τέσσερα σενάρια μελέτης

Στην περίπτωση που απαιτηθεί το σύστημα να καλύψει πλήρως τις υδρευτικές ανάγκες του νοικοκυριού, η αποδοτικότητα, όπως είναι αναμενόμενο, είναι ιδιαίτερως χαμηλά για όλες τις εξεταζόμενες περιπτώσεις. Είναι χαρακτηριστικό το ποσοστό $Re=6\%$, για $q=300$ L/κάτοικο/ημέρα (Σχήμα 6.35).



Σχήμα 6.35 Αποδοτικότητα συστήματος συναρτήσει της ημερήσιας κατανάλωσης για όγκο ομβροδεξαμενής υπολογισμένο με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου $V_{\text{tank,dd}}$ και ποσοστό χρήσης $p=100\%$ για τα τέσσερα σενάρια μελέτης

Επίσης, διερευνήθηκε και η αποδοτικότητα του συστήματος σε σχέση με το ποσοστό χρήσης, για μία μέση τιμή ημερήσιας κατανάλωσης $q=150$ L/κάτοικο/ημέρα και τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.36. Αυξάνοντας το ποσοστό χρήσης του βρόχινου νερού από 10% σε 100%, το σύστημα χάνει το 78,9% της αποδοτικότητας του, πέφτοντας από το 92,0% στο 13,1%.



Σχήμα 6.36 Αποδοτικότητα συστήματος συναρτήσει του ποσοστού χρήσης για όγκο ομβροδεξαμενής υπολογισμένο με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου $V_{\text{tank,dd}}$ και ημερήσια κατανάλωση $q=150$ L/cap/day για τα τέσσερα σενάρια μελέτης

7 Συμπεράσματα

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης αποτέλεσε η διερεύνηση της αποδοτικότητας συστήματος συλλογής όμβριων υδάτων για αστική χρήση στο νησί της Θήρας, το οποίο υδρεύεται κυρίως από γεωτρήσεις και μονάδες αφαλάτωσης. Για το σκοπό αυτό, εφαρμόστηκαν δύο μέθοδοι διαστασιολόγησης ομβροδεξαμενών, η μέθοδος του ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου και η μέθοδος της μέγιστης άνομβρης περιόδου, με βροχομετρικά δεδομένα 22 υδρολογικών ετών.

Στο πλαίσιο αυτό, πραγματοποιήθηκε εκτενής συλλογή δεδομένων, γεωλογικών, κλιματικών, πληθυσμιακών κλπ., ώστε να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά και οι ιδιαιτερότητες της περιοχής. Έτσι, διαμορφώθηκαν τέσσερα βασικά σενάρια μελέτης, τα οποία ανταποκρίνονται καλύτερα στα δημογραφικά και πολεοδομικά δεδομένα της Σαντορίνης. Τα τέσσερα σενάρια, αφορούν σε νοικοκυριά που αποτελούνται από δύο, τρία, τέσσερα ή πέντε μέλη, με την παραδοχή ότι σε κάθε μέλος αντιστοιχούν 30 m² επιφάνεια συλλογής ομβρίων. Στο πρώτο σενάριο εξετάζεται διμελές νοικοκυριό με επιφάνεια συλλογής 60 m², στο δεύτερο τριμελές με 90 m², στο τέταρτο τετραμελές νοικοκυριό με 120 m² και στο πέμπτο πενταμελές με επιφάνεια συλλογής 150 m².

Πιο αναλυτικά, στα τέσσερα βασικά σενάρια, εξετάστηκε η κάλυψη των οικιακών αναγκών ύδρευσης των νοικοκυριών από το σύστημα ομβρίων, για διάφορα ποσοστά χρήσης (3 έως 100%), και με ημερήσια κατανάλωση 100, 150 και 200 L/κάτοικο/ημέρα. Οι όγκοι ομβροδεξαμενής που μελετήθηκαν κυμαίνονται από 5 έως 50 m³, χωρητικότητες συνήθεις στο νησί, αφού υπόγειες δεξαμενές από οπλισμένο σκυρόδεμα 50 m³ συναντώνται πολύ συχνά. Θεωρήθηκε ότι η δεξαμενή στην αρχή της χρήσης της είναι γεμάτη με νερό. Επίσης, υπολογίστηκε το χρηματικό όφελος που προκύπτει για το νοικοκυριό, από τη χρήση του συστήματος συλλογής ομβρίων.

Διαπιστώθηκε ότι η αποδοτικότητα του συστήματος αυξάνεται όταν μειώνεται η ζήτηση ή όταν αυξάνεται ο όγκος της ομβροδεξαμενής για δεδομένη επιφάνεια συλλογής. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζοντας την περίπτωση των δύο εξυπηρετούμενων κατοίκων με επιφάνεια συλλογής 60 m² (πρώτο σενάριο) και όγκους ομβροδεξαμενής από 5 έως 50 m³, προέκυψε ότι 100% αποδοτικότητα παρουσιάζεται για ποσοστά χρήσης 3%, ακόμα και μικρούς όγκους (5 m³). Ικανοποιητικά αποτελέσματα (αποδοτικότητα μεγαλύτερη από 75%), παρουσιάζεται για την περίπτωση χρήσης της τάξης του 10%. Η απόδοση του συστήματος αυξάνεται, αλλά όχι πολύ, όταν αυξάνεται ο όγκος της ομβροδεξαμενής. Για ποσοστά χρήσης μεγαλύτερα του 50%, η αποδοτικότητα, ακόμα και στην ευνοϊκότερη περίπτωση με μικρή ημερήσια κατανάλωση (100 L/κάτοικο/ημέρα) και μεγάλο όγκο αποθήκευσης, δε φτάνει το 50% (κυμαίνεται από 37,42 έως 46,16% για χωρητικότητα από 5 έως 50 m³, αντίστοιχα), ενώ για ημερήσια κατανάλωση 200 L/κάτοικο/ημέρα λαμβάνει ποσοστά από 17,86 έως 21,02%. Στην περίπτωση που το σύστημα καλείται να καλύψει το 100% των αναγκών, για υψηλή ημερήσια κατανάλωση (200 L/κάτοικο/ημέρα), τα ποσοστά είναι μονοψήφια ακόμα και για τους μεγάλους όγκους ομβροδεξαμενής.

Εφαρμόζοντας το μοντέλο του ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου και για τα άλλα τρία σενάρια, υπολογίστηκε η αποδοτικότητα του συστήματος συλλογής όμβριων υδάτων κατά περίπτωση. Η αποδοτικότητα που προέκυψε, είναι μειωμένη σε σχέση με το πρώτο σενάριο, καθώς αυξάνεται η ημερήσια ζήτηση. Μόνο για ποσοστό χρήσης 3% η αποδοτικότητα είναι 100%, ενώ για ποσοστά χρήσης μεγαλύτερα ή ίσα του 30% είναι χαμηλή. Για μικρή ημερήσια κατανάλωση (100 L/κάτοικο/ημέρα), με μεγάλη χωρητικότητα δεξαμενής (50 m³) και ποσοστό χρήσης 30%, η αποδοτικότητα είναι μικρότερη από 75% και για τα τρία σενάρια. Η αύξηση του όγκου και πάλι δεν επηρεάζει πολύ την απόδοση του συστήματος, ιδιαίτερα για ποσοστά χρήσης από 50% και πάνω.

Στη συνέχεια, διερευνήθηκε το βέλτιστο ποσοστό χρήσης βρόχινου νερού συναρτήσει του όγκου ομβροδεξαμενής, της ημερήσιας κατανάλωσης και της επιφάνειας συλλογής, για ικανοποίηση αναγκών νοικοκυριών αποτελούμενων από δύο έως πέντε άτομα με αποδοτικότητα 100%. Οι επιφάνειες απορροής επιλέχθηκαν ώστε να αντιστοιχούν σε 30, 50, 75 και 100 m² ανά κάτοικο, η ημερήσια κατανάλωση από 100 έως 150 L/κάτοικο/ημέρα και οι όγκοι ομβροδεξαμενής από 5 έως 100 m³. Το βέλτιστο ποσοστό χρήσης του συστήματος αυξάνεται με την αύξηση της επιφάνειας συλλογής, για δεδομένο όγκο δεξαμενής. Επιπλέον, επιδιώκοντας την εύρεση του ελάχιστου απαιτούμενου όγκου ομβροδεξαμενής, επιτυγχάνοντας τη μέγιστη αποδοτικότητα του συστήματος συλλογής ομβρίων διαμορφώθηκαν διαγράμματα για διάφορες τιμές της επιφάνειας συλλογής, ποσοστού χρήσης και ημερήσιας κατανάλωσης. Οι όγκοι που εξετάστηκαν κυμαίνονταν από 5 έως 100 m³ (με βήμα 2,5 m³), η επιφάνεια συλλογής από 20 έως 300 m² (με βήμα 20 m²), και το ποσοστό χρήσης από 10 έως 100% (με βήμα 10%). Το μέγιστο βέλτιστο ποσοστό χρήσης, 70%, προέκυψε στην περίπτωση δύο εξυπηρετούμενων κατοίκων, με χαμηλή ημερήσια κατανάλωση (100 L/κάτοικο/ημέρα) για τους συνδυασμούς χωρητικότητας-επιφάνειας 90 m³-300 m² και 95 m³-280 m² αντίστοιχα.

Επιπλέον, θέλοντας να εκτιμηθεί το χρηματικό όφελος από τη χρήση συστήματος ομβρίων για τα βέλτιστα ποσοστά χρήσης, για επιφάνεια συλλογής 100, 150 και 200 m², υπολογίστηκε το μέσο ετήσιο όφελος για τον καταναλωτή για μέση ημερήσια κατανάλωση της τάξης των 150 L/κάτοικο/ημέρα. Ως όφελος ορίστηκε το χρηματικό ποσό που θα πλήρωνε ένα νοικοκυριό στην τοπική ΔΕΥΑ, αν την ποσότητα του νερού που καταναλώνει από το σύστημα ομβρίων, την παρείχε το δημόσιο δίκτυο. Για όγκους ομβροδεξαμενής μεγαλύτερους από 50 m³, το ετήσιο όφελος, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι μεγαλύτερο των 100 €.

Οι απαιτούμενοι όγκοι, οι οποίοι προέκυψαν για την κάλυψη των υδατικών αναγκών νοικοκυριών από το σύστημα ομβρίων και για αποδοτικότητα 100%, είναι σχετικά μικροί (έως 20 m³), όταν η ζήτηση από το σύστημα είναι χαμηλή και η επιφάνεια συλλογής μεγάλη. Στην περίπτωση αυτή, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πλαστικές δεξαμενές, οι οποίες είναι διαθέσιμες στο εμπόριο. Όμως, τα μεγαλύτερα ποσοστά χρήσης, οδηγούν σε μεγαλύτερους όγκους, οπότε ενδείκνυται, όπου είναι εφικτό, η λύση της κατασκευής υπόγειων ομβροδεξαμενών μεγαλύτερης χωρητικότητας. Αποτρεπτικοί παράγοντες είναι το μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης (≈5000€) και η εξεύρεση του απαιτούμενου χώρου για την τοποθέτηση ή την κατασκευή μιας ομβροδεξαμενής.

Τέλος, εξετάστηκε το μοντέλο διαστασιολόγησης ομβροδεξαμενής με τη μέθοδο της μέγιστης άνομβρης περιόδου, καθώς η Θήρα παρουσιάζει πολύ μεγάλες περιόδους άνομβρίας (έως και 198 ημέρες). Οι όγκοι που προέκυψαν από την εφαρμογή, χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο του ημερήσιου υδατικού ισοζυγίου, ώστε να ελεγχθεί η αποδοτικότητα του συστήματος για τους όγκους αυτούς, για τα τέσσερα βασικά σενάρια μελέτης. Για μέση ημερήσια κατανάλωση 150 L/κάτοικο/ημέρα και ποσοστό χρήσης 10%, η αποδοτικότητα είναι ικανοποιητική (92%), ενώ αυξάνοντας τη χρήση, η αποδοτικότητα μειώνεται πολύ, φτάνοντας το 13,1% για ποσοστό κάλυψης 100%, για όλα τα σενάρια μελέτης.

Γενικά, η αποδοτικότητα του συστήματος συλλογής ομβρίων στη Σαντορίνη, παρουσιάζει χαμηλά ποσοστά για μέσα και μεγάλα ποσοστά κάλυψης της ζήτησης από βρόχινο νερό, γεγονός που οφείλεται στο συνδυασμό χαμηλής βροχόπτωσης και μεγάλης άνομβρης περιόδου.

Η διερεύνηση της αποδοτικότητας του συστήματος συλλογής όμβριων υδάτων για αστική χρήση στη νήσο Θήρα, θέτει τη βάση για περαιτέρω διερεύνηση στον τομέα της αποδοτικότητας, για εποχιακή χρήση του βρόχινου νερού στις κατοικίες, με σκοπό τη μείωση των ζητήσεων αιχμής από το δίκτυο ύδρευσης. Επιπλέον, δημιουργεί την ανάγκη για διερεύνηση της αποδοτικότητας από την εφαρμογή τεχνολογιών συλλογής ομβρίων σε μεγάλες εγκαταστάσεις, όπως σχολεία, αεροδρόμιο και αθλητικές εγκαταστάσεις, όπου η εξοικονόμηση νερού μπορεί να είναι σημαντική.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Επιστημονικά άρθρα - Τεχνικές εκθέσεις – Λοιπές εργασίες

Αγγελάκης, Α., 2011. *Τεχνολογίες Ύδρευσης και Αποχέτευσης στην Αρχαία Κρήτη με έμφαση τη Μινωική Περίοδο*.

Ανδρεαδάκης, Α., 2008. *Επεξεργασία Νερού: Βασικές Αρχές και Διεργασίες*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Αποστολάκη, Μ., 2007. *Δίκτυο αειφόρων νήσων, Σαντορίνη (Θήρα)*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Δανέζης, Μ., 1971. *Σαντορίνη*, Αθήνα.

Δήμος Θήρας, 2012. *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Θήρας 2013-2014*. Θήρα.

Δρόσου, Κ., 2005, *Παρόν και μέλλον της αμπελοκαλλιέργειας στη Σαντορίνη, Διαχείριση και προοπτικές*. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015. *Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (GR14)*. Αθήνα.

Κουτσογιάννης, Δ., Ανδρεαδάκης, Α., Μαυροδήμου, Ρ., Χριστοφίδης, Α., Μαμάσης, Ν., Ευστρατιάδης, Α., Κουκουβίνος, Α., Καραβοκυρός, Γ., Κοζάνης, Σ., Μαμάης, Δ. και Νουτσόπουλος, Κ., 2008. *Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων*, Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Κυριαζοπούλου, Ι.Μ., 2012. *Αποτελέσματα έργου ΕΓΥ για την κατάρτιση προγράμματος μέτρων και θεσμικού πλαισίου για την κατ'οίκον εξοικονόμηση νερού, Ημερίδα: Εξοικονόμηση νερού – Μια σύγχρονη πρόκληση εν όψει της κλιματικής αλλαγής*. Αθήνα, 13 Ιανουαρίου 2012.

Λόντρα, Π., 2014. *Διαστασιολόγηση δεξαμενών όμβριων υδάτων στην Ελλάδα για αστική χρήση*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Μαντόγλου, Α., 2014. *Διερεύνηση των δυνατοτήτων άντλησης του παράκτιου υδροφορέα Βουρβούλου-Καμαρίου της Ν. Θήρας με χρήση μοντέλων προσομοίωσης*. Πολυτεχνείο Κρήτης.

Μανωλάκος, Δ., 2008. Παρουσίαση, «*Συστήματα αφαλάτωσης στο νησιωτικό χώρο*», Γεωπονικό Πανεπιστήμιο. Αθήνα.

Παπαγεωργίου, Ε., 2011. *Μελέτη εδαφικής παραμόρφωσης στην εκτίμηση ηφαιστειακής επικινδυνότητας τη χρήση διαστημικών και γεωφυσικών τεχνικών: Η περίπτωση του Ελληνικού ηφαιστειακού τόξου*. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Παπαγιάννη, Ε., 2014. *Διερεύνηση της αποδοτικότητας ομβροδεξαμενών σε νησιά του Αιγαίου*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Τουμάζης, Α., Καραβοκύρης Ι., Καϊμάκη Σ., 2009. *Μελέτη Διαχείρισης Ομβρίων Υδάτων*. Υπουργείο Γεωργίας. Κύπρος.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής, 2013. *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη 2007-2013*. Αθήνα.

Φαρμακάκη, Α., 2012. *Κλιματικός Άτλαντας Ελλάδος*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Angelakis, A. N., and Spyridakis, S. V., 1996. *The status of water resources in Minoan times: A preliminary study*. Angelakis A. N. and Issar, A.S., eds., *Diachronic Climatic Impacts on Water Resources with Emphasis on Mediterranean Region*. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, pp. 161-191 (Chapter 8).

Australian Government, 2004. *Guidance on Use of Rainwater Tanks*. ISBN 0642824436 Publication approval number 3432(JN8304).

Basinger, M., Montalto, F. and Lall, U., 2010. *A rainwater harvesting system reliability model based on nonparametric stochastic rainfall generator*. Journal of Hydrology, 392: 105-118.

Bitis, I., 2012. *Water Supplying Methods in Ancient Thera: The Case of the Sanctuary of Apollo Karneios*. IWA Specialized Conference on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations.

Campisano, A. and Modica, C., 2012. *Optimal sizing of storage tanks for domestic rainwater harvesting in Sicily*. Resources, Conservation and Recycling, 63: 9-16.

Chang, N., Rivera, B.J. and Wanielista, M.P., 2011. *Optimal design for water conservation and energy savings using green roofs in a green building under mixed uncertainties*. Journal of Cleaner Production, 19: 1180-1188.

Cowden J.R., Watkins Jr.D.W. and Mihelcic, J.R., 2008. *Stochastic rainfall modeling in West Africa: Parsimonious approaches for domestic rainwater harvesting assessment*. Journal of Hydrology, 361: 64-77.

Crouch, D. P., 1993. *Water Management in Ancient Greek Cities*. Oxford University Press, New York - Oxford.

Cunliffe, D.A., 1998. *Guidance on the use of rainwater tanks*. National Environmental Health Forum Monographs, Water Series No 3, December 2004.

DIN 1989-1, 2002. *Rainwater Harvesting Systems - Part 1: Planning, Installation, Operation and Maintenance*. German Institute for Standardisation, Berlin.

Domènech, L. and Saurí, D., 2011. *A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social*

experience, drinking water savings and economic costs. Journal of Cleaner Production, 19: 598-608.

Druitt, T.H., Edwards, L., Mellors R.M., Pyle, D.M., Sparks, R.S.J., Lanphere, M., Davies, M. & Barriero, B., 1999. *Geological Map of the Santorini Islands, 1:20.000*. Geological Society Memoir No. 19, London: The Geological Society.

ETA 0701. *ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA ANQIP*.

Ferrara, G., Fytikas, M., Guiliano, O. & Marinelli, G, 1980. *Age of the formation of the Aegean active volcanic arc*. In: Doumas C. (ed). Thera and the Aegean World II, 37-41.

Fewkes, A. and Butler, D., 2000. *Simulating the performance of rainwater collection systems using behavioural models: Building Services Engineering Research and Technology*, 21(2): 99-106.

Fewkes, A., 1999a. *The use of rainwater for WC flushing: the field testing of a collection system*. *Building and Environment*, 34: 765-772.

Fewkes, A., 1999b. *Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalized approach*. *Urban Water*, 1: 323-333.

Forster, J., Grottker, M., Schilling, W., 1991. *Roof Runoff Pollution*. W. editors, Proceedings of 2nd European Junior Scientist Workshop, Kastienbaum, Switzerland. p.145-158.

Forster, J., 1996. *Patterns of roof runoff contamination and their potential implications on practice and regulation of treatment and local infiltration*. *Water Science and Technology*; 33(6):39-48.

Forster, J., 1999. *Variability of roof runoff quality*. *Water Science and Technology*.

Fouqué, F., 1879. *Santorin et ses eruptions*, Masson et Cie., Paris, 440p.

Garbrecht, J. D., Garbrecht, G. K. H., 2005. *Water Supply Challenges and Solutions of the Ancient City of Pergamon*. Proceedings of Oklahoma Water 2005, Paper #6. Oklahoma Water Resources Research Institute, Stillwater, OK, 5 pp.

Ghisi, E. and Ferreira, D.F., 2007. *Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-story residential building in southern Brazil*. *Building and Environment*, 42(4): 2512-22.

Ghisi, E., Tavares, D.F. and Rocha V.L., 2009. *Rainwater harvesting in petrol stations in Brasília: Potential for potable water savings and investment feasibility analysis*. *Resources, Conservation and Recycling*, 54: 79-85.

Guo, Y. and Baetz, B., 2007. *Sizing of rainwater storage units for Green Building applications*. *Journal of Hydrologic Engineering*, 12(2): 197-205.

Imteaz, M.A., Shanableh, A., Rahman, A. and Ahsan, A., 2011. *Optimisation of rainwater tank design from large roofs: a case study in Melbourne, Australia*. *Resources, Conservation and Recycling*, 55: 1022-1029.

- Jones, M.P. and Hunt, W.F., 2010. *Performance of rainwater harvesting systems in the south eastern United States*. Resources, Conservation and Recycling, 54: 623-629.
- Kahinda, J.M., Taigbenu, A.E. and Boroto, J.R., 2007. *Domestic Rainwater harvesting to improve water supply in rural South Africa*. Physics and Chemistry of the Earth, 32: 1050-1057.
- Karavitis, C.A., 2008. *Water Use in Europe*, Booklet Series: B, Number: 5, Author in: "Land care in desertification affected areas: from science towards application" (LUCINDA) Specific Support Action, DG-Research-1163. Global Change and Ecosystems, 2008.
- Kinkade-Levario H., 2007. *Design for Water Rainwater Harvesting, Stormwater Catchment and Alternate Water Reuse*. New Society Publishers, P.O. Box 189, Gabriola Island, BC V0R 1X0, Canada.
- Kopsiaftis, G., Mantoglou, A., Giannouloupolous, P., 2007. *Variable density coastal aquifer models with application to an aquifer on Thira Island*. Desalination 237 (2009) 65–80.
- Koutsoyiannis, D., Zarkadoulas N., Angelakis A.N., and Tchobanoglous G., 2006. *Urban water management in Ancient Greece: Legacies and lessons*. Athens, Greece.
- Lang, M., 1968. *Waterworks in the Athenian Agora*, Excavations of the Athenian Agora. Picture Book No. 11, American School of Classical Studies at Athens, Connecticut, USA.
- Lee, K.T., Lee C.D., Yang M.S. and Yu C.C., 2000. *Probabilistic design of storage capacity for rainwater cistern systems*. Journal of Agricultural Engineering and Research, 77(3): 343-8.
- Li, X. and Gong, J., 2002. *Compacted microcatchments with local earth materials for rainwater harvesting in the semiarid region of China*. Journal of Hydrology, 257: 134-144.
- Londra, P.A., Theocharis A.T., Baltas E., Tsihrintzis V.A., 2015a. *Optimal Sizing of Rainwater Harvesting Tanks for Domestic Use in Greece*. Water Resources Management, 29(12): 4357-4377.
- Marks, R., Clark R., Rooke E. and Berzins A., 2006. *Meadows, South Australia: development through integration of local water resources*. Desalination, 188: 149-161.
- Martinson, D. and Thomas T., 2005. *Quantifying the first-flush phenomenon*. Coventry, United Kingdom, DTU/University of Warwick. In: Proceedings of the 12th International Rainwater Catchment Systems Association Conference, New Delhi, India.
- Michaelides, G., 1987. *Laboratory Experiments on Efficiency of Foul Flush Diversion Systems*. 3rd Annual International Rainwater Cistern Systems Conference.
- Mitchell, V.G., 2007. *How important is the selection of computational analysis method to the accuracy of rainwater tank behavior modeling*. Hydrological Processes, 21: 2850-2861.
- Nicholls, I.A. ,1971a. *Petrology of Santorini volcano, Cyclades, Greece*. J. Petrol., 12, 67-119.
- Ntale, H.K. and Moses, N., 2003. *Improving Quality of Harvested Rainwater by Using First Flush Interceptors/Retainers*. In Proceedings of the 11th International Conference on Rainwater Catchment Systems, Texcoco.

- Pacey, A. and Cullis, A., 1986. *Rainwater Harvesting: The Collection of Rainfall and Runoff in Rural Areas*. London, UK: IT Publication.
- Palla, A., Gnecco I. and Lanza, L.G., 2011. *Non-dimensional design parameters and performance assessment of Rainwater harvesting systems*. Journal of Hydrology, 401: 65-76.
- Peel, M.C., Finlayson, B.L., and McMahon, T.A., 2007. *Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification*. University of Melbourne, Australia.
- Pichler, H. & Kussmaul, S., 1972. *The calc-alkaline volcanic rocks of the Santorini group (Aegean Sea, Greece)*. N. Jb. Miner. Abh., 116, 268-307.
- Pichler, H. & Kussmaul, S., 1980. *Comments on the geological map of the Santorini islands*. In: Doumas, C. (ed.) Thera and the Aegean World II. The Thera Foundation, London, 413-427.
- Puchelt, H., Murad, E. & Hubberten, H.W., 1977. *Geochemical and petrological studies of lavas, pyroclastics and associated xenoliths from the Christiana Islands, Aegean Sea*. N. Jb. Miner. Abh, 131, 140-155.
- Reck, H., 1936. *Santorini*. -Der Werdergang eines Inselvulcans und sein Ausbruch 1925-1928, Dietrich Reimer. Berlin, 3 vols. MANCA.
- Sazakli, E., Alexopoulos, A. and Leotsinidis, M., 2007. *Rainwater harvesting. quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece*. Water Research, 41: 2039-2047.
- Silva-Afonso, A., 2012. *The importance of water efficiency in buildings in Mediterranean countries. The Portuguese approach*. Residential Water Saving Action Plan. Workshop Athens, January 13, 2012.
- Spinks, A.T., Dunstan, R. H., Coombes, P., and Kuczera, G.A., 2003. *Water Quality Treatment Processes & Health Implications of using Harvested Rainwater in the Urban Environment*. Submitted to the 28th Hydrology and Water Resources Symposium, Institution of Engineers Australia, Wollongong, Australia.
- Su, M., Lin, C., Chang, L., Kang, J. and Lin, Mei., 2009. *A probabilistic approach to rainwater harvesting systems design and evaluation*. Resources, Conservation and Recycling, 53: 393-399.
- Tarney, J., Barr, S.R., Mitropoulos, P., Sideris, K., Katerinopoulos, A. & Stouraiti, C., 1998. *Santorini: geochemical constraints on magma sources and eruption mechanisms*. In: Casale, Fytikas R., Sigvaldasson M. & Vougioukalakis G. (eds): The European laboratory volcanoes, EUR 18161, 89-111.
- Thomas, P.R., Greene, G. R., 1993. *Rainwater quality from different roof catchments*. Water Science and Technology; 28(3-5):291-297.
- Tsihrintzis, V. and Baltas, E., 2013. *Sizing of rainwater harvesting tank for in-house water supply*. 13th International Conference on Environmental Science and Technology, Athens.

Tsubo, M., Walker, S. and Hensley, M., 2005. *Quantifying risk for water harvesting under semi-arid conditions: Part I. Rainfall intensity generation*. *Agricultural Water Management*, 76: 77-93.

UNEP and Stockholm Environment Institute, 2009. *Rainwater harvesting: a lifeline for human well-being*.

Vialle, C., Sablayrolles, C., Lovera M., Jacob, S., Huau, M.C. and Montrejaud-Vignoles, M., 2011. *Monitoring of water quality from roof runoff: interpretation using multivariate analysis*. *Water Research*, 45(12): 3765-75.

Villarreal, E.L. and Dixon, A., 2005. *Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden*. *Building and Environment*, 40: 1174-1184.

Ward, S., Memon, A. and Butler, D., 2011. *Rainwater harvesting: model-based design evaluation*. *Water Science and Technology*, 61(1): 85-96.

Yaziz, M.I., Gunting, H., Sapari, N., Ghazali, A.W., 1989. *Variations in rainwater quality from roof catchments*. *Water Research* 1989; 23(6):761-765.

Zhou, Y., Shao, W. and Zhang, T., 2010. *Analysis of a Rainwater harvesting system for domestic water supply in Zhoushan, China*. *Journal of Zhejiang University*, 11(5): 342-348.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

<http://www.4green.gr/>

<http://www.adtec.gr/>

<http://www.aquabarrel.com/>

<http://www.culturenow.gr/>

<http://www.didaktorika.gr/>

<http://www.durabuildcare.com/>

<http://www.e-watershop.gr/>

<http://www.ecoactivehouse.com/>

<https://www.eetaa.gr/>

<http://www.geodata.gov.gr/>

<http://www.greece.com/>

<http://www.hnms.gr/>

<http://www.hydraproject.net/>

<http://www.itia.ntua.gr/>

<http://www.mytherm.gr/>

<http://www.nasa.gov/>

http://www.oasis-rainharvesting.co.uk/sizing_the_tank/

http://www.odysseus.culture.gr/index_gr.html/

<http://www.people.eng.unimelb.edu.au/mpeel/koppen.html/>

<http://www.rainwaterharvesting.co.uk/downloads/TankSizeCalculator.xls/>

<http://rainwaterharvesting.tamu.edu/>

<http://www.santorini.gr/>

<http://www.sete.gr/>

<http://www.statistics.gr/>

<http://www.twdb.texas.gov/>

<http://www.unep.org/>

<http://www.waterflowcontrol.com.au/>

<http://www.watertech.ie/>

<http://www.wikimedia.org/>

<https://www.wikipedia.org/>

<http://www.ypeka.gr/>