



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

Διπλωματική εργασία

**Διερεύνηση εναλλακτικών μεθόδων
διαχείρισης υδάτων σε επίπεδο
κατοικίας**

Μαντζαβίνου Παναγιώτα

Αθήνα, Ιούνιος 2011

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»

Επιβλέπων: Νουτσόπουλος Κωνσταντίνος
(Λέκτορας Ε.Μ.Π.)



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

Διπλωματική εργασία

**Διερεύνηση εναλλακτικών μεθόδων
διαχείρισης υδάτων σε επίπεδο
κατοικίας**

Μαντζαβίνου Παναγιώτα

Αθήνα, Ιούνιος 2011

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»

Επιβλέπων: Νουτσόπουλος Κωνσταντίνος
(Λέκτορας Ε.Μ.Π.)

Πρόλογος & Ευχαριστίες

Το κείμενο που ακολουθεί είναι αποτέλεσμα της διερεύνησης εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης υδάτων σε επίπεδο κατοικίας και πραγματοποιήθηκε κατά την διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2010 – 2011, στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων». Επιβλέπων της διπλωματικής εργασίας ήταν ο λέκτορας κ. Κωνσταντίνος Νουτσόπουλος.

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό, πέρα από την ατομική εργασία, στην πολύτιμη βοήθεια, συνεργασία και συμπαράσταση που έλαβα από ορισμένα άτομα, τα οποία δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντά μου κ. Κωνσταντίνο Νουτσόπουλο για την πνευματική αλλά και ηθική στήριξη και καθοδήγηση που αμέριστα παρείχε σε όλο το διάστημα εκπόνησης της εργασίας. Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ ανήκει στην κ. Αλεξάνδρα Κατσίρη για τις συμβουλές της και τη βιβλιογραφική βάση που μου παρείχε.

Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω όλους εκείνους με τους οποίους επικοινωνήσα για τη συλλογή οικονομικών στοιχείων των διαφόρων προϊόντων καθώς και τον κ. Χρήστο Χρυσάφοπουλο για τις πολύτιμες συμβουλές του σχετικά με μηχανολογικά θέματα.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τους γονείς μου και τους φίλους μου, για την πηγαία συμπαράσταση και την υπομονή τους.

Μαντζαβίνου Παναγιώτα

Αθήνα, Ιούνιος 2011

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	xvii
Extended abstract	xix
Introduction	xix
Brief literature review.....	xix
Method overview	xx
Results	xxii
Conclusions - Suggestions for further investigation	xxx
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : Εισαγωγή	32
1.1 Σκοπός της εργασίας.....	32
1.2 Διάρθρωση της εργασίας.....	33
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Ανάλυση οικιακών ροών	34
2.1 Εισαγωγή	34
2.2 Χρήσεις νερού	34
2.3 Αξιοποίηση νερού σε παγκόσμια κλίμακα.....	36
2.4 Αξιοποίηση νερού σε ευρωπαϊκή κλίμακα	39
2.4.1 Οικιακή χρήση	40
2.4.2 Αγροτική χρήση	41
2.4.3 Βιομηχανική χρήση.....	41
2.5 Αξιοποίηση του νερού στην Ελλάδα	42
2.6 Χρήση νερού στον οικιακό τομέα.....	44
2.7 Παράγοντες επιρροής της ζήτησης του οικιακού νερού	49
2.7.1 Οικονομικοί παράγοντες επιρροής.....	49
2.7.2 Δημογραφικοί παράγοντες επιρροής	50
2.7.3 Εκπαίδευση & οικιακή υποδομή	51
2.7.4 Τύπος κατοικίας & κλίμα.....	52
2.7.5 Η κατάσταση στην Ελλάδα	53
2.8 Υπολογισμός υδατικής κατανάλωσης τυπικής κατοικίας.....	54
2.9 Η έννοια της διαχείρισης του οικιακού νερού	61

2.10 Βρόχινο νερό.....	65
2.10.1 Ποσότητα βρόχινου νερού	65
2.10.2 Ποιότητα βρόχινου νερού	68
2.11 Οικιακά υγρά απόβλητα.....	72
2.11.1 Ποσότητα οικιακών υγρών αποβλήτων.....	73
2.11.2 Ποιότητα οικιακών υγρών αποβλήτων	74
2.12 Γκρίζο/γκρι νερό (graywater / greywater / GW).....	76
2.12.1 Ορισμός γκρίζου νερού.....	76
2.12.2 Ποσότητα γκρίζου νερού.....	76
2.12.3 Ποιότητα γκρίζου νερού	77
2.12.3.1 Φυσικές παράμετροι γκρίζου νερού	79
2.12.3.2 Χημικές παράμετροι γκρίζου νερού.....	80
2.12.3.3 Μικροβιολογικές παράμετροι γκρίζου νερού	82
2.12.4 Γενικά συμπεράσματα	84
2.13 Υγρά απόβλητα κουζίνας.....	85
2.14 Μαύρο νερό (blackwater/ BW).....	85
2.15 Σύγκριση γκρίζου νερού – οικιακών λυμάτων – μαύρου νερού	86
2.16 Επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού - εφαρμογές	91
2.17 Επαναχρησιμοποίηση βρόχινου νερού - εφαρμογές.....	91
2.17.1 Ελλάδα.....	92
2.17.2 Αυστραλία	92
2.17.3 Τέξας (Η.Π.Α.)	92
2.18 Νομοθεσία κρατών για επαναχρησιμοποίηση υδάτινων ροών	93
2.18.1 Η.Π.Α.....	94
2.18.2 Αυστραλία	94
2.18.3 Ελλάδα & Ευρώπη	95
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Τεχνολογίες διαχείρισης των οικιακών ροών	100
3.1 Εισαγωγή	100
3.2 Τεχνολογίες επεξεργασίας βρόχινου νερού	100

3.2.1	Τυπικές διατάξεις συστημάτων αξιοποίησης βρόχινου νερού	102
3.2.2	Εξοπλισμός συστημάτων αξιοποίησης βρόχινου νερού	107
3.2.2.1	Προϊόντα για τη συλλογή του βρόχινου νερού.....	107
3.2.2.2	Προϊόντα προεπεξεργασίας βρόχινου νερού.....	115
3.2.2.3	Συστήματα επεξεργασίας βρόχινου νερού	120
3.3	Τεχνολογίες επεξεργασίας γκρίζου νερού.....	129
3.3.1	Απλά συστήματα	130
3.3.2	Χημικά συστήματα.....	134
3.3.3	Φυσικά συστήματα	138
3.3.3.1	Αμμόφιλτρα	138
3.3.3.2	Μεμβράνες	139
3.3.4	Βιολογικά συστήματα.....	147
3.3.5	Εκτεταμένα συστήματα.....	171
3.3.6	Σύγκριση τεχνολογιών επεξεργασίας γκρίζου νερού.....	178
3.4	Τεχνολογίες επεξεργασίας οικιακών λυμάτων	183
3.5	Απλές τεχνολογίες εξοικονόμησης νερού.....	184
3.5.1	Εξοικονόμηση νερού στις βρύσες της κατοικίας.....	185
3.5.2	Εξοικονόμηση νερού στο ντους/μπανιέρα.....	188
3.5.3	Εξοικονόμηση νερού στην τουαλέτα	189
3.5.4	Ηλεκτρικές συσκευές με μειωμένη κατανάλωση νερού	191
4.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Σενάρια διαχείρισης οικιακών ροών	193
4.1	Εισαγωγή	193
4.2	Σχεδιασμός διαχειριστικών σεναρίων	193
4.3	Προτεινόμενες τεχνολογίες	195
4.4	Υπολογισμοί διαχειριστικών σεναρίων.....	196
4.4.1	Ποσοτικοί υπολογισμοί οικιακών υδάτινων ροών.....	197
4.4.1.1	Υπολογισμός οικιακής υδατικής κατανάλωσης.....	197
4.4.1.2	Οικιακές υδάτινες εκροές	202
4.4.2	Υπολογισμοί οικονομικών στοιχείων.....	206

4.4.2.1 Κόστος υδατικής κατανάλωσης.....	206
4.4.2.2 Κόστος αποχέτευσης.....	207
4.4.2.3 Κόστος τεχνολογίας / εξοπλισμού.....	209
4.4.2.4 Χρόνος ζωής τεχνολογιών/ εξοπλισμού.....	211
4.4.2.5 Οικονομικά στοιχεία σεναρίων περιβαλλοντικής φύσεως.....	211
4.5 Μεθοδολογία αξιολόγησης διαχειριστικών σεναρίων	212
4.6 Ανάλυση διαχειριστικών σεναρίων.....	213
4.6.1 1 ^η Ομάδα διαχειριστικών σεναρίων : Μονοκατοικία με κήπο & σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης.....	213
4.6.1.1 Τεχνικοοικονομική παρουσίαση 1 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων.....	214
4.6.1.2 Αποτελέσματα υπολογισμών 1 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων ..	225
4.6.1.3 Αξιολόγηση 1 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων.....	230
4.6.1.4 Συμπεράσματα - Προτάσεις.....	233
4.6.2 2 ^η Ομάδα διαχειριστικών σεναρίων : Μονοκατοικία με κήπο - χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης	236
4.6.2.1 Τεχνικοοικονομική παρουσίαση 2 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων.....	236
4.6.2.2 Αποτελέσματα υπολογισμών 2 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων ..	241
4.6.2.3 Αξιολόγηση 2 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	245
4.6.2.4 Συμπεράσματα - προτάσεις.....	249
4.6.3 3 ^η Ομάδα διαχειριστικών σεναρίων : Μονοκατοικία χωρίς κήπο - με σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης	252
4.6.3.1 Τεχνικοοικονομική παρουσίαση 3 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων.....	252
4.6.3.2 Αποτελέσματα υπολογισμών 3 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων ..	254
4.6.3.3 Αξιολόγηση 3 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων.....	257
4.6.3.4 Συμπεράσματα - προτάσεις.....	260
4.6.4 4 ^η Ομάδα διαχειριστικών σεναρίων : Πολυκατοικία με κήπο & σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης.....	263
4.6.4.1 Τεχνικοοικονομική παρουσίαση 4 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων.....	265
4.6.4.2 Αποτελέσματα υπολογισμών 4 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων ..	270
4.6.4.3 Αξιολόγηση 4 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων.....	274

4.6.4.4 Συμπεράσματα – προτάσεις	277
4.6.5 5 ^η Ομάδα διαχειριστικών σεναρίων : Πολυκατοικία με κήπο - χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης	278
4.6.5.1 Τεχνικοοικονομική παρουσίαση 5 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	278
4.6.5.2 Αποτελέσματα υπολογισμών 5 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων ..	282
4.6.5.3 Αξιολόγηση 5 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων.....	285
4.6.5.4 Συμπεράσματα - προτάσεις	288
4.7 Συνολική συνοπτική παρουσίαση ομάδων διαχειριστικών σεναρίων	289
5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Συμπεράσματα & προτάσεις για μελλοντική έρευνα .	294
5.1 Συμπεράσματα εργασίας.....	294
5.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	298
Αναφορές.....	299
I. Παράρτημα I : Παρελκόμενος εξοπλισμός διαχειριστικών σεναρίων .	322
I1 : Αντλίες.....	321
I2 : Αυτόματο σύστημα διαχείρισης βρόχινου (& γκρίζου) νερού.....	326
II. Παράρτημα II : Περιγραφή τεχνολογιών διαχειριστικών σεναρίων.....	328

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 2.1 : Οικιακή υδατική κατανάλωση σε ελληνικές πόλεις	44
Πίνακας 2.2 : Κατανομή οικιακού νερού σε διάφορες χώρες.....	46
Πίνακας 2.3 : Συνήθεις καταναλώσεις οικιακών συσκευών στις Η.Π.Α.....	56
Πίνακας 2.4 : Συνήθεις υδατικές καταναλώσεις οικιακών συσκευών στην Ευρώπη	56
Πίνακας 2.5 : Υπολογισμός ποσοτήτων νερού στις διάφορες οικιακές δραστηριότητες	57
Πίνακας 2.6 : Συνήθεις υδατικές καταναλώσεις οικιακών συσκευών	58
Πίνακας 2.7 : Τιμές του συντελεστή ικανότητας συλλογής	67
Πίνακας 2.8 : Ιόντα που προσδιορίζονται από ποιοτικές αναλύσεις βρόχινου νερού	71
Πίνακας 2.9 : Αποτελέσματα ποιοτικής σύστασης του νερού σε Ελλάδα & Τουρκία	71
Πίνακας 2.10 : Υπολογισμός ημερήσιας παροχής οικιακών λυμάτων	73
Πίνακας 2.11 : Τυπική σύσταση ανεπεξέργαστων οικιακών λυμάτων.....	74
Πίνακας 2.12 : Υπολογισμός μάζας ρυπαντών σε ημερήσια ποσότητα οικιακών λυμάτων	75
Πίνακας 2.13 : Τιμές βασικών ρυπαντών γκρίζου νερού.....	78
Πίνακας 2.14 : Μικροβιολογικές παράμετροι γκρίζου νερού	83
Πίνακας 2.15 : Σύγκριση γκρίζου νερού & οικιακών λυμάτων	86
Πίνακας 2.16 : Σύγκριση γκρίζου & μαύρου νερού.....	87
Πίνακας 2.17 : Αυστραλιανές οδηγίες για επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού.....	95
Πίνακας 2.18 : Όρια επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων (περισσική & αστική χρήση).....	96
Πίνακας 2.19 : Όρια επαναχρησιμοποίησης υδάτων σε διάφορες χώρες (1)	98
Πίνακας 2.20 : Όρια επαναχρησιμοποίησης υδάτων σε διάφορες χώρες (2)	99
Πίνακας 3.1 : Βροχοσυλλέκτης μικρής χωρητικότητας με φίλτρο υδρορροής.....	108
Πίνακας 3.2 : Αμφορέας - συλλέκτης βρόχινου νερού.....	110
Πίνακας 3.3 : Τύποι και κόστος πλαστικών δεξαμενών.....	112
Πίνακας 3.4 : Χαρακτηριστικά συστήματος “Aqua2use”	120
Πίνακας 3.5 : Χαρακτηριστικά συστήματος “AS – REWA”	122
Πίνακας 3.6 : Χαρακτηριστικά συστήματος “Super Rain”	126
Πίνακας 3.7 : Ποιοτικές παράμετροι εισροής & εκροής απλών συστημάτων επεξεργασίας.....	131
Πίνακας 3.8 : Χαρακτηριστικά συστήματος “Aqua2use”	132
Πίνακας 3.9 : Ποιοτικές παράμετροι εισροής & εκροής χημικών συστημάτων επεξεργασίας ..	135
Πίνακας 3.10 : Χαρακτηριστικά συστήματος “Cyprobell”	135
Πίνακας 3.11 : Ποιοτικές παράμετροι εισροής & εκροής φυσικών συστημάτων επεξεργασίας	141
Πίνακας 3.12 : Χαρακτηριστικά αμμόφιλτρου βαρύτητας	142
Πίνακας 3.13 : Χαρακτηριστικά αμμόφιλτρου “AS 300/T”.....	144
Πίνακας 3.14 : Χαρακτηριστικά συστήματος μεμβρανών υπερδιήθησης.....	145

Πίνακας 3.15 : Ποιοτικές παράμετροι εισροής & εκροής βιολογικών συστημάτων (1)	149
Πίνακας 3.16 : Ποιοτικές παράμετροι εισροής & εκροής βιολογικών συστημάτων (2)	150
Πίνακας 3.17 : Χαρακτηριστικά συστήματος βιολογικών δίσκων “EKOL”	151
Πίνακας 3.18 : Χαρακτηριστικά φίλτρου “Waterloo”	153
Πίνακας 3.19 : Χαρακτηριστικά συστήματος “Rotosal”	156
Πίνακας 3.20 : Χαρακτηριστικά συστήματος “P.Play”	159
Πίνακας 3.21 : Χαρακτηριστικά συστήματος αναερόβιου βιολογικού φίλτρου	160
Πίνακας 3.22 : Χαρακτηριστικά συστήματος “WEHOPUTS – 5”	161
Πίνακας 3.23 : Χαρακτηριστικά συστήματος “AS – VARIOcompK”	164
Πίνακας 3.24 : Χαρακτηριστικά συστήματος “VARIOcompN Ultra”	166
Πίνακας 3.25 : Χαρακτηριστικά συστήματος “AQUAmax Basic Poly MK 06”	168
Πίνακας 3.26 : Μηχανισμοί απομάκρυνσης ρυπαντών σε φυσικά συστήματα	173
Πίνακας 3.27 : Ποιοτικές παράμετροι εισροής & εκροής εκτεταμένων συστημάτων επεξεργασίας	174
Πίνακας 3.28 : Χαρακτηριστικά συστήματος τεχνητού υγροβιότοπου	175
Πίνακας 3.29 : Τιμές ποιοτικών παραμέτρων 5 συστημάτων επεξεργασίας γκρίζου νερού.....	179
Πίνακας 3.30 : Ποσοστά εξοικονόμησης νερού στις οικιακές συσκευές	184
Πίνακας 3.31 : Προϊόντα εξοικονόμησης νερού στις βρύσες (1).....	185
Πίνακας 3.32 : Προϊόντα εξοικονόμησης νερού στις βρύσες (2).....	186
Πίνακας 3.33 : Προϊόντα εξοικονόμησης νερού στις βρύσες (3).....	187
Πίνακας 3.34 : Προϊόντα εξοικονόμησης νερού στις βρύσες (4).....	188
Πίνακας 3.35 : Προϊόντα εξοικονόμησης νερού στη ντουζιέρα / μπανιέρα	189
Πίνακας 3.36 : Προϊόν εξοικονόμησης νερού στην τουαλέτα	191
Πίνακας 4.1 : Ποσοστιαία κατανομή νερού σε εσωτερικές δραστηριότητες.....	198
Πίνακας 4.2 : Ποσότητες νερού εσωτερικών οικιακών δραστηριοτήτων.....	199
Πίνακας 4.3 : Απομείωση υδάτινων καταναλώσεων με χρήση συσκευών εξοικονόμησης	200
Πίνακας 4.4 : Συχνότητα άρδευσης κήπου (παραδοχή σεναρίων)	201
Πίνακας 4.5 : Ημερήσιες ποσότητες για άρδευση κήπου ανά περίοδο.....	201
Πίνακας 4.6 : Ποσότητες γκρίζου & μαύρου νερού	203
Πίνακας 4.7 : Μέση βροχόπτωση στην Αττική (Ελληνικό).....	204
Πίνακας 4.8 : Υπολογισμός όγκου απορροής κατοικίας.....	205
Πίνακας 4.9 : Υγρή & ξηρή περίοδος του έτους	205
Πίνακας 4.10 : Τιμολόγιο ΕΥΔΑΠ	207
Πίνακας 4.11 : Παραδοχές υπολογισμού κόστους αποχέτευσης	208
Πίνακας 4.12 : Κλιμακωτό τιμολόγιο ΔΕΗ.....	209
Πίνακας 4.13 : Χρόνος ζωής διαφόρων κατηγοριών εξοπλισμού.....	211
Πίνακας 4.14 : Χαρακτηριστικά στοιχεία κατοικίας	213

Πίνακας 4.15 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών μονοκατοικίας	214
Πίνακας 4.16 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 1.....	215
Πίνακας 4.17 : Υδατικές καταναλώσεις σε οικιακές χρήσεις με εξοπλισμό 2 ^{ου} σεναρίου	216
Πίνακας 4.18 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 2.....	216
Πίνακας 4.19 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 3.....	218
Πίνακας 4.20 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 4.....	219
Πίνακας 4.21 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 7.....	221
Πίνακας 4.22 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 8.....	223
Πίνακας 4.23 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών με εφαρμογή 1 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων.....	226
Πίνακας 4.24 : Ανηγμένες τιμές οικιακών ροών	227
Πίνακας 4.25 : Ανάλυση ετήσιου κόστους 1 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	228
Πίνακας 4.26 : Συνοπτική παρουσίαση 1 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	230
Πίνακας 4.27 : Αξιολόγηση 1 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση οικονομικά στοιχεία & ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών.....	231
Πίνακας 4.28 : Εναλλακτικές τεχνολογίες 4 ^{ου} & 6 ^{ου} διαχειριστικού σεναρίου	234
Πίνακας 4.29 : Ανάλυση ετήσιων δαπανών σεναρίου 4 με χρήση εναλλακτικών τεχνολογιών	235
Πίνακας 4.30 : Κόστος εξοπλισμού 2 ^{ου} διαχειριστικού σεναρίου	237
Πίνακας 4.31 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 5.....	239
Πίνακας 4.32 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 8.....	241
Πίνακας 4.33 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών με εφαρμογή 2 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων.....	242
Πίνακας 4.34 : Ανηγμένες τιμές οικιακών ροών	243
Πίνακας 4.35 : Ανάλυση ετήσιου κόστους 2 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	244
Πίνακας 4.36 : Συνοπτική παρουσίαση 2 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	246
Πίνακας 4.37 : Αξιολόγηση 2 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση οικονομικά στοιχεία & ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών.....	247
Πίνακας 4.38 : Ανάλυση ετήσιων δαπανών σεναρίου 5 με χρήση εναλλακτικών τεχνολογιών	250
Πίνακας 4.39 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών με εφαρμογή 3 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων.....	254
Πίνακας 4.40 : Ανηγμένες τιμές οικιακών ροών	255
Πίνακας 4.41 : Ανάλυση ετήσιου κόστους 3 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	256
Πίνακας 4.42 : Συνοπτική παρουσίαση 3 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	257
Πίνακας 4.43 : Αξιολόγηση 3 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση οικονομικά στοιχεία & ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών.....	258
Πίνακας 4.44 : Ανάλυση ετήσιου κόστους 3 ^{ου} & 4 ^{ου} διαχειριστικού σεναρίου (εναλλακτικές τεχνολογίες)	262

Πίνακας 4.45 : Χαρακτηριστικά στοιχεία πολυκατοικίας.....	263
Πίνακας 4.46 : Ποσότητες υδάτινων ροών πολυκατοικίας	263
Πίνακας 4.47 : Χαρακτηριστικά στοιχεία διαμερίσματος.....	264
Πίνακας 4.48 : Καταναλισκόμενες & παραγόμενες ποσότητες νερού σε οικιακές χρήσεις	264
Πίνακας 4.49 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 2.....	266
Πίνακας 4.50 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 3.....	268
Πίνακας 4.51 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 4.....	269
Πίνακας 4.52 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών πολυκατοικίας με εφαρμογή 4 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	271
Πίνακας 4.53 : Ανηγμένες τιμές οικιακών ροών	272
Πίνακας 4.54 : Ανάλυση ετήσιου κόστους 4 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	272
Πίνακας 4.55 : Συνοπτική παρουσίαση 4 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	274
Πίνακας 4.56 : Αξιολόγηση 4 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση οικονομικά στοιχεία & ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών.....	274
Πίνακας 4.57 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 2.....	279
Πίνακας 4.58 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 3.....	280
Πίνακας 4.59 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 4 (1)	281
Πίνακας 4.60 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 4 (2)	281
Πίνακας 4.61 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών πολυκατοικίας με εφαρμογή 5 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	282
Πίνακας 4.62 : Ανηγμένες τιμές οικιακών ροών	283
Πίνακας 4.63 : Ανάλυση ετήσιου κόστους 5 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	284
Πίνακας 4.64 : Συνοπτική παρουσίαση 5 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	285
Πίνακας 4.65 : Αξιολόγηση 5 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση οικονομικά στοιχεία & ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών.....	286
Πίνακας 4.66 : Συνοπτική παρουσίαση ομάδων διαχειριστικών σεναρίων.....	290
Πίνακας 4.67 : Ετήσιο κόστος – Ολική υδατική κατανάλωση/κάτοικο/ημέρα - % μεταβολή της φόρτισης του δικτύου ακαθάρτων για κάθε σενάριο.....	291
Πίνακας 4.68 : Συνέχεια πίνακα 4.67.....	292
Πίνακας 4.69 : Ενδεχόμενες % αυξήσεις της αξίας του νερού και κρατικές επιδοτήσεις που ευνοούν την εφαρμογή των σεναρίων	293
Πίνακας I.1 : Υπολογισμός παροχής αντλίας (1).....	324
Πίνακας I.2 : Υπολογισμός μανομετρικού ύψους αντλίας.....	325
Πίνακας I.3 : Υπολογισμός παροχής αντλίας (2).....	325
Πίνακας II.1 Περιγραφή & κόστος 1 ^{ης} εναλλακτικής τεχνολογίας 4 ^{ου} και 6 ^{ου} διαχειριστικού σεναρίου (1 ^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων).....	328

Πίνακας II.2 : Περιγραφή & κόστος 3 ^{ης} εναλλακτικής τεχνολογίας 4 ^{ου} και 6 ^{ου} διαχειριστικού σεναρίου(1 ^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων).....	329
Πίνακας II.3 : Περιγραφή & κόστος 2 ^{ης} εναλλακτικής τεχνολογίας 4 ^{ου} & 6 ^{ου} διαχειριστικού σεναρίου (1 ^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων).....	330

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 2.1 : Οι 4 βασικές χρήσεις του νερού (Πηγή : Flörke & Alcamo, 2004)	35
Εικόνα 2.2 : Χρήσεις νερού σε παγκόσμιο επίπεδο (Πηγή : http://www.unep.org , μετά από προσαρμογή)	37
Εικόνα 2.3 : Κυρίαρχες χρήσεις νερού παγκοσμίως (Πηγή : http://www.unep.org , μετά από προσαρμογή)	38
Εικόνα 2.4 : Κατανομή χρήσεων νερού σε διάφορες χώρες της Ε.Ε. (Πηγή : Καραβίτης, 2006)	40
Εικόνα 2.5 : Υδατική κατανάλωση σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες (Πηγή : Ecologic - Institute for International and European Environmental Policy, 2007)	41
Εικόνα 2.6 : Οικιακές εισροές & εκροές	45
Εικόνα 2.7 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών κατοικίας	60
Εικόνα 2.8 : Πυραμίδα διαχείρισης νερού (Προέλευση : http://www.epa.vic.gov.au , μετά από προσαρμογή)	62
Εικόνα 2.9 : Πυραμίδα ιεράρχησης ανακυκλούμενων οικιακών ροών (Προέλευση : http://www.epa.vic.gov.au , μετά από προσαρμογή).....	64
Εικόνα 2.10 : Επιφάνεια απορροής κατοικίας (Πηγή : Shatewi, 2008).....	66
Εικόνα 2.11 : Ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου σε δείγμα μαύρου νερού (Πηγή : Olsson et al., 1967, μετά από προσαρμογή).....	88
Εικόνα 2.12 : Ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου σε δείγμα γκριζου νερού (Πηγή : Olsson et al., 1967, μετά από προσαρμογή).....	89
Εικόνα 2.13 : Συγκριτικά διαγράμματα του ρυθμού αποξυγόνωσης σε δείγμα γκριζου και μαύρου νερού (Πηγή : Olsson et al., 1967, μετά από προσαρμογή).....	90
Εικόνα 3.1 : Βασικά μέρη ενός συστήματος συλλογής βρόχινου νερού (Πηγή : Texas Water Development Board, 2005, μετά από προσαρμογή).....	101
Εικόνα 3.2 : Υπέργεια δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού (Πηγή : http://www.rainwaterharvesting.co.uk)	103
Εικόνα 3.3 : Υπέργεια δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού με αντλία (Πηγή : http://www.rainwaterharvesting.co.uk).....	103
Εικόνα 3.4 : Υπέργεια δεξαμενή αποθήκευσης με μικρό δοχείο συλλογής (1) (Πηγή : http://www.rainwaterharvesting.co.uk)	104
Εικόνα 3.5 : Υπέργεια δεξαμενή αποθήκευσης με μικρό δοχείο συλλογής (2) (Πηγή : http://www.rainwaterharvesting.co.uk)	105
Εικόνα 3.6 : Υπόγειο σύστημα συλλογής (Πηγή : http://www.rainwaterharvesting.co.uk).....	106
Εικόνα 3.7 : Ολοκληρωμένο σύστημα αξιοποίησης βρόχινου νερού (Πηγή : http://www.rainwaterharvesting.co.uk).....	107
Εικόνα 3.8 : Υπέργειος βροχοσυλλέκτης (μικρής χωρητικότητας) (Πηγή : http://veltiotiki.gr)...	109

Εικόνα 3.9 : Φίλτρο υδρορροής – λειτουργία (Πηγή : http://veltiotiki.gr)	109
Εικόνα 3.10 : Φίλτρο υδρορροής (Πηγή : http://veltiotiki.gr)	109
Εικόνα 3.11 : Αμφορέας - συλλέκτης βρόχινου νερού (Πηγή : http://www.chatziyiannakidis.gr)	111
Εικόνα 3.12 : Οριζόντιες δεξαμενές νερού (Πηγή : http://www.bakoplast.gr)	112
Εικόνα 3.13 : Κυλινδρικές δεξαμενές κατακόρυφης τοποθέτησης (Πηγή : http://www.bakoplast.gr))	113
Εικόνα 3.14 : Κατακόρυφες δεξαμενές νερού (Πηγή : http://www.gkarakousis.gr/)	113
Εικόνα 3.15 : Δεξαμενές νερού μικρού πλάτους (Πηγή : http://www.gkarakousis.gr/)	114
Εικόνα 3.16 : Δεξαμενές νερού οριζόντιας και κατακόρυφης τοποθέτησης (Πηγή : http://www.gkarakousis.gr/)	114
Εικόνα 3.17 : Εσχάρα φύλλων που ενσωματώνεται σε σωλήνα υδρορροής (Πηγή : http://www.ydromet.gr)	115
Εικόνα 3.18 : Εσχάρα στην κεφαλή κατακόρυφου σωλήνα υδρορροής (Πηγή : http://www.rainharvest.com)	116
Εικόνα 3.19 : Σύστημα εσχάρωσης & εκτροπής βρόχινου νερού (Πηγή : http://www.pixmania.gr)	116
Εικόνα 3.20 : Διαχωριστής 1 ^{ης} απόπλυσης (κλασικός) (Πηγή : Texas Water Development Board, 2005).....	118
Εικόνα 3.21 : Διαχωριστής 1 ^{ης} απόπλυσης (με φλοτέρ) (Πηγή : Texas Water Development Board, 2005)	119
Εικόνα 3.22 : Λειτουργία διαχωριστή (τύπος 2) (Πηγή : http://rainharvesting.com.au)	119
Εικόνα 3.23 : Σύστημα επεξεργασίας “Aqua2use” (Πηγή : http://aqua2use.com).....	121
Εικόνα 3.24 : Διάφορες όψεις του συστήματος “AS – REWA” (Πηγή : http://www.enya.gr/)....	124
Εικόνα 3.25 : Περιγραφή εξαρτημάτων συστήματος “AS – REWA” (Πηγή : http://www.enya.gr/)	125
Εικόνα 3.26 : Σύστημα Super Rain (Πηγή : http://www.biotecs.gr).....	127
Εικόνα 3.27 : Σύστημα “Super Rain” σε κατοικία (Πηγή : http://tankone.zetaplant.net)	128
Εικόνα 3.28 : Απλές τεχνολογίες επεξεργασίας γκρίζου νερού (Πηγή : Pidou et al., 2007, μετά από προσαρμογή).....	130
Εικόνα 3.29 : Χημικό σύστημα επεξεργασίας γκρίζου νερού (Πηγή : Pidou et al., 2007, μετά από προσαρμογή)	134
Εικόνα 3.30 : Σύστημα “Cyprobell” σε κατοικία (Πηγή : Hydranos Ltd).....	137
Εικόνα 3.31 : Τυπικές διατάξεις φυσικών συστημάτων (Προέλευση : Pidou et al., 2007, μετά από προσαρμογή).....	138
Εικόνα 3.32 : Αμμόφιλτρο βαρύτητας (Πηγή : http://www.sanico.gr)	143
Εικόνα 3.33 : Αμμόφιλτρο (Πηγή : http://www.nobelitaly.it)	145

Εικόνα 3.34 : Συσκευή μεμβρανών υπερδιήθησης (UF) (Πηγή : http://www.cwc.co.z).....	146
Εικόνα 3.35 : Τυπικές διατάξεις βιολογικών συστημάτων (Προέλευση : Pidou et al., 2007, μετά από προσαρμογή).....	147
Εικόνα 3.36 : Σύστημα βιοδίσκων “EKOL” (Πηγή : http://www.envima.gr)	153
Εικόνα 3.37 : Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας συστήματος βιοδίσκων “EKOL” (Πηγή : http://www.envima.gr).....	153
Εικόνα 3.38 : Διάταξη συστήματος επεξεργασίας με βιοφίλτρο “Waterloo” (Πηγή : http://www.waterloo-biofilter.com).....	155
Εικόνα 3.39 : Φίλτρο Waterloo (Πηγή : http://www.waterloo-biofilter.com).....	155
Εικόνα 3.40 : Βιολογικό σύστημα “Rotosal” (Πηγή : http://www.rotosal.gr).....	158
Εικόνα 3.41 : Σύστημα “P.Play”	160
Εικόνα 3.42 : Αναερόβιο βιολογικό φίλτρο (Πηγή : http://www.shielco.gr).....	161
Εικόνα 3.43 : Σύστημα “WEHOPUTS – 5” (Πηγή : http://www.ecomechanica.gr)	163
Εικόνα 3.44 : Στάδια επεξεργασίας στο σύστημα “WEHOPUTS – 5” (Πηγή : http://www.ecomechanica.gr)	163
Εικόνα 3.45 : Όψεις του συστήματος “AS – VARIOcompK” (Πηγή : http://www.enya.gr)	165
Εικόνα 3.46 : Μηχανολογικός εξοπλισμός συστήματος “AQUAmax” (Πηγή : http://www.enya.gr)	169
Εικόνα 3.47 : Δεξαμενή SBR (6IK) (Πηγή : http://www.enya.gr).....	170
Εικόνα 3.48 : Τυπική διάταξη τεχνητού υδροβιότοπου (Προέλευση : Pidou et al., 2007, μετά από προσαρμογή)	171
Εικόνα 3.49 : Διάταξη υδροβιότοπου υποεπιφανειακής ροής (οριζόντια ροή) (Προέλευση : Νουτσόπουλος ,2010, μετά από προσαρμογή)	172
Εικόνα 3.50 : Διάταξη υδροβιότοπου υποεπιφανειακής ροής (κατακόρυφη ροή) (Πηγή : Νουτσόπουλος, 2010, μετά από προσαρμογή)	172
Εικόνα 3.51 : Διάταξη λεκανών φυτοκαθαρισμού σε κατοικία (Πηγή : www.biotecs.gr).....	176
Εικόνα 3.52 : Λεπτομερής διάταξη τεχνητού υδροβιότοπου (Πηγή : www.greywater.com)	176
Εικόνα 3.53 : Σύστημα κατακόρυφης διήθησης γκρίζου νερού για επαναχρησιμοποίηση σε τουαλέτα, πλυντήριο ρούχων & κήπο (Πηγή : Windust, 2003).....	177
Εικόνα 3.54 : Απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών από 3 συστήματα τεχνητών υδροβιότοπων (Πηγή : Winward ^b et al., 2007)	180
Εικόνα 3.55 : Συγκριτικά διαγράμματα απομάκρυνσης παθογόνων από 5 συστήματα (Πηγή : Winward ^b et al., 2007)	181
Εικόνα 3.56 : Βρύση με αισθητήρα ανίχνευσης κίνησης (Πηγή : http://www.hellenicexpo.gr)..	185
Εικόνα 3.57 : Εξάρτημα βρύσης για ανίχνευση κίνησης Πηγή : http://user.eportal.gr/faucet.gr/main.html)	186
Εικόνα 3.58 : Μειωτήρας ροής για βρύση (1) (Πηγή : http://plaitis.com).....	187

Εικόνα 3.59 : Μειωτήρας ροής για βρύση (2) (Πηγή : http://www.waess.gr)	188
Εικόνα 3.60 : Κεφαλές ντους για εξοικονόμηση νερού (Πηγή : http://www.exoikonomisi.com)	189
Εικόνα 3.61 : Καζανάκι τουαλέτας με μηχανισμό διπλής ενεργοποίησης (Πηγή : http://s-bath.skrouzstore.gr)	190
Εικόνα 3.62 : Εξάρτημα wc - stop για εξοικονόμηση νερού στην τουαλέτα (Πηγή : http://www.ecofamily.gr)	191
Εικόνα 3.63 : Πλυντήριο : συσκευές υδατικής κατανάλωσης (Πηγή : http://www.lg.com)	192
Εικόνα I.1 : Αντλίες (Πηγή : http://www.grundfos.gr)	322
Εικόνα I.2 : Σύστημα διαχείρισης “RMQ” σε τυπική κατοικία (Πηγή : http://www.grundfos.com/)	327

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 2.1 : Κατανομή νερού στις διάφορες χρήσεις στην Ε.Ε. του 2000 (Πηγή : Flörke & Alcamo, 2004, μετά από προσαρμογή)	39
Σχήμα 2.2 : Αστική ζήτηση νερού σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας (Προέλευση : http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr/el/applications/greece.html# , μετά από προσαρμογή)	42
Σχήμα 2.3 : Κατανομή χρήσεων νερού στην Ελλάδα (Προέλευση : Ντεμιάν, 2010)	43
Σχήμα 2.4 : Καταμερισμός νερού σε εσωτερικές χρήσεις (Η.Π.Α.) (Πηγή : Mayer and DeOreo, 1999)	47
Σχήμα 2.5 : Καταμερισμός οικιακού νερού στις διάφορες οικιακές χρήσεις (Η.Π.Α.) (Πηγή : Mayer and DeOreo, 1999)	47
Σχήμα 2.6 : Θεωρητική κατανομή νερού σε εσωτερικές χρήσεις (Ελλάδα)	48
Σχήμα 2.7 : Ημερήσιες ποσότητες καταναλισκόμενου νερού στις διάφορες οικιακές δραστηριότητες	58
Σχήμα 4.1 : Επιμερισμός νερού στις διάφορες εσωτερικές οικιακές χρήσεις	198
Σχήμα 4.2 : Καταμερισμός ετήσιων δαπανών 1 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	229
Σχήμα 4.3 : Αξιολόγηση 1 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση την αξία του νερού.....	232
Σχήμα 4.4 : Αξιολόγηση 1 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης	233
Σχήμα 4.5 : Καταμερισμός ετήσιων δαπανών 2 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	245
Σχήμα 4.6 : Αξιολόγηση 2 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση την αξία του νερού.....	248
Σχήμα 4.7 : Αξιολόγηση 2 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης	249
Σχήμα 4.8 : Καταμερισμός ετήσιων δαπανών 3 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	258
Σχήμα 4.9 : Αξιολόγηση 3 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση την αξία του νερού.....	259
Σχήμα 4.10 : Αξιολόγηση 3 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης	260
Σχήμα 4.11 : Καταμερισμός ετήσιων δαπανών 4 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	273
Σχήμα 4.12 : Αξιολόγηση 4 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση την αξία του νερού...	275
Σχήμα 4.13 : Αξιολόγηση 4 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης	276
Σχήμα 4.14 : Καταμερισμός ετήσιων δαπανών 5 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων	284
Σχήμα 4.15 : Αξιολόγηση 5 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση την αξία του νερού...	287
Σχήμα 4.16 : Αξιολόγηση 5 ^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης	288

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία έχει ως στόχο τη διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης των υδάτινων ροών που παράγονται σε επίπεδο κατοικίας. Ειδικότερα, εξετάζονται 5 διαφορετικοί τύποι ιδεατών, μη - υφιστάμενων κατοικιών, εκ των οποίων : α) μονοκατοικία με κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, β) μονοκατοικία με κήπο - χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, γ) μονοκατοικία χωρίς κήπο, με σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, δ) πολυκατοικία με κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης και ε) πολυκατοικία με κήπο - χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης. Τη βάση για το σχεδιασμό των διαχειριστικών σεναρίων αποτελεί η αρχή της μείωσης της υδατικής κατανάλωσης και κατά δεύτερον η κατά το δυνατόν επαναχρησιμοποίηση ορισμένων οικιακών υδάτινων ροών και συγκεκριμένα του βρόχινου νερού, γκρίζου νερού και μικτών υγρών οικιακών αποβλήτων.

Τα διαχειριστικά σενάρια παρουσιάζονται αναλυτικά με ταυτόχρονη περιγραφή του εξοπλισμού που απαιτείται για την υλοποίησή τους, για τον οποίο παρατίθενται στοιχεία κόστους, που προέκυψαν έπειτα από έρευνα αγοράς. Κάθε μια από τις 5 ομάδες διαχειριστικών σεναρίων (που προκύπτουν για τους 5 προαναφερθέντες τύπους μη - υφιστάμενων κατοικιών) αξιολογείται με βάση α) τις ποσότητες των παραγόμενων οικιακών υδάτινων ροών που συνεπάγεται η εφαρμογή τους και β) οικονομικά κριτήρια, τα οποία αναφέρονται στο συνολικό κόστος των σεναρίων (κόστος κτήσης, εγκατάστασης, λειτουργίας, συντήρησης και ύδρευσης – αποχέτευσης) 1) με βάση την ισχύουσα κατάσταση αλλά και 2) θεωρώντας το ενδεχόμενο αύξησης της αξίας του νερού όπως επίσης και 3) το ενδεχόμενο χορήγησης κρατικής επιδότησης. Η αξιολόγηση των ομάδων διαχειριστικών σεναρίων αποσκοπεί στην ανάδειξη της βέλτιστης λύσης σε κάθε περίπτωση.

Η συνολική θεώρηση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης όλων των ομάδων διαχειριστικών σεναρίων έδειξε σε πρώτη βάση ότι τα σενάρια που προτείνουν την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές αποτελούν την πιο φθηνή λύση με ένα μέσο προς χαμηλό ποσοστό εξοικονόμησης πόσιμου νερού και μια μέση φόρτιση του δικτύου αποχέτευσης σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια. Ωστόσο, εκτός από τα σενάρια εξοικονόμησης, αναδείχθηκαν και κάποια άλλα, διαφορετικά για κάθε περίπτωση κατοικίας.

Ειδικότερα, αναφορικά με την κατοικία με κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, ένα σενάριο που συνδυάζει εξοικονόμηση νερού και χρημάτων, είναι εκείνο που προτείνει αξιοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση και εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές. Το συγκεκριμένο σενάριο γίνεται πιο οικονομικό από την οικονομική λύση σε περίπτωση αύξησης

της τιμής του νερού κατά 5% ή χορήγησης κρατικής επιδότησης 300 €. Η εφαρμογή οποιουδήποτε άλλου σεναρίου – και κυρίως των σεναρίων με υψηλά ποσοστά εξοικονόμησης πόσιμου νερού και φόρτισης του δικτύου αποχέτευσης (σενάρια που προτείνουν την αξιοποίηση βρόχινου και γκρίζου νερού) - είναι εφικτή υπό το ενδεχόμενο μιας υψηλής αύξησης της αξίας του νερού (> 80%) ή μιας υψηλής επιδότησης (> 7,000 €).

Επιπλέον, από το σύνολο των σεναρίων που αναφέρονται σε μια μονοκατοικία με κήπο - χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, αναδείχτηκε το σενάριο που προτείνει εξοικονόμηση νερού στις συσκευές και σύστημα επεξεργασίας των οικιακών λυμάτων, ενώ το σενάριο που προτείνει εξοικονόμηση νερού (οικιακές συσκευές) και επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού για άρδευση, επιτυγχάνει χαμηλότερη υδατική κατανάλωση και μπορεί να υλοποιηθεί με μια ενδεχόμενη αύξηση της τιμής του νερού κατά 20% ή με επιχορήγηση 800 € για κάθε νοικοκυριό. Στην περίπτωση της μονοκατοικίας χωρίς κήπο αλλά με σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, τα μόνα οικονομικά προσιτά για το νοικοκυριό σενάρια είναι εκείνα που προτείνουν την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές. Πιθανή αύξηση της τιμής του νερού ή το ύψος της κρατικής επιδότησης που θα καταστήσουν υλοποιήσιμο κάποιο σενάριο που προτείνει την αξιοποίηση κάποιας υδάτινης οικιακής ροής και που επιτυγχάνει μεγαλύτερη εξοικονόμηση πόσιμου νερού, ξεπερνά κατά πολύ το 150% και τα 10,000 € αντίστοιχα.

Στην περίπτωση του διαμερίσματος σε πολυκατοικία με κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, όλα τα προτεινόμενα σενάρια συνεπάγονται αύξηση των δαπανών του νοικοκυριού του διαμερίσματος με το πιο προσιτό να είναι το σενάριο που προτείνει εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές. Μια λύση που μπορεί να γίνει επιλέξιμη με τη χορήγηση μιας λογικής κρατικής επιδότησης είναι το σενάριο που προτείνει την αξιοποίηση του βρόχινου νερού της πολυκατοικίας για άρδευση του κήπου (9,000 € / πολυκατοικία). Τέλος, για το νοικοκυριό που διαβιεί σε διαμέρισμα πολυκατοικίας με κήπο - χωρίς σύνδεση σε δίκτυο, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι όλα τα σενάρια πέραν του σεναρίου εξοικονόμησης νερού στις οικιακές συσκευές, επιφέρουν αύξηση των δαπανών του νοικοκυριού. Επίσης, η επιλογή του συγκεκριμένου σεναρίου θεωρείται καλή καθώς εξοικονομεί ταυτόχρονα μια μέση ποσότητα νερού. Αντίθετα, για την υλοποίηση των σεναρίων (εκτός από το σενάριο εξοικονόμησης) που επιτυγχάνουν μεγαλύτερη εξοικονόμηση πόσιμου νερού, η χορήγηση επιδοτήσεων ανά πολυκατοικία ξεπερνά τις 20,000 €, ενώ μια αύξηση της τιμής του νερού που θα τα καθιστούσε οικονομικά ενδιαφέροντα υπερβαίνει κατά πολύ πάνω το 150%.

Extended abstract

Introduction

Nowadays, it is without doubt that water resources undergo great pressure which is caused by intensive human activity. On the one hand, the agricultural sector, the industrial sector, the urban and the energy sector demand even larger amounts of water while on the other hand the quantity of water that is available to human society is dangerously decreasing due to the impacts of climatic change. Water conservation has to replace water overexploitation in order to put the foundations for a viable future for next generations.

The present master thesis moves in this direction by presenting a series of alternative scenarios aiming to domestic water management in different types of dwellings. Specifically, the thesis includes a number of suggestions for the management of greywater, mixed wastewater and rainwater that are produced in a typical, ideal residence. The mentioned suggestions are evaluated on the basis of criteria referring to the quantities of the aquatic flows produced as well as economic criteria, in order to reveal the optimum choice in each case.

Brief literature review

Domestic water management follows a hierarchy, on the basis of which there is the reduction of domestic water consumption. On a second basis, there is the reuse (without previous treatment) of certain domestic aquatic flows and finally the recycling of some aquatic flows after they have been treated. Consequently, domestic water management demands knowledge of the amount of domestic water consumption and of the domestic aquatic effluents. Referring to quantity data, the average per capita water consumption in Greece fluctuates between 150 and 200 liters/day, while the amount of wastewater is calculated on the basis of the domestic water consumption.

As far as it concerns the aquatic flows that are produced in a typical residence, there are three main qualitative categories that must be mentioned: a) greywater, b) mixed wastewater and c) rainwater. Greywater represents the effluent of all indoor domestic activities except from the toilet. In some cases, the sink effluent is excluded from the greywater due to its heavy load in organic compounds and suspended solids. Generally, greywater originated from shower, bathtub and wash basin tends to have a higher quality compared to mixed wastewater or the effluent derived from the laundry, sink or the toilet. This fact implies that treatment of greywater could be 'lighter' than that of mixed wastewater. Also, 'light' treatment is proposed for rainwater as its quality is regarded to be the highest of all domestic, aquatic flows, although, highly fluctuating in space and time.

Although modern society has been motivated towards domestic water management, with the states of Australia and U.S.A. being the pioneers in that movement, there are not clearly defined

worldwide standards for domestic water reuse. The existing situation includes a variety of reuse limits which vary from country to country, while in Greece water reuse is permitted only at municipal level.

Method overview

The first step to build the water management scenarios was to collect data from companies which are occupied with the treatment of aquatic domestic flows. Moreover, the data collected referred to treatment systems of greywater, mixed wastewater and rainwater and their specific characteristics regarding acquisition cost, energy consumption, maintenance cost and cost of necessary and supplementary equipment. There were also collected data from the water supply company of Athens (EYDAP) about the cost of water supply and sewerage and from the public electricity firm. The above mentioned data were used to calculate the exact performance cost of each management scenario.

The second step was to design the water management scenarios. On the basis of this step some assumptions were made regarding the size of the household, the indoor and outdoor water consumption and the distribution of domestic water in the indoor activities. Also, another set of assumptions were written down and it was about the size of the garden, the size of the rainwater collection area of the house, the frequency and the cost of the evacuation of a typical septic tank. The basic idea of the scenario design procedure was the requisite treatment for such domestic aquatic flow which was determined by the quality of the aquatic flow as well as by the activity (indoor, outdoor) for which the treated effluent will be used. Especially, advanced treatment was suggested for those aquatic flows that will be used indoors for toilet flushing and the minimum treatment in case that the treated effluent would be used for garden water through a subsurface drip irrigation system.

The result of all the above procedure was 5 groups of water management scenarios and particularly :

1. A group of scenarios that refers to a detached residence which has a garden and is connected to the sewerage system (11 suggestions).
2. A group of scenarios that refers to a detached residence which does not have a garden, but is connected to the sewerage system (8 suggestions).
3. A group of scenarios referring to a detached residence without a garden and a connection to the sewerage system (5 suggestions).
4. A group of scenarios which refers to a flat in a 10 – storey block of flats which has a garden and a connection to the sewerage system (4 suggestions).
5. A group of scenarios referring to a flat in a 10 – storey block of flats which has a garden - without a connection to the sewerage system (5 suggestions).

After the water management scenarios design, the computational part of the thesis took place. Particularly, the calculations made, aimed to the estimation of the total cost of each water management scenario as well as the amount of a conditional state subsidy and the conditional % increase in water price that would make the scenarios economically interesting. The suggestions included in each of the above mentioned 5 groups of scenarios were evaluated on the basis of the results of the above mentioned calculations.

Results

The results of the calculations for the group of water management scenarios applying to a detached residence with garden and a connection to the sewerage system are presented in the following tables 2 and 3, with a brief description of the scenarios and the proposed technologies in table 1.

Table 1 : Scenario description & proposed technologies

Scenario No	Brief Scenario description	Proposed technology
0	Zero solution	-
1	Water efficient devices (1)*	Integrated solution to reduce water consumption in domestic devices
2	Water efficient devices (2)**	Smart solutions to reduce water consumption in domestic devices
3	Reuse of greywater for garden irrigation	Anaerobic treatment (biofilter) – MF filtration
4	Reuse of greywater for garden irrigation & toilet flushing	Aerobic biological treatment – UF membranes – UV sterilization
5	Water efficient devices (2) - Reuse of greywater for garden irrigation	Combination of technologies 2 & 3
6	Water efficient devices (2) - Reuse of greywater for garden irrigation & toilet flushing	Combination of technologies 2 & 4
7	Use of rainwater for toilet flushing & reuse of greywater for garden irrigation	Rainwater : MF filtration – UV sterilization, Greywater : anaerobic treatment (biofilter) – MF filtration
8	Reuse greywater + rainwater for garden irrigation & toilet flushing	Greywater : aerobic biological treatment – mix with rainwater – MF filtration – chlorination
9	Water efficient devices (2) - Reuse greywater + rainwater for garden irrigation & toilet flushing	Combination of technologies 2 & 8
10	Use of rainwater for garden irrigation & toilet flushing	Filtration – UV sterilization
11	Water efficient devices (2) - Use of rainwater for garden irrigation & toilet flushing	Combination of technologies 2 & 10

* : refers to small, inexpensive appliances (e.g. tap aerators, water efficient showerheads) that could be adapted to domestic devices and reduce domestic water consumption as well as water efficient electric devices, such as washing machines and the dish washers with 'economic programs'.

** : refers to small, inexpensive appliances (e.g. tap aerators, water efficient showerheads) that could be adapted to domestic devices and reduce domestic water consumption

Table 2 : Analysis of the annual cost of the 1st group of water management scenarios

Scenario No	Annual dose of acquisition & installation cost	Annual dose of functional & maintenance cost	Annual dose of cost of water supply & sewerage	Annual cost / household member
0	0,00 €	0,00 €	1.042,60 €	260,65 €
1	263,26 €	0,00 €	686,49 €	237,44 €
2	17,30 €	0,00 €	729,56 €	186,71 €
3	359,40 €	188,67 €	513,67 €	265,44 €
4	1.062,70 €	475,15 €	338,60 €	469,11 €
5	376,70 €	188,67 €	251,39 €	204,19 €
6	1.080,00 €	475,15 €	202,83 €	439,50 €
7	1.064,81 €	587,28 €	448,17 €	525,07 €
8	1.004,82 €	476,89 €	340,43 €	455,53 €
9	1.022,12 €	476,89 €	258,21 €	439,31 €
10	705,41 €	398,61 €	682,76 €	446,70 €
11	722,70 €	398,61 €	495,26 €	404,14 €

Table 3 : Evaluation parameters of the 1st group of water management scenarios

Scenario No	% change in annual household expenses	% change in domestic water consumption	% change in quantity of water thrown to sewer	Potential % increase in water price favoring scenario performance	Prerequisite state subsidy favoring scenario performance
1	-8,91%	-18,56%	-27,25%	Not examined	Not examined
2	-28,37%	-16,04%	-23,55%	Not examined	Not examined
3	1,84%	-18,55%	-32,05%	5%	300 €
4	79,98%	-30,86%	-14,49%	120%	9,500 €
5	-21,66%	-40,18%	-51,76%	Not examined	Not examined
6	68,61%	-39,45%	-38,75%	85% - 90%	7,500 € - 9,000 €
7	101,44%	-23,26%	-32,05%	>> 150%	12,000 €
8	74,77%	-31,58%	-15,72%	110%	7,500 € - 9,000 €
9	68,54%	-40,62%	-40,76%	85% - 90%	7,500 € - 9,000 €
10	71,38%	-11,31%	0,00%	>>150%	7,500 € - 9,000 €
11	55,05%	-20,91%	-23,55%	105%	6,200 €

The calculation results for the group of scenarios for a detached residence without a garden - with a connection to the sewerage system are presented in the tables 5 and 6 below. Table 4 shows a brief description of scenarios and the suggested technologies.

Table 4 : Brief description of scenarios & proposed technologies

Scenario No	Brief Scenario description	Proposed technology
0	Zero solution	-
1	Water efficient devices*	Smart solutions to reduce water consumption in domestic devices
2	Treatment of mixed wastewater	Aerobic biological treatment
3	Combination of scenarios 1 & 2	Combination of technologies 1 & 2
4	Scenario 1 - Reuse of greywater for garden irrigation	Technology 1 – greywater : anaerobic biological treatment (biofilter) – MF filtration
5	Scenario 1 - Reuse of greywater for garden irrigation & toilet flushing	Technology 1 – Greywater : aerobic biological treatment – MF filtration – UV sterilization
6	Scenario 1 - Use of rainwater + greywater for garden irrigation & toilet flushing	Technology 1 – Greywater : aerobic biological treatment – mix with rainwater – MF filtration – chlorination
7	Scenario 1 - Use of rainwater for garden irrigation & toilet flushing	Technology 1 – Rainwater : filtration – UV sterilization
8	Scenario 1 - Use of rainwater for toilet flushing – treatment of mixed wastewater for garden irrigation	Technology 1 – Rainwater : Filtration – UV sterilization, Mixed wastewater : anaerobic biological treatment – MF filtration

* : refers to small, inexpensive appliances (e.g. tap aerators, water efficient showerheads) that could be adapted to domestic devices and reduce domestic water consumption.

Table 5 : Analysis of the annual cost of the 2nd group of water management scenarios

Scenario No	Annual dose of acquisition & installation cost	Annual dose of functional & maintenance cost	Annual dose of cost of water supply & sewerage	Annual cost / household member
0	0,00 €	0,00 €	1.046,42 €	261,60 €
1	17,30 €	0,00 €	761,14 €	194,61 €
2	472,19 €	12,06 €	746,42 €	307,67 €
3	489,49 €	12,06 €	507,18 €	252,18 €
4	376,70 €	188,67 €	549,77 €	278,78 €
5	937,03 €	500,14 €	487,55 €	481,18 €
6	1.022,12 €	476,89 €	472,30 €	492,83 €
7	722,70 €	398,61 €	818,54 €	484,97 €
8	1.023,65 €	496,96 €	330,41 €	462,75 €

Table 6 : Evaluation parameters of the 2nd group of water management scenarios

Scenario No	% change in annual household expenses	% change in domestic water consumption	% change in quantity of water thrown to sewer	Potential % increase in water price favoring scenario performance	Prerequisite state subsidy favoring scenario performance
1	-25,61%	-16,04%	-23,55%	Not examined	Not examined
2	17,61%	0,00%	0,00%	>> 150%	2,000 €
3	-3,60%	-18,56%	-23,55%	Not examined	Not examined
4	6,57%	-32,37%	-51,76%	20%	800 €
5	83,94%	-39,45%	-38,75%	>> 150%	10,000 €
6	88,39%	-40,62%	-40,76%	>> 150%	10,000 €
7	85,38%	-15,28%	-16,89%	>> 150%	10,000 €
8	76,89%	-46,20%	-60,58%	160%	9,00 €

The calculation results of water management scenarios applying to a detached residence without garden and connection to the sewerage system are presented in the tables 7, 8 and 9 that follow.

Table 7 : Brief description of scenarios & proposed technologies

Scenario No	Brief Scenario description	Proposed technology
0	Zero solution	-
1	Water efficient devices (1)	Integrated solution to reduce water consumption in domestic devices
2	Water efficient devices (2)	Smart solutions to reduce water consumption in domestic devices
3	Reuse of greywater for toilet flushing	Aerobic biological treatment – UF membranes – UV sterilization
4	Water efficient devices (2) - Reuse of greywater for toilet flushing	Combination of technologies 2 & 3
5	Water efficient devices (2) - Use of rainwater for toilet flushing	Technology 2 – Rainwater : Filtration – UV sterilization

Table 8 : Analysis of the annual cost of the 3rd group of water management scenarios

Scenario No	Annual dose of acquisition & installation cost	Annual dose of functional & maintenance cost	Annual dose of cost of water supply & sewerage	Annual cost / household member
0	0,00 €	0,00 €	416,24 €	104,06 €
1	263,26 €	0,00 €	216,06 €	119,83 €
2	17,30 €	0,00 €	228,30 €	61,40 €
3	1.062,70 €	475,15 €	197,05 €	433,73 €
4	1.080,00 €	475,15 €	157,37 €	428,13 €
5	705,41 €	398,61 €	205,47 €	327,37 €

Table 9 : Evaluation parameters of the 3rd group of water management scenarios

Scenario No	% change in annual household expenses	% change in domestic water consumption	% change in quantity of water thrown to sewer	Potential % increase in water price favoring scenario performance	Prerequisite state subsidy favoring scenario performance
1	15,16%	-27,25%	-27,25%	30%	Not examined
2	-41,00%	-23,55%	-23,55%	Not examined	Not examined
3	316,81%	-33,00%	0,00%	>> 150%	14,000–15,000 €.
4	311,43%	-45,00%	-23,55%	>> 150%	14,000–15,000 €.
5	214,60%	-30,45%	-16,61%	>> 150%	10,000 €

With respect to the case of a flat, the results of the examination of the group of scenarios referring to a 10 – storey block of flats with garden and connection to sewer are presented in the tables 10, 11 and 12 below.

Table 10 : Brief description of scenarios & proposed technologies

Scenario No	Brief Scenario description	Proposed technology
0	Zero solution	-
1	Water efficient devices* in each apartment	Smart solutions to reduce water consumption in domestic devices
2	Reuse of greywater for garden irrigation & toilet flushing	Aerobic biological treatment – UF membranes – UV sterilization
3	Water efficient devices - Reuse greywater + rainwater for garden irrigation & toilet flushing	Technology 1 - Greywater : aerobic biological treatment – mix with rainwater – MF filtration – chlorination
4	Water efficient devices - Use of rainwater for garden irrigation	Technology 1 – Rainwater : Filtration

* : refers to small, inexpensive appliances (e.g. tap aerators, water efficient showerheads) that could be adapted to domestic devices and reduce domestic water consumption.

Table 11 : Analysis of the annual cost of the 4th group of water management scenarios

Scenario No	Annual dose of acquisition & installation cost	Annual dose of functional & maintenance cost	Annual dose of cost of water supply & sewerage	Annual cost / household member
0	0,00 €	0,00 €	287,34 €	71,83 €
1	17,30 €	0,00 €	271,09 €	72,10 €
2	434,77 €	79,72 €	154,06 €	167,14 €
3	435,48 €	129,72 €	154,06 €	179,82 €
4	82,60 €	16,03 €	235,20 €	83,46 €

Table 12 : Evaluation parameters of the 4th group of water management scenarios

Scenario No	% change in annual household expenses	% change in domestic water consumption	% change in quantity of water thrown to sewer	Potential % increase in water price favoring scenario performance	Prerequisite state subsidy favoring scenario performance
1	0,37%	-5,78%	-6,55%	10%	Not examined
2	132,67%	-36,49%	-22,29%	>> 150%	42,500 €
3	150,32%	-36,49%	-22,29%	>> 150%	48,000 €
4	16,18%	-6,26%	-6,55%	>> 150%	9,000 €

Finally, the results that came out of the examination of the group of scenarios proposed for a 10 – storey block of flats with garden but without a connection to sewer are presented in the tables 13, 14 and 15 that follow.

Table 13 : Brief description of scenarios & proposed technologies

Scenario No	Brief Scenario description	Proposed technology
0	Zero solution	-
1	Water efficient devices* in each apartment	Smart solutions to reduce water consumption in domestic devices
2	Scenario 1 - Reuse of greywater for garden irrigation & toilet flushing	Technology 1 – Greywater :Aerobic biological treatment – UF membranes – UV sterilization
3	Scenario 1 - Reuse greywater + rainwater for garden irrigation & toilet flushing	Technology 1 - Greywater : aerobic biological treatment – mix with rainwater – MF filtration – chlorination
4	Scenario 1 - Use of rainwater for toilet flushing – treatment of mixed wastewater for garden irrigation	Technology 1 - Rainwater : Filtration – UV sterilization, Mixed wastewater : anaerobic biological treatment – MF filtration

* : refers to small, inexpensive parts (e.g. tap aerators, water efficient showerheads) that could be adapted to domestic devices and reduce domestic water consumption.

Table 14 : Analysis of the annual cost of the 5th group of water management scenarios

Scenario No	Annual dose of acquisition & installation cost	Annual dose of functional & maintenance cost	Annual dose of cost of water supply & sewerage	Annual cost / household member
0	0,00 €	0,00 €	314,20 €	78,55 €
1	17,30 €	0,00 €	245,50 €	65,70 €
2	247,55 €	53,47 €	245,50 €	136,63 €
3	434,77 €	79,72 €	155,07 €	167,39 €
4	435,48 €	129,72 €	155,07 €	180,07 €
5	537,84 €	102,33 €	193,94 €	208,53 €

Table 15 : Evaluation parameters of the 5th group of water management scenarios

Scenario No	% change in annual household expenses	% change in domestic water consumption	% change in quantity of water thrown to sewer	Potential % increase in water price favoring scenario performance	Prerequisite state subsidy favoring scenario performance
1	-16,36%	-20,78%	-23,55%	>> 150%	Not examined
2	73,94%	-20,78%	-23,55%	Not examined	26,000 €
3	112,12%	-51,48%	-39,25%	>> 150%	39,000 €
4	129,14%	-51,48%	-39,25%	>> 150%	45,000 €
5	170,86%	-41,94%	-23,55%	>> 150%	>> 50,000 €

Conclusions - Suggestions for further investigation

Generally, the scenarios proposing the transformation of conventional domestic devices to water efficient ones with the use of simple appliances, seem to be the most profitable solution in all cases of dwellings examined. However, the percentage of potable water conservation achieved and the load in the sewerage system in these cases are of medium to low level.

Apart from these management scenarios, referring to the case of a detached residence with garden and a connection to sewer, an attractive solution is the scenario that suggests the reuse of greywater for garden watering in combination with water efficient domestic devices. In addition, a detached house with garden and absence of connection to sewer could implement a scenario that reuses greywater for garden watering with a potential state subsidy of 800 € or in case of a potential increase in water price of 20%. Moreover, regarding a detached house without garden, but owning a connection to sewer, it is concluded that scenarios which suggest the reuse of an aquatic domestic flow are extremely unaffordable for the household.

With regard to the case of a block of flats with garden and a connection to the sewer, it seems that an affordable solution could be the implementation of the scenario proposing the use of rainwater for garden irrigation. This scenario will be eligible in condition that there is a 9,000 € state subsidy per block or an increase in water price exceeding 150%. Finally, a block of flats without connection to sewer does not have any alternative solutions but only the scenarios that suggest water efficient domestic devices.

It must be pointed out that in this thesis the water management scenarios were examined and evaluated on the basis of economic criteria. In order to make an integrated approach to domestic water management, data regarding the environmental cost of each solution should be collected or estimated.

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης των υδάτινων ροών που παράγονται σε επίπεδο κατοικίας και η συγκριτική αξιολόγησή τους προκειμένου να επιλεγεί η πλέον βέλτιστη λύση για κάθε περίπτωση κατοικίας. Ειδικότερα, οι οικιακές υδάτινες ροές που τίθενται υπό το φακό της διαχείρισης είναι το βρόχινο νερό, το γκρίζο νερό και τα μικτά υγρά οικιακά απόβλητα, ενώ η διερεύνηση γίνεται για κατοικίες που πρόκειται να κατασκευαστούν και όχι υφιστάμενες.

Ειδικότερα, βασικός πυρήνας της εργασίας είναι η παρουσίαση των διαχειριστικών σεναρίων για τα οποία γίνεται λεπτομερής τεχνικοοικονομική ανάλυση με βάση στοιχεία κόστους που αναφέρονται στον εξοπλισμό (κτήση, εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση) αλλά και στις χρεώσεις ύδρευσης – αποχέτευσης. Επίσης, σε κάθε σενάριο γίνεται ακριβής υπολογισμός των ποσοτήτων των υδάτινων ροών που παράγονται στην κατοικία. Επιπρόσθετα, πραγματοποιούνται οικονομικοί υπολογισμοί θεωρώντας το ενδεχόμενο αύξησης της αξίας του νερού και το ενδεχόμενο χορήγησης κρατικής επιδότησης.

Συνολικά εξετάζονται 5 ομάδες διαχειριστικών σεναρίων οι οποίες αφορούν περιπτώσεις νοικοκυριού που διαβιεί σε μονοκατοικία (με κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, με κήπο – χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, χωρίς κήπο – με σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης) αλλά και περιπτώσεις νοικοκυριού που διαβιεί σε πολυκατοικία (με κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, χωρίς κήπο – με σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης). Η αξιολόγηση των ομάδων των διαχειριστικών σεναρίων πραγματοποιείται τόσο με βάση ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών όσο και με οικονομικά στοιχεία

1.2 Διάρθρωση της εργασίας

Η παρούσα εργασία περιλαμβάνει - εκτός από το παρόν 1^ο κεφάλαιο που αποτελεί την εισαγωγή στο αντικείμενο της εργασίας – άλλα 4 κεφάλαια εκ των οποίων :

- Το 2^ο κεφάλαιο, όπου γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση σε στοιχεία κατανομής των χρήσεων του νερού παγκοσμίως και ειδικότερα σε στοιχεία επιμερισμού του οικιακού νερού στις διάφορες δραστηριότητες. Επίσης, παρουσιάζονται οι διάφορες υδάτινες ροές που παράγονται σε επίπεδο κατοικίας καθώς και χαρακτηριστικά που αφορούν την ποιότητα και την ποσότητά τους. Τέλος, ακολουθεί μια παρουσίαση της κατάστασης που επικρατεί παγκοσμίως σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση του νερού καθώς και των νομοθετικών πλαισίων που ισχύουν σε διάφορες χώρες αλλά και στη Ελλάδα.
- Το 3^ο κεφάλαιο, όπου αναλύονται τεχνολογίες επεξεργασίας των οικιακών ροών και συγκεκριμένα του βρόχινου νερού, του γκρίζου νερού και των μικτών υγρών οικιακών αποβλήτων. Ειδικότερα, για κάθε τεχνολογία παρατίθενται τα αντίστοιχα συστήματα που κυκλοφορούν στην αγορά με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους (στοιχεία λειτουργίας, κατασκευής και κόστους).
- Το 4^ο κεφάλαιο, όπου γίνεται αναλυτική παρουσίαση των 5 ομάδων διαχειριστικών σεναρίων και αξιολόγησή τους με βάση τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν.
- Το 5^ο κεφάλαιο, όπου συνοψίζονται τα βασικότερα συμπεράσματα και οι παρατηρήσεις που προέκυψαν από την αξιολόγηση των διαχειριστικών σεναρίων, ενώ γίνονται προτάσεις για τις πιθανές κατευθύνσεις που μπορεί να στραφεί η μελλοντική έρευνα.
- Τέλος, μετά την παράθεση των βιβλιογραφικών πηγών, στο παράρτημα, παρουσιάζονται αναλυτικά κάποια οικονομικά στοιχεία για το βασικό και παρελκόμενο εξοπλισμό των διαχειριστικών σεναρίων που περιγράφηκαν στο 4^ο κεφάλαιο.

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Ανάλυση οικιακών ροών

2.1 Εισαγωγή

Στόχος του παρόντος κεφαλαίου είναι να δώσει μια εικόνα σχετικά με τον τρόπο που κατανέμεται το νερό για την κάλυψη των διαφόρων χρήσεων (αγροτική, αστική, βιομηχανική και ενεργειακή) με έμφαση στην οικιακή χρήση του. Ειδικότερα, θα παρουσιαστούν ποσοτικές εκτιμήσεις σχετικά με τον καταμερισμό του νερού στις διάφορες οικιακές δραστηριότητες σε εθνικό, ευρωπαϊκό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο. Επιπρόσθετα, θα αναλυθούν οι παράγοντες οι οποίοι ασκούν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της οικιακής υδατικής κατανάλωσης.

Επίσης, στα πλαίσια της ανάλυσης της οικιακής χρήσης του νερού, θα παρουσιαστούν οι υδάτινες ροές που παράγονται σε μια τυπική κατοικία. Αναλυτικότερα, θα παρουσιαστούν ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία για κάθε μια από τις οικιακές υδατικές ροές, όπως προέκυψαν από τη βιβλιογραφία.

Τέλος, θίγεται το θέμα της διαχείρισης του οικιακού νερού, το οποίο παρόλο που αποτελεί έναν ανανεώσιμο φυσικό πόρο, είναι διαθέσιμο σε περιορισμένη ποσότητα στο άνθρωπο. Προτείνονται πρακτικές που αφορούν στην άμεση μείωση της υδατικής κατανάλωσης, στην επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση ορισμένων οικιακών υδάτινων ροών με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση αυτού του βασικού αγαθού.

2.2 Χρήσεις νερού

Το νερό αποτελεί αναμφίβολα το βασικό συστατικό πολλών δραστηριοτήτων που εντάσσονται στην καθημερινότητα του σύγχρονου ανθρώπου. Οι δραστηριότητες αυτές μπορεί να αφορούν χρήσεις του νερού στο οικιστικό περιβάλλον, στο αγροτικό περιβάλλον, στο βιομηχανικό περιβάλλον αλλά και σε άλλους τομείς που θα αναλυθούν παρακάτω. Ειδικότερα, οι κύριες χρήσεις του νερού στο ανθρωπογενές περιβάλλον είναι οι εξής :



Εικόνα 2.1 : Οι 4 βασικές χρήσεις του νερού (Πηγή : Flörke & Alcamo, 2004)

A. Βιομηχανική

Η βιομηχανική χρήση του νερού συνεπάγεται την κατανάλωση ποσοτήτων νερού από βιομηχανίες τόσο ως συστατικό των προϊόντων που παράγουν (για παράδειγμα βιομηχανίες αναψυκτικών, χαρτοβιομηχανίες, κ.α.) όσο και ως απαραίτητη πηγή για τις παρελκόμενες της παραγωγικής διαδικασίες (π.χ. για την ψύξη μηχανών που αναπτύσσουν υψηλές θερμοκρασίες).

B. Αγροτική

Η αγροτική χρήση νερού αφορά στις ποσότητες νερού που δεσμεύει ο γεωργικός τομέας για την άρδευση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Είναι γνωστό ότι το νερό είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη των φυτών καθώς αυτό 'κινεί' τις διάφορες λειτουργίες τους (αφομοίωση θρεπτικών ουσιών, φωτοσύνθεση, μεταφορά ανόργανων υλικών, δόμηση ιστών, ανάπτυξη και διαπνοή) (Παναγούλια και Δήμου, 2000).

C. Αστική

Η συγκεκριμένη χρήση αναφέρεται στις ποσότητες νερού που καταναλώνονται στα πλαίσια του αστικού περιβάλλοντος. Ειδικότερα, ως «αστικό» χαρακτηρίζεται το νερό που προορίζεται για χρήση σε κατοικίες, εμπορικά καταστήματα αλλά και σε δημοτικές εκτάσεις. Ανάλογα με τον εκάστοτε χρήστη, η αστική χρήση μπορεί να διακριθεί στις παρακάτω υποκατηγορίες :

- a. Οικιακή : Η οικιακή χρήση αφορά το νερό που καταναλώνεται σε επίπεδο κατοικίας (νοικοκυριό) και μπορεί να αξιοποιείται τόσο για εσωτερικές όσο και για εξωτερικές χρήσεις.

- b. Εμπορική / Επαγγελματική : Ως εμπορική χαρακτηρίζεται η χρήση του νερού όταν αυτό καταναλώνεται σε επίπεδο εμπορικών καταστημάτων και επιχειρήσεων (για παράδειγμα, το νερό που χρησιμοποιείται σε καφετέριες και εστιατόρια αλλά και σε ξενοδοχεία και τουριστικές και αθλητικές εγκαταστάσεις).

D. Δημόσια και Δημοτική

Η δημόσια και δημοτική χρήση αναφέρεται στο νερό που χρησιμοποιείται για την ύδρευση δημόσιων κτιριακών εγκαταστάσεων (σχολεία, νοσοκομεία, κ.α.), όσο και για την άρδευση εξωτερικών δημοτικών χώρων (πάρκα, πλατείες, πρασιές). Επίσης, στη δημοτική χρήση υπάγονται και εκείνες οι ποσότητες νερού που καταναλώνονται από άλλες υπηρεσίες του εκάστοτε δήμου, όπως η πυρόσβεση, ο καθαρισμός των οδών και των κάδων απορριμμάτων.

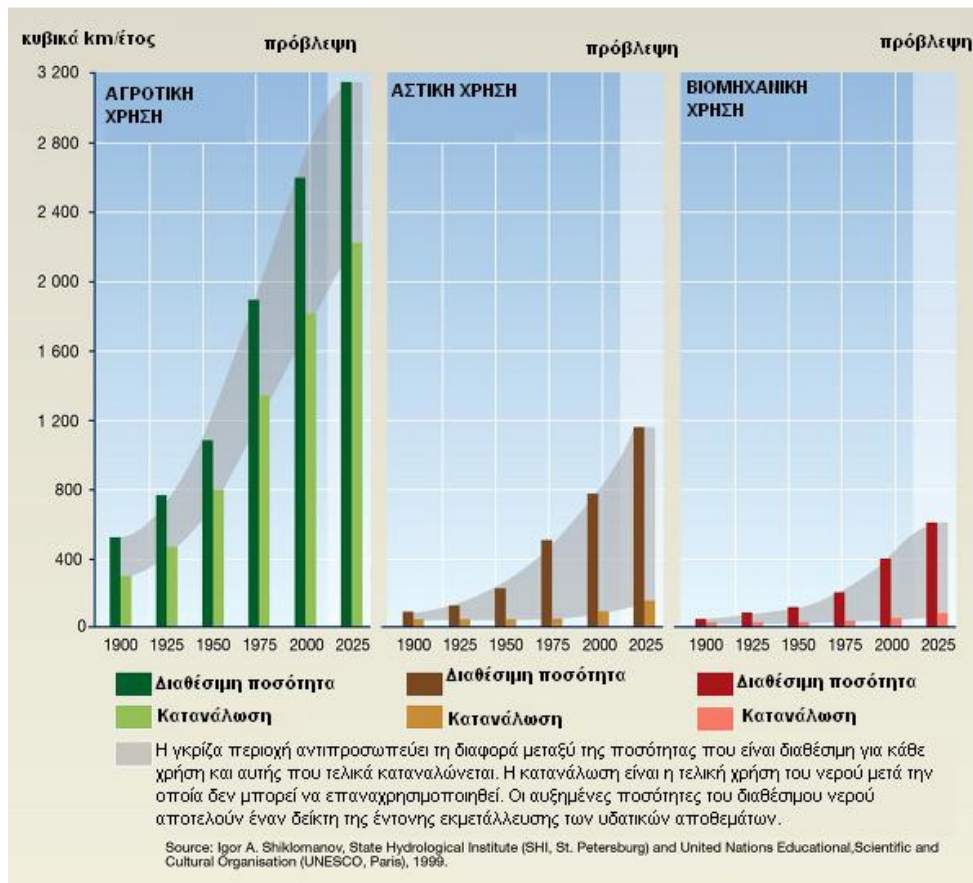
E. Ενεργειακή

Ως ενεργειακή χαρακτηρίζεται η χρήση του νερού που αποσκοπεί στην παραγωγή ενέργειας. Συγκεκριμένα, ενεργειακή χρήση του νερού πραγματοποιείται στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς όπου παράγεται ηλεκτρική ενέργεια με την αξιοποίηση της δυναμικής ενέργειας του νερού.

2.3 Αξιοποίηση νερού σε παγκόσμια κλίμακα

Η γνώση των ποσοστών κατανομής του νερού στις διάφορες χρήσεις είναι σημαντική για την εφαρμογή πολιτικών διαχείρισης των υδάτινων αποθεμάτων τόσο σε επίπεδο χωρών όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Ειδικότερα, η ανάλυση των ποσοτήτων νερού που απαιτεί η κάθε χρήση, μπορεί να συμβάλλει στην αξιολόγηση της αποδοτικής χρήσης του νερού στους διάφορους τομείς (κατοικία, βιομηχανία, γεωργία) αλλά και στο σχεδιασμό κατάλληλων μέτρων περιορισμού της κατανάλωσης που αντιστοιχεί σε κάθε χρήση.

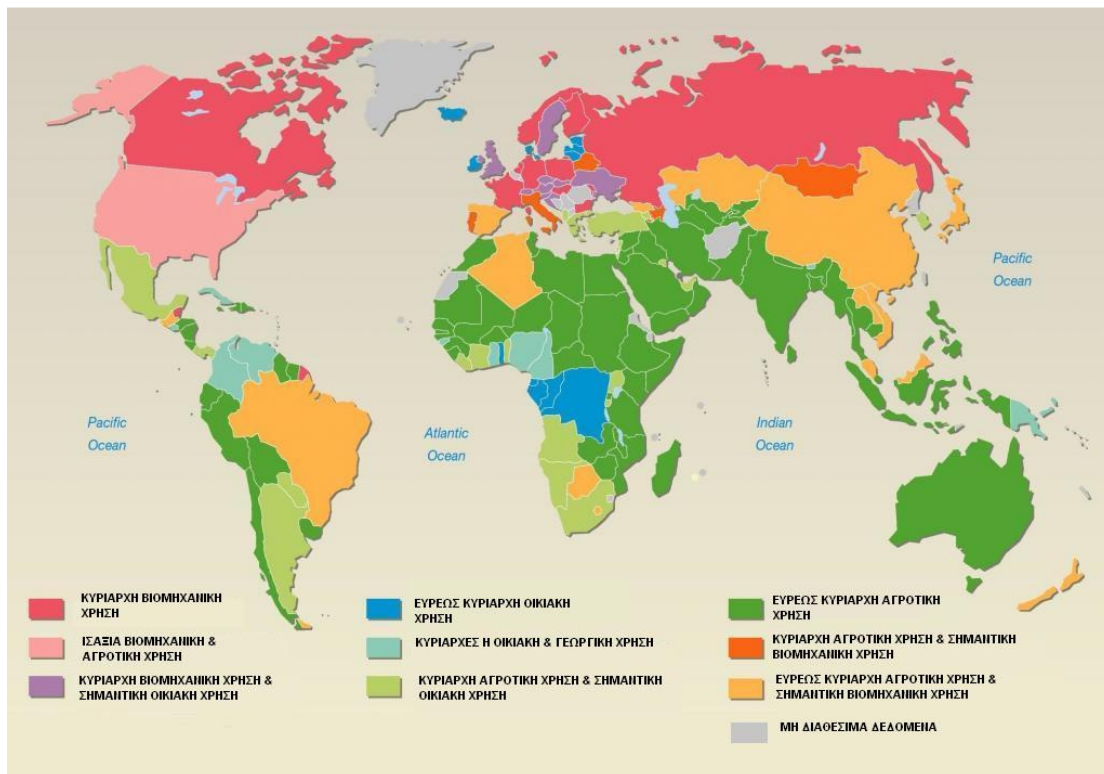
Στην παρακάτω εικόνα 2.2, παρουσιάζεται η κατανομή της χρήσης του νερού στον αγροτικό, βιομηχανικό και οικιακό τομέα σε παγκόσμια κλίμακα.



Εικόνα 2.2 : Χρήσεις νερού σε παγκόσμιο επίπεδο (Πηγή : <http://www.unep.org>, μετά από προσαρμογή)

Παρατηρούμε ότι ο αγροτικός τομέας δεσμεύει το μεγαλύτερο μέρος του νερού που χρησιμοποιείται παγκοσμίως και ακολουθούν ο οικιακός και στη συνέχεια ο βιομηχανικός τομέας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι καταναλώσεις όλων των τομέων θα αυξηθούν μέχρι το 2025 (έτος πρόβλεψης), ενώ παράλληλα εκτιμάται ότι θα αυξηθεί και το ποσοστό επαναχρησιμοποίησης του νερού κυρίως στον οικιακό και βιομηχανικό τομέα. Διεθνώς, εκτιμάται ότι το ένα τρίτο της ποσότητας του νερού που προορίζεται για οικιακή χρήση, δαπανάται για την άρδευση της γης, αθροίζοντας συνολικά επτά δισεκατομμύρια γαλόνια νερού (= $2,66 \cdot 10^{10}$ λίτρα) ανά ημέρα (<http://www.epa.gov/WaterSense>).

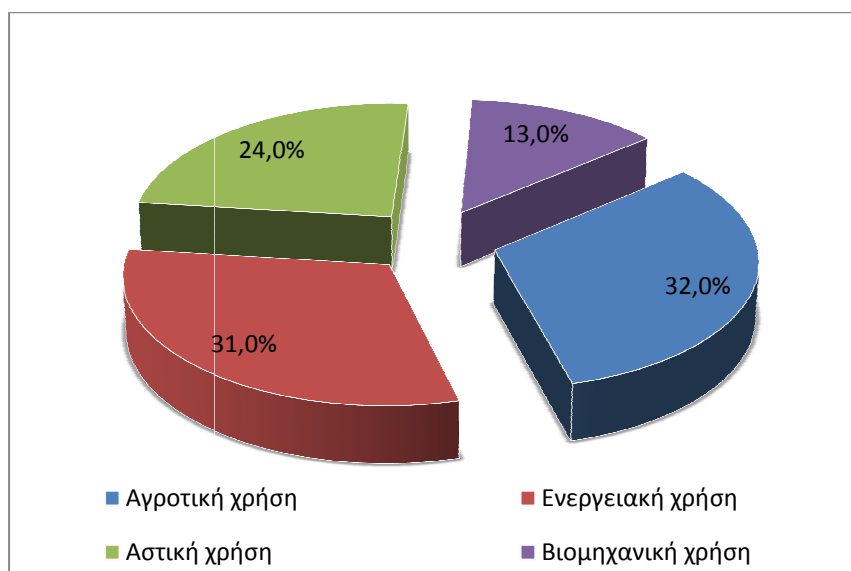
Σε επίπεδο χωρών, η κατανομή των ποσοστών της χρήσης νερού μπορεί να ακολουθεί την παγκόσμια κατανομή ή να εμφανίζει διαφορετική εικόνα. Τα ποσοστά κατανομής των χρήσεων νερού για κάθε χώρα εξαρτώνται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της χώρας, για παράδειγμα τη γεωγραφική της θέση, το επίπεδο της βιομηχανίας κ.α. Στην εικόνα 2.3 που ακολουθεί παρουσιάζονται η κυρίαρχες για κάθε χώρα χρήσεις νερού.



Εικόνα 2.3 : Κυρίαρχες χρήσεις νερού παγκοσμίως (Πηγή : <http://www.unep.org>, μετά από προσαρμογή)

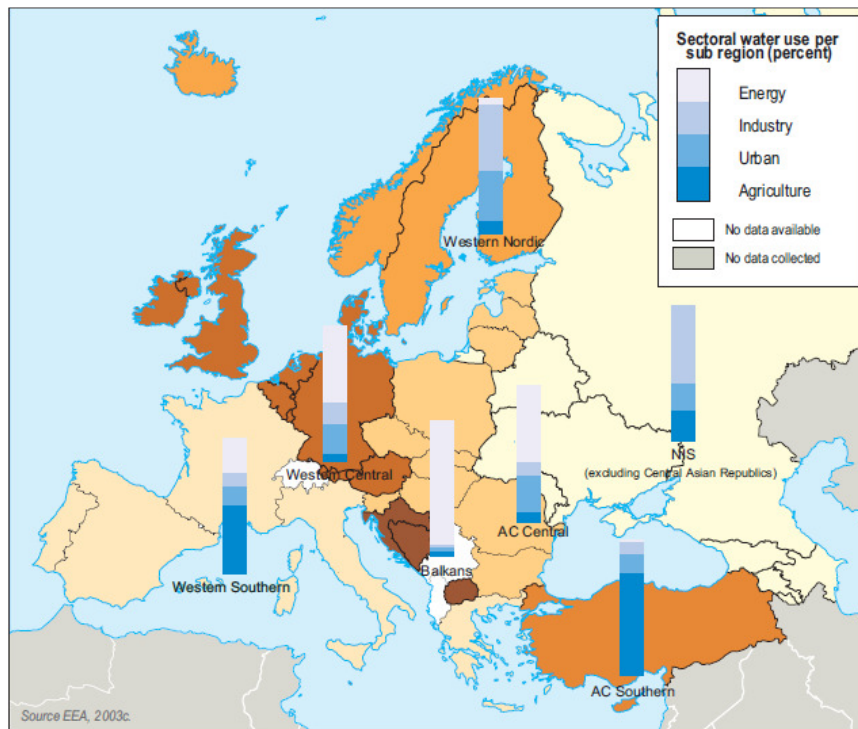
2.4 Αξιοποίηση νερού σε ευρωπαϊκή κλίμακα

Ο τρόπος με τον οποίο κατανέμεται η διαθέσιμη ποσότητα νερού στις διάφορες χρήσεις στον ευρωπαϊκό χώρο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 2.1, όπου όπως βλέπουμε τη μερίδα του λέοντος κατέχουν η αγροτική και η ενεργειακή χρήση του νερού.



Σχήμα 2.1 : Κατανομή νερού στις διάφορες χρήσεις στην Ε.Ε. του 2000 (Πηγή : Flörke & Alcamo, 2004, μετά από προσαρμογή)

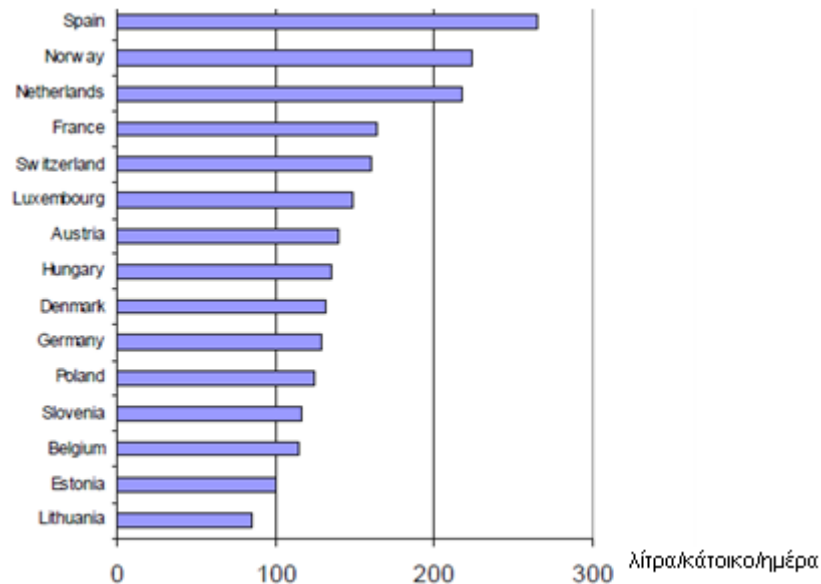
Η κατανομή της κατανάλωσης του νερού μεταξύ των διαφόρων τομέων της οικονομίας διαφέρει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα με τις φυσικές συνθήκες και τις οικονομικές και δημογραφικές δομές. Για παράδειγμα, στη Γαλλία (64%), τη Γερμανία (64%) και τις Κάτω Χώρες (55%) το μεγαλύτερο μέρος του νερού που αντλείται, χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Ελλάδα (88%), Ισπανία (72%) και Πορτογαλία (59%), το νερό χρησιμοποιείται κυρίως για άρδευση. Στις χώρες της Βόρειας Ευρώπης, όπως η Φινλανδία και η Σουηδία, μικρή ποσότητα νερού χρησιμοποιείται στη γεωργία. Αντίθετα, η παραγωγή κυτταρίνης και χαρτιού – δυο εξαιρετικά υδροβόρες διαδικασίες – αποτελούν βασικές δραστηριότητες της οικονομίας των χωρών αυτών, με αποτέλεσμα, το νερό να αντλείται κυρίως για βιομηχανικούς σκοπούς (66% και 28% αντίστοιχα της συνολικής υδροληψίας) (<http://www.unep.org>). Στην παρακάτω εικόνα 2.4 παρουσιάζεται η κατανομή του νερού στις διάφορες χρήσεις σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες.



Εικόνα 2.4 : Κατανομή χρήσεων νερού σε διάφορες χώρες της Ε.Ε. (Πηγή : Καραβίτης, 2006)

2.4.1 Οικιακή χρήση

Το νερό που απαιτείται για πόση και άλλους οικιακούς σκοπούς αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής ζήτησης. Το ποσοστό του νερού που αντλείται για αστική χρήση κυμαίνεται από 6,5% στη Γερμανία μέχρι πάνω από 50% στο Η.Β. Επίσης, παρά την αμφίβολη στάθμη των υδάτινων αποθεμάτων τους, το επίπεδο της οικιακής υδατικής κατανάλωσης στις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, Καυκάσου και Κεντρικής Ασίας είναι υψηλό. Οι διαρροές στις σωληνώσεις είναι σημαντικές και συχνά το νερό που χάνεται προσμετρείται στην υδατική κατανάλωση (<http://www.unep.org>). Στην εικόνα 2.5 που ακολουθεί δίνεται η μέση ημερήσια ανά κάτοικο υδατική κατανάλωση σε διάφορες ευρωπαϊκές πόλεις.



Εικόνα 2.5 : Υδατική κατανάλωση σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες (Πηγή : Ecologic - Institute for International and European Environmental Policy, 2007)

2.4.2 Αγροτική χρήση

Μια από τις μεγαλύτερες πιέσεις στα υδατικά αποθέματα ασκούν οι αγροτικές και αρδευτικές πρακτικές. Η γεωργία καταναλώνει το 30% της συνολικής ποσότητας νερού που αντλείται και αντιπροσωπεύει το 55% της χρήσης νερού στην Ευρώπη. Ο ρόλος της άρδευσης διαφέρει μεταξύ χωρών και περιοχών εξαιτίας των κλιματικών συνθηκών. Στη Νότια Ευρώπη, το νερό αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την αγροτική παραγωγή, ενώ στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη, η άρδευση εφαρμόζεται για να βελτιώσει την παραγωγή κατά τη διάρκεια των ξηρών θερινών μηνών. Με δεδομένες τις υψηλές θερμοκρασίες και την έντονη εξατμισοδιαπνοή, η μέση κατανάλωση νερού ανά εκτάριο είναι μεγαλύτερη στις χώρες της Νότιας Ευρώπης όπως η Ιταλία, η Πορτογαλία, η Ισπανία και η Ελλάδα (<http://www.unep.org>).

2.4.3 Βιομηχανική χρήση

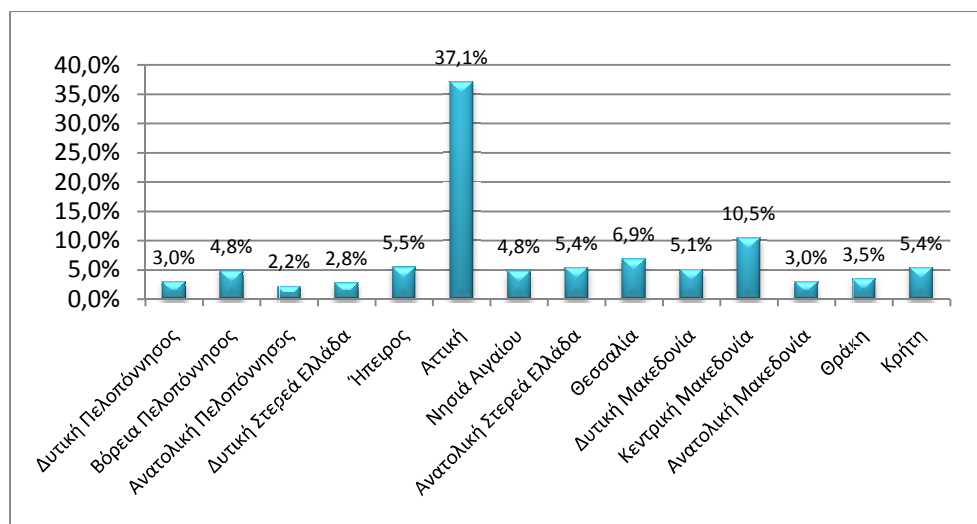
Η βιομηχανική ζήτηση του νερού είναι ιδιαίτερα σημαντική σε αστικές περιοχές με μεγάλους πληθυσμούς, καθώς οι βιομηχανίες εγκαθίστανται συνήθως σε τέτοιες περιοχές. Η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία αλλά και το ποσοστό της συνολικής άντλησης που προέρχεται από τη βιομηχανία διαφέρει

σημαντικά μεταξύ των χωρών. Η υδροληψία για βιομηχανικούς σκοπούς στην Ευρώπη έχει αρχίσει να μειώνεται ήδη από το 1980 (<http://www.unep.org>).

2.5 Αξιοποίηση του νερού στην Ελλάδα

Ο αγροτικός τομέας στην Ελλάδα, είναι μακράν ο μεγαλύτερος καταναλωτής υδατικών πόρων, απορροφώντας το 86% της συνολικής κατανάλωσης. Είναι χαρακτηριστικό ότι ανάμεσα στις χώρες της ΕΕ - 27, η Ελλάδα κατέχει τη δεύτερη χειρότερη θέση στην κατά κεφαλήν κατανάλωση νερού στον αγροτικό τομέα (Ντεμιάν, 2010).

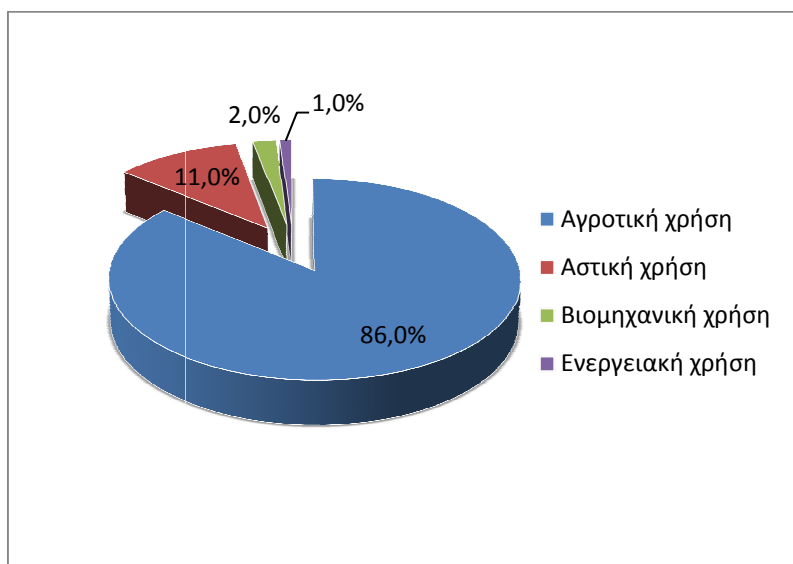
Σύμφωνα με μελέτη του IOBE (Ντεμιάν, 2010), ο αστικός τομέας ευθύνεται για την κατανάλωση του 11% των εγχώριων διαθέσιμων υδατικών πόρων. Το δημόσιο δίκτυο ύδρευσης καλύπτει το 94% του πληθυσμού της Ελλάδας, με απώλειες εξαιτίας του πεπαλαιωμένου δικτύου που κυμαίνονται από 10% έως 40%. Στο παρακάτω σχήμα 2.2 περιγράφεται πως κατανέμεται η αστική ζήτηση νερού στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας.



Σχήμα 2.2 : Αστική ζήτηση νερού σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας (Προέλευση : <http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr/el/applications/greece.html#>, μετά από προσαρμογή)

Η βιομηχανία και η ηλεκτροπαραγωγή δεν αποτελούν σημαντικούς καταναλωτές υδατικών πόρων. Στην Ελλάδα, η βιομηχανική χρήση καλύπτει το 1,7% της συνολικής κατανάλωσης, αλλά στοιχεία δημοσιεύονται μόνο για την εξόρυξη και την

ψύξη μηχανημάτων στην ηλεκτροπαραγωγή. Το 60% της καταγεγραμμένης κατανάλωσης νερού στη βιομηχανία αφορά στην ψύξη μηχανημάτων παραγωγής ενέργειας, το οποίο κατόπιν εναποτίθεται στο περιβάλλον (Ντεμιάν, 2010). Σχηματικά, η κατανομή των χρήσεων στην Ελλάδα φαίνεται στο σχήμα 2.3 που ακολουθεί.



Σχήμα 2.3 : Κατανομή χρήσεων νερού στην Ελλάδα (Προέλευση : Ντεμιάν, 2010)

Έρευνα των Gratziou et al. (2006) με αντικείμενο την υδατική κατανάλωση σε ελληνικές, ηπειρωτικές, επαρχιακές πόλεις (Ιωάννινα, Ξάνθη, Κομοτηνή, Αλεξανδρούπολη) έδειξε ότι τη μερίδα του λέοντος στο νερό αστικής χρήσης κατέχουν τα νοικοκυριά (οικιακή χρήση νερού). Ειδικότερα, ποσοστό πάνω από το 80% καταναλώνεται στον οικιακό τομέα, ενώ το 8,5 – 9% χρησιμοποιείται στα δημόσια συγκροτήματα (νοσοκομεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα, άλλες υπηρεσίες). Μικρότερα ποσοστά όπως 6 – 7% και 4% της συνολικής υδατικής κατανάλωσης χρησιμοποιούνται στον εμπορικό και το βιομηχανικό τομέα αντίστοιχα. Επίσης, στην ίδια έρευνα, αναφέρεται ότι στη Θεσσαλονίκη (βάσει στοιχείων της εταιρείας ύδρευσης και αποχέτευσης), η οικιακή χρήση νερού δεσμεύει το 70% των παρεχόμενων ποσοτήτων, η επαγγελματική/ εμπορική το 8%, η δημοτική χρήση το 4% ενώ η βιομηχανική χρήση καταναλώνει το 18%. Οι καταναλώσεις των τεσσάρων πόλεων σε οικιακό νερό που υπολογίστηκαν στα πλαίσια της παραπάνω έρευνας συνοψίζονται στον πίνακα 2.1 που ακολουθεί.

Πίνακας 2.1 : Οικιακή υδατική κατανάλωση σε ελληνικές πόλεις

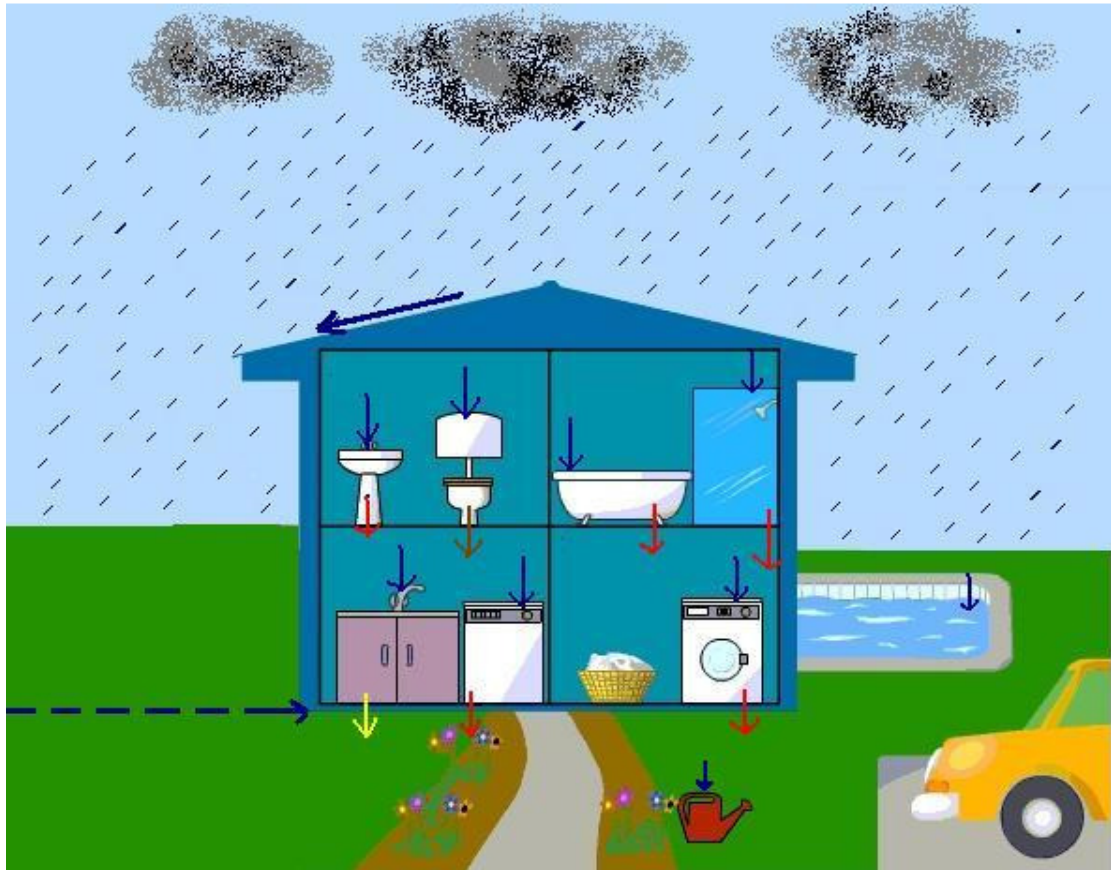
Πόλη	Οικιακή υδατική κατανάλωση (l/person/day)
Ιωάννινα	124,9
Ξάνθη	123,8
Κομοτηνή	114,7
Αλεξανδρούπολη	128,7
Θεσσαλονίκη	170

Προέλευση: Gratziou et al.(2006), μετά από προσαρμογή

2.6 Χρήση νερού στον οικιακό τομέα

Το νερό που δεσμεύεται από τον οικιακό τομέα μπορεί να διακριθεί σε δυο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το χώρο όπου γίνεται η χρήση. Ειδικότερα, η χρήση μπορεί να λαμβάνει χώρα τόσο στο εσωτερικό της κατοικίας όσο και στο εξωτερικό της (εικόνα 2.6). Αναλύοντας την κάθε κατηγορία έχουμε :

- A. Χρήσεις νερού εντός κατοικίας : Στην περίπτωση αυτή το νερό χρησιμοποιείται για :
- Πόση
 - Μαγείρεμα
 - Πλύσιμο πιάτων
 - Πλύσιμο ρούχων
 - Τουαλέτα
 - Προσωπική υγιεινή
 - Καθαρισμός χώρων κατοικίας
 - Κλιματισμός



Εικόνα 2.6 : Οικιακές εισροές & εκροές

B. Χρήσεις νερού εκτός κατοικίας : Στην περίπτωση αυτή το νερό χρησιμοποιείται για :

- Πότισμα κήπου
- Πλύσιμο αυτοκινήτου
- Καθαρισμός εξωτερικών χώρων
- Πισίνα
- Τεχνητή λίμνη.

Τα ποσοστά καταμερισμού του οικιακού νερού διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Στον πίνακα 2.2 που ακολουθεί δίνονται κάποια στοιχεία καταμερισμού για ευρωπαϊκές και μη χώρες.

Πίνακας 2.2 : Κατανομή οικιακού νερού σε διάφορες χώρες

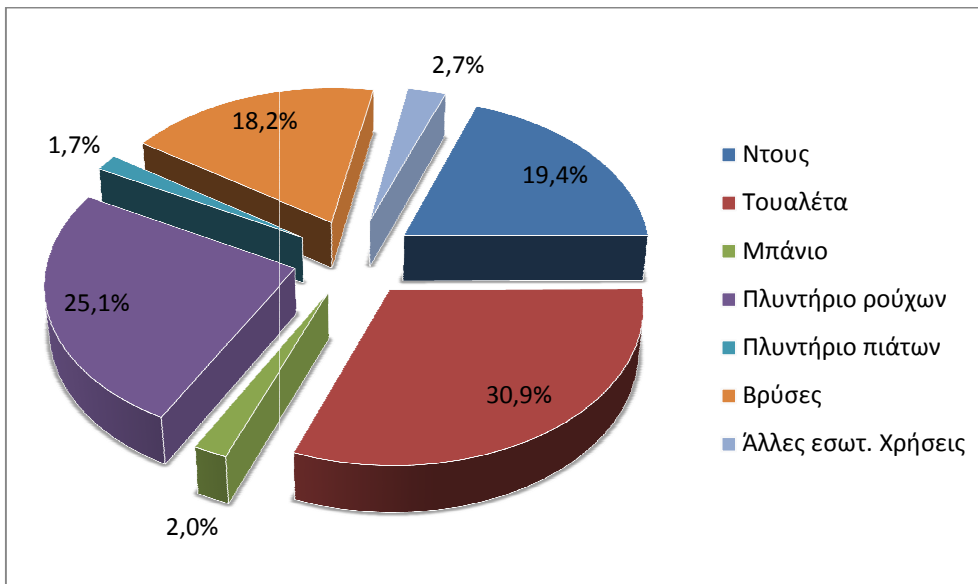
Οικιακές Χρήσεις	Αγγλία & Ουαλία (%)	Φινλανδία (%)	Ελβετία (%)	Αυστραλία (Σύδνεϋ) (%)
Καθαρισμός τουαλέτας	33	14	33	19
Μπάνιο & ντους	20	29	32	27
Πλυντήριο (ρούχων, πιάτων)	14	30	16	20
Πόση & μαγείρεμα	3	4	3	6
Διάφορα	27	21	14	3
Εξωτερική χρήση	3	2	2	25
Σύνολο	100	100	100	100

Προέλευση : Environment Agency (2008),

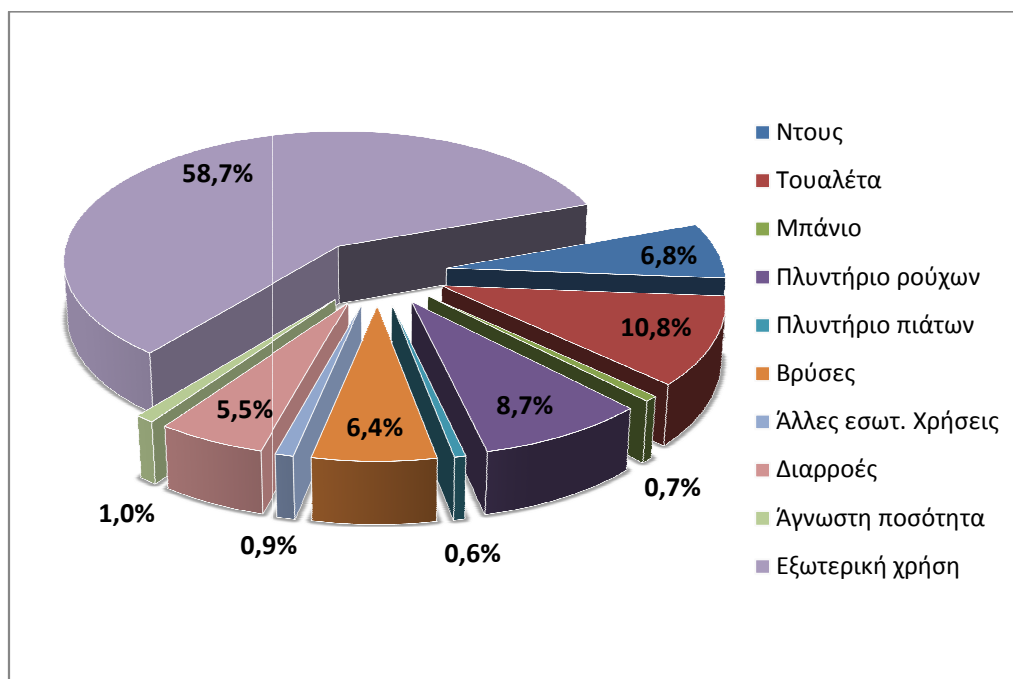
http://www.environment.nsw.gov.au/soe/soe2003/chapter2/chp_2.2.htm,

www.sydneywater.com.au/html/environment/waterplan21/index.cfm, μετά από προσαρμογή.

Γενικά, στην Ευρώπη το μεγαλύτερο μέρος του νερού που καταναλώνεται σε επίπεδο νοικοκυριού χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό της τουαλέτας (33%), την προσωπική υγιεινή (χρήση μπάνιου και ντους) (20 – 32%) αλλά και για τις διάφορες πλύσεις (ρούχων και πιάτων). Η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για πόση και μαγείρεμα είναι αμελητέα (3%) σε σχέση με τις υπόλοιπες (Lallana et al., 2001). Για μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα του καταμερισμού του οικιακού νερού στις διάφορες χρήσεις δίνονται τα σχήματα 2.4 και 2.5 που αναφέρονται στην περίπτωση των Η.Π.Α.

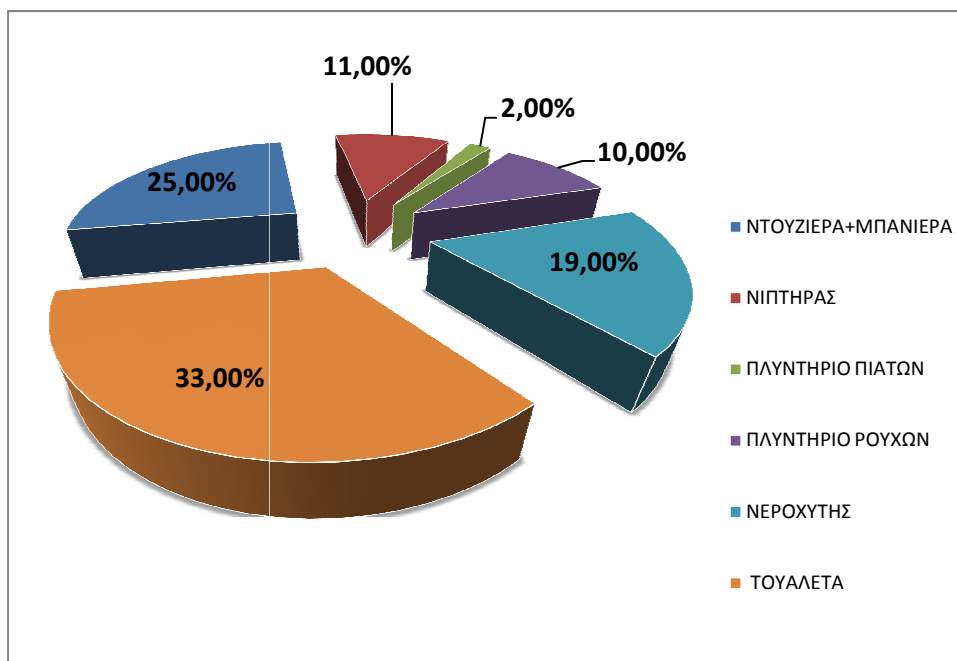


Σχήμα 2.4 : Καταμερισμός νερού σε εσωτερικές χρήσεις (Η.Π.Α.) (Πηγή : Mayer & DeOreo, 1999)



Σχήμα 2.5 : Καταμερισμός οικιακού νερού στις διάφορες οικιακές χρήσεις (Η.Π.Α.) (Πηγή : Mayer and DeOreo, 1999)

Για την Ελλάδα δεν υπάρχουν αντίστοιχα στοιχεία καταμερισμού του οικιακού νερού στις διάφορες εσωτερικές χρήσεις, ωστόσο, μπορούμε να καταλήξουμε στο παρακάτω γράφημα (σχήμα 2.6), οι τιμές του οποίου προκύπτουν θεωρώντας τις μέσες τιμές από τα αντίστοιχα ευρωπαϊκά δεδομένα (πίνακας 2.2).



Σχήμα 2.6 : Θεωρητική κατανομή νερού σε εσωτερικές χρήσεις (Ελλάδα)

Ο καταμερισμός του οικιακού νερού στις διάφορες εσωτερικές χρήσεις της κατοικίας μπορεί να κυμαίνεται σε παραπλήσια επίπεδα στις διάφορες χώρες, όμως ο συνολικός καταμερισμός του οικιακού νερού σε εσωτερικές και εξωτερικές χρήσεις παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις. Μια πιθανή εξήγηση γι' αυτό το γεγονός είναι ότι στον υπολογισμό του νερού εξωτερικών χρήσεων υπεισέρχεται μια πληθώρα παραμέτρων όπως η έκταση του κήπου, το είδος των φυτών, το είδος του συστήματος άρδευσης, η ύπαρξη άλλων εξωτερικών - πέραν του κήπου - χώρων και άλλες παράμετροι.

2.7 Παράγοντες επιρροής της ζήτησης του οικιακού νερού

Η διαχείριση της ζήτησης του οικιακού νερού απαιτεί - εκτός των άλλων – την άριστη γνώση της καταναλωτικής συμπεριφοράς των χρηστών (Mazzanti & Montini, 2006, Stephenson, 1999). Τα νοικοκυριά θεωρείται ότι αποτελούν το κλειδί στην ανάλυση της σχέσης πληθυσμού και οικιακής κατανάλωσης νερού (De Sherbin et al., 2007). Η χρήση του οικιακού νερού παρουσιάζει διακυμάνσεις που μπορεί να οφείλονται σε :

- οικονομικούς παράγοντες (τιμή νερού, εισόδημα)
- κοινωνικοδημογραφικούς παράγοντες (πληθυσμός, ρυθμός ανάπτυξης πληθυσμού, μέγεθος και χαρακτηριστικά των νοικοκυριών, ηλικιακή κατανομή μελών νοικοκυριού, φύλο)
- πολιτισμικούς ή θρησκευτικούς παράγοντες (εθνικότητα μελών του νοικοκυριού)
- παράγοντες όπως το επίπεδο εκπαίδευσης, η απόκριση στις εκστρατείες διαχείρισης του νερού και η οικιακή υποδομή (συσκευές εξοικονόμησης νερού κ.α.)
- παράγοντες όπως το οικιστικό μοντέλο σε κάθε περιοχή (συμπαγές ή διασποράς)
- κλιματικοί παράγοντες (θερμοκρασία, βροχόπτωση) (Ferrara, 2008).

2.7.1 Οικονομικοί παράγοντες επιρροής

Τιμή : Η τιμή ίσως αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα που επηρεάζει τη ζήτηση του οικιακού νερού. Οι περισσότεροι οικονομολόγοι που ασχολούνται με το θέμα του οικιακού νερού, αναγνωρίζουν γενικά ότι η κατανάλωση οικιακού νερού είναι ανελαστική ως προς την τιμή, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι η μείωση στη ζήτηση είναι μικρότερη από την αύξηση στην τιμή. Μελετητές που ασχολούνται με μοντέλα οικιακής υδατικής κατανάλωσης, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, γενικά, η ελαστικότητα της ζήτησης νερού εξαρτάται ανάλογα με τη χρήση (Billings & Agthe, 1980, Conley, 1967, Thomas & Syme, 1988). Ειδικότερα, όσο πιο βασική και ουσιώδης είναι η χρήση τόσο η τιμή της ελαστικότητας της ζήτησης ως προς την τιμή προσεγγίζει το μηδέν.

Εισόδημα : Είναι γενικά αποδεκτό και αποδεικνύεται εμπειρικά ότι η κατανάλωση οικιακού νερού σχετίζεται θετικά με το εισόδημα (Agthe & Billings, 1987, Arbués & Villanua, 2006, Arbués et al., 2003, Baumann et al., 1998, Gaudin et al., 2001,

Hoffmann et al., 2006, Renzetti, 2002). Αξίζει να σημειωθεί ότι η μεταβλητή αυτή, αποτελώντας στοιχείο πλούτου και ευημερίας, επηρεάζει την κατανάλωση νερού με διάφορους τρόπους. Τα υψηλότερα εισοδήματα μπορούν να οδηγήσουν στην αύξηση του βιοτικού επιπέδου, γεγονός το οποίο θα μπορούσε να συνεπάγεται περισσότερες συσκευές κατανάλωσης νερού καθώς και μεγαλύτερη πιθανότητα για υψηλότερη ζήτηση νερού εξωτερικής χρήσης (κήποι, πισίνες) (Cole, 2004). Οι Domene & Saurí (2006), αναλύοντας την οικιακή κατανάλωση νερού στην μητροπολιτική περιοχή της Βαρκελώνης, υποστήριξαν ότι η επίδραση του εισοδήματος είναι περισσότερο εμφανής όταν υπάρχουν εξωτερικές χρήσεις νερού. Η παρουσία κήπων αντανακλά σε μεγάλο βαθμό το εισόδημα του νοικοκυριού και την κοινωνική τάξη (Domene et al., 2005).

2.7.2 Δημογραφικοί παράγοντες επιρροής

Χαρακτηριστικά Νοικοκυριού : Το νοικοκυριό αποτελεί τη βασική μονάδα στην ανάλυση των κοινωνικο – δημογραφικών δομών (Buzar et al., 2005) και επομένως, οι δυναμικές που αναπτύσσονται μέσα σε αυτό είναι βασικές για την κατανόηση της χρήσης των αποθεμάτων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Liu et al., 2003). Κατ’ αυτόν τον τρόπο, το μέγεθος του νοικοκυριού, για παράδειγμα ο αριθμός των ατόμων που απαρτίζουν ένα νοικοκυριό, επηρεάζει την υδατική κατανάλωση με διάφορους τρόπους (Arbués et al., 2003, Hamilton, 1983, Höglund 1999, Nauges & Thomas, 2000, Renwick & Green, 2000, Zhang & Brown, 2004). Οι αλλαγές στις κοινωνικές δομές και στον τρόπο ζωής επιφέρουν, σύμφωνα με τον Lux (2008) δυο βασικές και αλληλένδετες συνέπειες : α) τη μείωση στον αριθμό των ατόμων που μένουν σε ένα νοικοκυριό και β) την αύξηση του αριθμού των νοικοκυριών. Στη σημερινή εποχή πιστεύεται ότι ο αυξανόμενος αριθμός των μικρών νοικοκυριών εντείνει τις συνέπειες της αναποτελεσματικής χρήσης νερού που παρατηρείται στη συγκεκριμένη κατηγορία νοικοκυριών (Hummel & Lux, 2007, Lux, 2008).

Ηλικιακή δομή πληθυσμού : Η ηλικιακή δομή ενός πληθυσμού είναι ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την οικιακή υδατική κατανάλωση (Murdock et al., 1991). Αν και δεν υπάρχουν πολλές μελέτες που να συνδέουν την γήρανση με την κατανάλωση των αποθεμάτων, φαίνεται ότι οι ηλικιωμένοι άνθρωποι τείνουν να ξοδεύουν μικρότερες ποσότητες νερού σε σχέση με τους νεότερους. Επίσης, οικογένειες με παιδιά ή / και εφήβους αναμένεται να καταναλώνουν περισσότερο νερό, κυρίως για εξωτερικές χρήσεις, καθώς στοιχεία του δομημένου περιβάλλοντος – όπως οι πισίνες – απευθύνονται κυρίως σε αυτές τις ηλικιακές κατηγορίες. Οι Nauges & Thomas (2000) υποστηρίζουν ότι τα μεγαλύτερα σε ηλικία άτομα εμφανίζουν μεγαλύτερες τάσεις για εξοικονόμηση νερού, ενώ οι νεότεροι

χρησιμοποιούν το νερό με μικρότερη προσοχή και χρησιμοποιούν το νερό και το πλυντήριο πιο συχνά.

Φύλο : Τα στοιχεία που υπάρχουν σχετικά με την επίδραση της συγκεκριμένης μεταβλητής στη ζήτηση νερού είναι ελάχιστα. Ο Van Koppen (2001) τονίζει τον κρίσιμο ρόλο που παίζει η ανάλυση των φύλων στην ανάπτυξη και εφαρμογή πολιτικών που αφορούν στο νερό, καθώς υπάρχει μια σημαντική διακύμανση στη χρήση του νερού ανάλογα με την τακτική του κάθε φύλου.

Μετανάστευση και πολυπολιτισμικότητα : Είναι γεγονός ότι οι μεταναστευτικές διαδικασίες και η πολυπολιτισμικότητα αλλάζουν τη σύνθεση των δυτικών κοινωνιών. Όσον αφορά το νερό, οι Nauges & Reynaud (2001) υποστηρίζουν ότι οι μετανάστες που προέρχονται από αναπτυσσόμενες χώρες (καθώς επίσης και οι γηγενείς ηλικιωμένοι) παρουσιάζουν μια λιτή κατανάλωση νερού σε σχέση με τον πληθυσμό γενικά. Σε μελέτη των Smith & Ali (2006), εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές στα πρότυπα χρήσης του νερού, τα οποία συνδέονται άμεσα με θρησκευτικές πρακτικές. Επιπρόσθετα, η έρευνα αποκάλυψε ότι οι επιδράσεις στη ζήτηση νερού σε επίπεδο κατοικίας μπορεί να είναι εντονότερες στην περίπτωση που οι πολιτισμικές διαφορές σχετίζονται με μεγάλα νοικοκυριά. Παράλληλα, οι Smith & Ali (2006) παρατήρησαν ότι οι μετανάστες παρουσιάζουν μια πιο συνετή στάση απέναντι στη χρήση νερού, πιθανόν επειδή προέρχονται από χώρες όπου τα αποθέματα νερού είναι περιορισμένα. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν οι Pfeffer & Mayone (2002) μελετώντας τη συμπεριφορά μεταναστών στη Ν. Υόρκη.

2.7.3 Εκπαίδευση & οικιακή υποδομή

Εκπαίδευση : Η εκπαίδευση θεωρείται ότι σχετίζεται με την περιβαλλοντική συνείδηση και συνειδητοποίηση (Syme et al, 1991, 2000). Αναφορικά με το νερό, αυτό θα μπορούσε να μεταφραστεί σε αγορά συσκευών εξοικονόμησης νερού ή στην καλλιέργεια φυτών που είναι ανθεκτικά στην ξηρασία (Geller et al, 1983).

Πληθυσμός : Ο πληθυσμός, όπως σημειώνουν οι Schutte & Pretorius (1997), είναι ένας παράγοντας που σχετίζεται με την κατανάλωση οικιακού νερού. Ωστόσο, όπως υποστηρίζουν οι Cubillo et al. (2001) και Pedregal (2005), ο ρυθμός ανάπτυξης του πληθυσμού είναι ένας περισσότερο ενδεικτικός παράγοντας των πιθανών οικιακών υδατικών καταναλώσεων σε σχέση με το μέγεθος του πληθυσμού. Επίσης, υποστηρίζεται ότι το αστικό μοντέλο ασκεί μια σημαντική επίδραση στο αστικό τοπίο και στην κατανάλωση των φυσικών αποθεμάτων (Johnson, 2001, Kahn, 2000, Liu et

al., 2003), όπως το νερό (Haase & Nuiss, 2007, Saurí, 2003) ή η ενέργεια (Lavière & Lafrance, 1999).

Οικιστικό πρότυπο : Η Ευρώπη και ιδιαίτερα η Νότια Ευρώπη βιώνει σήμερα μια κατάσταση που οδηγεί στην αστική εξάπλωση (Catalán et al., 2007, EEA, 2006), οφειλόμενη στην αυξανόμενη προτίμηση των πολιτών για τις περιαστικές περιοχές. Αυτές οι χωρικές μετακινήσεις του πληθυσμού προκαλούν αύξηση στην κατάληψη της γης ανά κάτοικο (Lux, 2008). Επίσης, το οικιστικό πρότυπο πέρα από τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η ανάπτυξη του δομημένου περιβάλλοντος, αναφέρεται και στα χαρακτηριστικά της κατοικίας, όπως η ύπαρξη κήπων και πισινών, στοιχεία που συνδέονται με υψηλή υδατική κατανάλωση. Επομένως, η περιαστικοποίηση στα προάστια των πόλεων μπορεί να αποτελέσει έναν καίριο παράγοντα αύξησης της ζήτησης του οικιακού νερού, καθώς ο πληθυσμός που εγκαθίσταται 'κουβαλά' συνήθειες που σχετίζονται με υψηλή κατανάλωση (Ferguson, 1987, Hurd, 2006, Hurd et al., 2006, Spinti et al., 2004, Syme et al., 2004)

2.7.4 Τύπος κατοικίας & κλίμα

Τύπος κατοικίας : Βιβλιογραφικές πηγές υποστηρίζουν ότι τα άτομα που διαμένουν σε διαμερίσματα πολυκατοικιών (ανεξάρτητα με το αν βρίσκονται στην επαρχία ή σε κάποιο μεγάλο αστικό κέντρο) χρησιμοποιούν λιγότερες συσκευές που καταναλώνουν νερό σε σύγκριση με τα άτομα που διαμένουν σε μεμονωμένες κατοικίες. Ένας παράγοντας που πιθανόν να προκαλεί αυτή την υπεροχή των μονοκατοικιών στην υδατική κατανάλωση είναι η παρουσία κήπων ή / και άλλων εγκαταστάσεων (πισίνες, λίμνες). Η παρουσία κήπων, είναι ένα στοιχείο που υποστηρίζεται ότι συνδέεται με τις μεγαλύτερες οικιακές καταναλώσεις (Fox et al., 2009), ειδικά αν το τοπίο που δημιουργείται αποτελείται από φυτικά είδη που δεν ευδοκούν στην περιοχή και έχουν υψηλές απαιτήσεις σε νερό (π.χ. χλόη τύρφης, τροπικά φυτά) (Askew & McGuirk, 2004, Larsen & Harlan, 2005, Martin, 2001, Robbins & Birkenholz, 2003). Η παρουσία πισινών είναι άλλο ένα στοιχείο που δημιουργεί διαφορές στην οικιακή υδατική κατανάλωση (Vidal, 2007).

Κλίμα : Το κλίμα είναι ίσως ένας από τους παράγοντες που μπορεί να ερμηνεύσει καλύτερα από οποιονδήποτε άλλο την κατανάλωση οικιακού νερού (Cubillo & Ibáñez, 2003). Με άλλα λόγια, η οικιακή υδατική κατανάλωση επηρεάζεται από κλιματικές μεταβλητές όπως η θερμοκρασία και η βροχόπτωση (Griffin & Chang, 1991, Gato et al, 2007), αν και προτείνονται και άλλες μεταβλητές, όπως η υγρασία και η ακτινοβολία. Η βροχόπτωση επιδρά στις εξωτερικές χρήσεις του νερού όπως το

πότισμα των κήπων και των χώρων πρασίνου. Σε ένα αστικό περιβάλλον, το νερό καθορίζει τις ανάγκες σε νερό των φυτών και των κήπων γενικά, οι οποίες θα πρέπει να καλυφθούν από το δίκτυο ύδρευσης αργότερα.

Η θερμοκρασία έχει αποδειχτεί ότι έχει επίδραση στη ζήτηση νερού. Το γεγονός αυτό εξηγείται από το σκεπτικό ότι τις θερμότερες μέρες απαιτούνται αυξημένες ποσότητες νερού για το πότισμα των κήπων, τη χρήση πισίνας και την προσωπική υγιεινή (Hoffmann et al., 2006). Με άλλα λόγια, οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν μεγαλύτερη εξατμισοδιαπνοή τόσο από τα φυτά όσο και από τους ανθρώπους, γεγονός το οποίο αυξάνει τις ανάγκες των φυτών αλλά και των ανθρώπων για ενυδάτωση. Επίσης, οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν εντονότερη εξάτμιση του νερού από τις πισίνες, με αποτέλεσμα η ανάγκη πλήρωσής τους να γίνεται πιο συχνή.

2.7.5 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Με βάση τα αποτελέσματα έρευνας των Gratzίου et al. (2006), ο τύπος της κατοικίας επηρεάζει την οικιακή υδατική κατανάλωση στα νοικοκυριά των ελληνικών επαρχιακών πόλεων. Συγκεκριμένα, για τις τέσσερις πόλεις που εξετάστηκαν (Κομοτηνή, Ξάνθη, Ιωάννινα και Αλεξανδρούπολη) η μέση ημερήσια ζήτηση νερού σε μια μονοκατοικία ανέρχεται στα $0,45 \text{ m}^3$, ενώ για ένα διαμέρισμα πολυκατοικίας η αντίστοιχη τιμή της ζήτησης είναι $0,32 \text{ m}^3$. Διαφορετικά, η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού ενός ατόμου που διαμένει σε μονοκατοικία είναι 160 λίτρα ενώ για έναν κάτοικο διαμερίσματος πολυκατοικίας η αντίστοιχα κατανάλωση μειώνεται στα 114 λίτρα. Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι ο τύπος της κατοικίας δεν επηρεάζει μόνον τη μέση τιμή των οικιακών υδατικών καταναλώσεων αλλά και τη διακύμανση καθώς οι μονοκατοικίες, που διαθέτουν - ως επί το πλείστον - μεγαλύτερες εκτάσεις πρασίνου από εκείνες που αντιστοιχούν στα διαμερίσματα, παρουσιάζουν αυξημένη κατανάλωση νερού τους θερινούς μήνες (τρίμηνο Ιουλίου – Αυγούστου – Σεπτεμβρίου) εξαιτίας της έντονης ανάγκης των φυτών σε νερό το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Υπολογίζεται ότι η ετήσια κατανάλωση νερού για εξωτερική χρήση στις μονοκατοικίες αγγίζει περίπου το 12% της ολικής υδατικής κατανάλωσης.

Επίσης, δεδομένου ότι η οικονομική κατάσταση των χρηστών επηρεάζει την οικιακή υδατική κατανάλωση, οι Gratzίου et al. (2006) μελέτησαν τις υδατικές καταναλώσεις σε ελληνικά νοικοκυριά σε σχέση με το εισόδημα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για τα υψηλά εισοδήματα, η μέση ημερήσια υδατική κατανάλωση ανέρχεται στα 160 λίτρα / κάτοικο, ενώ για τις ασθενέστερες οικονομικά τάξεις (όπως οι Ρωμ στην Κομοτηνή)

είναι μόλις 66 λίτρα / κάτοικο. Τα μεσαία εισοδήματα καταναλώνουν κατά μέσο όρο 136,5 λίτρα / κάτοικο στην περίπτωση των μονοκατοικιών και 120 λίτρα / κάτοικο στην περίπτωση των διαμερισμάτων πολυκατοικιών.

Η παραπάνω έρευνα ανέδειξε έναν ακόμη παράγοντα επιρροής της οικιακής υδατικής κατανάλωσης. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι η ύπαρξη πανεπιστημιακών ιδρυμάτων σε επαρχιακές πόλεις (Ιωάννινα, Κομοτηνή) αύξησε την οικιακή υδατική κατανάλωση κατά τη διάρκεια ορισμένων μηνών (Μάρτιος έως Ιούνιος). Αντίθετα, μείωση της υδατικής κατανάλωσης σημειώθηκε τους θερινούς μήνες (Ιούλιος και Αύγουστος) λόγω διακοπής της λειτουργίας των πανεπιστημίων και μείωσης του πληθυσμού των φοιτητών. Το φαινόμενο αυτό ενέτεινε περισσότερο η αποχώρηση μόνιμων κατοίκων των πόλεων αυτών για τις καλοκαιρινές διακοπές. Ωστόσο, αν και έχει αναφερθεί ότι η υδατική κατανάλωση εξαρτάται και από την πολιτισμική ταυτότητα του κάθε χρήστη, η έρευνα των Gratziou et al. (2006) δεν εντόπισε κάποιες διαφορές στην κατανάλωση νερού μεταξύ μουσουλμανικών και χριστιανικών πληθυσμών στις πόλεις που εξετάστηκαν.

2.8 Υπολογισμός υδατικής κατανάλωσης τυπικής κατοικίας

Η διαδικασία υπολογισμού της οικιακής υδατικής κατανάλωσης ενός τυπικού νοικοκυριού είναι από τη φύση της μια δύσκολη διαδικασία, καθώς εμπλέκεται σε αυτήν μια πληθώρα παραγόντων. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι :

- Οι συνήθειες των διαφορετικών μελών που διαβιούν στο ίδιο νοικοκυριό. Ειδικότερα, κάποια μέλη της οικογένειας παραμένουν περισσότερο χρόνο εντός της κατοικίας, οπότε καταναλώνουν περισσότερο νερό σε σχέση με τα υπόλοιπα. Επίσης, κάποια άτομα τείνουν να είναι πιο καταναλωτικά (νεαρά άτομα, γυναίκες, κλπ) – αναφορικά με το νερό – σε σχέση κάποια άλλα (ηλικιωμένοι, περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένα άτομα). Τα παραπάνω δυσχεραίνουν τους υπολογισμούς ιδιαίτερα στην περίπτωση που το νοικοκυριό αποτελείται από πολλά μέλη, οπότε θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της υδατικής κατανάλωσης καθενός από αυτά.
- Η εκτίμηση της χρονικής διάρκειας κάποιων δραστηριοτήτων που καταναλώνουν νερό δεν είναι πάντοτε εφικτή. Για παράδειγμα, η χρονική διάρκεια χρήσης της ντουζιέρας / μπανιέρας ή η διάρκεια ποτίσματος του κήπων ή των φυτών της βεράντας δεν είναι σταθερό μέγεθος, και στις περισσότερες περιπτώσεις οι καταναλωτές εκτιμούν μια μέση τιμή η οποία μπορεί να αποκλίνει σημαντικά από την πραγματική τιμή.

- Η διακύμανση της υδατικής κατανάλωσης των διαφόρων συσκευών του νοικοκυριού. Για παράδειγμα, ένα πλυντήριο ρούχων καταναλώνει διαφορετικές ποσότητες νερού ανάλογα με το πρόγραμμα που έχει επιλεγεί (π.χ. 'οικονομικό' πρόγραμμα πλύσης).
- Η μέγιστη παροχή που μπορούν να δώσουν κάποιες οικιακές συσκευές δεν είναι σταθερή αλλά κυμαίνεται ανάλογα με την πίεση με την οποία παρέχεται το νερό από το δίκτυο. Η σχέση πίεσης – μέγιστης παροχής δίνεται συνήθως από τους κατασκευαστές, ωστόσο, οι υπολογισμοί της μέσης οικιακής υδατικής κατανάλωσης γίνονται πιο δύσκολοι στην περίπτωση που δεν παρέχεται σταθερή πίεση.

Γενικά, υπάρχουν 2 μέθοδοι για τον υπολογισμό της υδατικής κατανάλωσης μιας τυπικής κατοικίας :

- i. Ο αναλυτικός υπολογισμός που περιλαμβάνει τη μέτρηση και γνώση της κατανάλωσης νερού σε κάθε φορά που χρησιμοποιείται κάποια οικιακή συσκευή καθώς και της συχνότητας των χρήσεων. Δηλαδή, απαιτείται γνώση των συνηθειών των χρηστών που σχετίζονται με τη χρήση των συσκευών. Ειδικότερα, η δεύτερη αυτή παράμετρος προσδιορίζεται για κάθε συσκευή που καταναλώνει νερό με την καταγραφή του αριθμού των φορών χρήσης της συσκευής σε ημερήσια βάση.

Στον πίνακα 2.3 που ακολουθεί, φαίνονται οι τυπικές υδατικές καταναλώσεις οικιακών συσκευών και άλλων εγκαταστάσεων που καταναλώνουν νερό στην περίπτωση των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής.

Πίνακας 2.3 : Συνήθεις καταναλώσεις οικιακών συσκευών στις Η.Π.Α.

Συσκευή / εγκατάσταση	Κατανάλωση (gallons)		Κατανάλωση (liters)	
	Ελάχιστη	Μέγιστη	Ελάχιστη	Μέγιστη
Τουαλέτα	1,6 gal / χρήση	3 - 5 gal / χρήση	6,1 l / χρήση	11,4 - 18,9 l / χρήση
Ντους	2 gal / χρήση	3 - 8 gal / χρήση	7,6 l / χρήση	11,4 - 30,3 l / χρήση
Βρύσες	1,5 - 2,5 gal / min	3 - 7 gal / min	5,7 - 9,5 l / min	11,4 - 26,5 l / min
Πλυντήριο πιάτων	6 - 7 gal / χρήση		22,7 - 26,5 l / χρήση	
Πλυντήριο ρούχων	27 gal / χρήση	30 - 50 gal / χρήση	102,2 l / χρήση	113,6 - 189,3 l / χρήση
Μπάνιο	32 gal / χρήση	50 gal / χρήση	120 l / χρήση	190 l / χρήση

Πηγή : Sharpe & Swistock (2008)

Στον παραπάνω πίνακα, παρατηρούμε ότι εμφανίζεται σημαντική διαφορά μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης υδατικής κατανάλωσης για κάθε δραστηριότητα. Οι ελάχιστες τιμές που παρατηρούνται αναφέρονται σε σύγχρονες συσκευές, οι οποίες μέσω εξελιγμένης τεχνολογίας πετυχαίνουν μικρότερη κατανάλωση νερού. Μεταξύ των συσκευών αυτών αναφέρονται καζανάκια με δοχείο μικρής χωρητικότητας, οικονομικά προγράμματα πλυντηρίων ρούχων ή / και πιάτων όπως επίσης και βρύσες που δίνουν μικρότερη παροχή νερού. Για την Ευρώπη, τα αντίστοιχα στοιχεία που προέκυψαν παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.4 : Συνήθεις υδατικές καταναλώσεις οικιακών συσκευών στην Ευρώπη

Οικιακές συσκευές	Αγγλία & Ουαλία	Φινλανδία	Γαλλία	Γερμανία
Τουαλέτα	9.5 l / χρήση	6 l / χρήση	9 l / χρήση	9 l / χρήση
Πλυντήριο ρούχων	80 l / χρήση	74-117 l / χρήση	75 l / χρήση	72-90 l / χρήση
Πλυντήριο πιάτων	35 l / χρήση	25 l / χρήση	24 l / χρήση	27-47 l / χρήση
Ντους	35 l / χρήση	60 l / χρήση	16 l / χρήση	30-50 l / χρήση
Μπάνιο	80 l / χρήση	150-200 l / χρήση	100 l / χρήση	120-150 l / χρήση

Προέλευση : Environment Agency (2008)

- ii. Ο πιο χονδρικός υπολογισμός της οικιακής κατανάλωσης περιλαμβάνει την επιλογή μιας τιμής μέσης ημερήσιας κατ' άτομο υδατικής κατανάλωσης και τη γνώση του μεγέθους του νοικοκυριού (αριθμός μελών). Στην περίπτωση αυτή, για

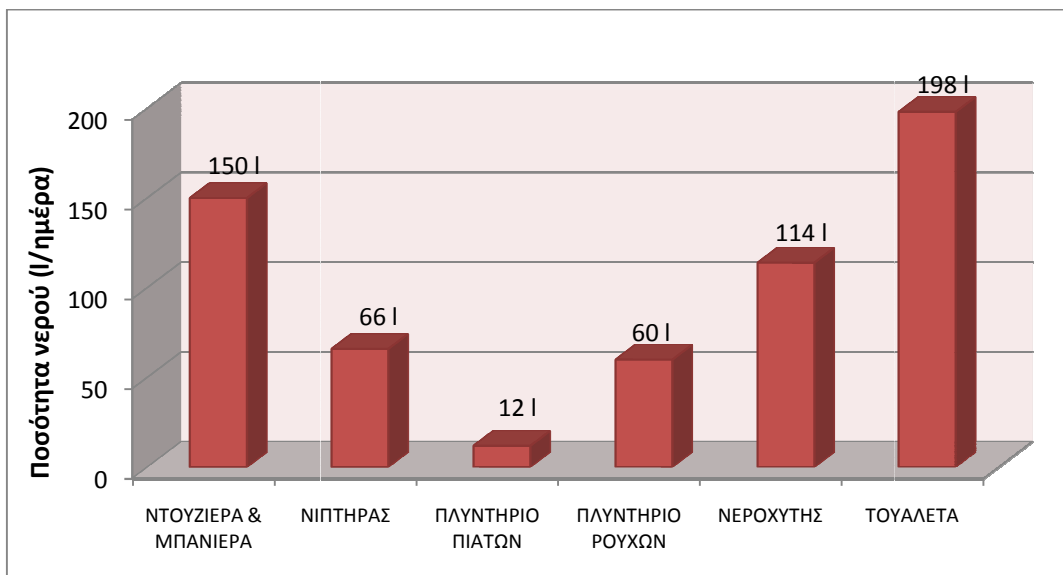
να υπολογιστεί ο όγκος νερού που καταναλώνεται σε κάθε επιμέρους οικιακή δραστηριότητα, θα πρέπει να ληφθούν τιμές ποσοστών επιμερισμού του οικιακού νερού στις διάφορες δραστηριότητες. Χαρακτηριστικά, αναφέρεται ότι στον ελλαδικό χώρο, οι μέσες τιμές οικιακής υδατικής κατανάλωσης κυμαίνονται από 150 λίτρα / ημέρα / κάτοικο για μικρούς οικισμούς, έως 250 λίτρα / ημέρα / κάτοικο για μεγάλες πόλεις, με μέση τιμή που κυμαίνεται στα 200 λίτρα / ημέρα / κάτοικο. Στην Αθήνα, η μέση ετήσια οικιακή κατανάλωση σχεδιασμού (μέγιστες τιμές) (για το έτος 2026) έχει τυποποιηθεί (ΕΥΔΑΠ 1985) ως εξής :

- 235 λίτρα / ημέρα / κάτοικο για περιοχές μέσης και κατώτερης εισοδηματικής τάξης
- 310 λίτρα / ημέρα / κάτοικο για περιοχές ανώτερης εισοδηματικής τάξης
- 380 λίτρα / ημέρα / κάτοικο για ημιαστικοπαραθεριστικές περιοχές (παραλιακοί δήμοι) και υψηλής εισοδηματικής τάξης (Βόρεια προάστια) (Κουτσογιάννης, 1999). Τα ποσοστά καταμερισμού του οικιακού νερού μπορούν να ληφθούν από μια συνολική θεώρηση των ευρωπαϊκών δεδομένων και η οποία παρουσιάστηκε στο σχήμα 2.6.

Στον παρακάτω πίνακα 2.5 υπολογίζονται οι ποσότητες νερού που καταναλώνονται στις διάφορες οικιακές χρήσεις σε ένα τυπικό ελληνικό νοικοκυριό 4 ατόμων, ενώ στο σχήμα 2.7 που ακολουθεί φαίνεται η σχηματική απόδοση των στοιχείων του πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.5 : Υπολογισμός ποσοτήτων νερού στις διάφορες οικιακές δραστηριότητες

Οικιακές χρήσεις	Ποσοστό συμμετοχής στη συνολική κατανάλωση	Καταναλισκόμενη ποσότητα νερού(l/ d)
Ντουζιέρα & μπανιέρα	25,00%	200
Νιπτήρας	11,00%	88
Πλυντήριο πιάτων	2,00%	16
Πλυντήριο ρούχων	10,00%	80
Νεροχύτης	19,00%	152
Τουαλέτα	33,00%	264
Σύνολο	100,00%	800



Σχήμα 2.7 : Ημερήσιες ποσότητες καταναλισκόμενου νερού στις διάφορες οικιακές δραστηριότητες

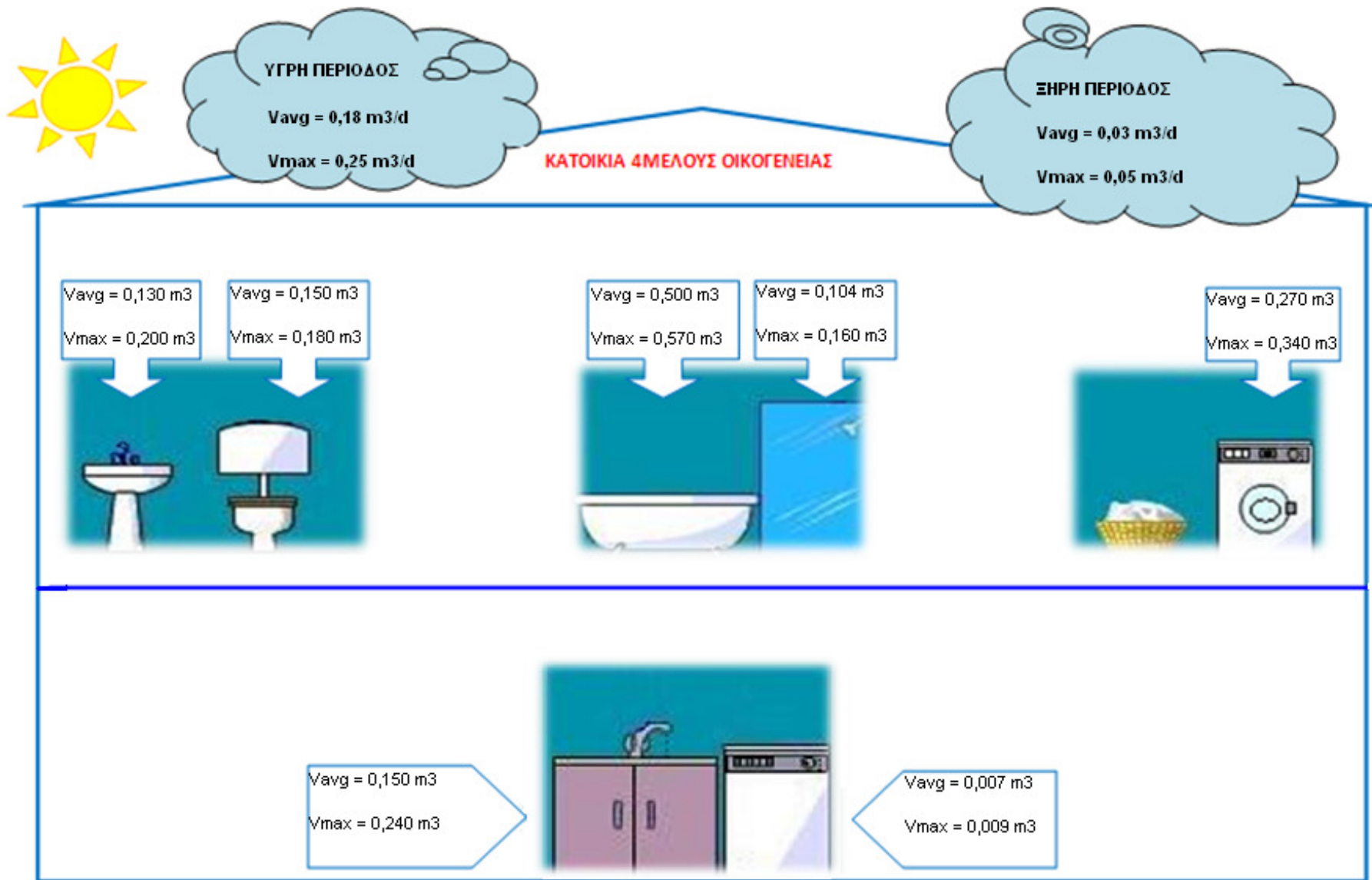
Στον πίνακα 2.6 παρουσιάζονται στοιχεία υδατικών καταναλώσεων που αφορούν σε ημερήσιους καταναλισκόμενους όγκους νερού στις διάφορες οικιακές δραστηριότητες, όπως αυτοί έχουν προσδιοριστεί στα πλαίσια διαφόρων εργασιών και οδηγιών ορισμένων κρατών.

Πίνακας 2.6 : Συνήθεις υδατικές καταναλώσεις οικιακών συσκευών

Οικιακές Χρήσεις	Tchobanoglous (1991)	UK environmental agency (2007)*	Almeida et al. (1999)	Eriksson et al. (2002)	Master Plumber and Mechanical Services Association of Australia
Καθαρισμός τουαλέτας	83,3 l / κατ / ημ	30,3 l / κατ / ημ	31,5 l / κατ/ημ		22,0 l / κατ / ημ
Ντουζιέρα	60,6 l / κατ / ημ	29,6 l / κατ / ημ	12,0 l / κατ / ημ	16,0 l / κατ / ημ	56,0 l / κατ / ημ
Μπανιέρα	26,5 l / κατ / ημ	29,8 l / κατ / ημ	16,1 l / κατ / ημ	22,5 l / κατ / ημ	
Νιπτήρας	34,1 l / κατ / ημ	4,2 l / κατ / ημ	12,9 l / κατ / ημ		6,0 l / κατ / ημ
Νεροχύτης			13,3 l / κατ / ημ	14,5 l / κατ / ημ	12,0 l / κατ / ημ
Πλυντήριο Ρούχων	60,6 l / κατ / ημ	10,9 l / κατ / ημ	16,6 l / κατ / ημ	17,0 l / κατ / ημ	27,0 l / κατ / ημ
Πλυντήριο Πιάτων	7,6 l / κατ / ημ	3,7 l / κατ / ημ			5,0 l / κατ / ημ

*(<http://www.environment-agency.gov.uk>)

Στην εικόνα 2.7 που ακολουθεί δίνονται οι ποσότητες νερού που καταναλώνονται στις εσωτερικές οικιακές χρήσεις μιας τυπικής κατοικίας στην οποία διαβιούν 4 άτομα. Τα στοιχεία για τον υπολογισμό των συγκεκριμένων ποσοτήτων λήφθηκαν από τη συνολική θεώρηση των τιμών του πίνακα 2.6 που στηρίζεται σε ποικίλες βιβλιογραφικές πηγές.



Εικόνα 2.7 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών κατοικίας

2.9 Η έννοια της διαχείρισης του οικιακού νερού

Το νερό που αποτελεί ένα απαραίτητο αγαθό για την ανθρώπινη επιβίωση έχει τεθεί υπό τον ζυγό της κλιματικής αλλαγής και της όλο και εντονότερης εκμετάλλευσης από τον άνθρωπο.

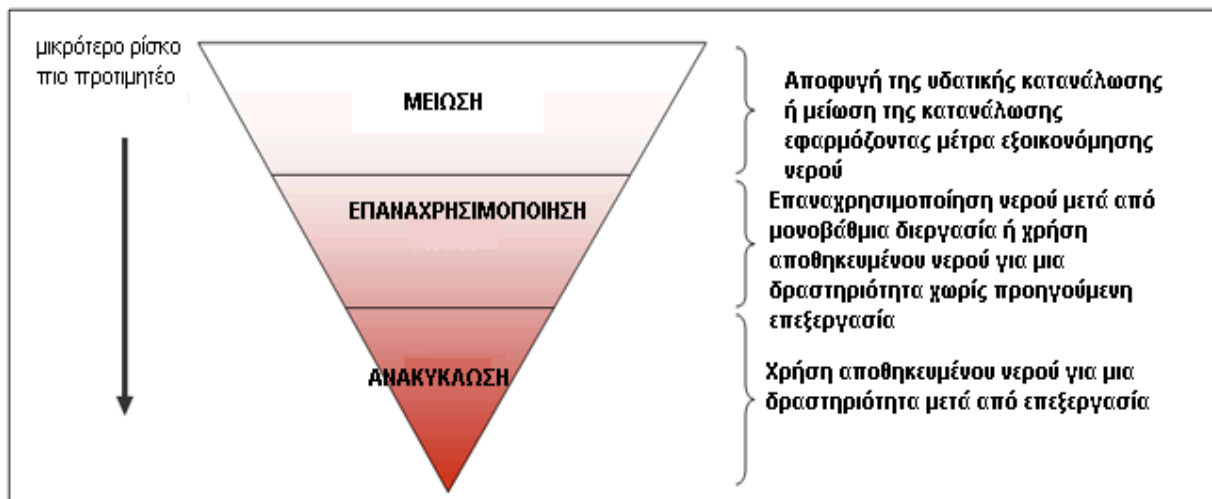
Αναφορικά με την κλιματική αλλαγή, είναι γεγονός ότι η κατάσταση αυτή την οποία βιώνει ο πλανήτης επηρεάζει μέσω των επιπτώσεών της τα υδατικά αποθέματα. Και μιλώντας για συνέπειες, θα πρέπει να αναφέρουμε την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, τις επιμέρους μεταβολές στο μικροκλίμα των διαφόρων περιοχών (κατακρημνίσεις, θερμοκρασία), την αύξηση της στάθμης της θάλασσας και άλλες. Αποτελέσματα ερευνών έχουν δείξει ότι ανάμεσα στις περιοχές της Ευρώπης που θα επηρεαστούν περισσότερο από τις αλλαγές του κλίματος είναι και η νότια Ευρώπη, η μεσογειακή λεκάνη και η Αρκτική (Ε.Ε.Κ, 2009).

Επιπλέον, έρευνα του Εθνικού αστεροσκοπείου (Παρατηρητήριο κλιματικών αλλαγών) σχετικά με την επίδραση που θα είχε η αύξηση των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου στο κλίμα, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η μείωση των βροχοπτώσεων (μήνας Δεκέμβριος) στο διάστημα 2071 – 2100 μπορεί να φτάσει το 60 – 70% στις θαλάσσιες περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου και της Δυτικής Ελλάδας. Επίσης, στο ίδιο χρονικό διάστημα η μείωση των βροχοπτώσεων τη θερινή περίοδο (μήνας Ιούλιος) στην περιοχή της Βόρειας Ελλάδας και των Βαλκανίων κυμαίνεται στο 20 – 30%. Για την Ελλάδα και την ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου όπου οι δραστηριότητες του πρωτογενή τομέα και ο τουρισμός αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικό ποσοστό της συνολικής οικονομικής δραστηριότητας, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην προσφορά και ζήτηση ενέργειας, στην αγροτική παραγωγή, στις μεταβολές που αναμένεται ότι θα επέλθουν στα ανθρωπογενή και φυσικά οικοσυστήματα της παράκτιας ζώνης, και στη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων, θεωρούνται ως οι πλέον σημαντικές συνιστώσες των επερχόμενων κλιματικών αλλαγών.

Από την άλλη πλευρά, η συνεχής αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού επιβάλλει την εκμετάλλευση όλο και μεγαλύτερων ποσοτήτων για τις διάφορες χρήσεις (αγροτική, αστική και άλλες) προκειμένου να καλυφθούν οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες. Επίσης, σε ένα μεγάλο ποσοστό, η υδατική κατανάλωση στις ανθρώπινες κοινωνίες συνδέεται με την ποιότητα ζωής. Επομένως η αυξημένη ζήτηση νερού οφείλεται τόσο στην πληθώρα των καταναλωτών όσο και στην αυξανόμενη κατανάλωση λόγω βελτίωσης της ποιότητας ζωής.

Η ένταση αυτή που υφίστανται τα περιορισμένα υδατικά αποθέματα του πλανήτη έχει

οξύνει το ενδιαφέρον της ανθρώπινης κοινωνίας απέναντι στη διαχείριση του νερού τα τελευταία χρόνια (<http://www.epa.vic.gov.au>). Η διαχείριση – ως μια ολοκληρωμένη διαδικασία – διέπεται από μια σειρά αρχών οι οποίες ιεραρχούνται με βάση το ρίσκο που επιφέρει η κάθε μια αλλά και την προτίμηση επιλογής. Η ιεραρχία των βασικών αρχών της διαχείρισης παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα 2.8.



Εικόνα 2.8 : Πυραμίδα διαχείρισης νερού (Προέλευση : <http://www.epa.vic.gov.au>, μετά από προσαρμογή)

Με βάση το παραπάνω σχήμα, θα μπορούσαν να καθοριστούν και οι βασικές αρχές διαχείρισης του οικιακού νερού. Ειδικότερα, ανάμεσα σε αυτές θα μπορούσαν να αναφερθούν :

1. Μείωση : Η μείωση ή ο περιορισμός της ποσότητας του νερού που προέρχεται από το δίκτυο διανομής του πόσιμου νερού αποτελεί τη βάση της πυραμίδας διαχείρισης του νερού στα πλαίσια της κατοικίας. Συγκεκριμένα, είναι προτιμότερο να μειώσουμε την κατανάλωση νερού και να αποφύγουμε την παραγωγή οικιακών λυμάτων πρωτογενώς παρά να αναζητούμε συνεχώς εναλλακτικές πηγές νερού ή μεθόδους επαναχρησιμοποίησης (<http://www.epa.vic.gov.au>). Κάποιες πρακτικές που συμβαδίζουν με την αρχή της ελαχιστοποίησης του καταναλισκόμενου νερού θα μπορούσαν να είναι :

- Η επανεξέταση κάποιων συνηθειών των καταναλωτών που αφορούν στην υδατική κατανάλωση. Παραδείγματα τέτοιων συνηθειών είναι ο υπερβολικός χρόνος χρήσης της ντουζιέρας / μπανιέρας, η λειτουργία της βρύσης στο μέγιστο της παροχής τους, η άσκοπη χρήση της βρύσης, η παράλειψη επιδιόρθωσης σημείων παροχής νερού με διαρροή, η λειτουργία πλυντηρίων ρούχων / πιάτων στο μισό της χωρητικότητάς τους, η καλλιέργεια φυτών (σε κήπους ή / και πρασιές) που έχουν υψηλές απαιτήσεις σε νερό αλλά και

φυτών που δεν ευδοκιμούν στο μικροκλίμα της περιοχής της κατοικίας (<http://www.epa.vic.gov.au>).

- Η χρήση οικιακών συσκευών εξοικονόμησης νερού μπορεί να συμβάλει σε σημαντικό βαθμό στην μείωση της ποσότητας νερού που χρησιμοποιεί το νοικοκυριό. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών θα μπορούσαν να είναι πλυντήρια ρούχων ή πιάτων με οικονομικά προγράμματα λειτουργίας ή λειτουργία πλήρωσης του μισού κάδου, σύστημα καθαρισμού τουαλέτας διπλής ροής (για παράδειγμα καζανάκια με χωρητικότητα 3 l / 6 l ή 9 l / 6 l), σύγχρονες βρύσες με ρυθμιζόμενη παροχή, κεφαλές παροχής νερού σε ντουζιέρες που εξοικονομούν νερό, πλυντήρια ρούχων με φόρτωση από το εμπρόσθιο μέρος και άλλα.

2. Επαναχρησιμοποίηση & Ανακύκλωση : Η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση νερού όπως επίσης και άλλες εναλλακτικές πηγές νερού αποτελούν το κλειδί στην μείωση της πίεσης της ανθρώπινης επίδρασης στα υδατικά αποθέματα αλλά και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και της πληθυσμιακής αύξησης. Αναζητώντας εναλλακτικές πηγές νερού, είναι σημαντικό η επιλογή να γίνει λαμβάνοντας υπόψη την επικινδυνότητα (ρίσκο) αλλά και τις απαιτήσεις σε ενεργειακού και μη πόρους (<http://www.epa.vic.gov.au>).

Ο όρος επαναχρησιμοποίηση αναφέρεται στην επαναξιοποίηση κάποιας ποσότητας νερού στα πλαίσια μιας μονοβάθμιας διεργασίας. Ειδικότερα, ο όρος χρησιμοποιείται και στην περίπτωση νερού το οποίο συλλέγεται με σκοπό να χρησιμοποιηθεί (ανεπεξεργαστο) σε κάποια οικιακή δραστηριότητα. Ως παράδειγμα αναφέρεται η χρήση του νερού που προκύπτει από διάφορες πλύσεις (γκρίζο νερό από χρήση νιπτήρα και προσωπική υγιεινή) για τον καθαρισμό της τουαλέτας. Ένα δεύτερο παράδειγμα θα μπορούσε να αποτελέσει η συλλογή και αποθήκευση βρόχινου νερού με σκοπό τη χρήση του για το πότισμα του κήπου ή το πλύσιμο του αυτοκινήτου.

Η ανακύκλωση νερού αποτελεί εκείνη την αρχή της διαχείρισης με τη μικρότερη προτίμηση επιλογής και το μεγαλύτερο ρίσκο, καθώς περιλαμβάνει τη συλλογή νερού, την επεξεργασία και κατόπιν τη χρήση του. Εφαρμογή της συγκεκριμένης αρχής διαχείρισης αποτελεί η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων οικιακών λυμάτων με σκοπό την άρδευση κήπων ή τον καθαρισμό εξωτερικών χώρων. Επίσης, η ίδια διαδικασία θα μπορούσε να εφαρμοστεί και στην περίπτωση του βρόχινου νερού με στόχο την αξιοποίησή του τόσο σε εσωτερικές όσο και σε εσωτερικές χρήσεις.

Η ανακύκλωση, ως βασική αρχή της διαχείρισης, διέπεται από μια ακόμη ιεράρχηση που αφορά στις κατηγορίες νερού που ανακυκλώνονται. Η ιεράρχηση στην περίπτωση αυτή καθορίζεται από την ποιοτική κατηγορία των διαφόρων οικιακών υδάτινων ροών. Ειδικότερα, όσο υψηλότερη είναι η ποιότητα της οικιακής ροής τόσο μικρότερο είναι το ρίσκο και η ενεργειακή κατανάλωση για την πραγματοποίηση της ανακύκλωσής της (<http://www.epa.vic.gov.au>). Η πυραμίδα ιεράρχησης των ανακυκλώσιμων κατηγοριών οικιακού νερού φαίνονται στην παρακάτω εικόνα 2.9.



Εικόνα 2.9 : Πυραμίδα ιεράρχησης ανακυκλούμενων οικιακών ροών (Προέλευση : <http://www.epa.vic.gov.au>, μετά από προσαρμογή)

Στις παραγράφους που ακολουθούν θα γίνει παρουσίαση των οικιακών ροών που μπορούμε να διαχειριστούμε και ειδικότερα, του βρόχινου νερού, του γκριζου νερού και των οικιακών λυμάτων.

2.10 Βρόχινο νερό

Το οικιακό βρόχινο νερό ή οικιακή απορροή διακρίνεται σε δυο κατηγορίες :

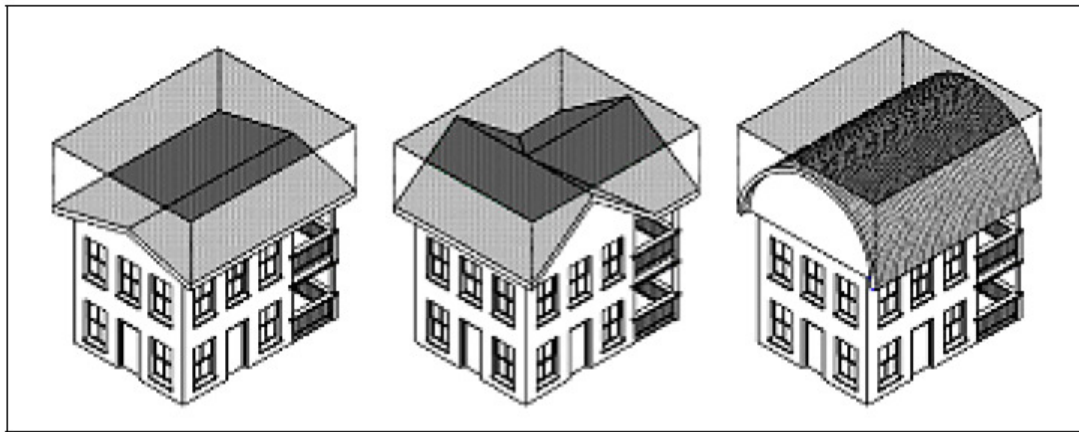
1. Την απορροή που προέρχεται από πλακόστρωτους ή καλυμμένους από τσιμέντο χώρους (πεζοδρόμια, αυλές, εξωτερικούς διαδρόμους) (land – based).
2. Την απορροή που προέρχεται από την καλυμμένη έκταση της κατοικίας και συγκεκριμένα την οροφή (στέγη, δώμα) (roof – based). Το νερό που προέρχεται από αυτή την κατηγορία είναι πιο καθαρό σε σχέση με εκείνο που πηγάζει από την 1^η κατηγορία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ενδεχομένως και ως πόσιμο.

2.10.1 Ποσότητα βρόχινου νερού

Για τον υπολογισμό της ποσότητας απορροής από στέγη πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τους εξής παράγοντες:

- Εμβαδόν επιφάνειας αποστράγγισης
- Συντελεστής ικανότητας συλλογής νερού απορροής
- Απώλειες
- Μέση βροχόπτωση (ημερήσια, μηνιαία, ετήσια)

Εμβαδόν επιφάνειας αποστράγγισης : Ως εμβαδόν επιφάνειας αποστράγγισης θεωρείται όλη η επιφάνεια η οποία είναι εκτεθειμένη στην βροχόπτωση και διαθέτει την κατάλληλη διάταξη (σύστημα υδρορροών) για τη συλλογή του όμβριου νερού. Στην περίπτωση του βρόχινου νερού κατοικίας, οι συγκεκριμένες επιφάνειες είναι οι κατόψεις των στεγών. Από την επιφάνεια αποστράγγισης έχουν εξαιρεθεί τα μπαλκόνια των κατοικιών επειδή είναι σκεπασμένα και συλλέγουν μόνο μικρό μέρος της βροχής, καθώς επίσης και γιατί δεν πρέπει να περιλαμβάνονται στην επιφάνεια αποστράγγισης λόγω των ρύπων (όπως τα φωσφορικά) που υπάρχουν σε αυτά από το καθάρισμά τους με απορρυπαντικά (Τρικοιλίδου κ.α., 2003). Επίσης, δεν λαμβάνεται υπόψη η απορροή που προκύπτει από τσιμεντοστρωμένες ή / και πλακοστρωμένες εξωτερικές εκτάσεις καθώς είναι ρυπασμένες σε σημαντικό βαθμό από ακαθαρσίες, έλαια και εδαφικά βακτήρια (Shatewi, 2008). Στην παρακάτω εικόνα 2.10 φαίνεται σχηματικά η επιφάνεια απορροής για διάφορους τύπους στέγης.



Εικόνα 2.10 : Επιφάνεια απορροής κατοικίας (Πηγή : Shatewi, 2008).

Μια απλή μέθοδος υπολογισμού της επιφάνειας συλλογής της απορροής είναι ο πολλαπλασιασμός του μήκους με το πλάτος της περιοχής που περικλείει την επιφάνεια συλλογής. Στην περίπτωση που η επιφάνεια χωρίζεται σε αρκετές ξεχωριστά παροχετευόμενες περιοχές, το άθροισμα αυτών δίνει την τελική επιφάνεια συλλογής (Shatewi, 2008).

Συντελεστής ικανότητας συλλογής νερού απορροής : Η αποτελεσματικότητα με την οποία γίνεται συλλογή νερού από μια επιφάνεια εξαρτάται από τα υλικά που χρησιμοποιούνται, το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη συντήρηση αλλά και από τη συνολική ποσότητα βροχής που δέχεται η συγκεκριμένη επιφάνεια. Η αποδοτικότητα με την οποία μια επιφάνεια της κατοικίας συλλέγει την απορροή εκφράζεται με το *συντελεστή ικανότητας συλλογής*, ο οποίος είναι ένα ποσοστό της κατακρήμνισης που εμφανίζεται ως απορροή (Τρικοιλίδου κ.α., 2003). Η τιμή του συντελεστή κυμαίνεται στο διάστημα 0,80 - 0,95 (80 - 95% ικανότητα) (Martin, 1980). Καλό είναι να χρησιμοποιείται μια μέση τιμή του συντελεστή (Τρικοιλίδου κ.α., 2003).

Στον παρακάτω πίνακα 2.7 δίνονται κάποιες τιμές του συντελεστή ικανότητας συλλογής ανάλογα με το είδος της επιφάνειας (π.χ. στέγη, πεζοδρόμιο) και το υλικό κατασκευής της επιφάνειας.

Πίνακας 2.7 : Τιμές του συντελεστή ικανότητας συλλογής

Επιφάνεια συλλογής	Υλικό	Χαμηλός συντελεστής	Υψηλός συντελεστής
Στέγη	Μέταλλο, χαλίκι, άσφαλτος, fiber – glass, μεταλλικό χαρτί	0,95	0,90
Πεζοδρόμιο	Σκυρόδεμα, άσφαλτος	1,00	0,90
Χαλίκι		0,70	0,25
Χώμα	Επίπεδο, γυμνό επίπεδο, με βλάστηση	0,75	0,20
		0,60	0,10
Αυλές	Επίπεδο, αμμώδες χώμα	0,10	0,05
	Επίπεδο, βαρύ χώμα	0,17	0,013

Πηγή : Shatewi, 2008

Απώλειες : Όλα τα υλικά κατασκευής έχουν την ικανότητα να απορροφούν ένα ποσοστό της βροχόπτωσης που καταλήγει σε αυτά. Ένα λείο, καθαρό και αρκετά αδιαπέρατο υλικό κατασκευής στέγης συμβάλει στην συλλογή μεγαλύτερης ποσότητας νερού. Στις στέγες κατασκευασμένες από μέταλλο και με την απαιτούμενη κλίση, οι απώλειες σε νερό είναι μηδαμινές. Στέγες κατασκευασμένες από σκυρόδεμα ή ασφαλτικά υλικά έχουν απώλειες λιγότερο από 10%, ενώ στέγες καλυμμένες με χαλίκια ή κεραμίδια έχουν απώλειες μέχρι και 15%. Απώλειες εμφανίζονται επίσης και στις διάφορες συσκευές που χρησιμοποιούνται κατά τη συλλογή του νερού για τη βελτίωση της ποιότητας του (Martin, 1980).

Γενικότερα, οι κατασκευαστές θεωρούν ότι ανεξάρτητα από το υλικό κατασκευής οι απώλειες ανέρχονται περίπου στο 25% της βροχόπτωσης και υπολογίζονται περίπου στα 2 mm το μήνα (Martin, 1980). Η τιμή αυτή θα χρησιμοποιηθεί και στην παρούσα εργασία σε παρακάτω κεφάλαιο λόγω απλότητας.

2.10.2 Ποιότητα βρόχινου νερού

Η ποιότητα του συλλεγόμενου βρόχινου νερού εξαρτάται από τρεις βασικούς παράγοντες :

1. Το περιβάλλον στο οποίο λαμβάνουν χώρα οι κατακρημνίσεις
2. Την επιφάνεια συλλογής του βρόχινου νερού
3. Τον χώρο στον οποίο αποθηκεύεται το βρόχινο νερό (Texas Water Development Board, 2005).

Περιβάλλον : Η ποιότητα του βρόχινου νερού εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα της ατμόσφαιρας, καθώς σε αυτή δημιουργούνται τα νέφη που ευθύνονται για τις κατακρημνίσεις. Οι διεργασίες που επηρεάζουν την σύσταση των κατακρημνίσεων είναι γενικά πολύπλοκες και έχουν τόσο φυσική όσο και ανθρωπογενή προέλευση (Demirak et al., 2006).

Η φυσική οξύτητα του βρόχινου νερού υπολογίζεται ότι προσεγγίζει την τιμή $pH = 5,6$, η οποία είναι η τιμή οξύτητας που προκύπτει για το καθαρό νερό όταν αυτό βρίσκεται σε ισορροπία με το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) παγκόσμιας συγκέντρωσης 330 ppm. Η τιμή $pH = 5,6$ χρησιμοποιείται ως οριακή για την καταγραφή των όξινων κατακρημνίσεων (Demirak et al., 2006). Φυσικές πηγές έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) αποτελούν τα φυτά με τη διαπνοή τους, τα ηφαίστεια και άλλες γεωθερμικές διεργασίες όπως οι θερμές πηγές και οι πίδακες (http://www.eautarcie.com/Autarky/2.Rainwater/B.Rainwater_quality.html).

Ωστόσο, τις τελευταίες δεκαετίες, η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει προκαλέσει την αύξηση της ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα. Υπεύθυνοι για το γεγονός αυτό είναι οι πολυάριθμοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και οι βιομηχανίες που πραγματοποιούν κάποιου είδους καύση ελευθερώνοντας τα καυσαέρια της παραγωγικής διαδικασίας στην ατμόσφαιρα. Επίσης, το φαινόμενο εντείνει τόσο ο συνεχώς αυξανόμενος αριθμός αυτοκινήτων με την εκπομπή καυσαερίων αλλά και ο αριθμός των κατοικιών στις οποίες η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) γίνεται μέσω των συστημάτων θέρμανσης που διαθέτουν. Οι διεργασίες καύσεων ευθύνονται για την υψηλότερη οξύτητα του βρόχινου νερού τόσο λόγω του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) όσο και λόγω των αέριων οξειδίων που παράγονται από αυτές (οξειδία του αζώτου (NO_x), διοξείδιο του θείου (SO_2)).

Ο αλκαλικός χαρακτήρας του βρόχινου νερού οφείλεται σε ουσίες όπως η αμμωνία (NH_3) και το ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$). Οι τιμές οξύτητας του βρόχινου νερού, στην περίπτωση που παρατηρείται απουσία βασικών ενώσεων αναμένεται να

κυμαίνεται από 4,5 – 5,6 (Charlson & Rodhe, 1982, Gulsoy et al., 1999, Okay et al., 2002). Έχει αναφερθεί ότι τα κατιόντα ασβεστίου (Ca^{+2}) και αμμωνίου (NH_4^+) – που προκύπτουν από τις παραπάνω ενώσεις - μπορούν να εξουδετερώσουν την οξύτητα των κατακρημνίσεων που οφείλεται σε ανθρωπογενείς παράγοντες (Al - Momani et al., 1995, Tuncel and Ungor, 1996, Gulsoy et al., 1999).

Η παρουσία ή μη ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) στην ατμόσφαιρα μιας περιοχής μπορεί να ερμηνευθεί μέσα από τη μελέτη της γεωλογικής σύστασης του αναγλύφου της συγκεκριμένης περιοχής. Ειδικότερα, η παρουσία ασβεστολιθικών πετρωμάτων σε μια περιοχή, αποτελεί συνήθως την αιτία για μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) στο βρόχινο νερό που συλλέγεται στην περιοχή αυτή. Η μεταφορά της συγκεκριμένης ουσίας από το έδαφος στην ατμόσφαιρα γίνεται μέσω των σωματιδίων σκόνης που τίθενται σε αιώρηση από κάποιες φυσικές αλλά και ανθρωπογενείς διεργασίες. Υποστηρίζεται ότι τα σωματίδια της σκόνης μπορεί να είναι πλούσια σε ανθρακικό ή / και διαπτανθρακικό ασβέστιο, τα οποία αποτελούν αντισταθμιστικό παράγοντα της οξύτητας που προκαλείται από τα οξειδία του θείου (S) και του αζώτου (N) (Demirak et al., 2006).

Ποσοστό μεγαλύτερο από το 90% των αέριων εκπομπών του ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) αποδίδονται σε ‘ανοιχτές πηγές’, ενώ το υπόλοιπο αποδίδεται στη βιομηχανία (για παράδειγμα βιομηχανία τσιμέντου) και σε άλλες διάφορες πηγές. Η κυκλοφορία οχημάτων σε μη – ασφαλτοστρωμένους δρόμους (67%), η εδαφική διάβρωση λόγω του αέρα (28%) και το όργωμα των αγροτικών εκτάσεων αποτελούν τις σημαντικότερες ‘ανοιχτές’ πηγές εκπομπής ανθρακικού ασβεστίου (Demirak et al., 2006).

Η παρουσία θειικών ιόντων (SO_4^{-2}) στο βρόχινο νερό μιας περιοχής αποτελούν άλλη μια συνέπεια της ανθρώπινης δραστηριότητας στην περιοχή. Η υψηλή συγκέντρωση των συγκεκριμένων ιόντων μπορεί να σημαίνει υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή (Demirak et al., 2006). Επίσης, η παρουσία κατιόντων Na^+ , K^+ , Cl^- και Mg^{+2} στο βρόχινο νερό, υποδεικνύει το ρόλο του θαλάσσιου περιβάλλοντος στη διαδικασία σχηματισμού των κατακρημνίσεων (Dikaiakos et al., 1990).

Επιφάνεια απορροής : Η ρύπανση του βρόχινου νερού από την επιφάνεια πάνω στην οποία ρέει αποτελεί σημαντικότερο πρόβλημα σε σχέση με τη ρύπανση του νερού από το περιβάλλον. Το ίδιο το υλικό της επιφάνειας απορροής δεν θέτει σημαντικά προβλήματα στην περίπτωση που είναι αδιαπέρατο και σκληρό. Ακόμα και μια επιφάνεια από σκουριασμένο και διαβρωμένο σίδηρο δεν προκαλεί μια μη αποδεκτή συγκέντρωση σιδήρου στην απορροή. Επίσης, η χρήση ασβέστου ως

υλικό κατασκευής επιφανειών απορροής θεωρείται ότι προκαλεί απελευθέρωση ποσότητας του υλικού αλλά οι συγκεντρώσεις που εντοπίζονται στο βρόχινο νερό δεν φτάνουν σε ικανά επίπεδα για να το καταστήσουν καρκινογόνο (Thomas, 1998).

Μεγαλύτερη σημασία θα πρέπει να δοθεί στα διάφορα υλικά που συσσωρεύονται στις επιφάνειες απορροής. Συνήθως, μετά το τέλος της ξηρής περιόδου, οι επιφάνειες απορροής είναι καλυμμένες με σκόνη και οργανικό υλικό (περιπτώματα πουλιών και μικρών ζώων, νεκροί οργανισμοί). Επίσης, σε κατοικίες που βρίσκονται κοντά σε δέντρα είναι συχνό φαινόμενο η συσσώρευση φύλλων και μικρών κλαδιών στις επιφάνειες απορροής καθώς επίσης και παραπροϊόντων του μεταβολισμού των πουλιών τα οποία προσελκύονται λόγω της βλάστησης. Επομένως, είναι σημαντικό να απομακρύνεται η απορροή που προκύπτει από τις πρώτες βροχοπτώσεις της υγρής περιόδου (first flush diversion) (Thomas, 1998). Επίσης, η απορροή μπορεί να επιβαρύνεται και με άγλη που αναπτύσσονται στην επιφάνεια. Είναι χαρακτηριστικό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια της υγρής περιόδου, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα των ρυπογόνων παραγόντων που θα μεταφερθούν με την πρώτη απορροή (Thomas & Grenne, 1993, Vasudevan, 2002).

Χώρος/ Δοχείο αποθήκευσης : Ο χώρος αποθήκευσης του βρόχινου νερού μπορεί να αποτελέσει εστία μόλυνσης για το βρόχινο νερό που καταλήγει σε αυτόν. Οι κακές συνθήκες υγιεινής στο χώρο αποθήκευσης του βρόχινου νερού μπορεί να είναι αποτέλεσμα της κακής τοποθεσίας της δεξαμενής ή αμελούς φροντίδας του ιδιοκτήτη του συστήματος συλλογής βρόχινου νερού. Για παράδειγμα, η τοποθέτηση δεξαμενής χωρίς κάλυμμα προστασίας κάτω από δένδρα μπορεί να εισάγει απευθείας στη δεξαμενή φύλλα ή περιπτώματα ζώων. Επίσης, θα πρέπει να γίνεται τακτικός έλεγχος για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η δεξαμενή (για παράδειγμα ύπαρξη ρωγμών) καθώς και απομάκρυνση της ιλύος που σχηματίζεται στον πυθμένα της δεξαμενής (Texas Water Development Board, 2005).

Η ποιότητα του βρόχινου νερού προσδιορίζεται με μια σειρά από χημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις. Η χημική ανάλυση έχει ως αντικείμενο :

- Τον προσδιορισμό της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δείγματος
- Τον προσδιορισμό της οξύτητας (pH), της σκληρότητας και της θολότητας
- Τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων ιόντων (ανιόντων και κατιόντων) που απαντώνται στο βρόχινο νερό, τα πιο σημαντικά από τα οποία δίνονται στον παρακάτω πίνακα 2.8.

Πίνακας 2.8 : Ιόντα που προσδιορίζονται από ποιοτικές αναλύσεις βρόχινου νερού

Κατιόντα	Ανιόντα
H ⁺	Cl ⁻
Na ⁺	NO ₃ ⁻
K ⁺	SO ₄ ⁻²
Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻
Mg ⁺²	
NH ₄ ⁺	

- Τον προσδιορισμό του κλάσματος του συνόλου των κατιόντων προς το σύνολο των ανιόντων
- Τον προσδιορισμό των οργανικών ενώσεων και των ολικών διαλυμένων στερεών (Κατσίρη, 1992).

Στον παρακάτω πίνακα 2.9 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των διαφόρων ιόντων αλλά και η οξύτητα όπως έχουν υπολογιστεί σε διάφορες ερευνητικές εργασίες για περιοχές που βρίσκονται στην Ελλάδα και την Τουρκία.

Πίνακας 2.9 : Αποτελέσματα ποιοτικής σύστασης του νερού σε Ελλάδα & Τουρκία

Πηγή	H ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺²	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	pH
Mugla (Demirak et al., 2006)	0,12	23	124	174	3,5	17	30	6,9
Ankara (Tuncel & Ungor, 1995)	3,7	62	150	210	19	21	12	6,1
Athens (Dikaiakos et al., 1990)	4	94,2	100	137	67,7	14,5	21,9	6,1
Instabul (Basak & Alagha, 2004)	-	33,4	115,2	285	57,4	75,2	12,8	4,81
Antalya (Okay et al., 2002)	-	70	113	140	12,1	450	50	5,17
Silent Valey (Rao et al., 1995)	-	21	20	43	4	46	3	-
Rize (Balci et al., 2001)	-	71	33	-	-	-	-	6,9

Προέλευση : (Demirak et al., 2006), μετά από προσαρμογή

Σχετική έρευνα για τη σύσταση του βρόχινου νερού στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στην Αθήνα, έχει πραγματοποιηθεί από τους Dikaiakos et al. (1990), τη χρονική περίοδο από το Μάρτιο του 1986 έως το Φεβρουάριο του 1987. Με βάση τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας, η πλειοψηφία των δειγμάτων είχε ουδέτερο ή αλκαλικό χαρακτήρα. Μόνον ένα μικρό ποσοστό των δειγμάτων – περίπου 20% - παρουσίασε οξύτητα μικρότερη από 5,6. Οι κύριες ενώσεις που προκαλούν την καθαρή οξύτητα στο βρόχινο νερό της Αθήνας είναι το θειικό οξύ (H_2SO_4) και το νιτρικό οξύ (HNO_3). Αυτά τα οξέα εξουδετερώνονται μερικώς από την αέρια αμμωνία (NH_3) καθώς και τα αλκαλικά σωματίδια εδαφικής σκόνης. Η αλκαλική φύση των σωματιδίων σκόνης εξηγείται από το ασβεστολιθικό ανάγλυφο της Αθήνας (EPCPA, 1982). Αποδείχτηκε επίσης ότι στην εξουδετέρωση των οξέων της ατμόσφαιρας, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και το θαλάσσιο περιβάλλον μέσω των θαλάσσιων σταγονιδίων, τα οποία με πηγή τον παρακείμενο Σαρωνικό κόλπο, μεταφέρονται πάνω από την πόλη με τη βοήθεια του ανέμου.

2.11 Οικιακά υγρά απόβλητα

Τα οικιακά λύματα συνθέτουν όλες οι εκροές από δραστηριότητες εντός της κατοικίας στις οποίες γίνεται χρήση νερού. Συγκεκριμένα, οι οικιακές δραστηριότητες που έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή λυμάτων είναι :

- Πλύσεις
- Προσωπική υγιεινή
- Καθαρισμός κατοικίας
- Καθαρισμός τουαλέτας
- Κατανάλωση τροφής

Στα οικιακά υγρά απόβλητα δεν περιλαμβάνονται εκροές από δραστηριότητες όπως ο καθαρισμός της αυλής, των εξωτερικών χώρων, του αυτοκινήτου (οι οποίες δεν εισέρχονται στο δίκτυο ακαθάρτων) καθώς και η ποσότητα του νερού που χάνεται λόγω εξάτμισης.

Στην περίπτωση των πόλεων, τα οικιακά λύματα συνήθως εισέρχονται σε κλειστό σύστημα αποχέτευσης, κατόπιν οδηγούνται σε κάποια μονάδα βιολογικού καθαρισμού και τέλος σε κάποιον υδάτινο αποδέκτη (θάλασσα, ποτάμι). Στην περίπτωση μικρών οικισμών, τα υγρά απόβλητα των νοικοκυριών καταλήγουν σε κάποιο σύστημα αποκεντρωμένης διαχείρισης, όπως τα παρακάτω :

- Απορροφητικός βόθρος
- Σύστημα σηπτικής δεξαμενής – απορροφητικού βόθρου
- Σύστημα σηπτικής δεξαμενής – απορροφητικής τάφρου (Νουτσόπουλος, 2010).

2.11.1 Ποσότητα οικιακών υγρών αποβλήτων

Η ποσότητα των υγρών οικιακών αποβλήτων μπορεί να υπολογιστεί χονδρικά με βάση τα στοιχεία της οικιακής υδατικής κατανάλωσης. Ειδικότερα, στο δίκτυο ακαθάρτων εκτιμάται ότι καταλήγει το 60 – 80% της συνολικής υδατικής κατανάλωσης. Οι απώλειες αφορούν σε ποσότητες νερού που δεν εισέρχονται στο δίκτυο ακαθάρτων, όπως το νερό που χρησιμοποιείται για το πότισμα κήπων, το πλύσιμο αυτοκινήτων, αυλών, δρόμων αλλά και το νερό που χάνεται με εξάτμιση. Για την εκτίμηση των παροχών σχεδιασμού, οι ελληνικές προδιαγραφές (ΠΔ 696, 1974) επιβάλλουν το ποσοστό αυτό να θεωρείται 80%. Η ΕΥΔΑΠ (1985) συνιστά γενικώς ποσοστό 85%, εκτός από τις παραθεριστικές περιοχές και τις περιοχές υψηλής εισοδηματικής τάξης, όπου συνιστά ποσοστό 80% (Κουτσογιάννης, 1999). Στον πίνακα 2.10 που ακολουθεί δίνεται ένα παράδειγμα υπολογισμού των οικιακών λυμάτων με βάση την υδατική κατανάλωση.

Πίνακας 2.10 : Υπολογισμός ημερήσιας παροχής οικιακών λυμάτων

Καταναλωτής	Υδατική κατανάλωση (l/d)	Παραγωγή αποβλήτων (l/d)
1 άτομο	150	120
Τυπικό νοικοκυριό (4 άτομα)	600	480

Η ποσότητα των υγρών αποβλήτων αλλά και των ρύπων που προέρχονται από τα νοικοκυριά ποικίλλει από χώρα σε χώρα. Οι διακυμάνσεις αυτές επηρεάζονται τόσο από το κλίμα όσο και από κοινωνικο – οικονομικούς παράγοντες, διαθέσιμο οικιακό εξοπλισμό καθώς και από άλλους παράγοντες.

2.11.2 Ποιότητα οικιακών υγρών αποβλήτων

Η ποιότητα των οικιακών λυμάτων παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις με αποτέλεσμα να διακρίνονται τρεις βασικές ποιοτικές κατηγορίες : α) τα ισχυρά, β) τα μεσαίου ρυπαντικού φορτίου και γ) τα ασθενή οικιακά λύματα. Ο παρακάτω πίνακας 2.11 δίνει ορισμένες τιμές συγκεντρώσεων ποιοτικών παραμέτρων που αφορούν στη χημική σύσταση των λυμάτων.

Πίνακας 2.11 : Τυπική σύσταση ανεπεξέργαστων οικιακών λυμάτων

Ρυπαντές	Μονάδες	Ασθενή	Μεσαία	Ισχυρά
Ολικά στερεά (TS)	mg/l	350	720	1200
Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)	mg/l	250	500	850
Αιωρούμενα στερεά (SS)	mg/l	100	220	350
Καθιζήσιμα στερεά	mg/l	5	10	20
BOD ₅	mg/l	110	220	400
COD	mg/l	250	500	1000
Ολικό άζωτο (TN)	mg/l	20	40	85
NH ₃ – N	mg/l	12	25	50
Ολικός φώσφορος (TP)	mg/l	4	8	15
Αλκαλικότητα	mg/l	50	100	200
Ολικά κολοβακτηρίδια (TC)	Αρ. / 100 ml	10 ⁶ - 10 ⁷	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁸ - 10 ⁹

Προέλευση : Tchobanoglous (1991), μετά από προσαρμογή

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι χαμηλές τιμές συγκεντρώσεων των ποιοτικών παραμέτρων των λυμάτων μπορεί να οφείλονται σε υψηλή υδατική κατανάλωση (μεγάλη αρραίωση ρύπων), ενώ η χαμηλή υδατική κατανάλωση ή υψηλό ρυπαντικό φορτίο από την κουζίνα μπορεί να δώσει υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων στα λύματα. Ο πίνακας 2.12 που ακολουθεί δίνει σε όρους μάζας τις ποσότητες των ρυπαντών που εντοπίζονται στα οικιακά λύματα. Οι τιμές προέκυψαν με τη θεώρηση λυμάτων μέσου ρυπαντικού φορτίου (πίνακας 2.11) που παράγονται από ένα άτομο με μέση ημερήσια υδατική κατανάλωση 150 l/p/d.

Πίνακας 2.12 : Υπολογισμός μάζας ρυπαντών σε ημερήσια ποσότητα οικιακών λυμάτων

Ρυπαντής	Ημερήσια ποσότητα (Kg/d)
Ολικά στερεά (TS)	0,09
Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)	0,06
Αιωρούμενα στερεά (SS)	0,03
Καθιζήσιμα στερεά	0,001
BOD ₅	0,03
COD	0,06
Ολικό άζωτο (TN)	0,05
NH ₃ - N	0,0030
Ολικός φώσφορος (TP)	0,001
Ολικά κολοβακτηρίδια (TC)	10 ¹⁰ - 10 ¹¹

2.12 Γκρίζο/γκρι νερό (graywater / greywater / GW)

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιαστούν ο ορισμός, ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά μιας σημαντικής συνιστώσας των οικιακών λυμάτων, του γκρίζου νερού.

2.12.1 Ορισμός γκρίζου νερού

Το γκρίζο νερό αποτελείται από τις υδάτινες ροές που προκύπτουν από τη χρήση των νεροχύτη, πλυντηρίου πιάτων, πλυντηρίου ρούχων, ντουζιέρας, μπανιέρας αλλά και του νιπτήρα μπάνιου (Nolde, 1999, Jefferson et al., 1999, 2000, 2004, Eriksson et al., 2002, Elmitwalli & Otterpohl, 2007). Τα υγρά απόβλητα από τις συσκευές της κουζίνας (νεροχύτης, πλυντήριο πιάτων) αν και τυπικά αποτελούν γκρίζο νερό, ωστόσο, δεν συνιστάται να αναμιγνύονται με τις υπόλοιπες συνιστώσες του γκρίζου νερού καθώς είναι περισσότερο επιβεβαρυσμένες τόσο λόγω του μικροβιακού φορτίου που προέρχεται από τις διάφορες διαδικασίες προετοιμασίας της τροφής όσο και λόγω της περιεκτικότητας τους σε λίπη και έλαια (Fane, 2009).

2.12.2 Ποσότητα γκρίζου νερού

Περίπου το 60 – 70 % του νερού που καταναλώνεται σε μια κατοικία μετατρέπεται σε γκρίζο νερό. Συγκεκριμένα, η ανηγμένη παροχή του γκρίζου νερού κυμαίνεται μεταξύ 60 και 120 λίτρων / κάτοικο / ημέρα (Friendler et al., 2006). Κατά τους Hansen and Kjellerup (1994), το κλάσμα του γκρίζου νερού εκτιμάται ότι αποτελεί το 75% των παραγόμενων οικιακών υγρών αποβλήτων.

Χρονική διακύμανση της ποσότητας : Εκτός από τις ημερήσιες παραγόμενες ποσότητες γκρίζου νερού, σημαντικό στοιχείο για την οργάνωση της διαχείρισής του αποτελεί και η ωριαία διακύμανση καθώς και οι χρονικές στιγμές της ημέρας στις οποίες κορυφώνεται η παραγωγή του γκρίζου νερού από τις διάφορες πηγές – συσκευές – δραστηριότητες. Η μελέτη των Butler et al. (1991) έδειξε ότι η χρήση του νιπτήρα ακολουθεί παρόμοιο μοτίβο με τη χρήση του λουτρού, παρουσιάζοντας μια μεγάλη αιχμή στις 7.00 και μια δεύτερη μικρότερη στις 23.00. Επίσης, άλλη μια ομοιότητα είναι ότι η χρήση του νιπτήρα είναι συνεχής καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αναφορικά με την μπανιέρα / ντουζιέρα, η χρήση δεν είναι συνεχής και είναι σχεδόν μηδενική στο διάστημα από 01.00 – 05.30 πμ. Ακόμη, για τη συγκεκριμένη χρήση, παρουσιάζεται μια σημαντική αιχμή γύρω στις 7.00 πμ. Από τη συγκεκριμένη μελέτη, δεν υπάρχουν στοιχεία για τη συχνότητα χρήσεων και τις αιχμές για τα πλυντήρια ρούχων

2.12.3 Ποιότητα γκρίζου νερού

Το γκρίζο νερό παράγεται ως αποτέλεσμα του τρόπου ζωής των ατόμων που διαβιούν σε μια κατοικία, των προϊόντων που χρησιμοποιούνται και της φύσης των εγκαταστάσεων και συσκευών. Κατ' επέκταση τα χαρακτηριστικά του παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα (Eriksson et al., 2002). Όπως αναφέρεται σε εργασία των Eriksson et al. (2002), τα χαρακτηριστικά του γκρίζου νερού εξαρτώνται κατά βάση από :

1. Την ποιότητα του πόσιμου νερού
2. Το είδος του δικτύου διανομής τόσο του πόσιμου νερού όσο και του γκρίζου νερού (διαρροές από σωληνώσεις, χημικές και βιολογικές διεργασίες στο βιοφίλμ που δημιουργείται στα τοιχώματα των σωλήνων)
3. Τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται στο νοικοκυριό (Eriksson et al., 2002).

Οι ουσίες που ανιχνεύονται στο γκρίζο νερό ποικίλουν ανάλογα με την πηγή και συνδέονται άμεσα με τον εκάστοτε τρόπο ζωής, τα έθιμα, τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις και με τη χρήση χημικών οικιακών προϊόντων. Η σύνθεση του γκρίζου νερού ποικίλει σημαντικά στο χρόνο και το χώρο εξαιτίας των διακυμάνσεων της υδατικής κατανάλωσης σε σχέση με τις απορριπτόμενες ποσότητες ουσιών.

Στον παρακάτω πίνακα 2.13 παρατίθενται τα αποτελέσματα από μετρήσεις φυσικών, χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων του γκρίζου νερού από ποικίλες πηγές, όπως έχουν προκύψει από τα αποτελέσματα διαφόρων ερευνών. Ειδικότερα, εκτός από τις τιμές που αφορούν στο γκρίζο νερό δίνονται και τιμές για την καθεμία από τις συνιστώσες του.

Πίνακας 2.13 : Τιμές βασικών ρυπαντών γκρίζου νερού

Πηγή	BOD (mg/l)	Αιωρούμενα στερεά SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	TC (cfu/100ml)
Γκρίζο νερό από ποικίλες πηγές	5 – 466 (154)	25 - 304 (113)	33 – 240 (84)	$10^2 - 10^8$ (10^7)
Μπάνιο	129 – 192 (161)	47 – 58 (53)	46 – 60 (53)	$10^2 - 10^4$ (10^3)
Ντουζιέρα	99 - 212 (155)	15 – 353 (173)	21 – 375 (131)	$10^1 - 10^4$ (10^4)
Νιπτήρας	33 – 252 (138)	36 – 505 (183)	102 – 164 (133)	$10^3 - 10^6$ (10^5)
Κουζίνα	536 – 1460 (891)	235 – 720 (528)	-	-
Πλυντήρια	48 – 472 (276)	68 – 465 (238)	50 – 444 (254)	$10^3 - 10^6$ (10^5)
Standards	< 10	< 10	< 2	Μη ανιχνεύσιμα

Προέλευση : (Pidou, 2006), μετά από προσαρμογή

Όπως παρατηρείται από τη μελέτη των παραπάνω αποτελεσμάτων, οι διάφορες παράμετροι που χαρακτηρίζουν τη σύσταση του γκρίζου νερού παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα. Συγκεκριμένα, το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο BOD κυμαίνεται από 5 – 1460 mg/l, η θολότητα κυμαίνεται από 21 – 444 NTU και τα ολικά κολοβακτηρίδια $10 - 10^8$ cfu/100ml. (Pidou, 2006). Στις παρακάτω παραγράφους αναλύονται διεξοδικά οι φυσικές, χημικές και μικροβιολογικές παράμετροι του γκρίζου νερού.

2.12.3.1 Φυσικές παράμετροι γκρίζου νερού

Θερμοκρασία : Οι πιο υψηλές τιμές αυτού του εύρους θερμοκρασιών οφείλονται στη χρήση θερμού νερού για λόγους προσωπικής υγιεινής (θερμό νερό στην εκροή μπανιέρας / ντουζιέρας). Αυτή η σχετικά υψηλή θερμοκρασία μπορεί να προκαλέσει προβλήματα επειδή δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη των μικροβίων, καθώς ο ρυθμός ανάπτυξης της πλειονότητας των μικροοργανισμών εξαρτάται από τη θερμοκρασία και μάλιστα αυξάνεται με την αύξησή της. Ακόμη, οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να οδηγήσουν στην κατακρήμνιση του ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3), καθώς η διαλυτότητά του συγκεκριμένου άλατος αλλά και κάποιων άλλων ανόργανων αλάτων μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας (Pidou, 2006).

Θολότητα : Η θολότητα για το ανάμικτο γκρίζο νερό έχει μέση τιμή που είναι εξαιρετικά υψηλή εάν συγκριθεί με την αντίστοιχη των ανάμικτων υγρών αποβλήτων ή εκείνη του πόσιμου ανεπεξέργαστου νερού. Το εύρος μεγέθους των σωματιδίων που προκαλεί τη θολότητα κυμαίνεται βάσει μελετών από 5 έως 200 μm (Ramon et al., 2004). Ομοίως, οι Jefferson et al. (2004), έχοντας εξετάσει δείγματα γκρίζου νερού μπανιέρας, αναφέρουν ότι το μέγεθος των σωματιδίων σε αυτό κυμαίνεται από 10 έως 100 μm και ότι τα μόρια των ενώσεων στο ανάμικτο γκρίζο νερό έχουν μοριακό βάρος που είναι γενικά μικρότερο από 3 kDa. (Pidou, 2006)

Στερεά : Οι τιμές των αιωρούμενων στερεών στο γκρίζο νερό ποικίλουν με βάση τη βιβλιογραφία, ενώ οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται στις εκροές που προκύπτουν από το πλυντήριο ρούχων και την κουζίνα. Η εκροή του πλυντηρίου μπορεί να περιέχει άμμο και άργιλο προερχόμενο από τα υφάσματα και ζεόλιθους από τα απορρυπαντικά. Η εκροή του νεροχύτη της κουζίνας μπορεί να περιέχει άμμο και άργιλο από το πλύσιμο λαχανικών, υποδημάτων κ.α. Αναφορικά με τα ολικά στερεά, οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στην εκροή της κουζίνας τόσο από το νεροχύτη όσο και από το πλυντήριο πιάτων (Pidou, 2006).

2.12.3.2 Χημικές παράμετροι γκρίζου νερού

pH : Το γκρίζο νερό που παράγεται από το πλυντήριο ρούχων είναι αλκαλικό και χαρακτηρίζεται από pH που κυμαίνεται μεταξύ 8 και 10, ενώ άλλοι τύποι γκρίζου νερού έχουν χαμηλότερες τιμές. Το pH του γκρίζου νερού εξαρτάται άμεσα από το pH και την αλκαλικότητα του νερού του δικτύου. Οι υψηλές τιμές pH που παρατηρούνται στο γκρίζο νερό του πλυντηρίου ρούχων υποδηλώνει ότι η χρήση χημικών είναι καθοριστικής σημασίας (Pidou, 2006).

BOD & COD : Πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων τύπων γκρίζου νερού. Οι χαμηλότερες τιμές οργανικού φορτίου καταγράφονται στην εκροή τη μπανιέρας / ντουζιέρας, ενώ οι υψηλότερες στην εκροή του νεροχύτη. Το μεγαλύτερο μέρος του COD προέρχεται από τα διάφορα χημικά που χρησιμοποιούνται στην κατοικία όπως τα απορρυπαντικά ρούχων και πιάτων. Το αποτέλεσμα είναι ότι το COD του γκρίζου νερού αναμένεται να έχει εξίσου υψηλή τιμή με τα ανάμικτα υγρά οικιακά απόβλητα. Τα ευρήματα αυτά δείχνουν ότι οι διάφορες συνιστώσες του γκρίζου νερού μπορεί να είναι κατάλληλες για διαφορετικές εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης απαιτώντας διαφορετικά επίπεδα επεξεργασίας ανάλογα βέβαια με τον τύπο του γκρίζου νερού αλλά και τη χρήση του επεξεργασμένου νερού (άρδευση, καθαρισμός τουαλέτας) (Pidou, 2006).

Αζωτο (N) : Το ολικό άζωτο στο γκρίζο νερό είναι χαμηλότερο σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή στα οικιακά υγρά απόβλητα (0,6 – 74 και 20 – 80 mg/l αντίστοιχα). Η κύρια πηγή αζώτου στα οικιακά υγρά απόβλητα, τα ούρα, δεν περιλαμβάνεται σε καμία από τις γκρίζες εκροές με βάση τον ορισμό του γκρίζου νερού. Τα υγρά απόβλητα της κουζίνας συμβάλλουν στο μέγιστο βαθμό στην αύξηση της συγκέντρωσης αζώτου στο γκρίζο νερό (εύρος συγκέντρωσης 40 – 74 mg/l). Οι χαμηλότερες τιμές αζώτου παρατηρούνται στο γκρίζο νερό που προέρχεται από τη μπανιέρα / ντουζιέρα και το πλυντήριο ρούχων (Pidou, 2006).

Φώσφορος (P) : Τα απορρυπαντικά ρούχων είναι η κύρια πηγή φωσφορικών στο γκρίζο νερό στις χώρες που δεν έχουν απαγορεύσει ακόμη τα απορρυπαντικά που περιέχουν φώσφορο (Jeppesen, 1996). Συγκεντρώσεις ολικού φωσφόρου μεταξύ 6 και 13 mg/l είναι συνήθεις στα συμβατικά υγρά οικιακά απόβλητα σε περιοχές όπου χρησιμοποιούνται απορρυπαντικά με φώσφορο. Αντίθετα, σε περιοχές όπου χρησιμοποιούνται απορρυπαντικά χωρίς φώσφορο, οι αντίστοιχη συγκέντρωση κυμαίνεται από 4 έως 14 mg/l (Henze et al., 2001).

Μέταλλα & άλλα εδαφικά στοιχεία : Οι συγκεντρώσεις μετάλλων και άλλων στοιχείων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα του νερού που προέρχεται

από το δίκτυο. Ιδιαίτερα, η εκροή από το πλυντήριο ρούχων παρουσιάζει αυξημένα επίπεδα νατρίου συγκρινόμενη με άλλες γκρίζες εκροές. Η παρουσία νατρίου στην εκροή του πλυντηρίου οφείλεται στη χρήση του συγκεκριμένου στοιχείου ως κατιόντος για τη δημιουργία δεσμού με τα τασιενεργά ανιόντα που περιέχονται στα απορρυπαντικά ρούχων με τη μορφή σκόνης (Jeppesen, 1996) και στη χρήση του χλωριούχου νατρίου για τη διεργασία της *ιοντοανταλλαγής*.

Σχετικά μικρές ποσότητες βαρέων μετάλλων έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία, με εξαίρεση τη μελέτη των Christova – Boal et al. (1996), οι οποίοι μέτρησαν υψηλές συγκεντρώσεις ψευδαργύρου (Zn) στο γκρίζο νερό. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, η εκροή του πλυντηρίου ρούχων περιείχε 0,09 – 0,34 mg/l, ενώ η γκρίζα εκροή της μπανιέρας / ντουζιέρας περιείχε 0,2 – 6,3 mg/l Zn. Οι υπόλοιποι μελετητές μέτρησαν συγκεντρώσεις με εύρος < 0,01 – 1,8 mg/l. Μια αιτιολογία για τις υψηλές τιμές συγκεντρώσεων στο γκρίζο νερό της μπανιέρας μπορεί να είναι η χρήση ταμπλετών χλωρίωσης για την απολύμανση του νερού. Οι συγκεκριμένες ταμπλέτες είναι όξινες και πιθανώς να προκαλούν απελευθέρωση του ψευδαργύρου των σωληνώσεων (Pidou, 2006).

Ξενοβιοτικές οργανικές ενώσεις (Xenobiotic Organic Compounds, XOC's) : Με τον όρο ξενοβιοτικές οργανικές ενώσεις αναφερόμαστε σε μια ομάδα οργανικών ενώσεων οι οποίες δεν υπάρχουν φυσιολογικά στο γκρίζο νερό αλλά εισάγονται σε αυτό μέσω της χρήσης μιας πληθώρας χημικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται στο σύγχρονο νοικοκυριό σε καθημερινή βάση.

Η κυρίαρχη πηγή των ξενοβιοτικών οργανικών ενώσεων αναμένεται ότι είναι τα διάφορα χημικά που χρησιμοποιούνται στο νοικοκυριό, αναφέροντας ως χαρακτηριστικά παραδείγματα τα απορρυπαντικά ρούχων, τα μαλακτικά υφασμάτων, τα υγρά πιάτων, τα απορρυπαντικά για τον καθαρισμό του σπιτιού, τα σαμπουάν, τα σαπούνια, τις οδοντόκρεμες αλλά και τις βαφές, αρώματα και συντηρητικά (Eriksson et al., 2002 & 2003). Στην εκροή της κουζίνας περιέχονται λιπίδια (τα οποία προέρχονται από τη διάσπαση των λιπών και των ελαίων), τσάι, καφές, διαλυτό άμυλο, γαλακτοκομικά προϊόντα και γλυκόζη, ενώ η εκροή του πλυντηρίου ρούχων περιέχει μια ποικιλία από απορρυπαντικά, αρώματα και λευκαντικές ύλες. Μελετώντας τα αποτελέσματα έρευνας των Eriksson et al. (2003) σχετικά με τις ξενοβιοτικές οργανικές ενώσεις του γκρίζου νερού προερχόμενου από την εκροή του μπάνιου (ντουζιέρες και νιπτήρες), σημειώνουμε ότι εντοπίστηκαν σχεδόν 200 διαφορετικές ενώσεις της κατηγορίας αυτής σε δείγματα γκρίζου νερού.

2.12.3.3 Μικροβιολογικές παράμετροι γκρίζου νερού

Οι συγκεντρώσεις των ανθρωπογενών παθογόνων κινδύνων στο γκρίζο νερό παρουσιάζουν μεγάλο εύρος διακύμανσης. Στις δυσμενέστερες περιπτώσεις, οι συγκεντρώσεις των περιττωματικών μικροοργανισμών ανέρχονται σε επίπεδα που αγγίζουν οι ίδιοι δείκτες στην περίπτωση των μικτών υγρών οικιακών αποβλήτων. Ο κύριος λόγος της μεγάλης διακύμανσης είναι το γεγονός ότι η συγκέντρωση των παθογόνων στο γκρίζο νερό εξαρτάται από τη συμπεριφορά αλλά και την υγεία των ατόμων που ζουν ή επισκέπτονται την κατοικία από την οποία προκύπτει το γκρίζο νερό όπως επίσης και από τα διάφορα προϊόντα που χρησιμοποιούνται και κατ' επέκταση καταλήγουν στο γκρίζο νερό (Master Plumbers and Mechanical Services Association of Australia & RMIT University, 2008).

Στον παρακάτω πίνακα 2.14 παρουσιάζονται ορισμένες τιμές μικροβιολογικών παραμέτρων όπως έχουν προκύψει με βάση τη βιβλιογραφία.

Πίνακας 2.14 : Μικροβιολογικές παράμετροι γκρίζου νερού

Πηγή γκρίζου νερού	Μικροβιακοί δείκτες (τάξης μεγέθους / 100 ml)				Πηγή πληροφοριών
	Ολικά κολοβακτηρίδια	Εντερόκοκκοι	E. Coli	Campylobacter	
Μπανιέρα, νιπτήρας	-	-	4,4	1,0 – 5,4	Albrechtsen (1998)
Πλυντήριο	3,4 – 5,5	2,0 – 3,0		1,4 – 3,4	Christova – Boal et al. (1996)
Ντουζιέρα, νιπτήρας	2,7 – 7,4	2,2 – 3,5		1,9 – 3,4	Christova – Boal et al. (1996)
Ανάμικτο γκρίζο νερό	7,9	5,8		2,4	Casanova et al. (2001)
Ντουζιέρα + μπανιέρα	1,8 – 3,9	0 – 3,7		0 – 4,8	Feachem et al (1983)
Πλυντήριο (στάδιο πλύσης)	1,9 – 5,9	1,0 – 4,2		1,5 – 3,9	Feachem et al (1983)
Πλυντήριο (στάδιο ξέβγαλμα)	2,3 – 5,2	0 – 5,4		0 – 6,1	Feachem et al (1983)
Ανάμικτο γκρίζο νερό	7,2 – 8,8				Gerba et al. (1995)
Νιπτήρας, νεροχύτης		5,0		4,6	Gunther (2000)
Γκρίζο νερό, 79% ντουζιέρα	7,4	4,3 – 6,9			Rose et al. (1991)
Νεροχύτης		7,6	7,4	7,7	Naturvardsverket (1995)
Ανάμικτο γκρίζο νερό		5,8	5,4	4,6	Naturvardsverket (1995)

Προέλευση : Ottosson (2003), μετά από προσαρμογή

Έχει αποδειχτεί ότι το γκρίζο νερό μπορεί να περιέχει τουλάχιστον $10^5/100$ ml εν δυνάμει παθογόνους μικροοργανισμούς (Rose et al., 1991, Hrudesy et al., 1980), Dixon et al., 1997). Επίσης, είναι αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα ότι η ποιότητα του αποθηκευμένου γκρίζου νερού μεταβάλλεται, καθώς υπεισέρχεται το θέμα της αύξησης του αριθμού των μικροοργανισμών ανάλογα με τους περιοριστικούς παράγοντες για κάθε είδος μικροοργανισμού. Η έρευνα έχει δείξει ότι οι αριθμοί των ολικών κολοβακτηριδίων και των περιττωματικών κολοβακτηριδίων αυξήθηκαν από $10^0 - 10^5/100$ ml σε πάνω από $10^5/100$ ml μέσα σε 48 ώρες σε ποσότητα αποθηκευμένου γκρίζου νερού από διάφορες πηγές (Robinson et al., 1996).

Ωστόσο, μεγαλύτερη ανησυχία θα πρέπει να προκαλεί η θεώρηση του γκρίζου νερού ως μια πιθανή οδό μόλυνσης από ιούς. Ο αριθμός των ιών που υπάρχουν στο γκρίζο νερό εξαρτάται άμεσα από την υγεία του πληθυσμού από τον οποίο παράγεται, καθώς μόνον τα άτομα που έχουν προσβληθεί από ιό μπορούν να τον αποβάλλουν ακόμα και αν δεν παρουσιάζουν συμπτώματα της ίωσης (Dean et al., 1981). Όσο αυξάνεται το μέγεθος του πληθυσμού που παράγει το γκρίζο νερό, αυξάνεται και η πιθανότητα ύπαρξης ιών σε αυτό. Επίσης, έχει βρεθεί ότι οι ιοί είναι ανθεκτικοί στο υδάτινο περιβάλλον του γκρίζου νερού (Rose et al., 1991). Οι δυσκολίες που συνεπάγονται η απομόνωση και η καταμέτρηση των ιών στα οικιακά λύματα προώθησαν την ιδέα για τη χρήση μικροβιακών δεικτών οι οποίοι δίνουν μια ένδειξη για την ύπαρξη βακτηριακής και της ενδεχόμενης ιογενούς ρύπανσης των λυμάτων. Για την ιστορία αναφέρεται ότι ως μικροβιακοί δείκτες χρησιμοποιούνται συνήθως τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια και ιδιαίτερα η *E. Coli*. Ωστόσο, η επιλογή του μικροβιακού δείκτη έχει υπάρξει και συνεχίζει να είναι θέμα περαιτέρω έρευνας και συζήτησης (Hoadley et al., 1976, Berg et al., 1978, Bergstein – Ben et al., 1997).

2.12.4 Γενικά συμπεράσματα

Οι τιμές του BOD_5 και των αιωρούμενων στερεών δείχνουν ότι το ανάμικτο γκρίζο νερό εμφανίζει τις ίδιες συγκεντρώσεις με χαμηλού έως μέσου ρυπαντικού φορτίου ανάμικτα υγρά απόβλητα. Μια πιο λεπτομερής θεώρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της κάθε συνιστώσας του γκρίζου νερού μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι γκρίζες εκροές από τη μπανιέρα / ντουζιέρα είναι, επίσης, συγκρίσιμες με ανάμικτα υγρά απόβλητα χαμηλού και μέσου ρυπαντικού φορτίου. Αντίθετα, οι γκρίζες εκροές που προκύπτουν από τα πλυντήρια ρούχων είναι ισοδύναμες με οικιακά λύματα μέσου έως υψηλού οργανικού φορτίου, ενώ οι 'γκρίζες' εκροές του νεροχύτη της κουζίνας αντιστοιχούν σε υγρά απόβλητα πολύ υψηλού ρυπαντικού φορτίου. (Pidou, 2006).

2.13 Υγρά απόβλητα κουζίνας

Τα υγρά απόβλητα κουζίνας διαχωρίζονται από το σύνολο των εκροών που προκύπτουν από τις πλύσεις (νιπτήρας, μπανιέρα, ντουζιέρα, πλυντήριο ρούχων) για το λόγο ότι περιέχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις κάποιων ουσιών με συνέπεια να αυξάνεται ο βαθμός της επεξεργασίας. Ειδικότερα, το οργανικό φορτίο και τα αιωρούμενα στερεά εντοπίζονται σε υψηλές τιμές καθώς η εκροή του νεροχύτη αλλά και του πλυντηρίου πιάτων είναι πιθανό να περιέχουν υπολείμματα τροφών. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται ότι οι συγκεκριμένες εκροές μπορεί να περιέχουν σημαντικό μικροβιακό φορτίο που σχετίζεται με τη διαχείριση και την επεξεργασία των τροφίμων, όπως τα εντερικά παθογόνα βακτήρια *Salmonella* και *Campylobacter* (Cogan et al., 1999). Επίσης, η πλύση μαγειρικών σκευών και οι διάφορες εργασίες στο χώρο της κουζίνας μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την απόρριψη λιπών και ελαίων στις προκύπτουσες εκροές, τα οποία δυσχεραίνουν την επεξεργασία.

Ορισμένες πολιτείες της Αυστραλίας δεν επιτρέπουν την ανάμιξη των υδάτινων εκροών της κουζίνας με τις υπόλοιπες συνιστώσες του γκρίζου νερού οι οποίες πρόκειται να οδηγηθούν σε σύστημα επεξεργασίας με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση. Στις συγκεκριμένες πολιτείες, το προς επεξεργασία γκρίζο νερό περιλαμβάνει αποκλειστικά την εκροή από νιπτήρες, μπανιέρες, ντουζιέρες και πλυντήρια ρούχων (Australian guidelines for water recycling, 2006).

2.14 Μαύρο νερό (blackwater/ BW)

Ο όρος 'μαύρο νερό' χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσουμε τα υγρά απόβλητα της τουαλέτας ενός σπιτιού. Η συγκεκριμένη εκροή μπορεί να περιέχει εκτός από τα απόβλητα του ανθρώπινου μεταβολισμού και κάποιες φαρμακευτικές ουσίες αλλά και χημικά καθαριστικά οικιακής χρήσης.

Η συγκεκριμένη εκροή είναι ιδιαίτερα επιβεβαρυσμένη συγκριτικά με τις υπόλοιπες υδάτινες εκροές της κατοικίας. Ειδικότερα, το μαύρο νερό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικό φορτίο αλλά και μεγάλες συγκεντρώσεις παθογόνων μικροοργανισμών και αζώτου. Οι οργανικές ενώσεις - που περιέχονται σε μεγάλο βαθμό στο μαύρο νερό - έχουν υποστεί μια πρώτη επεξεργασία στο ανθρώπινο πεπτικό σύστημα και επομένως έχουν σταθεροποιηθεί σε κάποιο βαθμό με αποτέλεσμα η περαιτέρω αποσύνθεσή τους στο νερό να μην είναι εύκολη (<http://www.greywater.com/>).

2.15 Σύγκριση γκρίζου νερού – οικιακών λυμάτων – μαύρου νερού

Το γκρίζο νερό περιέχει παρόμοιες συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου με εκείνες των οικιακών λυμάτων αλλά με χαμηλότερα επίπεδα θολότητας και αιωρούμενων στερεών, γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι ένα μεγάλο ποσοστό των ρυπαντών βρίσκεται σε διαλυμένη μορφή σε αυτό. Πιο συγκεκριμένα, αν και οι συγκεντρώσεις των οργανικών ουσιών είναι περίπου οι ίδιες στο γκρίζο νερό και τα οικιακά λύματα, η χημική σύσταση αυτών των δυο υδάτινων εκροών είναι διαφορετική. Ο λόγος COD : BOD για το γκρίζο νερό μπορεί να πάρει και την τιμή 4 : 1, τιμή που είναι πολύ πιο υψηλή σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή του λόγου στην περίπτωση των οικιακών λυμάτων. Το γεγονός αυτό συμπληρώνεται από έλλειψη σε μακροθρεπτικά όπως φαίνεται από το λόγο COD : NH₃ : P ο οποίος μετρήθηκε 1030 : 2,7 : 1 για το γκρίζο νερό, ενώ για τα οικιακά λύματα 100 : 5 : 1. Τόσο οι χαμηλές τιμές βιοσπασίμου οργανικού υλικού όσο και η περιορισμένη ποσότητα θρεπτικών περιορίζουν την αποδοτικότητα της βιολογικής επεξεργασίας του γκρίζου νερού (Jefferson et al., 1999). Στον πίνακα 2.15 που ακολουθεί γίνεται σύγκριση των τιμών ποιοτικών παραμέτρων γκρίζου νερού και μικτών υγρών οικιακών αποβλήτων.

Πίνακας 2.15 : Σύγκριση γκρίζου νερού & οικιακών λυμάτων

Παράμετρος	Γκρίζο νερό	Μικτά απόβλητα
E. coli/ 100 ml	10 ¹ - 10 ⁷	10 ⁶ - 10 ⁸
Αιωρούμενα στερεά (SS) mg/l	2 – 1500 mg/l	100 – 500 mg/l
BOD	6 – 620 mg/l	100 – 500 mg/l
Νιτρώδες άζωτο (NO ₂ – N)	< 0,1 – 4,9 mg/l	1 -10 mg/l
(NH ₃ – N)	0,06 – 25,4	10 - 30 mg/l
Ολικό Kjeldahl άζωτο(TKN)	0,06 – 50 mg/l	20 – 80 mg/l
Ολικός φώσφορος(TP)	0,04 – 42 mg/l	5 – 30 mg/l
pH	5,0 – 10,0	6,5 – 8,5

Πηγές : Jeppensen & Solley (1994), Christova - Boal et al.(1996), Eriksson et al. (2002), Gardner & Millar (2003), Palmquist & Jonsson (2003)

Στον πίνακα 2.16 που ακολουθεί παρουσιάζονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά του γκρίζου και του μαύρου νερού.

Πίνακας 2.16 : Σύγκριση γκρίζου & μαύρου νερού

Παράμετροι	Γκρίζο νερό (greywater)		Μαύρο νερό (blackwater)	
	Ισχυρό	Ασθενές	Ισχυρό	Ασθενές
COD	700	200	1500	900
BOD	400	100	600	300
N	30	8	300	100
P	7	2	40	20
K	6	2	90	40

Προέλευση : Henze et al. (1997), Almeida et al. (1999), μετά από προσαρμογή

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το οργανικό φορτίο του γκρίζου νερού είναι κατά πολύ μικρότερο από εκείνο του μαύρου νερού και κατ' επέκταση το ίδιο συμβαίνει και με τις βιοδιασπάσιμες οργανικές ενώσεις. Επίσης, μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στο μαύρο νερό είναι κατά μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες στο γκρίζο νερό.

Πέραν όμως από τις αριθμητικές τιμές των χημικών παραμέτρων των υδάτινων εκροών, αξίζει να γίνει μια διερεύνηση των αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στο περιβάλλον του γκρίζου και του μαύρου νερού καθώς και των κινητικών στις οποίες στηρίζονται οι αντιδράσεις αυτές. Ειδικότερα, παρά το μεγάλο πλήθος των οργανικών ενώσεων που υπάρχουν στις διάφορες οικιακές υδατικές εκροές, η διεργασία της βιοαποδόμησης περιγράφεται συνήθως ως μια 1^{ης} τάξης αντίδραση.

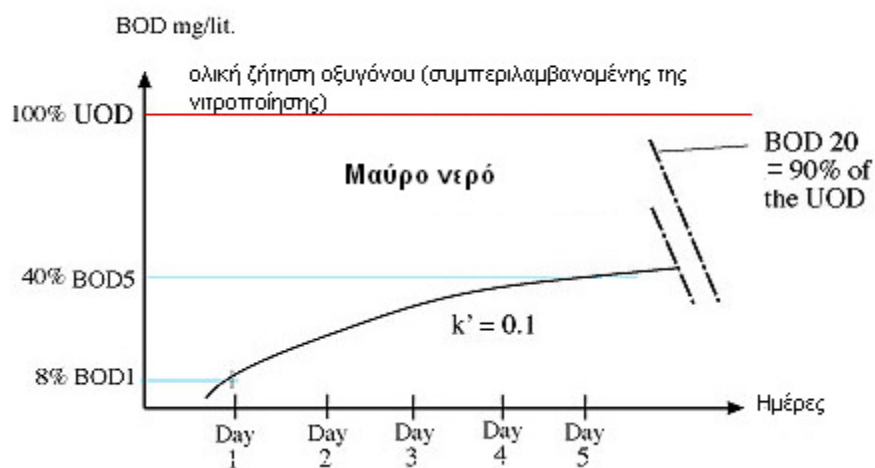
Οι Rennerfelt (1958) και Tsigoglou (1958) χρησιμοποίησαν την παρακάτω διαφορική εξίσωση (1) Streeter & Phelps :

$$\frac{dy}{dt} = k' * (L_a - y) \quad (1)$$

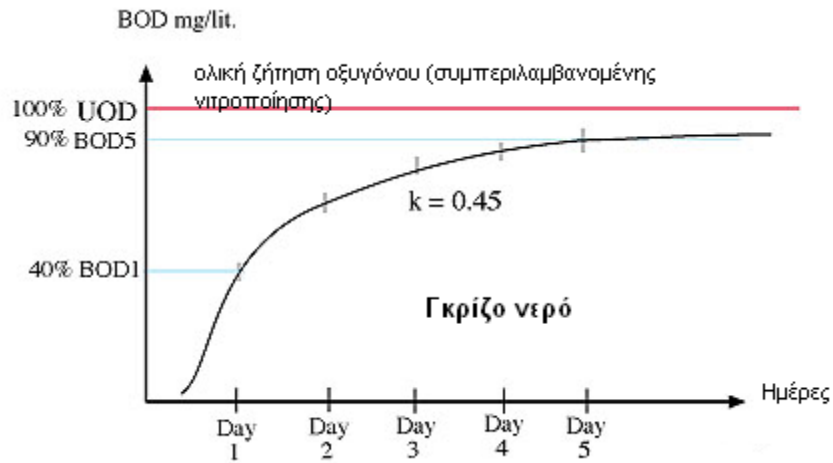
Όπου :

- L_a : το ολικό βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο τη χρονική στιγμή $t = 0$
- y : η κατανάλωση οξυγόνου
- k' : σταθερός συντελεστής για τη βιοχημική οξειδωση

Στα παρακάτω διαγράμματα (εικόνες 2.11, 2.12 και 2.13) παρουσιάζεται η καμπύλη του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου όπως προέκυψε ύστερα από πειράματα που έγιναν σε δείγμα γκρίζου και μαύρου νερού στα πλαίσια της έρευνας των Tullander et al., (1967). Από τα διαγράμματα προσδιορίστηκε ο συντελεστής k' για κάθε περίπτωση.



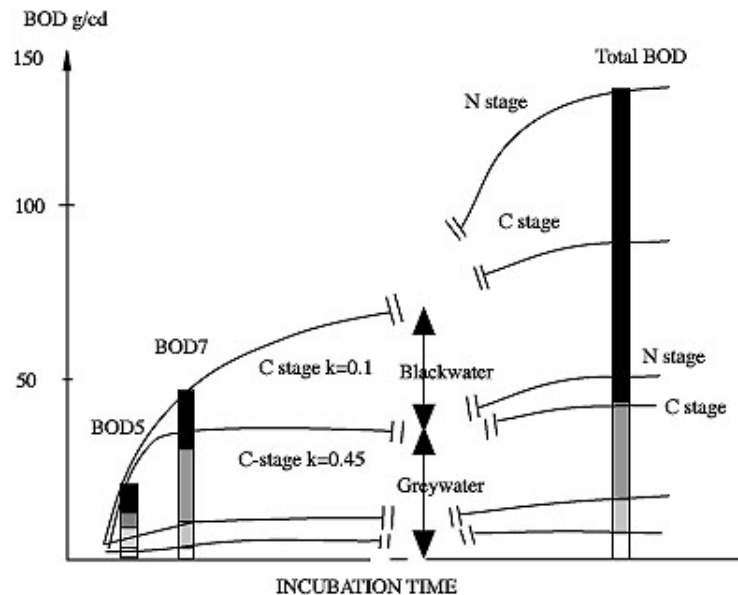
Εικόνα 2.11 : Ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου σε δείγμα μαύρου νερού (Πηγή : Olsson et al., 1967, μετά από προσαρμογή)



Εικόνα 2.12 : Ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου σε δείγμα γκρίζου νερού (Πηγή : Olsson et al., 1967, μετά από προσαρμογή)

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι η σταθερά k' που προσδιορίστηκε για το γκρίζο νερό – το οποίο στη συγκεκριμένη έρευνα περιλάμβανε εκροές του μπάνιου και των πλυντηρίων (πιάτων και ρούχων) – ήταν υψηλότερη (0,45) από εκείνη που προσδιορίστηκε για το μαύρο νερό (0,1). Η μικρότερη τιμή της σταθεράς είναι ένδειξη μικρότερης ταχύτητας της αντίδρασης βιοαποδόμησης. Ειδικότερα, όπως φαίνεται και στο σχήμα για το μαύρο νερό, μετά από 4 ημέρες από την έναρξη του πειράματος μόνον το 40% του βιοδιασπάσιμου υλικού έχει καταναλωθεί από τους μικροοργανισμούς του δείγματος. Αντίθετα, στον ίδιο χρόνο η βιοαποδόμηση στο δείγμα του γκρίζου νερού είχε προχωρήσει σε βαθμό που είχε καταναλωθεί το 90% του βιοδιασπάσιμου υλικού του δείγματος.

Ο γρήγορος ρυθμός βιοαποδόμησης (σχεδόν 65%) που παρατηρείται για το γκρίζο νερό μπορεί να ερμηνευθεί από την παρουσία οργανικών τα οποία είναι πιο ευκολοδιασπάσιμα σε σχέση με τις οργανικές ενώσεις που υπάρχουν στο μαύρο νερό (<http://www.greywater.com/pollution.htm>).



Εικόνα 2.13 : Συγκριτικά διαγράμματα του ρυθμού αποξυγόνωσης σε δείγμα γκρίζου και μαύρου νερού (Πηγή : Olsson et al., 1967, μετά από προσαρμογή)

Γενικά συμπεράσματα : Με βάση τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν παραπάνω το γκρίζο νερό εμφανίζει ανώτερα χαρακτηριστικά από τα μικτά υγρά οικιακά απόβλητα και το μαύρο νερό (συμπεριλαμβανομένων και των εκροών της κουζίνας) (Ρίδου, 2006). Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να καταστήσει την επεξεργασία του πιο απλή σε σχέση με την αντίστοιχη για τα οικιακά λύματα, η οποία είναι η συνήθης αξιοποιούμενη εκροή σε περιπτώσεις όπου πραγματοποιείται επαναχρησιμοποίηση οικιακών υδάτων.

2.16 Επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού - εφαρμογές

Στην παγκόσμια σκηνή, η Ιαπωνία, οι Η.Π.Α. και η Αυστραλία βρίσκονται στην 1^η θέση αναφορικά με την επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού (Mustow et al., 1997). Άλλες χώρες που εμπλέκονται στην ενεργό έρευνα για το γκρίζο νερό είναι ο Καναδάς, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία και η Σουηδία (Dixon et al, 1999). Σε κανονιστικό και νομικό επίπεδο, η χρήση γκρίζου νερού έχει κερδίσει ένα βαθμό αποδοχής στις Η.Π.Α. και την Αυστραλία. Αυτό είναι εμφανές στο California Plumbing Code (California Building Standards Commission^b, 2010) και στο Australian General Guidelines for Domestic GW reuse (Master Plumbers and Mechanical Services Association of Australia (MPMSAA) & RMIT University, 2008). Επίσης, σε χώρες όπως η Σαουδική Αραβία, η Κύπρος και η Ιορδανία χρησιμοποιούνται συστήματα γκρίζου νερού σε τοπικό επίπεδο για τη βελτιστοποίηση της υδατικής χρήσης, Ωστόσο, οι κατευθυντήριες γραμμές και οι τεχνολογικές προδιαγραφές βρίσκονται σε πρώιμο ακόμη στάδιο.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η κάθε χώρα έχει και διαφορετικό λόγο για τον οποίο υιοθετεί την επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού. Για παράδειγμα, η ιαπωνική πρωτοβουλία για την επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού ήταν αποτέλεσμα των αναγκών ενός πληθυσμού υψηλής πυκνότητας και του περιορισμένου χώρου, ενώ οι αντίστοιχες πρωτοβουλίες στις Η.Π.Α., την Αυστραλία, την Σαουδική Αραβία κι την Ιορδανία λήφθηκαν ως μια άμεση απάντηση στις συνθήκες ξηρασίας αλλά και στις ακανόνιστες προσπάθειες επαναχρησιμοποίησης του οικιακού γκρίζου νερού για αρδευτικό σκοπό. Ωστόσο, φαίνεται ότι ορισμένες πρωτοβουλίες επαναχρησιμοποίησης γκρίζου νερού δεν επικεντρώνονται στην επίτευξη ενός περισσότερο βιώσιμου μέλλοντος αλλά αποτελούν 'σπασμωδικές', βραχύχρονες αντιδράσεις απέναντι στην έλλειψη νερού (Dixon et al., 1999).

2.17 Επαναχρησιμοποίηση βρόχινου νερού - εφαρμογές

Είναι γεγονός ότι το βρόχινο νερό αποτελεί ίσως την καθαρότερη πηγή νερού απ' όλες όσες είναι διαθέσιμες (Τρικοιλίδου κ.α., 2003). Η επαναχρησιμοποίηση της συγκεκριμένης υδάτινης ροής χαρακτηρίζεται από μια μακρά ιστορία παγκοσμίως που ξεκινά από το παρελθόν και φτάνει μέχρι τις σύγχρονες κοινωνίες όπου χρησιμοποιείται για άρδευση, πόση και πιο πρόσφατα για την παροχή νερού για τον καθαρισμό τουαλετών και για το πλυντήριο ρούχων (Konig, 1994). Στις παρακάτω

παραγράφους περιγράφεται η κατάσταση που επικρατεί σε ορισμένες χώρες ως προς την αξιοποίηση του βρόχινου νερού.

2.17.1 Ελλάδα

Η πρακτική της συλλογής του βρόχινου νερού από τις στέγες κατοικιών έχει εφαρμοστεί παλαιότερα σε ελληνικά νησιά ως ένας τρόπος αντιμετώπισης του έντονου προβλήματος λειψυδρίας που αντιμετώπιζαν και αντιμετωπίζουν. Στις περιπτώσεις αυτές το βρόχινο νερό που συσσωρευόταν στην οροφή της κατοικίας οδηγούνταν σε κλειστές στέρνες και χρησιμοποιούνταν για άρδευση και για πλύσεις. Σήμερα, η αξιοποίηση βρόχινου νερού σε επίπεδο κατοικίας είναι περιορισμένη και πραγματοποιείται κυρίως σε επίπεδο οικισμών.

2.17.2 Αυστραλία

Πάνω από 3 εκατομμύρια Αυστραλοί, κυρίως σε αγροτικές περιοχές, χρησιμοποιούν δεξαμενές βρόχινου νερού για να εξασφαλίζουν το απαραίτητο πόσιμο νερό. Ωστόσο, πριν το 1990, η χρήση δεξαμενών βρόχινου νερού θεωρούνταν παράνομη σε αστικές περιοχές όπου υπήρχε κεντρικό δίκτυο ύδρευσης (Llyod et al, 1992). Γενικά, υποστηρίζεται από τις αρχές ότι οι δεξαμενές βρόχινου νερού αποσύρθηκαν από τις αστικές κατοικίες λόγω ανησυχιών για τη δημόσια υγεία. Αντίθετα, οι Llyod et al, 1992 υποστηρίζουν ότι οι δεξαμενές βρόχινου νερού αποσύρθηκαν προκειμένου να αυξήσουν την οικονομική βιωσιμότητα των υπηρεσιών ύδρευσης. Από τον Ιούλιο του 2006, οι κανονισμοί δόμησης της νότιας Αυστραλίας περιλαμβάνουν την απαίτηση οι νεόδμητες κατοικίες αλλά και τυχόν επεκτάσεις ή τροποποιήσεις υφιστάμενων κατοικιών να είναι εξοπλισμένες με μια επιπλέον πηγή νερού εκτός του κεντρικού δικτύου ύδρευσης.

2.17.3 Τέξας (Η.Π.Α.)

Με βάση στοιχεία ερευνών, υπολογίζεται ότι έχουν εγκατασταθεί 100.000 περίπου συστήματα συλλογής βρόχινου νερού σε επίπεδο κατοικίας στις Ηνωμένες Πολιτείες και στη γύρω επικράτεια. Στο κεντρικό Τέξας, περισσότερα από 400 συστήματα συλλογής βρόχινου νερού πλήρους κλίμακας έχουν εγκατασταθεί από

επαγγελματίες, ενώ περισσότερα από 6,000 βαρέλια συλλογής βρόχινου νερού έχουν τοποθετηθεί με βάση ένα πρόγραμμα που τέθηκε σε εφαρμογή στην πόλη του Ώστιν την προηγούμενη δεκαετία. Η συλλογή βρόχινου νερού θεωρείται ένα σημαντικό μέτρο εξοικονόμησης νερού και εφαρμόζεται καλύτερα σε σχέση με άλλα μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν εντός ή εκτός της κατοικίας. Προς αυτή την κατεύθυνση η πολιτεία του Τέξας προσφέρει οικονομικά κίνητρα για την τοποθέτηση συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού.

Τα συστήματα συλλογής βρόχινου νερού μπορεί να είναι απλά όπως για παράδειγμα ένα βαρέλι συλλογής που χρησιμοποιείται για την άρδευση του κήπου ή και σύνθετα όπως ένα οικιακό σύστημα παραγωγής πόσιμου νερού. Σε μια οικιακή ή μικρής κλίμακας εφαρμογή συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού, η διαδικασία της συλλογής μπορεί να είναι πολύ απλή όσο η μεταφορά του βρόχινου νερού από μια μη – αποχετευόμενη οροφή κατοικίας σε μια περιοχή με βλάστηση με σκοπό την άρδευση. Τα πιο πολύπλοκα συστήματα περιλαμβάνουν υδρορροές, σωλήνες, δεξαμενές αποθήκευσης, φίλτρα, αντλίες και συστήματα επεξεργασίας για παραγωγή πόσιμου νερού.

2.18 Νομοθεσία κρατών για επαναχρησιμοποίηση υδάτινων ροών

Είναι γεγονός ότι δεν υπάρχουν παγκόσμιες δημοσιευμένες διατάξεις για τον έλεγχο της ποιότητας επεξεργασμένων εκροών που πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν. Ωστόσο, οι διάφορες χώρες έχουν ορίσει – ατομικά – τις δικές τους οδηγίες ανάλογα με τις ανάγκες τους. Οι οδηγίες αυτές επικεντρώνονται στον καθορισμό ανώτατων τιμών μικροβιολογικών παραμέτρων καθώς ο μεγαλύτερος κίνδυνος από πιθανή επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων εκροών είναι η προσβολή της ανθρώπινης υγείας. Όμως, έχει αποδειχτεί ότι και η οπτική εμφάνιση του προς επαναχρησιμοποίηση νερού είναι σημαντική για λόγους κοινωνικής αντίληψης (Jeffrey & Jefferson, 2003, Hurlimann & McKay, 2006). Επομένως, στις οδηγίες που ορίζονται από τις διάφορες χώρες μπορεί να περιλαμβάνονται παράμετροι που αφορούν στο βαθμό επεξεργασίας των διαφόρων οργανικών κλασμάτων, όπως το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, τα αιωρούμενα στερεά και η θολότητα. Επίσης, μπορεί να περιλαμβάνονται και άλλες παράμετροι όπως η αμμωνία, ο φώσφορος, το άζωτο και το υπολειμματικό χλώριο (Pidou, 2006).

2.18.1 Η.Π.Α.

Στις Η.Π.Α., η πολιτεία της Καλιφόρνια ήταν η πρώτη που υιοθέτησε ένα σύνολο κανόνων για την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση του νερού για αγροτική άρδευση το 1918 και από τότε τις αναθεωρεί τακτικά και προσθέτει και νέες εφαρμογές. Ειδικότερα, με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς της Καλιφόρνια, επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για εσωτερικές οικιακές δραστηριότητες έπειτα από επεξεργασία του, ενώ σε περίπτωση χρήσης του για άρδευση, προτείνεται το υποεπιφανειακό σύστημα άρδευσης στις περισσότερες περιπτώσεις. Ειδικότερα, το “California Greywater Standards” (California Building Standards Commission, 1997) δίνει σαφείς οδηγίες για το σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη λειτουργία ενός οικιακού συστήματος επεξεργασίας γκρίζου νερού καθώς και τις απαραίτητες εγκρίσεις που θα πρέπει να έχει ο ιδιοκτήτης που επιθυμεί εγκαταστήσει ένα τέτοιο σύστημα.

Αργότερα, η πολιτεία της Φλόριντα όρισε τις δικές της διατάξεις και τέλος, η US EPA δημοσίευσε το 1992 οδηγίες προκειμένου να βοηθήσει πολιτείες που δεν είχαν δικές τους διατάξεις περί επαναχρησιμοποίησης (Crook & Surampalli, 1996). Σήμερα, η πλειονότητα των πολιτειών έχει κανονισμούς ή οδηγίες για την επαναχρησιμοποίηση των οικιακών λυμάτων για αστικές και αγροτικές εφαρμογές τουλάχιστον.

2.18.2 Αυστραλία

Η Αυστραλία δημοσίευσε τις δικές της οδηγίες για τη χρήση ανακτημένου νερού στα τέλη της δεκαετίας του '70. Γενικά, με βάση τις αυστραλιανές οδηγίες το γκρίζο νερό (Master Plumbers and Mechanical Services Association of Australia (MPMSAA) & RMIT University, 2008) χωρίζεται σε δυο κατηγορίες : α) το ανεπεξέργαστο και β) το επεξεργασμένο γκρίζο νερό, κάθε μια από τις οποίες αντιμετωπίζεται με διαφορετικό τρόπο. Σε όλες τις πολιτείες επιτρέπεται η χρήση του επεξεργασμένου γκρίζου νερού για άρδευση με υποεπιφανειακό σύστημα, ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο για συστήματα επιφανειακής άρδευσης. Επίσης, υπάρχουν διαφοροποιήσεις σχετικά με τη νομιμοποίηση της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένου γκρίζου νερού για εσωτερικές οικιακές δραστηριότητες. Στον παρακάτω πίνακα 2.17 συνοψίζονται κάποιες από τις βασικές αρχές των αυστραλιανών οδηγιών για το γκρίζο νερό.

Πίνακας 2.17 : Αυστραλιανές οδηγίες για επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού

Παράμετρος	Επεξεργασμένο γκρίζο νερό	Ανεπεξέργαστο γκρίζο νερό
Πηγή	Μπάνιο, ντους, πλυντήριο & κουζίνα	Μπάνιο, ντους & πλυντήριο
Γενική χρήση	Άρδευση κήπου, νερό για πλύσιμο ρούχων (κρύο νερό), καθαρισμός τουαλέτας	Απευθείας σε σύστημα υποεπιφανειακής άρδευσης κήπου ή επιφανειακή εφαρμογή (χειρωνακτικά με κουβά)
Αποθήκευση	Η αποθήκευση του επεξεργασμένου γκρίζου νερού επιτρέπεται. Η ποιότητα του αποθηκευμένου νερού θα πρέπει να ελέγχεται τακτικά	Απαγορεύεται η αποθήκευση του ανεπεξέργαστου γκρίζου νερού. Το σύστημα θα πρέπει να εκκενώνεται κάθε 24 h ή λιγότερο αναλόγως την πολιτεία ή την περιοχή.
Ποιότητα	Το απαιτούμενο επίπεδο επεξεργασίας εξαρτάται από την τελική χρήση και την πολιτεία/ περιοχή	Η ποιότητα του ανεπεξέργαστου γκρίζου νερού θα ποικίλει ανάλογα με την πηγή του γκρίζου νερού καθώς και από τα προϊόντα καθαρισμού και προσωπικής υγιεινής
Εγκρίσεις	Η εγκατάσταση πρέπει να εγκριθεί από το τοπικό συμβούλιο και τα συστήματα συνήθως χρειάζονται έγκριση από το τμήμα υγείας της εκάστοτε πολιτείας	Τα συστήματα εκτροπής γκρίζου νερού πρέπει να εγκαθίστανται από εγκεκριμένους τεχνικούς.

Πηγή : Master Plumbers and Mechanical Services Association of Australia (MPMSAA) & RMIT University, (2008)

2.18.3 Ελλάδα & Ευρώπη

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει μέχρι σήμερα κάποιο νομοθετικό πλαίσιο που να επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση κάποιων οικιακών εκροών (όπως του βρόχινου νερού, των οικιακών λυμάτων ή του γκρίζου νερού) σε επίπεδο κατοικίας. Ωστόσο, με βάση την υπουργική απόφαση της 2/2/2011 (Εφημερίς της Κυβερνήσεως, 8/3/2011), επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστικές και περιαστικές δραστηριότητες που αναφέρονται στο αστικό και περιαστικό πράσινο, τις δασικές εκτάσεις, την αναψυχή, την αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος, την πυρόσβεση, τον καθαρισμό οδών, εκτός των χρήσεων για πόση, την κολύμβηση και τις οικιακές δραστηριότητες.

Ειδικότερα, οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνουν κυρίως την άρδευση συγκεντρωμένων εκτάσεων πρασίνου όπως δάση, άλση, νεκροταφεία,

πρανή και νησίδες αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα, αυλές οικιών, ελεύθερος χώρος ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων και εγκαταστάσεων αναψυχής, νερό για την κατάσβεση πυρκαγιών, για τη συμπύκνωση εδαφών, για τον καθαρισμό οδών και πεζοδρομίων, για διακοσμητικά σιντριβάνια, για τη δημιουργία τεχνητών ή τη διατήρηση φυσικών λιμνών ή υγροβιότοπων και για την ενίσχυση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων. Στον πίνακα 2.18 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα όρια επαναχρησιμοποίησης λυμάτων όπως ορίζονται από την υπουργική απόφαση της 2/2/2011.

Πίνακας 2.18 : Όρια επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων (περιστική & αστική χρήση)

Όρια επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων	
Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100 ml)	<ul style="list-style-type: none"> • ≤ 2 (για το 80% των δειγμάτων) • ≤ 20 (για το 95% των δειγμάτων)
BOD₅ (mg/l)	≤ 10 (για το 80% των δειγμάτων)
SS (mg/l)	≤ 2 (για το 80% των δειγμάτων)
Θολότητα (NTU)	≤ 2 (διάμεση τιμή)
Κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ακολουθούμενη από προχωρημένη επεξεργασία και απολύμανση

Πηγή : Εφημερίς της Κυβερνήσεως, Τεύχος Β 354/ 8/3/2011

Αντίθετα, σε ευρωπαϊκό επίπεδο δεν υπάρχουν δημοσιευμένα ποιοτικά κριτήρια που να αφορούν σε επαναχρησιμοποιούμενο νερό. Εντούτοις, υπάρχουν κάποιες εκτιμήσεις ότι το γκριζο νερό είτε από τα κριτήρια για το πόσιμο νερό είτε από τα αντίστοιχα που έχουν οριστεί για τα νερά κολύμβησης. Όμως, υπάρχουν και παραδείγματα χωρών όπως η Γερμανία και η Ισπανία που έχουν τις δικές τους οδηγίες.

Γενικά μεταξύ των δημοσιευμένων διατάξεων παρατηρούνται διαφορές στα όρια που έχουν τεθεί από τις διάφορες χώρες. Οι διαφορές αυτές αντανακλούν διαφορές στις ανάγκες, τις εφαρμογές καθώς και στους κοινωνικούς παράγοντες. Ωστόσο, η συνολική θεώρηση των ορίων από τις διάφορες διατάξεις παγκοσμίως καταλήγουν σε τιμές BOD < 10 mg/l, θολότητας < 2 NTU και σε μη – ανιχνεύσιμα επίπεδα περιπρωματικών κολοβακτηριδίων /100 ml. Αναλυτικά, τα όρια που προβλέπονται σε

κάθε χώρα φαίνονται αναλυτικά στους πίνακες 2.19 και 2.20 που ακολουθούν (Ρίδου, 2006).

Πίνακας 2.19 : Όρια επαναχρησιμοποίησης υδάτων σε διάφορες χώρες (1)

	Εφαρμογή	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ								
		Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο BOD ₅ (mg/l)	Ολικά αιωρούμενα στερεά TSS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Ολικό άζωτο T – N (mg/l)	Ολικός Φώσφορος T – P (mg/l)	Αμμωνιακό άζωτο NH ₄ – N (mg/l)	Περιπρωματικά κολοβακτηρίδια FC (cfu/ 100 ml)	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC) (cfu/ 100 ml)	Υπολειμματικό χλώριο (mg/l)
USEPA (USEPA 2004)	Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων	-	-	-	-	-	-	14 για οποιοδήποτε δείγμα 0 για το 90%	-	-
USA, Texas (USEPA, 2004)	Απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση υδάτων	5	-	3	-	-	-	20 μέση τιμή 75 μέγιστο	-	-
USA, California (USEPA, 2004)	Απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση υδάτων	-	-	2 μέση τιμή 5 μέγιστο	-	-	-	-	2,2 μέση τιμή 23 μέγιστο σε 30 ημέρες	-
USA, Florida (USEPA, 2004)	Απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση υδάτων	20	5	-	-	-	-	25% των δειγμάτων μη – ανιχνεύσιμο & μέγιστο 25	-	-
USA, Washington (USEPA, 2004)	Απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση υδάτων	30	30	2 μέση τιμή 5 μέγιστο	-	-	-	2,2 μέση τιμή 23 μέγιστο	-	-
Australia, Queensland (Queensland Government 2003)	Επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση κήπου σε περιοχές χωρίς δίκτυο αποχέτευσης	20	30	-	-	-	-	-	100	-
Australia, New South Wales (2005)	Επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού με υποεπιφανειακή άρδευση	90% < 20 Μέγιστο 30	90% < 30 Μέγιστο 45	-	-	-	-	-	-	-
	Επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού με επιφανειακή άρδευση	90% < 20 Μέγιστο 30	90% < 30 Μέγιστο 45	-	-	-	-	-	90% < 30 Μέγιστο 100	> 0.2 < 2
	Επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για καθαρισμό τουαλέτας – πλυντήριο ρούχων	90% < 10 Μέγιστο 20	90% < 10 Μέγιστο 20	-	-	-	-	-	90% < 10 Μέγιστο 30	> 0.5 < 2

Προέλευση : Pidou (2006), μετά από προσαρμογή

Πίνακας 2.20 : Όρια επαναχρησιμοποίησης υδάτων σε διάφορες χώρες (2)

		ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ								
	Εφαρμογή	Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο BOD ₅ (mg/l)	Ολικά αιωρούμενα στερεά TSS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Ολικό άζωτο T – N (mg/l)	Ολικός Φώσφορος T – P (mg/l)	Αμμωνιακό άζωτο NH ₄ – N (mg/l)	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια FC (cfu/ 100 ml)	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC) (cfu/ 100 ml)	Υπολειμματικό χλώριο (mg/l)
Κίνα (Ernst et al., 2006)	Καθαρισμός τουαλέτας	< 10	< 1500 (TDS)	< 5	-	-	< 10	3	-	> 1 μετά από 30 λεπτά
	Άρδευση πρασίνου	< 20	< 1000 (TDS)	< 20	-	-	< 20	3	-	> 1 μετά από 30 λεπτά
	Πλύσιμο ρούχων	< 10	< 1000 (TDS)	< 5	-	-	< 10	3	-	> 0.2 στο σημείο χρήσης
Ιαπωνία (Tajima, 2005)	Καθαρισμός τουαλέτας	-	-	< 2	-	-	-	-	Μη-ανιχνεύσιμα (TDS)	Ελεύθερο > 0.1 Δεσμευμένο > 0.4
	Εξωτερική χρήση	-	-	< 2	-	-	-	-	< 1000	-
	Χρήση αναψυχής	-	-	< 2	-	-	-	-	Μη-ανιχνεύσιμα (TDS)	-
Ταϊβάν (Lin et al., 2005)	Καθαρισμός τουαλέτας	10	-	-	-	-	-	-	< 10 (TDS)	Ίχνη
Ισραήλ (Gross et al., 2006)	Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων	10	10	-	-	-	-	< 1	-	-
Γερμανία (Nolde, 1999)	Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων	< 5 (BOD ₇)	-	-	-	-	-	< 1000	< 10,000	-
Ισπανία, Κανάρια νησιά (USEPA, 2004)	Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων	10	3	2	-	-	-	-	2.2	1
Καναδάς, Βρετανική Κολούμπια (CMHC, 2004)	Απεριόριστη αστική επαναχρησιμοποίηση λυμάτων	10	5	2	-	-	-	2.2	-	-
Κόστα Ρίκα (Dallas et al., 2004)	Άρδευση εκτάσεων με βρώσιμα προϊόντα	< 40	-	-	-	-	-	< 1000	-	-
	Αστική επαναχρησιμοποίηση λυμάτων	< 40	-	-	-	-	-	< 100	-	-

Προέλευση : Ρίδου (2006), μετά από προσαρμογή

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Τεχνολογίες διαχείρισης των οικιακών ροών

3.1 Εισαγωγή

Στόχος του παρόντος κεφαλαίου είναι η παρουσίαση των διαφόρων μεθόδων και τεχνολογιών που μπορούν να εφαρμοστούν για την επεξεργασία των οικιακών ροών μέσα πλαίσια της διαχείρισης του οικιακού νερού. Όπως αναφέρθηκε και στο 2^ο κεφάλαιο της εργασίας, η διαχείριση μπορεί να υλοποιηθεί μέσω της μείωσης της υδατικής κατανάλωσης, της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης των οικιακών ροών. Στο παρόν κεφάλαιο θα περιγραφούν οι τεχνολογίες με τις οποίες μπορούν να υλοποιηθούν οι παραπάνω κατευθυντήριες γραμμές της αρχής διαχείρισης. Συγκεκριμένα, οι τεχνολογίες που θα παρουσιαστούν αφορούν στην :

1. Επεξεργασία του βρόχινου νερού
2. Επεξεργασία του γκρίζου νερού
3. Επεξεργασία των οικιακών λυμάτων
4. Εξοικονόμηση νερού στις διάφορες εγκαταστάσεις τις κατοικίας

Ειδικότερα, για καθεμία από τις παραπάνω τεχνολογίες ακολουθεί περιγραφή των βασικών αρχών από τις οποίες διέπεται καθώς και παρουσίαση των αντίστοιχων συστημάτων που κυκλοφορούν στην αγορά με εκτενή αναφορά σε στοιχεία κατασκευής, λειτουργίας και κόστους των συγκεκριμένων προϊόντων.

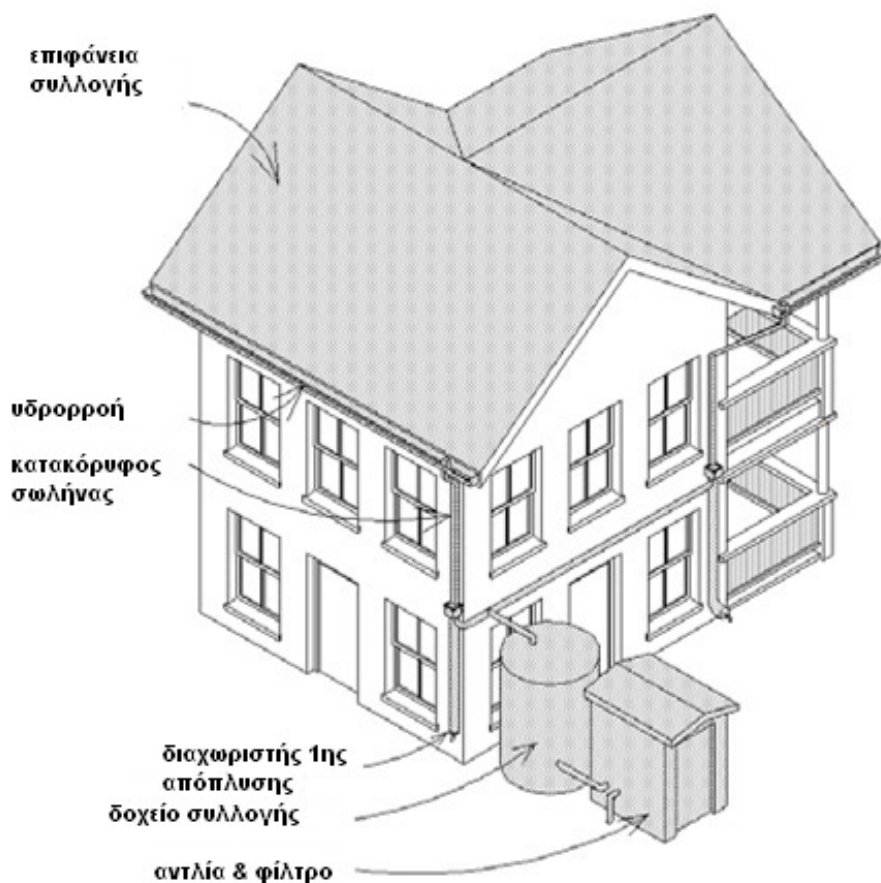
3.2 Τεχνολογίες επεξεργασίας βρόχινου νερού

Ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα του συστήματος που θα επιλεγεί, τα οικιακά συστήματα συλλογής και επεξεργασίας βρόχινου νερού αποτελούνται από 6 βασικά συστατικά μέρη :

1. Την επιφάνεια συλλογής η οποία συλλέγει τις κατακρημνίσεις
2. Τα λούκια και τις υδρορροές, που ουσιαστικά αποτελούν κανάλια νερού που οδηγούν το νερό από την επιφάνεια συλλογής στη δεξαμενή

3. Τα φίλτρα / εσχάρες για τα φύλλα, τους διαχωριστές πρώτης απόπλυσης και γενικότερα, εξαρτήματα που απομακρύνουν ρύπους και σωματίδια σκόνης από το νερό που συλλέγεται και οδεύει προς τη δεξαμενή
4. Μια ή περισσότερες δεξαμενές
5. Το σύστημα διανομής του αποθηκευμένου και / ή επεξεργασμένου βρόχινου νερού
6. Το σύστημα επεξεργασίας και το σύστημα απολύμανσης που αποτελούν πρακτικές που ακολουθούνται όταν το νερό πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για οικιακές εσωτερικές χρήσεις (Texas Water Development Board, 2005).

Μια τυπική διάταξη συλλογής και επεξεργασίας του βρόχινου νερού φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.1 : Βασικά μέρη ενός συστήματος συλλογής βρόχινου νερού (Πηγή : Texas Water Development Board, 2005, μετά από προσαρμογή)

3.2.1 Τυπικές διατάξεις συστημάτων αξιοποίησης βρόχινου νερού

Γενικά, τα οικιακά συστήματα βρόχινου νερού διακρίνονται στις εξής κατηγορίες :

- Συστήματα υπέργεια δεξαμενής συλλογής
- Συστήματα υπόγεια δεξαμενής συλλογής
- Συστήματα άμεσης τροφοδοσίας, όπου το νερό αντλείται από τη δεξαμενή συλλογής και εισέρχεται κατευθείαν στο δίκτυο σωληνώσεων της κατοικίας.
- Συστήματα τροφοδοσίας με βαρύτητα, τα οποία παρέχουν νερό στην κατοικία μέσω μιας δεύτερης δεξαμενής – πέραν της δεξαμενής συλλογής – οπότε η ροή του βρόχινου νερού στο δίκτυο σωληνώσεων της κατοικίας γίνεται με βαρύτητα και όχι με την προσθήκη αντλίας (<http://www.rainwaterharvesting.co.uk>)

Τα συστήματα που διατίθενται στην αγορά προκύπτουν από τον συνδυασμό των παραπάνω συστημάτων. Παρακάτω περιγράφονται τα παραπάνω συστήματα βρόχινου νερού.

Σύστημα 1 : απλό σύστημα (υπέργεια δεξαμενή) : Οι βασικές απαιτήσεις του συστήματος είναι η δεξαμενή συλλογής και κάποια φίλτρα για τα φύλλα που πρέπει να τοποθετηθούν στις υδρορροές. Η συγκεκριμένη λύση δεν περιλαμβάνει αντλία. Το αποθηκευμένο βρόχινο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση φυτών βεράντας ή κήπου αλλά σε περιορισμένη έκταση με τη χρήση κάποιου δοχείου ποτίσματος ή τη χρήση λάστιχου ποτίσματος με δεδομένο, όμως, ότι δεν θα υπάρχει σταθερή πίεση. Γενικά, η τοποθέτηση μιας υπέργεια δεξαμενής συλλογής είναι απλή και έχει το μικρότερο κόστος για το νοικοκυριό (<http://www.rainwaterharvesting.co.uk>). Στην παρακάτω εικόνα 3.2 φαίνεται η διάταξη του συγκεκριμένου συστήματος.



Εικόνα 3.2 : Υπέργεια δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού (Πηγή : <http://www.rainwaterharvesting.co.uk>)

Σύστημα 2 : απλό σύστημα (υπέργεια δεξαμενή σε συνδυασμό με αντλία) : Το 2^ο σύστημα που προτείνεται αποτελεί ουσιαστικά επέκταση του 1^{ου} συστήματος με την προσθήκη μιας αντλίας που τοποθετείται μετά τη δεξαμενή του βρόχινου νερού. Το συγκεκριμένο σύστημα προτείνεται για παροχές μεγαλύτερες από αυτές που μπορεί να αναλάβει το 1^ο (ενδεικτικά αναφέρεται ότι το 2^ο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όγκο βρόχινου νερού μεγαλύτερο από 1 m³). Στην περίπτωση αυτή το αποθηκευμένο βρόχινο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση των φυτών κήπου και βεράντας της κατοικίας με χρήση λάστιχου ποτίσματος. Επίσης, το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πλύσιμο αυτοκινήτων και για άλλες εξωτερικές χρήσεις (<http://www.rainwaterharvesting.co.uk>). Στην παρακάτω εικόνα 3.3 που ακολουθεί απεικονίζεται η διάταξη του συγκεκριμένου συστήματος.



Εικόνα 3.3 : Υπέργεια δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού με αντλία (Πηγή : <http://www.rainwaterharvesting.co.uk>)

Σύστημα 3 : απλό σύστημα (μικρό δοχείο συλλογής & υπέργεια δεξαμενή αποθήκευσης) : Στις περιπτώσεις όπου η τοποθέτηση υπέργειας δεξαμενής πλησίον της κατοικίας δεν είναι εφικτή, προτείνεται η λύση της τοποθέτησης ενός μικρού δοχείου που παραλαμβάνει την απορροή από τις υδρορροές της κατοικίας. Στη συνέχεια, η ποσότητα βρόχινου νερού που έχει συλλεχτεί στο δοχείο μεταφέρεται με τη βοήθεια αντλίας σε μεγάλη υπέργεια δεξαμενή αποθήκευσης, η οποία μπορεί να βρίσκεται σε σημαντική απόσταση από την κατοικία. Επίσης, στη διάταξη αυτή προβλέπεται και άλλη μια αντλία η οποία εξασφαλίζει σταθερή πίεση στην περίπτωση που η μεγάλη δεξαμενή συνδεθεί με κάποιο λάστιχο ποτίσματος ή με κάποια εξωτερική βρύση μέσω σωληνώσεων. Στο όλο σύστημα θα πρέπει να προστεθούν κάποια φίλτρα για τα φύλλα στις υδρορροές της κατοικίας αλλά και ένα φλοτέρ που ανάλογα με την στάθμη στην οποία βρίσκεται θα ενεργοποιεί την αντλία προκειμένου να αντλήσει το προσωρινά αποθηκευμένο νερό προς τη μεγάλη δεξαμενή αποθήκευσης (<http://www.rainwaterharvesting.co.uk>). Στην εικόνα 3.4 που ακολουθεί φαίνεται η διάταξη του συγκεκριμένου συστήματος βρόχινου νερού.



Εικόνα 3.4 : Υπέργεια δεξαμενή αποθήκευσης με μικρό δοχείο συλλογής (1) (Πηγή : <http://www.rainwaterharvesting.co.uk>)

Το συγκεκριμένο σύστημα προτείνεται για όγκους βρόχινου νερού που κυμαίνονται από $1 \text{ m}^3 - 30 \text{ m}^3$. Το ανακτημένο βρόχινο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία συστήματος άρδευσης, εξωτερικών βρυσών – αφού προηγουμένως γίνει εγκατάσταση των απαραίτητων σωληνώσεων – αλλά και για περιορισμένης κλίμακας άρδευση με τη χρήση ποτιστικού δοχείου (<http://www.rainwaterharvesting.co.uk>).

Σύστημα 4 : απλό σύστημα (μικρό δοχείο συλλογής & υπέργεια δεξαμενή αποθήκευσης (ροή με βαρύτητα)) : Η διάταξη που προτείνεται στην περίπτωση αυτή είναι μια παραλλαγή του συστήματος 3 στην περίπτωση που η μορφολογία της περιοχής ευνοεί την τοποθέτηση της μεγάλης υπέργειας δεξαμενής σε θέση η οποία έχει σημαντική υψομετρική διαφορά σε σχέση με τα σημεία ζήτησης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ενδέχεται να μην απαιτείται και 2^η αντλία καθώς η υφιστάμενη υψομετρική διαφορά εξασφαλίζει τη ροή του αποθηκευμένου βρόχινου νερού με βαρύτητα προς τα διάφορα σημεία ζήτησης. Ανάλογα με τη στάθμη που θα τοποθετηθεί η δεξαμενή εξαρτάται και η πίεση που θα έχει το νερό σε μια βρύση ή στο ακροφύσιο ενός λάστιχου ποτίσματος. Μια δεύτερη αντλία μπορεί να απαιτηθεί στην περίπτωση που η στάθμη του αποθηκευμένου νερού στην μεγάλη δεξαμενή αποθήκευσης είναι ιδιαίτερα χαμηλή (<http://www.rainwaterharvesting.co.uk>). Στην εικόνα 3.5 που ακολουθεί φαίνεται η διάταξη του συγκεκριμένου συστήματος.



Εικόνα 3.5 : Υπέργεια δεξαμενή αποθήκευσης με μικρό δοχείο συλλογής (2) (Πηγή : <http://www.rainwaterharvesting.co.uk>)

Σύστημα 5 : απλό σύστημα (υπόγειο σύστημα τοποθέτησης) : Η απορροή από τη στέγη συλλέγεται σε έναν κεντρικό σωλήνα ο οποίος καταλήγει στο υπόγειο σύστημα συλλογής του βρόχινου νερού. Το σύστημα επίσης απαιτεί την τοποθέτηση φίλτρων για τα φύλλα στις υδρορροές αλλά και ένα επιπρόσθετο φίλτρο συγκράτησης στερεών μεγάλου μεγέθους στην είσοδο της υπόγειας δεξαμενής. Επιπρόσθετα, πρέπει να τοποθετηθεί μια αντλία προκειμένου να εξασφαλίζεται σταθερή πίεση στις εξωτερικές βρύσες και σε λάστιχα ποτίσματος σε περίπτωση που αυτά τροφοδοτούνται από το σύστημα. Η δυναμικότητα ενός τέτοιου συστήματος κυμαίνεται από 1 m³ έως 30 m³. Η εγκατάσταση ενός υπόγειου συστήματος βρόχινου νερού μειώνει τον κίνδυνο ανάπτυξης πάγου στις σωληνώσεις (<http://www.rainwaterharvesting.co.uk>). Στην εικόνα 3.6 που ακολουθεί φαίνεται η διάταξη του παραπάνω συστήματος.



Εικόνα 3.6 : Υπόγειο σύστημα συλλογής (Πηγή : <http://www.rainwaterharvesting.co.uk>)

Σύστημα 6 : ολοκληρωμένο σύστημα αξιοποίησης βρόχινου νερού (υπόγεια δεξαμενή – εξοπλισμός αυτόματης διαχείρισης) : Το παρόν σύστημα αποτελεί μια ολοκληρωμένη πρόταση αξιοποίησης του οικιακού βρόχινου νερού. Είναι ουσιαστικά επέκταση του προηγούμενου συστήματος με τη διαφορά ότι στο σύστημα 6 τοποθετούνται επιπλέον φίλτρα και μια διάταξη απολύμανσης προκειμένου το βρόχινο νερό να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για εσωτερικές χρήσεις σε περιορισμένη κλίμακα. Επίσης, για την αποφυγή διακοπής της παροχής νερού σε περιόδους ανομβρίας προβλέπεται και ένας πίνακας ελέγχου ο οποίος περιλαμβάνει μια αντλία και ένα φλοτέρ το οποίο δείχνει τη στάθμη του νερού στην υπόγεια δεξαμενή. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει βρόχινο νερό, ο πίνακας ελέγχου δίνει σήμα προκειμένου η τροφοδοσία των σωληνώσεων να μην γίνεται από την υπόγεια δεξαμενή αλλά από το δίκτυο ύδρευσης. Το παραπάνω προϋποθέτει την ύπαρξη ή κατασκευή ξεχωριστού δικτύου σωληνώσεων στο οποίο θα κυκλοφορεί βρόχινο νερό ή πόσιμο της εταιρείας παροχής σε περιόδους ανομβρίας. Δηλαδή, το δίκτυο σωληνώσεων θα περιλαμβάνει τα καζανάκια των λουτρών και το / τα πλυντήρια ρούχων στην περίπτωση που επιλεγεί το βρόχινο νερό για την τροφοδοσία τους. Η δυναμικότητα του συστήματος κυμαίνεται όπως και στα προηγούμενα από 1 m³ έως 30 m³ (<http://www.rainwaterharvesting.co.uk>). Στην εικόνα 3.7 που ακολουθεί φαίνεται η διάταξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος αξιοποίησης βρόχινου νερού.



Εικόνα 3.7 : Ολοκληρωμένο σύστημα αξιοποίησης βρόχινου νερού (Πηγή : <http://www.rainwaterharvesting.co.uk>)

3.2.2 Εξοπλισμός συστημάτων αξιοποίησης βρόχινου νερού

Στην παρούσα παράγραφο αυτή θα παρουσιαστεί ο εξοπλισμός που απαιτείται για την εγκατάσταση ενός συστήματος αξιοποίησης βρόχινου νερού σε μια κατοικία. Στους πίνακες που ακολουθούν περιγράφονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (κατασκευαστικά, λειτουργικά και στοιχεία κόστους) του κάθε προϊόντος.

3.2.2.1 Προϊόντα για τη συλλογή του βρόχινου νερού

Όγκος συλλογής : Η δεξαμενή συλλογής του βρόχινου νερού είναι το ακριβότερο από τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα επεξεργασίας. Ο υπολογισμός του όγκου της γίνεται με βάση τα μετεωρολογικά στοιχεία που υπάρχουν για την περιοχή της κατοικίας και αναφέρονται σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Επειδή ο όγκος απορροής είναι πάντα μικρότερος από τον όγκο της κατανάλωσης γι' αυτό υπολογίζουμε τον όγκο της δεξαμενής σε συνάρτηση με το ποσοστό κάλυψης των αναγκών σε νερό από την απορροή στη δυσμενέστερη περίοδο βροχοπτώσεων. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του όγκου της δεξαμενής είναι η μέθοδος *Ripple*. Ωστόσο, ένας καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή του όγκου της δεξαμενής είναι τα μεγέθη των δεξαμενών που κυκλοφορούν στην αγορά αλλά και ο διαθέσιμος χώρος στην κατοικία (Τρικοιλίδου κ. α., 2003). Στην παρούσα

εργασία θα θεωρήσουμε ότι ο παράγοντας του χώρου είναι ο πλέον κρίσιμος και ως μέγιστος όγκος δεξαμενής που μπορεί να επιλεγεί θεωρούνται τα 5 m³.

Μικρά δοχεία συλλογής βρόχινου νερού : Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν προϊόντα που προορίζονται για συλλογή μικρών ποσοτήτων νερού που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για άρδευση φυτών αποκλειστικά χωρίς να μεσολαβεί κάποιο στάδιο επεξεργασίας. Τα συστήματα αυτά είναι απλά στην τοποθέτηση και τη λειτουργία τους. Η ποιότητα του βρόχινου νερού που παίρνουμε εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τα μέτρα που λαμβάνονται πριν εισέλθει στο δοχείο αποθήκευσης (καθαρισμός στέγης, εσχάρα υδρορροής, διαχωριστής 1^{ης} απόπλυσης κ.α.). Στους πίνακες 3.1 και 3.2 που ακολουθούν παρουσιάζονται 2 περιπτώσεις μικρών συστημάτων.

Πίνακας 3.1 : Βροχοσυλλέκτης μικρής χωρητικότητας με φίλτρο υδρορροής

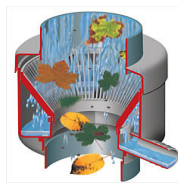
Όνομασία συστήματος	Υπέργειος συλλέκτης βρόχινου νερού με φίλτρο με ενσωματωμένο φίλτρο (“Rainwater butt”)
Δυναμικότητα	250 – 500 λίτρα
Περιγραφή συστήματος	Το σύστημα του βροχοσυλλέκτη αποτελείται από τη δεξαμενή συλλογής, τη βάση της δεξαμενής και –εφόσον είναι επιθυμητό – το φίλτρο που τοποθετείται στο σωλήνα της υδρορροής.
Λειτουργία	Το νερό από την επιφάνεια απορροής της κατοικίας καταλήγει μέσω της υδρορροής στο βροχοσυλλέκτη. Πριν την είσοδό του στο δοχείο φιλτράρεται καθώς περνά από το φίλτρο που είναι ενσωματωμένο στην υδρορροή.
Ενεργειακές και άλλες απαιτήσεις	Δεν απαιτείται παροχή ρεύματος
Απαιτήσεις συντήρησης	<ul style="list-style-type: none"> • Καθαρισμός της εσχάρας της υδρορροής • Περιστασιακή εκκένωση και καθαρισμός του βροχοσυλλέκτη
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	<ul style="list-style-type: none"> • Βροχοσυλλέκτης & φίλτρο : 190,65 € • Βάση βροχοσυλλέκτη : 49,20 €

Πηγή : <http://veltiotiki.gr>

Στις παρακάτω εικόνες 3.8, 3.9 και 3.10 παρουσιάζονται τα μέρη του παραπάνω συστήματος.



Εικόνα 3.8 : Υπέργειος βροχοσυλλέκτης (μικρής χωρητικότητας) (Πηγή : <http://veltiotiki.gr>)



Εικόνα 3.9 : Φίλτρο υδρορροής – λειτουργία (Πηγή : <http://veltiotiki.gr>)



Εικόνα 3.10 : Φίλτρο υδρορροής (Πηγή : <http://veltiotiki.gr>)

Πίνακας 3.2 : Αμφορέας - συλλέκτης βρόχινου νερού

Όνομασία συστήματος	Συλλέκτης βρόχινου νερού «πιθάρι»	
Δυναμικότητα	300 – 500 λίτρα	
Περιγραφή	<p>Αμφορέας Sand 300L:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μέγιστη αποθήκευση νερού: 680 mm • Ύψος: 1,290 mm • Άνοιγμα: 180 mm • Βάρος: 12 kg 	<p>Αμφορέας Sand 500L:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μέγιστη αποθήκευση νερού: 790 mm • Ύψος: 1,500 mm • Άνοιγμα: 180 mm • Βάρος: 17 kg
Λειτουργία	Το νερό καταλήγει από την υδροροή στο δοχείο βρόχινου νερού. Συνιστάται για άμεση χρήση για άρδευση.	
Ενεργειακές και άλλες απαιτήσεις	Δεν απαιτεί παροχή ρεύματος.	
Απαιτήσεις συντήρησης	Περιοδικός καθαρισμός του δοχείου βρόχινου νερού	
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	<ul style="list-style-type: none"> • Δεξαμενή 300 λίτρων : 217,06 € • Δεξαμενή 500 λίτρων : 290,86 € 	

Πηγή : <http://www.chatziannakidis.gr>

Στην εικόνα 3.11 που ακολουθεί παρουσιάζεται το παραπάνω σύστημα.



Εικόνα 3.11 : Αμφορέας - συλλέκτης βρόχινου νερού (Πηγή : <http://www.chatzigiannakidis.gr>)

Μεγάλες δεξαμενές αποθήκευσης βρόχινου νερού : Στην Ελλάδα, ο κυρίαρχος τύπος δεξαμενών που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση νερού είναι οι πλαστικές δεξαμενές. Ειδικότερα, η μεγάλη πλειοψηφία των δεξαμενών κατασκευάζεται από πολυαιθυλένιο (HDPE). Στην περίπτωση που προβλέπεται υπόγεια τοποθέτησή τους, οι δεξαμενές κατασκευάζονται με τοιχώματα μεγαλύτερου πάχους.

Αναφορικά με το σχήμα, υπάρχουν 2 βασικές κατηγορίες : α) οι κυλινδρικές και β) οι κυκλικές. Η 1^η κατηγορία προτιμάται στην περίπτωση που διατίθεται χώρος για την οριζόντια τοποθέτηση της δεξαμενής, ενώ η 2^η κατηγορία σε περίπτωση επάρκειας χώρου για την κατακόρυφη τοποθέτηση της δεξαμενής. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται ορισμένες μέσες τιμές κόστους των πλαστικών δεξαμενών που κυκλοφορούν στην αγορά. Στον πίνακα 3.3 που ακολουθεί δίνονται κάποιες ενδεικτικές τιμές για τους διάφορους τύπους δεξαμενών που κυκλοφορούν στην αγορά.

Πίνακας 3.3 : Τύποι και κόστος πλαστικών δεξαμενών

Τύπος δεξαμενής	Χωρητικότητα	Μέσο κόστος (με ΦΠΑ)
Οριζόντια - κυλινδρική	500 l	145 €
Οριζόντια - κυλινδρική	1,000 l	250 €
Οριζόντια - κυλινδρική	2,000 l	500 €
Κατακόρυφη - στρογγυλή	500 l	145 €
Κατακόρυφη - στρογγυλή	1,000 l	230 €
Κατακόρυφη - στρογγυλή	2,000 l	400 €
Κατακόρυφη - στρογγυλή	5,000 l	800 €

Πηγές : <http://www.vitalbox.eu>, <http://www.diana-skordas.gr>, <http://www.gkarakousis.gr>,
<http://www.bakoplast.gr>.

Στις παρακάτω εικόνες 3.12 και 3.13 φαίνονται οι κυριότεροι τύποι δεξαμενών που υπάρχουν στην αγορά.



Εικόνα 3.12 : Οριζόντιες δεξαμενές νερού (Πηγή : <http://www.bakoplast.gr>)



Εικόνα 3.13 : Κυλινδρικές δεξαμενές κατακόρυφης τοποθέτησης (Πηγή : <http://www.bakoplast.gr>)

Εκτός από τους παραπάνω τύπους δεξαμενών, υπάρχουν και κάποιοι ιδιαίτεροι τύποι που βρίσκουν εφαρμογή σε ορισμένες περιπτώσεις. Παρακάτω δίνονται κάποια παραδείγματα τέτοιων δεξαμενών.

- **Κατακόρυφες κυλινδρικές (ψηλές) δεξαμενές :** Η συγκεκριμένη κατηγορία δεξαμενών προτιμάται στις περιπτώσεις που ο χώρος τοποθέτησης είναι ιδιαίτερα στενός. Ωστόσο, η χωρητικότητα των δεξαμενών αυτών δεν φτάνει τα επίπεδα των κυλινδρικών δεξαμενών κατακόρυφης τοποθέτησης. Όμως, επαρκεί για τη συλλογή και αποθήκευση 4 – 5 τόνων βρόχινου νερού που προέρχεται από την επιφάνεια απορροής της κατοικίας. Στην εικόνα 3.14 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο συγκεκριμένος τύπος δεξαμενής.



Εικόνα 3.14 : Κατακόρυφες δεξαμενές νερού (Πηγή : <http://www.gkarakousis.gr/>)

- **Ορθογώνιες δεξαμενές μικρού πλάτους (στενές) :** Η κατηγορία αυτή αποτελεί μια εναλλακτική λύση των κατακόρυφων κυλινδρικών (στενών) δεξαμενών. Το σχήμα της δεξαμενής ευνοεί την τοποθέτησή της σε χώρους

περιορισμένων διαστάσεων όπως για παράδειγμα μπαλκόνια, υπόγεια κατοικιών, πατάρια. Ένα μειονέκτημά τους αποτελεί η μειωμένη χωρητικότητα σε σχέση με τις κυλινδρικές δεξαμενές οριζόντιας και κατακόρυφης διάταξης που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Στην εικόνα 3.15 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο συγκεκριμένος τύπος δεξαμενής.



Εικόνα 3.15 : Δεξαμενές νερού μικρού πλάτους (Πηγή : <http://www.gkarakousis.gr/>)

- **Δεξαμενές οριζόντιας και κατακόρυφης τοποθέτησης :** Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει δεξαμενές οι οποίες μπορούν να τοποθετηθούν είτε κατακόρυφα είτε οριζόντια. Τα μεγέθη στα οποία διατίθενται έχουν χωρητικότητα πολύ μικρότερη από εκείνη των συμβατικών δεξαμενών οριζόντιας και κατακόρυφης διάταξης. Στην εικόνα 3.16 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο συγκεκριμένος τύπος δεξαμενής.



Εικόνα 3.16 : Δεξαμενές νερού οριζόντιας και κατακόρυφης τοποθέτησης (Πηγή : <http://www.gkarakousis.gr/>)

3.2.2.2 Προϊόντα προεπεξεργασίας βρόχινου νερού

Τα προϊόντα προεπεξεργασίας εγγυώνται τη διασφάλιση υψηλότερης ποιότητας του βρόχινου νερού που αποθηκεύεται σε κάποιο δοχείο. Βασικός κανόνας λειτουργίας των συστημάτων αυτών είναι η απομάκρυνση ογκωδών ρυπαντών που μπορεί να περιέχονται στο βρόχινο νερό, προερχόμενοι κυρίως από τη χλωρίδα και πανίδα στο περιβάλλον της κατοικίας.

Εσχάρες :Οι κυριότεροι τύποι των φίλτρων που μπορούν να τοποθετηθούν στις υδρορροές και κυκλοφορούν στην αγορά είναι :

1. Απλές εσχάρες (σίτες) που τοποθετούνται στην κεφαλή της υδρορροής (κατακόρυφος σωλήνας) και απομακρύνουν διάφορα ογκώδη απορρίμματα που έχουν συγκεντρωθεί στην επιφάνεια απορροής. Η λύση αυτή μπορεί να υλοποιηθεί χωρίς την αγορά (προκατασκευασμένου εξαρτήματος, όπως φαίνεται στην εικόνα) αλλά με απλά υλικά (για παράδειγμα σίτα κατάλληλου ανοίγματος) και με κάποια προσωπική εργασία. Εναλλακτικά, μπορεί να καλυφθούν με σίτα οι οριζόντιοι σωλήνες που παίρνουν την άμεση απορροή από την επιφάνεια και τη μεταφέρουν στους κατακόρυφους. Με τη λύση αυτή, πιθανά προβλήματα έμφραξης της ροής λόγω συσσώρευσης απορριμμάτων στη σχάρα / σίτα αναμένεται να είναι περισσότερο σπάνια. Επίσης, μια άλλη λύση είναι η τοποθέτηση κατάλληλων μεταλλικών εξαρτημάτων στο εσωτερικό του σωλήνα της υδρορροής, τα οποία αγκυρώνουν σε αυτόν και συγκρατούν τα φύλλα και άλλα ογκώδη στερεά. Στις εικόνες 3.17 και 3.18 που ακολουθούν παρουσιάζονται απλές εσχάρες υδρορροών.



Εικόνα 3.17 : Εσχάρα φύλλων που ενσωματώνεται σε σωλήνα υδρορροής (Πηγή : <http://www.ydromet.gr>)



Εικόνα 3.18 : Εσχάρα στην κεφαλή κατακόρυφου σωλήνα υδροροής (Πηγή : <http://www.rainharvest.com>)

2. Σύστημα που επιτρέπει τη διήθηση αλλά και την εκτροπή του νερού χωρίς να φιλτράρεται προκειμένου να προληφθεί η έμφραξη του στομίου της υδροροής στην περίπτωση που ο όγκος της απορροής είναι πολύ μεγάλος. Τέτοια συστήματα διαθέτουν κατάλληλο μηχανισμό καθαρισμού της εσχάρας που είναι ενσωματωμένη. Το κόστος μιας τέτοιας συσκευής είναι πολύ πιο υψηλό σε σχέση με την 1^η κατηγορία εξαρτημάτων εσχαρισμού. Στην εικόνα 3.19 που ακολουθεί φαίνεται μια σύνθετη εσχάρα, όπως παρουσιάστηκε παραπάνω.



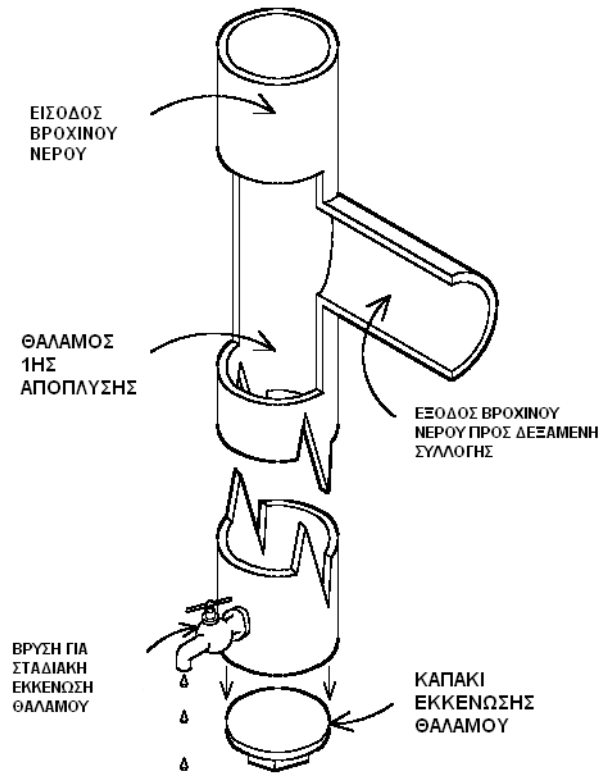
Εικόνα 3.19 : Σύστημα εσχάρωσης & εκτροπής βρόχινου νερού (Πηγή : <http://www.pixmania.gr>)

Διαχωριστής πρώτης απόπλυσης (first flush diverter) : Οι διαχωριστές πρώτης απόπλυσης αποτελούν εξαρτήματα που – όπως και οι εσχάρες – αφορούν στη διασφάλιση της ποιότητας του βρόχινου νερού πριν από το στάδιο της

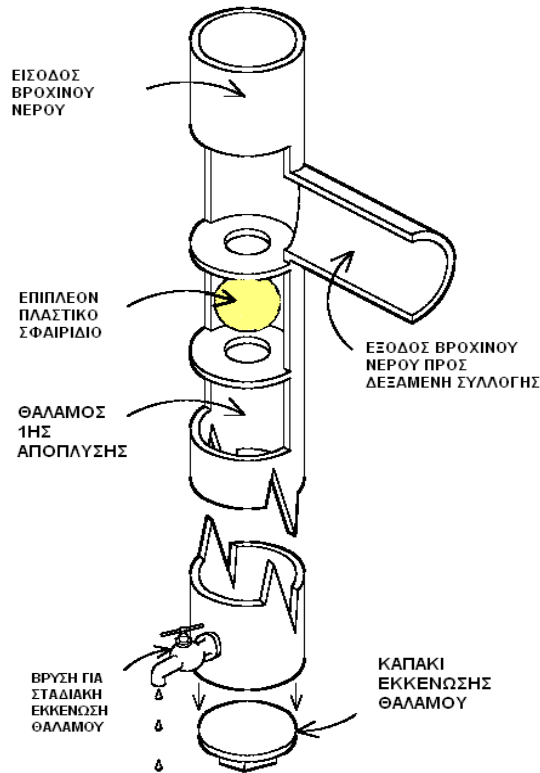
αποθήκευσης. Ειδικότερα, οι διαχωριστές αποτρέπουν την είσοδο της πρώτης ποσότητας του βρόχινου νερού (που προκύπτει λίγο μετά την έναρξη ενός επεισοδίου βροχής) στο δοχείο συλλογής. Αυτή η πρώτη ποσότητα βρόχινου νερού είναι ιδιαίτερα χαμηλής ποιότητας καθώς μεταφέρει μεγάλες συγκεντρώσεις ρυπογόνων παραγόντων οι οποίοι βρίσκονταν στην επιφάνεια απορροής. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η μεταφορά στη δεξαμενή αποθήκευσης διαφόρων ρυπαντών που μπορεί να υπάρχουν στην επιφάνεια απορροής όπως φύλλα, περιτώματα ζώων και άλλα. Κάποια από τα πλεονεκτήματα από τη χρήση διαχωριστών πρώτης απόπλυσης είναι τα μειωμένα έξοδα συντήρησης της δεξαμενής αποθήκευσης, των αντλιών και του υπόλοιπου εξοπλισμού που χρησιμοποιείται. Επίσης, είναι ένα εξάρτημα που χαρακτηρίζεται από εύκολη τοποθέτηση και μικρό σχετικά κόστος (Texas Water Development Board, 2005).

Ο διαχωριστής είναι μια απλή συσκευή που ενσωματώνεται στον κατακόρυφο σωλήνα που καταλήγει στο δοχείο αποθήκευσης του βρόχινου νερού. Η λειτουργία του βασίζεται σε ένα απλό αυτόματο σύστημα που δεν εμπλέκει άλλα μηχανικά μέρη ή χειρωνακτικό χειρισμό. Υπάρχουν δυο βασικοί τύποι διαχωριστών πρώτης απόπλυσης.

Στον πιο απλό τύπο, που παρουσιάζεται στην εικόνα 3.20, η πρώτη ποσότητα βρόχινου νερού που κυλά στις υδρορροές συλλέγεται στο θάλαμο 1^{ης} απόπλυσης (που αποτελεί το τμήμα ενός κατακόρυφου σωλήνα) και όταν η στάθμη του στο θάλαμο αυτό είναι η υψηλότερη δυνατή, η υπόλοιπη ποσότητα βρόχινου νερού ρέει προς το δοχείο αποθήκευσης. Με τον τρόπο αυτό συγκρατείται η πρώτη προκύπτουσα απορροή, που είναι και η πιο ρυπασμένη. Επίσης, στη βάση του διαχωριστή υπάρχει συνήθως ένα καπάκι για την ταχεία εκκένωση του θαλάμου και τον καθαρισμό του μετά το επεισόδιο βροχής και μια βαλβίδα βραδείας εκκένωσης. Ο δεύτερος τύπος διαχωριστή, που φαίνεται στην εικόνα 3.21, είναι παραλλαγή του πρώτου τύπου καθώς στην περίπτωση αυτή στο θάλαμο 1^{ης} απόπλυσης υπάρχει ένα επιπλέον σφαιρίδιο το οποίο όταν η στάθμη του νερού στο θάλαμο φτάσει αρκετά ψηλά, το σφαιρίδιο ανυψώνεται και φράζει την είσοδο προς το θάλαμο. Επομένως, το νερό στη συνέχεια οδηγείται από το στόμιο εξόδου προς το δοχείο συλλογής (Texas Water Development Board, 2005).

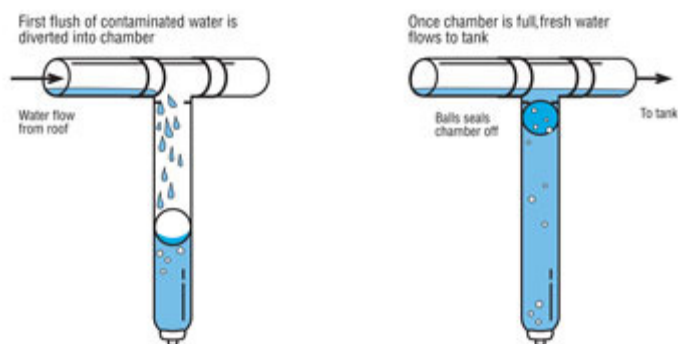


Εικόνα 3.20 : Διαχωριστής 1^{ης} απόπλυσης (κλασικός) (Πηγή : Texas Water Development Board, 2005)



Εικόνα 3.21 : Διαχωριστής 1^{ης} απόπλυσης (με φλοτέρ) (Πηγή : Texas Water Development Board, 2005)

Στην παρακάτω εικόνα 3.22 φαίνεται η λειτουργία του 2^{ου} τύπου διαχωριστή πρώτης απόπλυσης.



Εικόνα 3.22 : Λειτουργία διαχωριστή (τύπος 2) (Πηγή : <http://rainharvesting.com.au>)

Αναφορικά με την ποσότητα του νερού που εκτρέπεται υπολογίζεται προσεγγιστικά στα 20 λίτρα περίπου ανά 100 m² επιφάνειας απορροής (ή 0,2 λίτρα ανά m²). Στον

υπολογισμό της ποσότητας του νερού που πρέπει να εκτρέπεται αρχικά, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη τόσο η έκταση της επιφάνειας απορροής όσο και οι ποσότητες των ρυπαντών που υπάρχουν σε αυτή. Γενικά, όσο μεγαλύτερη ποσότητα νερού εκτρέπεται, τόσο υψηλότερη ποιότητα έχει το βρόχινο νερό στη δεξαμενή συλλογής (<http://rainharvesting.com.au>).

3.2.2.3 Συστήματα επεξεργασίας βρόχινου νερού

Τα συστήματα επεξεργασίας βρόχινου νερού έπονται των εξαρτημάτων προεπεξεργασίας και σε ορισμένες περιπτώσεις κάποιου μικρού δοχείου συλλογής της απορροής. Η συνήθης επεξεργασία που επιτελούν τα συστήματα αυτά είναι συνδυασμός καθίζησης και διήθησης, και η λειτουργία τους συνήθως συνδυάζεται με κάποια συστήματα αυτόματης διαχείρισης (βλ. παράρτημα εργασίας).

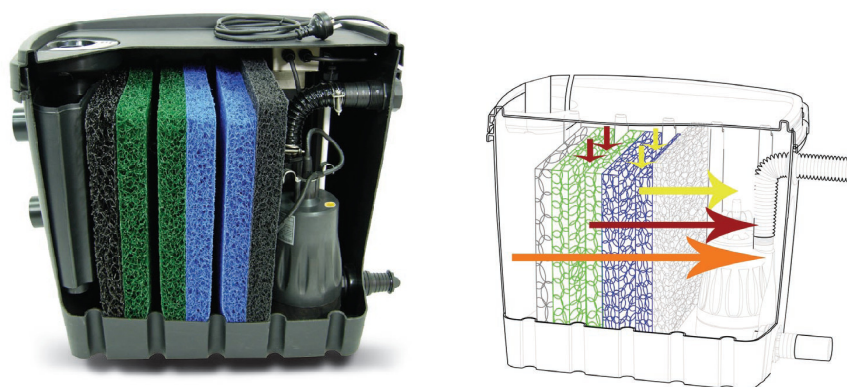
Πίνακας 3.4 : Χαρακτηριστικά συστήματος “Aqua2use”

Όνομασία συστήματος	Φίλτρα “Aqua2use”
Δυναμικότητα	
Περιγραφή συστήματος	Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελείται από ένα πλαστικό κιβώτιο (κάτοψη 0,39 m x 0,59 m) που διαθέτει ενσωματωμένες 3 στρώσεις από πορώδες υλικό με μειούμενη διάμετρο πόρων. Επίσης, το σύστημα διαθέτει και αντλία για τη μεταφορά του επεξεργασμένου νερού προς άρδευση.
Λειτουργία	Το ανεπεξέργαστο βρόχινο νερό διέρχεται από το 1 ^η πορώδη στρώση που συγκρατεί μεγάλου και μεσαίου μεγέθους σωματίδια όπως διάφορες ακαθαρσίες που υπάρχουν στην επιφάνεια απορροής και μεταφέρονται προς τη δεξαμενή και το σύστημα επεξεργασίας. (Η 1 ^η πορώδης στρώση αποτελείται από ένα μαύρο φίλτρο μικρής πυκνότητας και ένα πράσινο φίλτρο μεσαίας πυκνότητας). Στη συνέχεια, διέρχεται από τη 2 ^η πορώδη στρώση, η οποία συγκρατεί τα μεσαίου και μικρού μεγέθους σωματίδια. (Η 2 ^η πορώδης στρώση αποτελείται από ένα πράσινο φίλτρο μεσαίας πυκνότητας και ένα μπλε φίλτρο υψηλής πυκνότητας). Τέλος, διέρχεται από την 3 ^η πορώδη στρώση, η οποία συγκρατεί τα πιο μικρά σωματίδια που

	μπορεί να υπάρχουν στο βρόχινο νερό. (Η 3 ^η πορώδης στρώση αποτελείται από ένα μπλε φίλτρο υψηλής πυκνότητας και ένα επιπλέον φίλτρο ακόμα μεγαλύτερης πυκνότητας). Το διηθημένο νερό οδηγείται προς άρδευση (ροή με βαρύτητα ή υπό πίεση στην περίπτωση που το σύστημα διαθέτει και ενσωματωμένη αντλία).
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	Υπόγεια ή υπέργεια τοποθέτηση του συστήματος
Ενεργειακές απαιτήσεις	<ul style="list-style-type: none"> • Ισχύς ενσωματωμένης αντλίας = 200 W • 2,4 KWh για 12ωρη λειτουργία της αντλίας
Απαιτήσεις συντήρησης	Καθαρισμός των φίλτρων μετά από κάποιο χρονικό διάστημα
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	861,00 €

Πηγή : Shielco Ltd

Στην παρακάτω εικόνα 3.23 παρουσιάζεται το σύστημα που περιγράφηκε στον πίνακα 3.4.



Εικόνα 3.23 : Σύστημα επεξεργασίας “Aqua2use” (Πηγή : <http://aqua2use.com>)

Πίνακας 3.5 : Χαρακτηριστικά συστήματος “AS – REWA”

Όνομασία συστήματος	“AS – REWA 4ERZ” Σύστημα αξιοποίησης βρόχινου νερού
Δυναμικότητα	
Περιγραφή συστήματος	<p>Το “AS-REWA” αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα αποθήκευσης και χρήσης του βρόχινου νερού. Το σύστημα περιλαμβάνει τα παρακάτω μέρη :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Δεξαμενή συγκέντρωσης του βρόχινου νερού (διαστάσεων 2,00 m x 1,16 m x 2,16 m) από ενισχυμένο πολυπροπυλένιο, κατάλληλη για άμεση υπόγεια τοποθέτηση. Στεγανό καπάκι υψηλού φινιρίσματος από γαλβανισμένο χάλυβα. Κλείστρο ασφαλείας. • Φίλτρο εισόδου από ανοξείδωτη σίτα για την κατακράτηση φύλλων, φερτών, κλαδιών και άλλων στερεών που μπορούν να παρασυρθούν από τα όμβρια νερά. • Υπερχειλιστή ασφαλείας. • Αυτόματο πιεστικό συγκρότημα (τύπου inverter) για τη διανομή του αποθηκευμένου νερού στο δίκτυο υδροληψίας. Ηλεκτρολογικός πίνακας και φλοτέρ. • Σύστημα αυτόματης πλήρωσης της δεξαμενής, απευθείας από το δίκτυο ύδρευσης, σε περιόδους ανομβρίας ή χαμηλής στάθμης νερού. <p>Ο ωφέλιμος αποθηκευτικός όγκος του συστήματος είναι 3640 λίτρα και το βάρος του 450 Kg.</p>
Λειτουργία	<p>Η λειτουργία του συστήματος είναι η συγκράτηση των χονδροειδών στερεών του βρόχινου νερού και η φύλαξή του. Στη δεξαμενή συλλογής του βρόχινου νερού πραγματοποιείται καθίζηση των βαρύτερων αιωρούμενων στερεών. Η αντλία διοχετεύει προς χρήση το υπερκείμενο διαυγασμένο υγρό της δεξαμενής.</p>
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	Εφικτή η υπόγεια τοποθέτηση του συστήματος
Ενεργειακές απαιτήσεις	<p>Ανεπαρκή στοιχεία</p> <p>(Απαιτείται παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για τη λειτουργία :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Της αντλίας • Του ηλεκτρικού πίνακα)

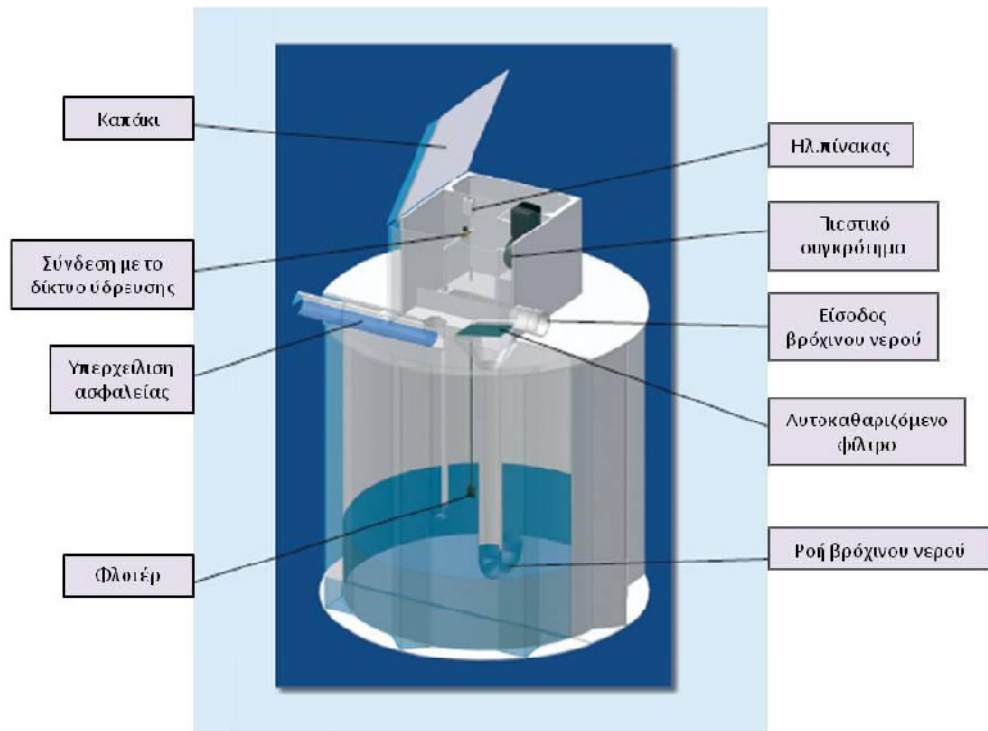
Απαιτήσεις συντήρησης	<ul style="list-style-type: none"> • Περιοδικός καθαρισμός της σίτας όπου συσσωρεύονται τα διάφορα φερτά • Περιοδικός καθαρισμός της δεξαμενής νερού
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	6,000 €

Πηγή : ΕΝΥΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Οι εικόνες 3.24 και 3.25 που ακολουθούν δείχνουν μια άποψη του εξωτερικού και του εσωτερικού χώρου του συστήματος “AS – REWA” που περιγράφηκε στον πίνακα 3.5.



Εικόνα 3.24 : Διάφορες όψεις του συστήματος “AS – REWA” (Πηγή : <http://www.enya.gr/>)



Εικόνα 3.25 : Περιγραφή εξαρτημάτων συστήματος “AS – REWA” (Πηγή : <http://www.enya.gr/>)

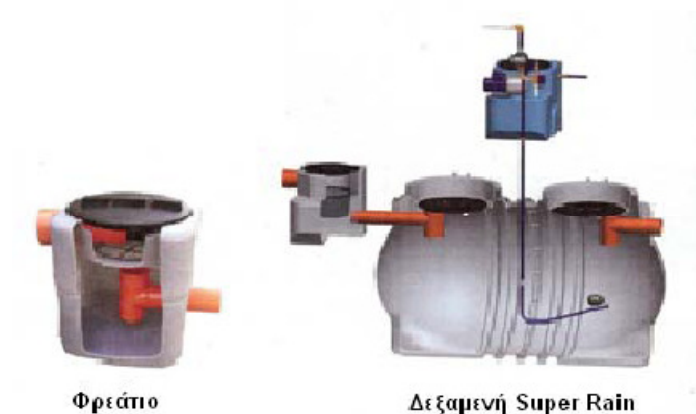
Πίνακας 3.6 : Χαρακτηριστικά συστήματος “Super Rain”

Όνομασία συστήματος	“Super Rain”
Δυναμικότητα	5,000 λίτρα
Περιγραφή συστήματος	<p>Το σύστημα ‘Super Rain’ αποτελείται από τα παρακάτω μέρη :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 2 δεξαμενές πολυαιθυλενίου ενωμένες σε μια ενιαία κατασκευή, όπου στην 1^η δεξαμενή πραγματοποιείται η διήθηση του βρόχινου νερού και η συγκράτηση των ογκωδών στερεών που μεταφέρει (για παράδειγμα, φύλλα, μπάζα και άλλα) και στην 2^η δεξαμενή γίνεται αποθήκευση του διηθημένου νερού προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για διάφορες οικιακές χρήσεις. 2. Ένα φρεάτιο εισόδου το οποίο χρησιμεύει στην εξομάλυνση της ροής του βρόχινου νερού και τη μείωση της ταχύτητάς του πριν την είσοδό του στο 1^ο διαμέρισμα της δεξαμενής. 3. Μια αντλία που μεταφέρει νερό από το διαμέρισμα της δεξαμενής αποθήκευσης και το μεταφέρει στα σημεία ζήτησης. 4. Ένα σύστημα αυτόματης διαχείρισης του επεξεργασμένου βρόχινου νερού το οποίο τροφοδοτεί τα σημεία ζήτησης ανάλογα με τη στάθμη του βρόχινου νερού στο διαμέρισμα αποθήκευσης. Ειδικότερα, όσο η στάθμη του βρόχινου νερού είναι ψηλά, η τροφοδοσία γίνεται από τη δεξαμενή του βρόχινου νερού, διαφορετικά (σε περιόδους ανομβρίας) το σύστημα εξασφαλίζει νερό – μέσω μιας τρίοδης βάνας – από το πόσιμο νερό του δικτύου.
Λειτουργία	<p>Το βρόχινο νερό οδηγείται από το σωλήνα τις υδρορροής στο φρεάτιο εισόδου όπου μειώνεται η ταχύτητά του πριν εισέλθει στη δεξαμενή του συστήματος. Στη συνέχεια, καθώς διέρχεται από το φίλτρο απομακρύνεται ένα ποσοστό των στερεών που περιέχει και μετά αποθηκεύεται στο 2^ο διαμέρισμα της δεξαμενής. Ανάλογα με τη ζήτηση και αν η στάθμη του βρόχινου νερού στη δεξαμενή είναι υψηλή, το σύστημα αυτόματης διαχείρισης δίνει εντολή στην αντλία προκειμένου να μεταφέρει κάποια ποσότητα από το αποθηκευμένο νερό στο σημείο ζήτησης. Σε περιόδους ανομβρίας, το σύστημα διαχείρισης δίνει εντολή για τροφοδοσία από το δίκτυο ύδρευσης. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης και 2^{ου} φίλτρου στο συγκεκριμένο σύστημα.</p>
Κατασκευαστικές	Θα πρέπει να γίνει κατάλληλη διάταξη των σωλήνων υδρορροής έτσι ώστε όλη η

απαιτήσεις	απορροή της στέγης να καταλήγει στο σύστημα
Ενεργειακές απαιτήσεις	Η εγκατεστημένη ισχύς της αντλίας του συστήματος είναι 0,57 kW. Κατανάλωση 10,3 kWh/d για 18ωρη λειτουργία
Απαιτήσεις συντήρησης	Πιθανώς να χρειαστεί συντήρηση του φίλτρου του συστήματος αλλά και των θαλάμων της δεξαμενής λόγω συγκέντρωσης καθιζήσιμων στερεών
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	<ul style="list-style-type: none"> • Διθάλαμη δεξαμενή με ενσωματωμένο φίλτρο : 4,920 € • Διθάλαμη δεξαμενή με ενσωματωμένο φίλτρο + επιπλέον φίλτρο : 6,770 €

Πηγή : Biotecs

Η εικόνα 3.26 που ακολουθεί παρουσιάζει τη διάταξη του συστήματος “Super Rain” όπως περιγράφηκε στον πίνακα 3.6.



Εικόνα 3.26 : Σύστημα Super Rain (Πηγή : <http://www.biotecs.gr>)

Η παρακάτω εικόνα 3.27 δείχνει τη διάταξη του συστήματος ‘Super Rain’ σε μια τυπική κατοικία. Στην περίπτωση αυτή διακρίνεται και το σύστημα αυτόματης διαχείρισης βρόχινου νερού.



Εικόνα 3.27 : Σύστημα “Super Rain” σε κατοικία (Πηγή : <http://tankone.zetaplast.net>)

3.3 Τεχνολογίες επεξεργασίας γκρίζου νερού

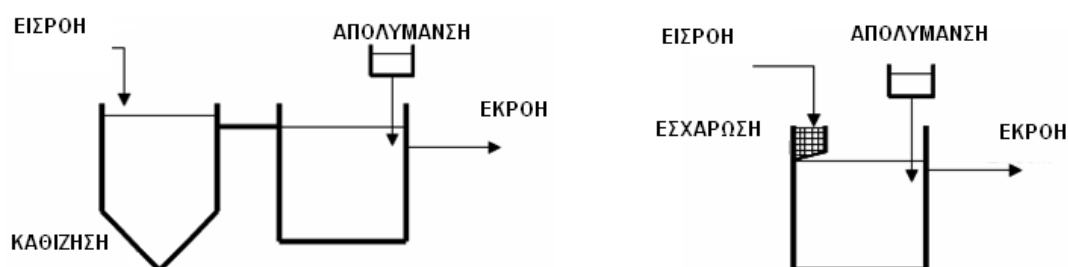
Τα πρώτα συστήματα επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης γκρίζου νερού αριθμούν την ύπαρξή τους ήδη από τη δεκαετία του 1970 (Arika et al., 1977, Hall et al., 1974, Hypes et al., 1975, Winneberger et al., 1974). Οι πρώτες τεχνολογίες που μελετήθηκαν ήταν κυρίως επιλογές φυσικής επεξεργασίας όπως η χονδροειδής διήθηση και η χρήση μεμβρανών συνδυασμένες με απολύμανση. Αργότερα, τις δεκαετίες του '80 και του '90, εξετάστηκαν τεχνολογίες που βασίζονται σε βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας όπως οι περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι, αερόβια βιολογικά φίλτρα και αερόβιοι βιοαντιδραστήρες. Την ίδια περίοδο, απλοί φυσικοί διαχωριστές συνδυασμένοι με συστήματα απολύμανσης εγκαταστάθηκαν σε μεμονωμένες κατοικίες. Στα τέλη της δεκαετίας του '90, παρατηρήθηκε αύξηση των μελετών που αφορούσαν προχωρημένες τεχνολογίες επεξεργασίας όπως οι βιοαντιδραστήρες μεμβρανών (συστήματα MBR) αλλά και κάποιες πιο οικονομικές, εκτεταμένες τεχνολογίες όπως η χρήση καλαμώνων και λιμνών. Ωστόσο, ανατρέχοντας στην βιβλιογραφία, μόνον 3 συστήματα που χρησιμοποιούν χημικές μεθόδους επεξεργασίας καταγράφονται (Pidou et al., 2007).

Οι τεχνολογίες που εφαρμόζονται για την επεξεργασία του γκρίζου νερού περιλαμβάνουν απλά, φυσικά, χημικά, βιολογικά και εκτεταμένα συστήματα. Στις περισσότερες από αυτές τις τεχνολογίες προηγείται ένα στάδιο προεπεξεργασίας και έπεται ένα στάδιο απολύμανσης, ως ένα είδος μετά – επεξεργασίας (Pidou et al., 2007). Για να αποφευχθούν τα προβλήματα έμφραξης, στάδια προεπεξεργασίας όπως η σηπτική δεξαμενή, τα σακόφιλτρα, οι εσχάρες και τα διάφορα φίλτρα εφαρμόζονται για να μειώσουν την ποσότητα των σωματιδίων, των λιπών και των ελαίων που καταλήγουν στο εκάστοτε σύστημα κυρίως επεξεργασίας (Li et al., 2009). Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι διάφορες τεχνολογίες.

3.3.1 Απλά συστήματα

Οι απλές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την ανακύκλωση του γκρίζου νερού είναι ουσιαστικά συστήματα 2 σταδίων που βασίζονται α) στη χονδροειδή διήθηση ή καθίζηση με σκοπό την απομάκρυνση των μεγαλύτερων σε μέγεθος στερεών και β) στην απολύμανση της προκύπτουσας εκροής (Pidou et al., 2007). Γενικά, η βασική αρχή λειτουργίας των συστημάτων αυτών είναι ο μικρός χρόνος παραμονής, έτσι ώστε να μη μεταβάλλεται η φύση του γκρίζου νερού και η ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία. Στα συστήματα αυτά, το χονδροειδές φίλτρο είναι συνήθως μια μεταλλική εσχάρα ενώ η απολύμανση συντελείται με χρήση χλωρίου ή βρωμίου (Jefferson et al. 1999).

Ο Mars (2004), αναφέρει ότι τα απλά συστήματα στη Δυτική Αυστραλία μπορεί να περιορίζονται μόνον σε μια χονδροειδή διήθηση ή στη χρήση μιας δεξαμενής καθίζησης όπου βέβαια το τοπικό νομοθετικό πλαίσιο επιτρέπει τη στοιχειώδη επεξεργασία του γκρίζου νερού για επαναχρησιμοποίηση σε υποεπιφανειακή άρδευση. Η εικόνα 3.28 που ακολουθεί παρουσιάζει συνήθεις διατάξεις απλών τεχνολογιών επεξεργασίας γκρίζου νερού.



Εικόνα 3.28 : Απλές τεχνολογίες επεξεργασίας γκρίζου νερού (Πηγή : Pidou et al., 2007, μετά από προσαρμογή)

Οι απλές τεχνολογίες παρέχουν μόνον περιορισμένη επεξεργασία του γκρίζου νερού αναφορικά με τα οργανικά και τα στερεά. Ειδικότερα, στη βιβλιογραφία αναφέρονται μέσες τιμές απομάκρυνσης της τάξης του 70%, 56% και 49% για το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), τα αιωρούμενα στερεά (SS) και τη θολότητα (turbidity) αντίστοιχα. Εντούτοις, σημαντική μείωση των μικροοργανισμών έχει αναφερθεί στο στάδιο της απολύμανσης, με τα ολικά κολοβακτηρίδια να κυμαίνονται κάτω από το επίπεδο των 50 cfu/100 ml στις επεξεργασμένες εκροές. Στον πίνακα 3.7 που

ακολουθεί σημειώνονται οι τιμές ποιοτικών παραμέτρων εισροής και εκροής ορισμένων απλών συστημάτων επεξεργασίας γκρίζου νερού.

Πίνακας 3.7 : Ποιοτικές παράμετροι εισροής & εκροής απλών συστημάτων επεξεργασίας

Τόπος	Είδος κατοικίας / εφαρμογή	Διάταξη	Χρόνος παραμονής	COD (mg/l)		BOD (mg/l)		Θολότητα (NTU)		Αιωρούμενα στερεά SS (mg/l)		Ολικά κολοβακτηρίδια (E. coli) cfu/100 ml	
				ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ
Ισπανία	Ξενοδοχείο/καθαρισμός τουαλέτας	Εσχάρωση – Καθίζηση - Απολύμανση	38 ώρες	171	78	-	-	20	17	44	19	-	-
H.B.	Κατοικία/Καθαρισμός τουαλέτας	Διήθηση - Απολύμανση	-	74	11	-	-	2	1	-	-	Υπερβολικά μεγάλος αριθμός για υπολογισμό	46
H.B.	Κατοικία/Καθαρισμός τουαλέτας	Διήθηση - Απολύμανση	-	157	47	-	-	21	7	-	-	2×10^5	13
H.B.	Κατοικίες/Καθαρισμός τουαλέτας	Χονδροειδής διήθηση - Απολύμανση	-	-	166	-	40	-	40	-	35	-	Μη ανιχνεύσιμα
H.Π.Α.	Κατοικία/Καθαρισμός τουαλέτας + άρδευση κήπου	Φίλτρο «φυσίγγιο»	-	-	-	-	-	21	7	19	8	2×10^8	2×10^6
Αυστραλία	Κατοικία/Άρδευση κήπου	Καθίζηση - τάφρος	-	-	-	-	-	-	-	405	100	-	-
Αυστραλία	Κατοικία/Άρδευση κήπου	Καθίζηση	-	-	-	-	-	-	-	310	195	-	-
Αυστραλία	Κατοικία/Άρδευση κήπου	Εσχάρωση - Τάφρος	-	-	-	-	-	-	-	155	76	-	-

Προέλευση : Pidou et al. (2007), μετά από προσαρμογή

Τα συστήματα αυτά είναι προτιμότερο να λειτουργούν σε μικρή κλίμακα, όπως για παράδειγμα σε ένα τυπικό νοικοκυριό. Επίσης, χρησιμοποιούνται κυρίως για να επεξεργάζονται γκρίζες εκροές μικρού ρυπαντικού φορτίου που προέρχονται από μπανιέρες, ντουζιέρες και νιπτήρες με επακόλουθες δραστηριότητες επαναχρησιμοποίησης την άρδευση και την τροφοδοσία στα καζανάκια των λουτρών. Ωστόσο, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (HRT) θα πρέπει να είναι μικρός, συγκρινόμενος με την απλότητα των συστημάτων αυτών (Pidou et al., 2007). Τα απλά συστήματα ανακύκλωσης του γκρίζου νερού προωθούνται στην αγορά για το λόγο ότι είναι απλά στη χρήση και έχουν μικρό λειτουργικό κόστος. Ωστόσο, υπάρχουν παραδείγματα όπου η εφαρμογή απλών συστημάτων σε επίπεδο νοικοκυριού δεν ήταν οικονομικά βιώσιμη, ενώ η εγκατάσταση συστήματος απλής τεχνολογίας σε επίπεδο ξενοδοχειακής μονάδας εξασφάλισε σημαντικό κέρδος από

την εξοικονόμηση νερού και το διάστημα απόσβεσης υπολογίστηκε στα 14 χρόνια (Pidou et al., 2007).

Γενικά, η διήθηση του γκρίζου νερού από μόνη της δεν θεωρείται επαρκής για να εγγωηθεί την επαρκή μείωση της οργανικής ρύπανσης του γκρίζου νερού προκειμένου να παρεμποδιστεί η βιολογική ανάπτυξη στα δίκτυα διανομής της επεξεργασμένης εκροής. Το νερό μετά την επεξεργασία συνεχίζει να εμφανίζει υψηλές τιμές οργανικού φορτίου και θολότητας, περιορίζοντας την αποτελεσματικότητα της χημικής απολύμανσης για 2 λόγους.

1. Το γκρίζο νερό περιέχει συσσωματώματα με μέγεθος μεγαλύτερο από 40 μm, τα οποία είναι γνωστό ότι μειώνουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης καθώς το απολυμαντικό μέσο δεν μπορεί να διεισδύσει στο εσωτερικό των συσσωματωμάτων αυτών και να θανατώσει τους παθογόνους μικροοργανισμούς
2. Η ύπαρξη οργανικού φορτίου στο γκρίζο νερό δημιουργεί απαίτηση για απολυμαντικό μέσο, καθώς στην περίπτωση του χλωρίου η αλληλεπίδρασή του με τις οργανικές ενώσεις δημιουργεί παραπροϊόντα (χλωραμίνες, THM's), τα οποία έχουν μικρότερη απολυμαντική ικανότητα και δυσμενείς επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό (Jefferson et al. 1999).

Απλά συστήματα που κυκλοφορούν στην αγορά : Στον πίνακα 3.8 που ακολουθεί περιγράφεται ένα απλό σύστημα.

Πίνακας 3.8 : Χαρακτηριστικά συστήματος “Aqua2use”

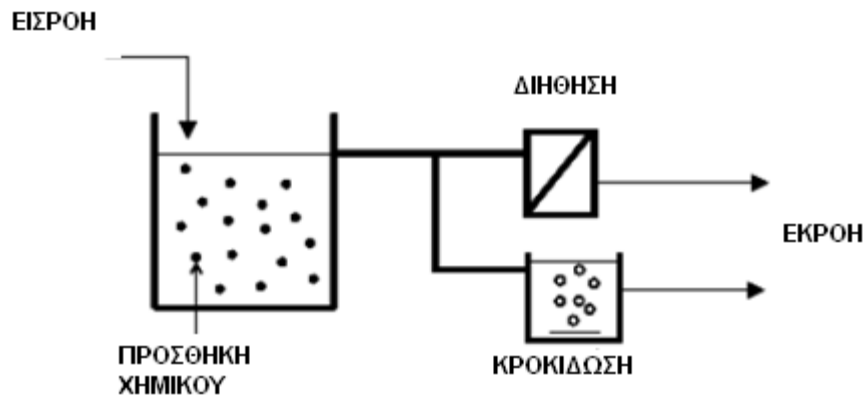
Όνομασία συστήματος	“Aqua2use”
Δυναμικότητα	
Περιγραφή συστήματος	Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελείται από ένα πλαστικό κιβώτιο (κάτοψη 0,39 m x 0,59 m) που διαθέτει ενσωματωμένες 3 στρώσεις από πορώδες υλικό με μειούμενη διάμετρο πόρων. Επίσης, το σύστημα διαθέτει και αντλία για τη μεταφορά του επεξεργασμένου νερού προς άρδευση.
Λειτουργία	Το ανεπεξέργαστο γκρίζο νερό διέρχεται από την 1 ^η πορώδη στρώση που συγκρατεί μεγάλου και μεσαίου μεγέθους σωματίδια όπως διάφορες ακαθαρσίες που υπάρχουν στην επιφάνεια απορροής και μεταφέρονται

	<p>προς τη δεξαμενή και το σύστημα επεξεργασίας. (Η 1^η πορώδης στρώση αποτελείται από ένα μαύρο φίλτρο μικρής πυκνότητας και ένα πράσινο φίλτρο μεσαίας πυκνότητας). Στη συνέχεια, διέρχεται από τη 2^η πορώδη στρώση, η οποία συγκρατεί τα μεσαίου και μικρού μεγέθους σωματίδια. (Η 2^η πορώδης στρώση αποτελείται από ένα πράσινο φίλτρο μεσαίας πυκνότητας και ένα μπλε φίλτρο υψηλής πυκνότητας). Τέλος, διέρχεται από την 3^η πορώδη στρώση, η οποία συγκρατεί τα πιο μικρά σωματίδια που μπορεί να υπάρχουν στο γκρίζο νερό. (Η 3^η πορώδης στρώση αποτελείται από ένα μπλε φίλτρο υψηλής πυκνότητας και ένα επιπλέον φίλτρο ακόμα μεγαλύτερης πυκνότητας). Το διηθημένο νερό οδηγείται προς άρδευση (ροή με βαρύτητα ή υπό πίεση στην περίπτωση που το σύστημα διαθέτει και ενσωματωμένη αντλία).</p>
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	Υπόγεια ή υπέργεια τοποθέτηση του συστήματος
Ενεργειακές απαιτήσεις	<ul style="list-style-type: none"> • Ισχύς ενσωματωμένης αντλίας = 200 W • 2,4 KWh για 12ωρη λειτουργία της αντλίας
Απαιτήσεις συντήρησης	Καθαρισμός των φίλτρων μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα
Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος	<p>Απομάκρυνση στερεών :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 75% για το σύστημα με αντλία • 90% για το σύστημα με λειτουργία βαρύτητας
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	861,00 €

Πηγή : Shielco Ltd

3.3.2 Χημικά συστήματα

Μόνον τρία σχήματα που χρησιμοποιούν τεχνολογία χημικών για την επεξεργασία του γκρίζου νερού αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Δυο από αυτά βασίζονται στην κροκίδωση με χρήση αργιλίου (Pidou et al., 2007). Στην εικόνα 3.29 που ακολουθεί παρουσιάζεται η διάταξη ενός τυπικού χημικού συστήματος.



Εικόνα 3.29 : Χημικό σύστημα επεξεργασίας γκρίζου νερού (Πηγή : Pidou et al., 2007, μετά από προσαρμογή)

Αναφορικά με τα χαρακτηριστικά των χημικών συστημάτων που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία, το ένα από αυτά τα δυο συστήματα αργιλίου χρησιμοποιούσε συνδυασμό κροκίδωσης - διήθησης από στρώμα άμμου και κοκκώδη ενεργό άνθρακα (GAC) για την επεξεργασία νερού πλυντηρίων (Sostar – Turk et al., 2005). Το δεύτερο σύστημα συνδύαζε την ηλεκτρική κροκίδωση με απολύμανση για την επεξεργασία γκρίζου νερού με μικρές συγκεντρώσεις ρύπων (Parsons et al., 2000) Το σύστημα παρείχε καλή ποιότητα επεξεργασίας του γκρίζου νερού με τελικές συγκεντρώσεις βιοχημικός απαιτούμενου οξυγόνου (BOD) και αιωρούμενων στερεών (SS) να αγγίζουν τα 9 mg/l και η θολότητα τα 4 NTU, ενώ τα επίπεδα *E. Coli* ήταν κάτω από τα ανιχνεύσιμα όρια. Το πρώτο σύστημα ήταν επίσης αποδοτικό, με τελικές συγκεντρώσεις της τάξης των 10 mg/l για το BOD και κάτω από 5 mg/l για τα αιωρούμενα στερεά, ενώ το στάδιο της κροκίδωσης –από μόνο του - επιτύχανε 51% μείωση του BOD και 100% απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Αυτές οι δυο τεχνολογίες πέτυχαν τα συγκεκριμένα αποτελέσματα με σχετικά μικρούς χρόνους επαφής (20 και 40 λεπτά αντίστοιχα) (Pidou et al., 2007). Το τρίτο χημικό σύστημα που εντοπίστηκε στη βιβλιογραφία, βασίζεται στη φωτοχημική οξείδωση με διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2) και υπεριώδη ακτινοβολία και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας δείχνουν 90% μείωση των οργανικών και τα

ολικά κολοβακτηρίδια να κυμαίνονται στα 10^6 cfu/100 ml (Parsons et al., 2000). Στον παρακάτω πίνακα 3.9 παρουσιάζονται ορισμένες τιμές ποιοτικών παραμέτρων εισροών και εκροών χημικών συστημάτων επεξεργασίας.

Πίνακας 3.9 : Ποιοτικές παράμετροι εισροής & εκροής χημικών συστημάτων επεξεργασίας

Χώρα	Είδος κατοικίας /εφαρμογή	Διάταξη	Χρόνος παραμονής	COD (mg/l)		BOD (mg/l)		Θολότητα (NTU)		Αιωρούμενα στερεά SS (mg/l)		Ολικά κολοβακτηρίδια (E. coli) cfu/100 ml	
				ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ
Ηνωμένο Βασίλειο	Πιλοτικής κλίμακας	Φωτοκαταλυτική οξειδωση (TiO ₂ /UV)	< 30 min	139 – 160*	26 – 139*	-	-	-	-	-	-	10 ⁶	0
Σλοβενία	Πιλοτικής κλίμακας	Κροκίδωση + Αμμόφιλτρο + Κοκκώδης Ενεργός άνθρακας	~ 40 min	280	20	195	10	-	-	35	< 5	-	-
Ταϊβάν	Πιλοτικής κλίμακας	Ηλεκτρο – κροκίδωση + Απολύμανση	~ 20 min	55	22	23	9	43	4	29	9	5100	Μη ανιχνεύσιμα

* : σε όρους ολικού οργανικού άνθρακα.

Προέλευση : Pidou et al. (2007), μετά από προσαρμογή

Χημικά συστήματα που κυκλοφορούν στην αγορά : Στον παρακάτω πίνακα 3.10 παρουσιάζεται ένα χημικό σύστημα επεξεργασίας του γκρίζου νερού.

Πίνακας 3.10 : Χαρακτηριστικά συστήματος “Cyprobell”

Όνομασία συστήματος	“Cyprobell”
Δυναμικότητα	1000 l/d
Περιγραφή συστήματος	Το σύστημα ανακύκλωσης του γκρίζου νερού μιας τυπικής κατοικίας αποτελείται από 3 πλαστικά ντεπόζιτα χωρητικότητας 1,000 λίτρων περίπου το καθένα. Στο ένα από αυτά τα 3 ντεπόζιτα συλλέγεται το γκρίζο νερό, στο δεύτερο γίνεται η επεξεργασία του και στο τρίτο αποθηκεύεται η χημική ουσία “Cyprofloc”, η οποία διοχετεύεται στο 2 ^ο ντεπόζιτο μέσω δοσομετρικής αντλίας.

Κατασκευαστικές απαιτήσεις	<p>Το 1^ο ντεπόζιτο τοποθετείται μέσα ή πάνω από το έδαφος ανάλογα σε ποιο ύψος βρίσκεται η κατοικία, έτσι ώστε το γκρίζο νερό να ρέει στο πλαστικό ντεπόζιτο με βαρύτητα. Τα δυο άλλα ντεπόζιτα μπορούν να τοποθετηθούν και αυτά μέσα ή πάνω στο έδαφος ή πάνω σε μεταλλικό πύργο στον κήπο ή στην οροφή της πολυκατοικίας. Ανάλογα με τη θέση των ντεπόζιτων, τοποθετούνται σε αυτά μια υποβρύχια και μια φυγόκεντρη αντλία μικρής ισχύος. Τα ντεπόζιτα ενώνονται μεταξύ τους με μαύρο πλαστικό λάστιχο διαμέτρου 32 και 40 mm. Επίσης, η εγκατάσταση του συστήματος απαιτεί τη μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος (10 - 15 A) στο σημείο επεξεργασίας του γκρίζου νερού και από εκεί στο σημείο συλλογής. Για τη σύνδεση του αγωγού αποχέτευσης του γκρίζου νερού με το ντεπόζιτο συλλογής, απαιτείται η κατασκευή φρεατίου ή άλλης διάταξης, έτσι ώστε σε περίπτωση βλάβης της υποβρύχιας αντλίας, το ημιακάθαρτο νερό να διοχετεύεται εύκολα στις αποχετεύσεις της κατοικίας και να μην υπερχειλίζει το ντεπόζιτο συλλογής του γκρίζου νερού.</p>
Ενεργειακές απαιτήσεις	Ανεπαρκή στοιχεία
Απαιτήσεις Λειτουργίας	Προσθήκη χημικού "Cyrprofloc"
Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος	<ul style="list-style-type: none"> • Το επεξεργασμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση και για εσωτερικές οικιακές χρήσεις. • Με το σύστημα επιτυγχάνεται εξοικονόμηση νερού 40 – 45%.
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	<ul style="list-style-type: none"> • Κόστος αυτόματου συστήματος : 4,430 € • Κόστος ημιαυτόματου συστήματος : 3,940 € <ul style="list-style-type: none"> • Κόστος χημικού : 70 €/έτος • Κόστος επεξεργασίας : 0,35 €/m³.

Πηγή : Hydranos Ltd

Στην παρακάτω εικόνα 3.30 παρουσιάζεται το χημικό σύστημα που περιγράφηκε στον πίνακα 3.10.



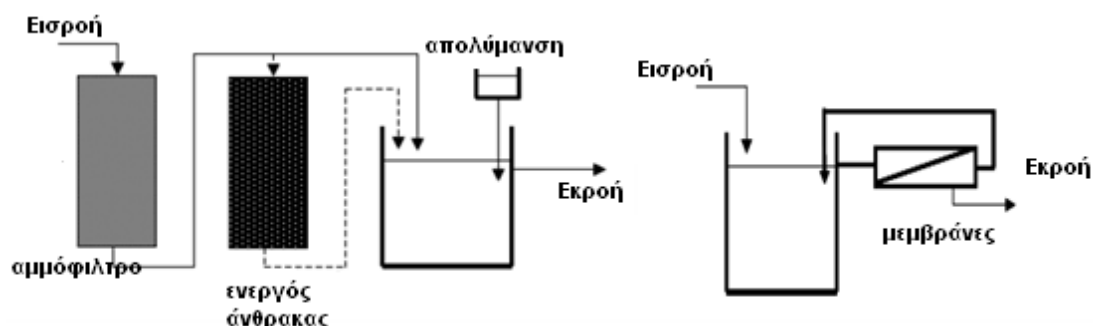
Εικόνα 3.30 : Σύστημα “Cyprobell” σε κατοικία (Πηγή : Hydranos Ltd)

3.3.3 Φυσικά συστήματα

Τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας μπορούν να χωριστούν σε δυο υποκατηγορίες :

- Τα συστήματα με αμμόφιλτρα και
- Τα συστήματα με μεμβράνες (Pidou et al., 2007)

Πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι ότι η λειτουργία τους δεν διαταράσσεται από πιθανές μεταβολές στη χημική σύσταση του γκρίζου νερού όπως τα βιολογικά συστήματα, που στηρίζονται στο μεταβολισμό μικροοργανισμών (Jefferson et al. 1999). Στην εικόνα 3.31 που ακολουθεί παρουσιάζονται τυπικές διατάξεις φυσικών συστημάτων.



Εικόνα 3.31 : Τυπικές διατάξεις φυσικών συστημάτων (Προέλευση : Pidou et al., 2007, μετά από προσαρμογή)

3.3.3.1 Αμμόφιλτρα

Τα αμμόφιλτρα χρησιμοποιούνται αυτοτελώς ή σε συνδυασμό με κάποιο στάδιο απολύμανσης ή με ενεργό άνθρακα και κάποια μέθοδο απολύμανσης (Hypes et al., 1975, CHMC, 2002, Prathapar et al, 2006). Όταν χρησιμοποιούνται ως μοναδικό σύστημα επεξεργασίας, τα αμμόφιλτρα πραγματοποιούν χονδροειδή διήθηση του γκρίζου νερού. Όμοια με τις απλές τεχνολογίες, τα αμμόφιλτρα επιτυγχάνουν περιορισμένη μόνον επεξεργασία των διαφορετικών κλασμάτων του οργανικού φορτίου που υπάρχουν στο γκρίζο νερό. Όταν η χρήση φίλτρων συνδυάζεται με ένα στάδιο απολύμανσης, η παράμετρος που ευνοείται είναι η απομάκρυνση μικροοργανισμών. Οι Hypes et al. (1975) διερεύνησαν την επεξεργασία γκρίζου νερού που προέρχεται από το μπάνιο και το πλυντήριο με μια διάταξη που περιλάμβανε ένα χωμάτινο φίλτρο και χλωρίωση. Παρατήρησαν μικρή βελτίωση στη

θολότητα και στα αιωρούμενα στερεά με ποσοστά απομάκρυνσης που κυμαίνονταν στο 47% και 16% αντίστοιχα. Όμως, το σύστημα παρουσίασε υψηλά ποσοστά απομάκρυνσης των ολικών κολοβακτηριδίων με τελική συγκέντρωση τα 34 cfu/100 ml.

Ωστόσο, η μελέτη της βιβλιογραφίας έδειξε ότι η χρήση αμμόφιλτρων με ενεργό άνθρακα δεν οδηγεί σε σημαντική αύξηση της απόδοσης που αφορά στην απομάκρυνση στερεών, αν και υπάρχουν αναφορές για χαμηλά επίπεδα ολικών κολοβακτηριδίων που κυμαίνονται από 0 – 4 cfu/100ml (Hypes et al., 1975, Prathapar et al., 2006).

3.3.3.2 Μεμβράνες

Τα συστήματα μεμβρανών παρέχουν ένα μόνιμο φραγμό για τα αιωρούμενα στερεά με μέγεθος μεγαλύτερο από το μέγεθος των πόρων του μεμβρανικού υλικού, το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από 0,5 μm για τις μεμβράνες μικροδιήθησης έως και μεγέθη πόρων που αγγίζουν τις μοριακές διαστάσεις στην περίπτωση των μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης. Το επεξεργασμένο νερό εμφανίζει γενικά εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις θολότητας ενώ τα ολικά κολοβακτηρίδια είναι κάτω από τα ανιχνεύσιμα όρια. Όμως, το μειονέκτημα των συστημάτων μεμβρανών είναι οι υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις για την εξασφάλιση της απαραίτητης πίεσης (συνήθως 2 bar) (Jefferson et al., 1999).

Απομακρύνσεις έως και 100% έχουν αναφερθεί για τη θολότητα και τα αιωρούμενα στερεά, με αντίστοιχες υπολειμματικές συγκεντρώσεις 2 NTU για τη θολότητα και κάτω από 10 mg/l για τα αιωρούμενα στερεά (επαρκείς τιμές για αυστηρά όρια προδιαγραφών επαναχρησιμοποίησης) (Pidou et al., 2007). Αντίθετα, ο Birks (1998) και οι Sostar – Turk et al. (2005) ανέφεραν τιμές υπολειπόμενου BOD 86 mg/l και 53 mg/l αντίστοιχα – τιμές πάνω από τα επιτρεπτά όρια για επαναχρησιμοποίηση – έπειτα από επεξεργασία με μεμβράνες υπερδιήθησης (Pidou et al., 2007).

Το μέγεθος των πόρων της μεμβράνης παίζει σημαντικό ρόλο στο βαθμό επεξεργασίας του γκρίζου νερού (Pidou et al., 2007). Οι Rammon et al. (2004) συνέκριναν τη λειτουργία της νανοδιήθησης (0,2 kDa) με την αντίστοιχη λειτουργία τριών μεμβρανών υπερδιήθησης (μεγέθη πόρων 30, 200 & 400 kDa) στην επεξεργασία γκρίζου νερού από ντουζιέρα. Η επεξεργασία ήταν καλύτερη όσο μικρότερος ήταν ο πόρος της χρησιμοποιούμενης μεμβράνης, ειδικά αναφορικά με την απομάκρυνση οργανικών ενώσεων. Ομοίως, οι Sostar – Turk et al. (2005) διερεύνησαν τη χρήση μεμβρανών υπερδιήθησης (0,05 μm) σε συνδυασμό με μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης για την επεξεργασία γκρίζου νερού πλυντηρίων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μεμβράνη αντίστροφης όσμωσης πέτυχε μεγαλύτερη απομάκρυνση βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου και αιωρούμενων στερεών σε σχέση με την αντίστοιχη της υπερδιήθησης.

Πολύ λίγες πληροφορίες είναι διαθέσιμες σχετικά με την απομάκρυνση μικροοργανισμών με τη χρήση μεμβρανών. Εντούτοις, οι Jefferson et al.(1999) ανέφεραν μια μείωση των ολικών κολοβακτηριδίων κατά τρεις τάξεις μεγέθους στην επεξεργασία γκρίζου νερού με μεμβράνες μικροδιήθησης. Αυτό αποκαλύπτει ότι οι μεμβράνες είχαν περιορισμένη επίδραση στη μείωση των μικροοργανισμών (Pidou et al., 2007).

Το κυριότερο θέμα που αφορά την επεξεργασία με μεμβράνες είναι η έμφραξη. Το γεγονός αυτό έχει αντίκτυπο στη λειτουργία του συστήματος και επίσης αυξάνει το κόστος συντήρησης καθώς, κάποια στιγμή πρέπει να γίνει καθαρισμός των μεμβρανών. Αποτελέσματα μελετών δείχνουν ότι δεν παρατηρείται έμφραξη σε μεμβράνες επεξεργασίας γκρίζου νερού με μικρό χρόνο λειτουργίας (Sostar – Turk et al., 2005, Ahn et al., 1998). Επίσης, οι Nghiem et al. (2006) που διερεύνησαν την έμφραξη μεμβρανών υπερδιήθησης, παρατήρησαν ότι αυτή αυξάνεται γραμμικά με τη συγκέντρωση του οργανικού υλικού στο προς επεξεργασία νερό.

Για τον περιορισμό της έμφραξης, το στάδιο της διήθησης από μεμβράνες θα πρέπει να έπεται ενός σταδίου προεπεξεργασίας όπως για παράδειγμα, εσχάρωση ή αμμόφιλτρο. Ο Ward (2000) μελέτησε μια διεργασία που συνδυάζει και τις δυο κατηγορίες φυσικών μεθόδων (αμμόφιλτρα και μεμβράνες) με απολύμανση για την επεξεργασία γκρίζου νερού με χαμηλό ρυπαντικό φορτίο. Με τελική συγκέντρωση βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου 8 mg/l και μη – ανιχνεύσιμα επίπεδα θολότητας και *E. coli*, η λειτουργία του συστήματος θεωρήθηκε ότι ανταποκρίνεται στις αυστηρές προδιαγραφές που ορίζει η επαναχρησιμοποίηση. Το υψηλό επίπεδο επεξεργασίας στην περίπτωση αυτή ήταν εφικτό λόγω της επαλληλίας των διεργασιών. Πράγματι, το αμμόφιλτρο αποτέλεσε ένα στάδιο προεπεξεργασίας που απομάκρυνε τα μεγαλύτερα σωματίδια του γκρίζου νερού. Περαιτέρω επεξεργασία επιτυγχάνεται με τις μεμβράνες και το στάδιο της απολύμανσης (Pidou, 2006).

Στον πίνακα 3.11 που ακολουθεί δίνονται κάποιες τιμές ποιοτικών παραμέτρων εισροής και εκροής διαφόρων φυσικών συστημάτων.

Πίνακας 3.11 : Ποιοτικές παράμετροι εισροής & εκροής φυσικών συστημάτων επεξεργασίας

Τόπος	Είδος κατοικίας/εφαρμογή	Διάταξη	Χρόνος παραμονής/παροχή εισόδου	COD (mg/l)		BOD (mg/l)		Θολότητα (NTU)		Αιωρούμενα στερεά SS (mg/l)		Ολικά κολοβακτηρίδια (E. coli) cfu/100 ml	
				ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ
Ιαπωνία	Κατοικία/Αρδευση κήπου	Χωμάτινο φίλτρο	0,086 m ³ /m ² /d	271	42	477	166	-	-	105	23	-	-
Καναδάς	Διαμέρισμα/Καθαρισμός τουαλέτας	Εσχάρωση + Καθίζηση + Πολυστρωματικό φίλτρο + Οζόνωση	1 m ³ /d	-	-	130	-	82	26	67	21	8,870 (E.coli)	8 (E.coli)
Η.Β.	Πιλοτική κλίμακα	Αμμόφιλτρο + Μembrάνες + Απολύμανση	4,37 m ³ /d	65	18	23	8	18	0	-	-	5x10 ³ (E.coli)	0 (E.coli)
Ισραήλ	Εργαστηριακή κλίμακα	Μembrάνες υπερδιήθησης (400 kDa)	-	146	80	-	-	18	1.4	-	-	-	-
		Μembrάνες υπερδιήθησης (200 kDa)	-	146	74	-	-	17	1	-	-	-	-
		Μembrάνες υπερδιήθησης (30 kDa)	-	165	51	-	-	24	0.8	-	-	-	-
Σλοβενία	Πιλοτική κλίμακα	Μembrάνες νανοδιήθησης	-	226	15	-	-	30	1	28	0	-	-
		Μembrάνη αντίστροφης όσμωσης	-	130	3	86	2	-	-	18	8	-	-
		Μembrάνη υπερδιήθησης	-	280	130	195	86	-	-	35	18	-	-
Η.Π.Α.	Πιλοτική κλίμακα	Χονδροειδής διήθηση + αντίστροφη όσμωση + Απολύμανση	-	-	-	-	10	0	-	-	-	-	
Η.Β.	Πιλοτική κλίμακα	Μembrάνη υπερδιήθησης	-	451	117	274	53	-	-	-	-	-	-

Φυσικά συστήματα που κυκλοφορούν στην αγορά : Στους πίνακες 3.12, 3.13 και 3.14 που ακολουθούν παρουσιάζονται ορισμένα φυσικά συστήματα που κυκλοφορούν στην αγορά.

Πίνακας 3.12 : Χαρακτηριστικά αμμόφιλτρου βαρύτητας

Όνομασία συστήματος	Αμμόφιλτρο βαρύτητας
Δυναμικότητα	7 m ³ /h (μικρότερη παροχή που διέρχεται)
Περιγραφή συστήματος	<p>Τα φίλτρα κατασκευάζονται από διάφορα υλικά όπως :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ανοξείδωτος χάλυβας • χάλυβας • οπλισμένο σκυρόδεμα
Λειτουργία	<p>Το αποθηκευμένο γκρίζο νερό εισέρχεται στο δοχείο (ή άλλη κατασκευή που περιέχει το υλικό διήθησης) με βαρύτητα και καθώς διέρχεται μέσα από το υλικό (που μπορεί να είναι άμμος, ανθρακίτης, χαλίκι ή και συνδυασμός δυο υλικών) συγκρατείται ένα μέρος των στερεών και του οργανικού φορτίου που περιέχονται στο γκρίζο νερού. Επίσης, παγιδεύονται και κάποιοι μικροοργανισμοί μαζί με τα στερεά.</p>
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	<p>Δεν απαιτούνται :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Χειροκίνητη ρύθμιση (Το φίλτρο λειτουργεί αυτόματα - δε χρειάζεται καμία επιτήρηση και κανένα χειρισμό). • Ηλεκτρική ενέργεια. • Αντλίες αντίστροφης πλύσης. • Αεροσυμπιεστές. • Ανταλλακτικά (Δεν υπάρχουν μηχανικά ή ηλεκτρικά εξαρτήματα, για να συντηρηθούν ή να αντικατασταθούν).
Ενεργειακές απαιτήσεις	Μηδενικές απαιτήσεις
Απαιτήσεις συντήρησης	Συχνότητα πλύσης 10 ~ 40 h
Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος	<ul style="list-style-type: none"> • Απώλειες 1,2 ~ 1,5m • Αιωρούμενα στερεά εξόδου 0 ~ 5mg/l
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	Το κόστος ποικίλει ανάλογα με τη δυναμικότητα του συστήματος.

Πηγή : <http://www.sanico.gr>

Στην παρακάτω εικόνα 3.32 παρουσιάζεται η διάταξη ενός αμμόφιλτρου επεξεργασίας.



Εικόνα 3.32 : Αμμόφιλτρο βαρύτητας (Πηγή : <http://www.sanico.gr>)

Πίνακας 3.13 : Χαρακτηριστικά αμμόφιλτρου “AS 300/T”

Όνομασία συστήματος	Αμμόφιλτρο “AS 300/T”
Δυναμικότητα	3,2 m ³ /h (παροχή λειτουργίας)
Περιγραφή συστήματος	Το αμμόφιλτρο περιβάλλεται εξωτερικά από σώμα από <i>fiberglass</i> , ενώ το πολυστρωματικό φίλτρο στο εσωτερικό αποτελείται από χαλαζιακή άμμο διαφόρων κοκκομετριών και μία στρώση ανθρακίτη. Το σύστημα διαθέτει επίσης, μονάδα ελέγχου, για τον έλεγχο της πίεσης και τη ρύθμιση της διαδικασίας πλύσης (μπορεί να γίνει επιλογή της μέρας και της ώρας που θα αρχίσει η αντίστροφη πλύση του φίλτρου). Είναι απαραίτητη η ύπαρξη πίεσης νερού (2 - 6 bar) για να ολοκληρωθεί η αντίστροφη πλύση. Το αποτέλεσμα είναι η άριστη διήθηση των αιωρούμενων στερεών. Η παροχή έκπλυσης είναι 4,8 m ³ /h και η μέγιστη παροχή που μπορεί να διέλθει από το φίλτρο 6,4 m ³ /h. Το δοχείο άλμης έχει χωρητικότητα 150 lt και επιδέχεται συνδέσεις 1”.
Λειτουργία	Το γκρίζο νερό διέρχεται από το πολυστρωματικό φίλτρο και ένα μέρος των στερεών που περιέχονται σε αυτό κατακρατούνται. Με την πάροδο του χρόνου το πορώδες του φίλτρου μειώνεται συνεχώς, οπότε εντείνεται η ανάγκη έκπλυσης.
Ενεργειακές απαιτήσεις	Τροφοδοσία: 220 Vac / 12 Vac, 50 Hz, 10W
Απαιτήσεις συντήρησης	Η λειτουργία έκπλυσης ρυθμίζεται αυτόματα μέσω της μονάδας ελέγχου.
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	150 – 200 €

Πηγή : <http://www.nobelitaly.it>

Στην εικόνα 3.33 που ακολουθεί παρουσιάζεται μια συσκευή αμμόφιλτρου για την επεξεργασία γκρίζου νερού.



Εικόνα 3.33 : Αμμόφιλτρο (Πηγή : <http://www.nobelitaly.it>)

Πίνακας 3.14 : Χαρακτηριστικά συστήματος μεμβρανών υπερδιήθησης

Όνομασία συστήματος	Μεμβράνες υπερδιήθησης (UF)
Δυναμικότητα	1 – 2 m ³ /d
Περιγραφή συστήματος	Το σύστημα αποτελείται από το κυλινδρικό στοιχείο που περιέχει τις μεμβράνες υπερδιήθησης, ενώ για τη λειτουργία τους είναι απαραίτητα μια αντλία και ένα πιεστικό.
Λειτουργία	Το ανεπεξέργαστο γκρίζο νερό αντλείται από τη δεξαμενή όπου συγκεντρώνεται (μετά από επεξεργασία ή όχι) και οδηγείται στη συσκευή μεμβρανών. Η μεμβράνη είναι διαπερατή σε ορισμένες μόνο ουσίες που περιέχονται σε αυτό ενώ κατακρατά πρωτεΐνες, ιούς, βακτηρίδια αλλά και άλλες ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους. Οι μεμβράνες υπερδιήθησης έχουν διάμετρο πόρων που κυμαίνεται από 0,001 μm έως 0,2 μm. Η ροή του ανεπεξέργαστου νερού γίνεται κατά τον άξονα του στοιχείου, ενώ η

	<p>διήθηση γίνεται ακτινικά και το διήθημα εξέρχεται από τα τοιχώματα της συσκευής. Κατά τη διαδικασία έκπλυσης, διοχετεύεται νερό μέσα από τις μεμβράνες, και η εκροή που περιέχει τις συσσωρευμένες ενώσεις στα τοιχώματα των μεμβρανών απορρίπτεται από μια δεύτερη βαλβίδα που βρίσκεται κατά μήκος του άξονα της συσκευής. Το πιεστικό μηχάνημα απαιτείται προκειμένου να αποφεύγεται η συνεχής λειτουργία της αντλίας και οι πολλές εκκινήσεις που οδηγούν στη φθορά.</p>
Ενεργειακές απαιτήσεις	<p>Η εγκατεστημένη ισχύς ενός οικιακού συστήματος υπερδιήθησης είναι 50 – 100 W.</p> <p>Κατανάλωση 1,2 kWh/d για 12ωρη λειτουργία</p>
Απαιτήσεις συντήρησης	<p>Απαίτηση έκπλυσης μετά την πάροδο ορισμένου χρονικού διαστήματος που ορίζεται από τον κατασκευαστή.</p>
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	2,280 €

Πηγή : ΥΔΡΟΔΙΑΣΤΑΣΗ

Η εικόνα 3.34 παρουσιάζει μια διάταξη μεμβρανών υπερδιήθησης που κυκλοφορεί στην αγορά και προορίζεται για οικιακή χρήση.



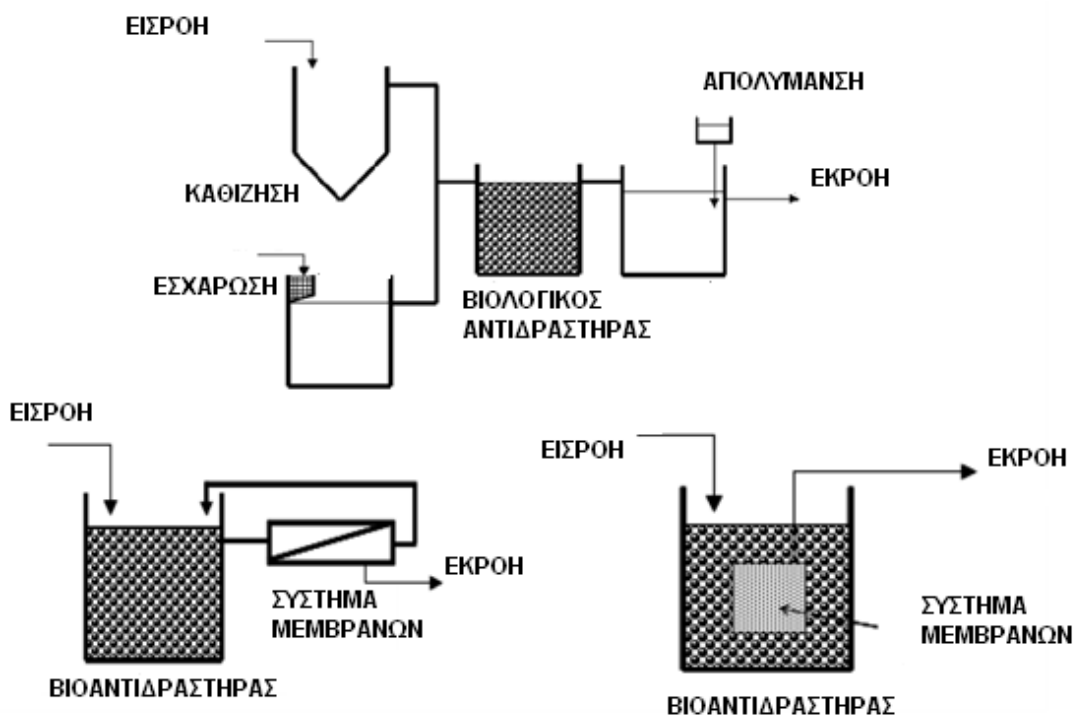
Εικόνα 3.34 : Συσκευή μεμβρανών υπερδιήθησης (UF) (Πηγή : <http://www.cwc.co.z>)

3.3.4 Βιολογικά συστήματα

Μια μεγάλη ποικιλία βιολογικών διεργασιών έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανακύκλωση γκρίζου νερού. Βιολογικές διεργασίες πραγματοποιούνται στα παρακάτω συστήματα :

- αντιδραστήρες σταθερής κλίνης
- συστήματα βιολογικών δίσκων
- αναερόβια φίλτρα
- συστήματα διακοπτόμενης λειτουργίας (SBR)
- βιοαντιδραστήρες μεμβρανών (MBR)
- αερόβια βιολογικά φίλτρα (Pidou et al., 2007)

Στην εικόνα 3.35 που ακολουθεί παρουσιάζονται ορισμένες τυπικές διατάξεις βιολογικών συστημάτων.



Εικόνα 3.35 : Τυπικές διατάξεις βιολογικών συστημάτων (Προέλευση : Pidou et al., 2007, μετά από προσαρμογή)

Τα βιολογικά συστήματα σπάνια χρησιμοποιούνται αυτοτελώς. Στις περισσότερες περιπτώσεις που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, οι βιολογικές διεργασίες έπονται κάποιων φυσικών διεργασιών – όπως η καθίζηση ή η εσχάρωση - που αποτελούν το στάδιο της προεπεξεργασίας, και ακολουθούνται από κάποιο είδος απολύμανσης. Συνδυάζονται επίσης και με αμμόφιλτρα, ενεργό άνθρακα, τεχνητούς υγροβιότοπους και μεμβράνες (Pidou et al., 2007).

Οι υδραυλικοί χρόνοι παραμονής στα βιολογικά συστήματα κυμαίνονται από 0,8 ώρες έως 2,8 ημέρες. Μεγαλύτεροι χρόνοι παραμονής παρατηρούνται σε συστήματα που επεξεργάζονται γκρίζο νερό με μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ρύπων όπως είναι η εκροή του πλυντηρίου ή και μικτές γκρίζες εκροές. Ωστόσο, ο μέσος χρόνος παραμονής σε ένα βιολογικό σύστημα είναι περίπου 19 ώρες. Η οργανική φόρτιση έχει βρεθεί ότι κυμαίνεται από 0,10 Kg/m³/d έως 7,49 Kg/m³/d για το COD και για το BOD μεταξύ 0,08 Kg/m³/d και 2,38 Kg/m³/d.

Ανεξάρτητα από τον αριθμό και το είδος των διεργασιών, όλα τα σχήματα βιολογικής επεξεργασίας που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία, πέτυχαν εξαιρετική απομάκρυνση οργανικών και στερεών. Όλα τα συστήματα - εκτός από δυο – έδωσαν τελικές συγκεντρώσεις BOD (κάτω από 10 mg/l) κάτω από τα αυστηρά όρια των προδιαγραφών επαναχρησιμοποίησης. Οι τιμές θολότητας ήταν κάτω από 8 NTU για όλα τα συστήματα που εξετάστηκαν και σε όλα τα συστήματα – εκτός από ένα – η συγκέντρωση αιρούμενων στερεών στην εκροή ήταν κάτω από 15 mg/l (Pidou et al., 2007).

Αναφορικά με την απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών, στα συστήματα που περιλάμβαναν και στάδιο απολύμανσης, η μείωση των παθογόνων ήταν σημαντική και συγκεκριμένα, 5,2 – log η απομάκρυνση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων και 4,8 – log η απομάκρυνση των ολικών κολοβακτηριδίων. Οι τελικές συγκεντρώσεις ολικών και περιττωματικών κολοβακτηριδίων ήταν κάτω από 20 cfu/100 ml. Επίσης, μόνο τα συστήματα με αντιδραστήρες μεμβρανών βρέθηκε ότι επιτυγχάνουν πολύ καλά επίπεδα συγκεντρώσεων μικροοργανισμών χωρίς τη μεσολάβηση σταδίου απολύμανσης. Ακόμη, τα ίδια συστήματα είχαν πολύ καλή απόδοση και στην απομάκρυνση των στερεών και των οργανικών του γκρίζου νερού (Pidou et al., 2007).

Στους παρακάτω πίνακες 3.15 και 3.16 παρουσιάζονται ορισμένες ποιοτικές παράμετροι εισροής και εκροής βιολογικών συστημάτων όπως αντλήθηκαν από βιβλιογραφικές πηγές.

Πίνακας 3.15 : Ποιοτικές παράμετροι εισροής & εκροής βιολογικών συστημάτων (1)

Τόπος	Είδος κατοικίας/εφαρμογή	Διάταξη	Χρόνος παραμονής / παροχή εισόδου	COD (mg/l)		BOD (mg/l)		Θολότητα (NTU)		Αιωρούμενα στερεά SS (mg/l)		Ολικά κολοβακτηρίδια (E. coli) cfu/100 ml	
				ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ
Ιαπωνία	Κατοικία	Αναερόβιο φίλτρο + Βυθισμένο φίλτρο + Καθίζηση + Απολύμανση	1,375 m ³ /d	-	11	-	8	-	-	-	6	-	-
Κορέα	Πιλοτική κλίμακα	SBR + μεμβράνες μικροδιήθησης	13 h/ 1,2 m ³ /d	79	30	5	5	-	-	185	-	-	-
Κίνα	Πιλοτική κλίμακα	Εσχάρωση + βιοαντιδραστήρας μεμβρανών	3,6 h	130 - 322	< 40	99 - 212	< 5	146 - 185	< 1	15 - 50	0	-	Μη - ανιχνεύσιμα
Ισραήλ	Φοιτητικές εστίες/ Καθαρισμός τουαλέτας	Εσχάρωση + περιστρεφόμενοι βιοδίσκοι + Καθίζηση + Αμμόφιλτρο + Απολύμανση	~ 18 h	158	40	59	2	33	1	43	8	6 x 10 ⁵ (FC)	1 (FC)
Ισραήλ	Φοιτητικές εστίες/ Καθαρισμός τουαλέτας	Εσχάρωση + βιοαντιδραστήρας μεμβρανών + Απολύμανση	~ 18 h	206	47	95	1	80	0	103	13	3 x 10 ⁵ (FC)	27 (FC)
Ιορδανία	Κατοικία/ Άρδευση κήπου	Καθίζηση + Αναερόβιο φίλτρο	1 – 2 d	-	-	-300 - 1200	375	-	-	-	107	-	-
Γερμανία	Διαμέρισμα/ Καθαρισμός τουαλέτας	Καθίζηση + Περιστρεφόμενοι βιοδίσκοι + Απολύμανση UV	2,1 m ³ /d	100 - 200	-	43 - 85	< 4	-	-	-	-	10 ⁴ - 10 ⁵	< 10 ⁴
Γερμανία	Κατοικία/ Καθαρισμός τουαλέτας	Αντιδραστήρας Ρευστοποιημένης Κλίνης + Απολύμανση UV	0,04 m ³ /d	113 - 633	-	60 - 256	< 4	-	-	-	-	10 ³ - 10 ⁵	< 10 ⁴
Φινλανδία	Διαμέρισμα/ Καθαρισμός τουαλέτας	Αερόβιο βιοφίλτρο + Απολύμανση UV	-	8000	75	-	-	-	-	-	-	1x10 ⁶ (FC)	20 (FC)
Αυστραλία	Κατοικία/ Καθαρισμός τουαλέτας – πλυντήριο ρούχων - άρδευση	Εσχάρωση + Βιοφίλμ + Απολύμανση UV	-	-	-	-	9	-	6	-	9	-	0 (FC)

Προέλευση : Pidou et al. (2007), μετά από προσαρμογή

Πίνακας 3.16 : Ποιοτικές παράμετροι εισροής & εκροής βιολογικών συστημάτων (2)

Τόπος	Είδος κατοικίας/εφαρμογή	Διάταξη	Χρόνος παραμονής/παροχή εισόδου	COD (mg/l)		BOD (mg/l)		Θολότητα (NTU)		Αιωρούμενα στερεά SS (mg/l)		Ολικά κολοβακτηρίδια (E. coli) cfu/100 ml	
				ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ
Αυστραλία	Κατοικία/ Καθαρισμός τουαλέτας – εξωτερική χρήση	Σηπτική δεξαμενή + Αμμόφιτρο + Απολύμανση UV	-	-	-	97	6	-	1	48	3	2x10 ⁵	9
Νορβηγία	Κατοικία/ Άρδευση κήπου	Σηπτική δεξαμενή + Αερόβιο βιοφιτρο + Τεχνητός υγροβιότοπος	-	-	62	-	<10 (BOD ₇)	-	-	-	-	-	< 100
Γερμανία	Πιλοτική κλίμακα	Βιοαντιδραστήρας μεμβρανών	10 h	493	24	-	-	-	-	7	4	-	-
H.B.	Πιλοτική κλίμακα	Αερόβιο βιολογικό φίλτρο	4 h/ 0,4 m ³ /m ² /h	363	80	131	5	-	-	109	8	-	-
H.B.	Φοιτητική κατοικία/ Καθαρισμός τουαλέτας	Βιολογικός αντιδραστήρας + Αμμόφιτρο + κοκκώδης ενεργός άνθρακας + Απολύμανση	263 m ³ /y	201	62	-	-	212	5	-	-	7x10 ⁵	3
H.B.	Πιλοτική κλίμακα	Αερόβιο βιολογικό φίλτρο	3,7 h/ 0,328 m ³ /d	128	13	41	4	-	3	52	6	2x10 ⁶	2x10 ⁴
H.B.	Πιλοτική κλίμακα	Βιοαντιδραστήρας μεμβρανών (βυθισμένες μεμβράνες)	13,6 h/ 0,071 m ³ /d	128	7	41	1	-	4	52	4	2x10 ⁶	2
H.B.	Πιλοτική κλίμακα	Αερόβιος βιοαντιδραστήρας μεμβρανών	0,8 h/ 0,225 m ³ /d	128	17	41	9	-	7	52	13	2x10 ⁶	2x10 ⁴
H.B.	Πιλοτική κλίμακα	Αερόβιο βιολογικό φίλτρο + Μεμβράνες υπερδιήθησης	1,2 h	80	6	-	-	25	0	52	1	6x10 ⁵	< 1
H.B.	Πιλοτική κλίμακα	Βιολογικός αντιδραστήρας + Αμμόφιτρο + Κοκκώδης ενεργός άνθρακας	2,88 m ³ /d	34	12	21	2	20	1	-	-	2x10 ²	< 1

Προέλευση : Pidou et al. (2007), μετά από προσαρμογή

Οι Jefferson et al.(1999) ανέφεραν ότι σε μικρή κλίμακα, οι συνεχείς διακυμάνσεις του ρυπαντικού φορτίου και της ροής του προς επεξεργασία γκρίζου νερού καθώς και οι υπερβολικές φορτίσεις μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στη λειτουργία των τεχνολογιών που βασίζονται σε βιολογικές μεθόδους. Επίσης, έπειτα από πειράματα διαπίστωσαν ότι τα αερόβια βιολογικά συστήματα επηρεάζονται από μικρές ή μεγάλες παύσεις του αερισμού. Ο Laine (2000) εξέτασε την επίδραση κάποιων οικιακών προϊόντων στη βιομάζα ενός αντιδραστήρα μεμβρανών και διαπίστωσε ότι προϊόντα όπως τα λευκαντικά, η καυστική σόδα, οι αρωματικές ύλες, τα φυτικά έλαια και η απορρυπαντική σκόνη είναι τοξικά για τους μικροοργανισμούς ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις.

Βιολογικά συστήματα που κυκλοφορούν στην αγορά : Στους πίνακες 3.17 – 3.25 που ακολουθούν παρουσιάζονται ορισμένα βιολογικά συστήματα που κυκλοφορούν στην αγορά.

Πίνακας 3.17 : Χαρακτηριστικά συστήματος βιολογικών δίσκων “ΕΚΟΛ”

Ονομασία συστήματος	Σύστημα βιολογικών δίσκων “ΕΚΟΛ”
Δυναμικότητα	<ul style="list-style-type: none"> • 1,3 m³/d • Εξυπηρέτηση 8 Ι.Κ.
Περιγραφή συστήματος	<p>Διαστάσεις του συστήματος : 1,50 m (μήκος) x 2,16 m (πλάτος) x 2,00 m (ύψος).</p> <p>Περιστροφή βιοδίσκου : 5,2 στροφές / min</p> <p>Επιφάνεια βιοδίσκου : 98 m²</p>
Λειτουργία	<p>Το σύστημα “ΕΚΟΛ” λειτουργεί σαν μια μηχανική μονάδα αερόβιας επεξεργασίας των εισερχόμενων λυμάτων. Η επεξεργασία που λαμβάνει χώρα εντός της συμπαγούς μονάδας, περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Πρωτοβάθμια καθίζηση 2. Βιολογική επεξεργασία 3. Δευτεροβάθμια καθίζηση <p>Αρχικά, τα λύματα εισέρχονται στη ζώνη (διπλός θάλαμος) της προεπεξεργασίας όπου και λαμβάνει χώρα η πρωτοβάθμια καθίζηση. Ένα τμήμα του θαλάμου αυτού προορίζεται για την αναερόβια σταθεροποίηση, πάχυνση και αποθήκευση της</p>

	<p>λάσπης. Στη φάση αυτή η αποδόμηση του BOD είναι της τάξης του 30%. Στη συνέχεια, τα προεπεξεργασμένα λύματα εισέρχονται στη ζώνη της βιολογικής επεξεργασίας όπου χρησιμοποιείται η καινοτόμος μέθοδος TF/SC. Με βάση αυτή τη μέθοδο, η επεξεργασία του γκρίζου νερού πραγματοποιείται από μικροοργανισμούς. Συγκεκριμένα, υπάρχει ένας τύπος βακτηρίων που βρίσκονται προσκολλημένα στο βιοδίσκο, και ένας δεύτερος τύπος βακτηρίων σε υγρή κλίση. Με τη μέθοδο αυτή το σύστημα έχει εκροή υψηλής ποιότητας, ακόμα και σε περιπτώσεις υδραυλικών σοκ και μεγάλων διακυμάνσεων φορτίου.</p> <p>Έπειτα, το ενεργό μίγμα από τη ζώνη της βιολογικής επεξεργασίας εισέρχεται στο τμήμα της δευτεροβάθμιας καθίζησης το οποίο συνδέεται με τη ζώνη της βιολογικής επεξεργασίας στο πάνω και στο κάτω τμήμα του. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η απομάκρυνση της περίσσειας ιλύος από τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης και η επανάντλησή της στη δεξαμενή της πρωτοβάθμιας καθίζησης όπου αναμιγνύεται με τα εισερχόμενα λύματα. Τέλος, τα επεξεργασμένα λύματα εξέρχονται από τη δεξαμενή της δευτεροβάθμιας καθίζησης.</p>
Ενεργειακές απαιτήσεις	<p>Εγκατεστημένη ισχύς : 120 W</p> <p>Κατανάλωση 2,9 kWh/d για 24ωρη λειτουργία</p>
Απαιτήσεις συντήρησης	<ul style="list-style-type: none"> • Εκκένωση της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης 1 φορά/ έτος
Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος	<p>Για εισερχόμενα λύματα με BOD < 400 mg/l και COD = 800 mg/l :</p> <ul style="list-style-type: none"> • BOD < 20 mg/l (η αποδόμηση του BOD με βιολογική επεξεργασία φτάνει στο 95%) <ul style="list-style-type: none"> • SS < 35mg/l • NH₄-N < 10 mg/l
Κόστος	<p>Ανεπαρκή στοιχεία</p>

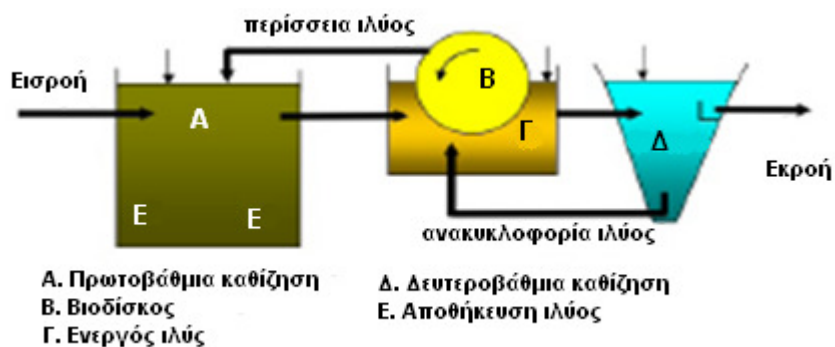
Πηγή : <http://www.envima.gr>

Η εικόνα 3.36 που ακολουθεί δίνει μια άποψη του εξωτερικού και του εσωτερικού του συστήματος των βιολογικών δίσκων.



Εικόνα 3.36 : Σύστημα βιοδίσκων “EKOL” (Πηγή : <http://www.envima.gr>)

Η παρακάτω εικόνα 3.37 αναπαριστά περιγραφικά τη λειτουργία του συστήματος , όπως αναφέρθηκε παραπάνω.



Εικόνα 3.37 : Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας συστήματος βιοδίσκων “EKOL” (Πηγή : <http://www.envima.gr>)

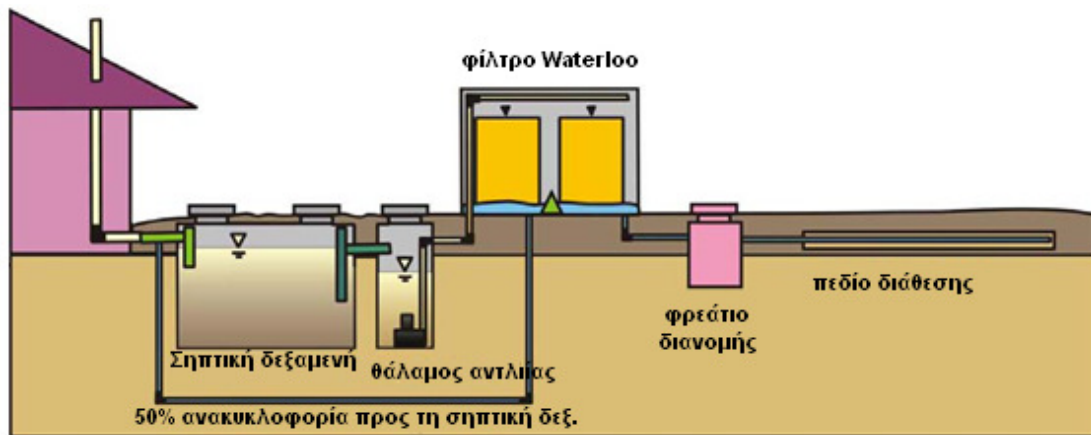
Πίνακας 3.18 : Χαρακτηριστικά φίλτρου “Waterloo”

Όνομασία συστήματος	Αερόβιο βιολογικό φίλτρο “Waterloo”
Δυναμικότητα	Ανεπαρκή στοιχεία
Περιγραφή συστήματος	Το σύστημα περιλαμβάνει την αντλία (που μεταφέρει τα λύματα από τη σηπτική δεξαμενή προς το θάλαμο όπου βρίσκεται το βιολογικό φίλτρο) το βιολογικό φίλτρο στο οποίο αναπτύσσεται η μικροβιακή δράση και την αντλία ανακυκλοφορίας.
Λειτουργία	Η σηπτική δεξαμενή (που προηγείται του συστήματος) επεξεργάζεται τα ακατέργαστα οικιακά λύματα με ζύμωση. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να μην

	<p>απομακρυνθούν τα βακτήρια, που πραγματοποιούν αυτή τη διαδικασία, με τη χρήση υπερβολικής ποσότητας απολυμαντικού. Ένα φίλτρο στην εκροή της σηπτικής δεξαμενής συγκρατεί τα μεγαλύτερα σε μέγεθος κλάσματα στερεών, εξασφαλίζοντας την αποτελεσματική λειτουργία του βιοφίλτρου. Ο θάλαμος της αντλίας συλλέγει τα υγρά απόβλητα από τη σηπτική δεξαμενή που, στη συνέχεια, ψεκάζονται στο βιοφίλτρο σε χρονομετρημένη βάση. Το φίλτρο τοποθετείται σε ειδικό 'καλάθι' με πλέγμα διαμέτρου ανάλογης της καθημερινής παραγωγής αποβλήτων. Ειδικότερα, το βιοφίλτρο "Waterloo" είναι ένα αερόβιο συνθετικό φίλτρο που αποτελεί ένα απορροφητικό μέσο για τη βελτιστοποίηση της βιολογικής αποδόμησης των υγρών αποβλήτων. Η φυσική μικροβιακή δράση στο αφρώδες μέσο του φίλτρου ενισχύεται από το υψηλό πορώδες του, τη μεγάλη διαθέσιμη επιφάνεια και τα εξαιρετικά χαρακτηριστικά ροής του αέρα μέσα από αυτό. Το φίλτρο έχει βελτιστοποιημένα χαρακτηριστικά ροής, τα οποία επιτρέπουν υψηλή φόρτιση.</p>
Ενεργειακές απαιτήσεις	Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος με κόστος US \$86,2/ έτος
Απαιτήσεις συντήρησης	<ul style="list-style-type: none"> • επιθεώρηση των αντλιών, συναγερμών, συστημάτων ελέγχου και των φίλτρων εκροής με κόστος: US \$ 400 /έτος • καθαρισμός πληρωτικού μέσου κάθε 10 - 15 έτη με κόστος : \$ 300 - \$ 800 • τριμηνιαία παρακολούθηση της ποιότητας εκροής με κόστος: \$ 300 (το κόστος αυτό παύει να υφίσταται μετά από 18 μήνες από την εγκατάσταση του συστήματος)
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	<p>Το βιοφίλτρο "Waterloo" μπορεί να τοποθετηθεί πάνω ή κάτω από το έδαφος. Η συνολική έκταση που καταλαμβάνει η μονάδα είναι 6 m².</p>
Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος	<ul style="list-style-type: none"> • BOD₅ : 90 – 98% (<10 mg/l) • TSS : 90 – 99% (<10 mg/l) • TN : 50 -60% (<20 mg/l) <ul style="list-style-type: none"> • TP : (<10 mg/l)
Κόστος	US \$7,350

Πηγή : <http://www.waterloo-biofilter.com/>

Στις εικόνες 3.38 και 3.39 που ακολουθούν παρουσιάζεται η διάταξη του βιοφίλτρου 'Waterloo' και το ίδιο το βιοφίλτρο.



Εικόνα 3.38 : Διάταξη συστήματος επεξεργασίας με βιοφίλτρο "Waterloo" (Πηγή : <http://www.waterloo-biofilter.com>)



Εικόνα 3.39 : Φίλτρο Waterloo (Πηγή : <http://www.waterloo-biofilter.com>)

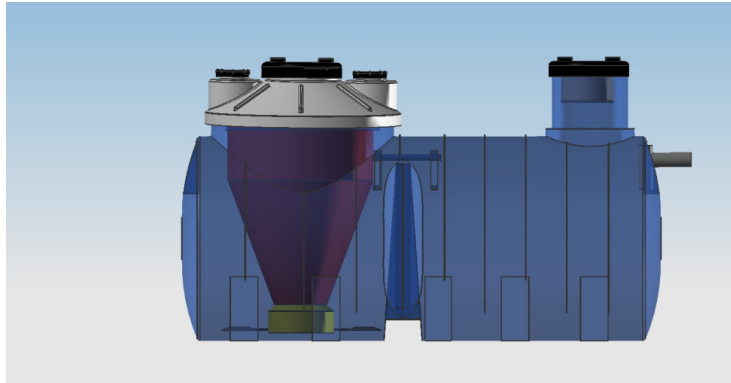
Πίνακας 3.19 : Χαρακτηριστικά συστήματος “Rotosal”

Όνομασία συστήματος	Compact βιολογικός καθαρισμός “Rotosal”
Δυναμικότητα	<ul style="list-style-type: none"> • 0,9 m³/d • Εξυπηρέτηση 6 Ι.Κ. (το μικρότερο σύστημα)
Περιγραφή συστήματος	<p>Το σύστημα αποτελείται από τη μονάδα επεξεργασίας που χωρίζεται σε δυο διαμερίσματα : α) το διαμέρισμα – αντιδραστήρα SBR όπου γίνεται η επεξεργασία των λυμάτων / γκρίζου νερού και β) το διαμέρισμα στο οποίο υπερχειλίζει η επεξεργασμένη εκροή. Το παρόν σύστημα μπορεί να τοποθετηθεί κατάντη υπάρχουσας σηπτικής δεξαμενής ή στην αντίθετη περίπτωση, πρέπει να τοποθετηθεί μια δεξαμενή προεπεξεργασίας πριν από αυτό.</p> <p>Τα διάφορα μέρη του συστήματος είναι κατασκευασμένα από γραμμικό πολυπροπυλένιο μεγάλης αντοχής, που αντέχει σε συνθήκες υπόγειας τοποθέτησης.</p>
Λειτουργία	<p>Το σύστημα επεξεργάζεται τα οικιακά λύματα εφαρμόζοντας την αερόβια μέθοδο βιολογικής επεξεργασίας σε έναν αντιδραστήρα τύπου SBR.</p> <p>Η υποδοχή των οικιακών λυμάτων γίνεται στο θάλαμο πρωτοβάθμιας καθίζησης της δεξαμενής με φυσική ροή λόγω της κατάλληλης κλίσης του σωλήνα απορροής. Στο χώρο αυτό γίνεται η κατακράτηση των μη – βιοδιασπώμενων στερεών (μέταλλα, πλαστικά, πέτρες, λίπη). Ο χώρος αυτός είναι κλειστός και ο αερισμός του γίνεται με την εξαέρωση των σωλήνων της τουαλέτας. Όταν ο θάλαμος αυτός γεμίσει, τότε, τα οργανικά και μικροβιακά φορτισμένα λύματα ρέουν με υπερχειλίση προς το θάλαμο αερισμού ενεργού ιλύος (βιολογικός αντιδραστήρας). Ακολουθεί η φάση της αερόβιας επεξεργασίας που στηρίζεται στο μεταβολισμό των μικροοργανισμών. Η δημιουργία, η ανάπτυξη και η διατήρηση των μικροοργανισμών συντελεί στην αποδόμηση του οργανικού φορτίου των λυμάτων.</p> <p>Η οξυγόνωση επιτυγχάνεται με τη χρήση αεραντλίας κατάλληλης παροχής, ανάλογης του προς επεξεργασία φορτίου, και με τους εμβαπτιζόμενους φυσητήρες (συνήθως δυο). Όταν λειτουργούν οι φυσητήρες, γίνεται η αερόβια επεξεργασία. Όταν ολοκληρώνεται η φάση επεξεργασίας, επέρχεται η φάση ηρεμίας, κατά την οποία γίνεται καθίζηση της ιλύος στον πυθμένα, αφήνοντας μια διαυγή ζώνη επεξεργασμένου νερού. Η επεξεργασμένη εκροή από τη δευτερεύουσα δεξαμενή, η οποία έχει μορφή ανεστραμμένου κώνου, με</p>

	υπερχείλιση απομακρύνεται μέσω του σωλήνα εξόδου.
Ενεργειακές απαιτήσεις	Η εγκατεστημένη ισχύς του αεριστήρα είναι 40 W (για το μικρότερο σύστημα) Κατανάλωση 0,96 kWh/d για 24ωρη λειτουργία
Απαιτήσεις συντήρησης	<ul style="list-style-type: none"> • Εκκένωση του συστήματος επεξεργασίας 1 φορά / έτος (καθαρισμός και επανεκκίνηση) • Εκκένωση της σηπτικής δεξαμενής ή της δεξαμενής προεπεξεργασίας που τοποθετείται ανάντη του συστήματος • Αλλαγή πιάτων αερισμού περίπου ανά 2 έτη • Αν η εκροή καταλήγει σε δεξαμενή συλλογής, απαιτείται περιοδικός έλεγχος καλής λειτουργίας του συστήματος.
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	<ul style="list-style-type: none"> • Υπέργεια ή υπόγεια τοποθέτηση • Εξασφάλιση σταθερού εδάφους τοποθέτησης με στρώση τσιμέντου καθαριότητας.
Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος	<p>Ο βαθμός επεξεργασίας των λυμάτων που επιτυγχάνει το σύστημα είναι σύμφωνα με τον κατασκευαστή μεγαλύτερος από 90%. Ειδικότερα, κάποιες ποιοτικές παράμετροι φαίνονται παρακάτω :</p> <ul style="list-style-type: none"> • BOD₅ < 20 mg/l • COD < 100 mg/l • TSS < 30 mg/l • pH = 6 - 8
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	<ul style="list-style-type: none"> • (Κόστος συστήματος) : 3,690 € • (Κόστος δεξαμενής προεπεξεργασίας) : 150 €

Πηγή : ΣΥΡΜΟΣ - ΛΕΒΑΝΤΗΣ Α.Β.Ε.Ε.

Στην εικόνα 3.40 που ακολουθεί δίνεται η εξωτερική άποψη του παραπάνω συστήματος επεξεργασίας.



Εικόνα 3.40 : Βιολογικό σύστημα “Rotosal” (Πηγή : <http://www.rotosal.gr>)

Πίνακας 3.20 : Χαρακτηριστικά συστήματος “P.Play”

Όνομασία συστήματος	Compact βιολογικός καθαρισμός “P.Play”
Δυναμικότητα	1,2 m ³ /d (για το μικρότερο σύστημα)
Περιγραφή συστήματος	Το σύστημα αποτελείται από μια δεξαμενή στην οποία πραγματοποιείται η επεξεργασία των οικιακών λυμάτων. Στο εσωτερικό της δεξαμενής υπάρχει μια χοανοειδής κατασκευή προκειμένου να μην επηρεάζεται η καθίζηση των στερεών από τη ροή των εισερχόμενων στο σύστημα λυμάτων.
Λειτουργία	Το σύστημα επεξεργάζεται τα οικιακά λύματα με βάση την αρχή της ενεργού ιλύος σε έναν αντιδραστήρα τύπου SBR (εναλλασσόμενων κύκλων λειτουργίας). Η δεξαμενή του συστήματος συνδυάζει πολλαπλές λειτουργίες (αερισμό – αερόβια επεξεργασία – καθίζηση – αναερόβια επεξεργασία) σε ένα χώρο.
Ενεργειακές απαιτήσεις	<ul style="list-style-type: none"> • Εγκατεστημένη ισχύς αεριστήρα 40 W (για το μικρότερο σύστημα) • Κατανάλωση 0,96 kWh/d για 24ωρη λειτουργία
Απαιτήσεις συντήρησης	Είναι πιθανό να απαιτηθεί εκκένωση του συστήματος μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.
Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος	Η απόδοση του συστήματος είναι 97%. Μπορεί να διατεθεί για άρδευση ή να λειτουργεί σε συνεργασία με σηπτική δεξαμενή.
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	4,250 €

Πηγή : Shielco Ltd

Η εικόνα 3.41 παρουσιάζει το βιολογικό σύστημα 'P. Play'.



Εικόνα 3.41 : Σύστημα "P.Play"

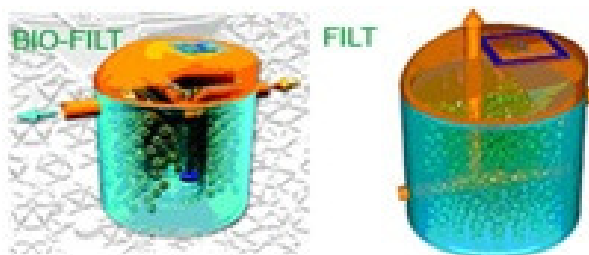
Πηγή : <http://www.shielco.gr/>

Πίνακας 3.21 : Χαρακτηριστικά συστήματος αναερόβιου βιολογικού φίλτρου

Ονομασία συστήματος	Αναερόβιο βιολογικό φίλτρο
Δυναμικότητα	1,000 l/d
Περιγραφή συστήματος	Το σύστημα μπορεί να προσομοιαστεί με δυο ενωμένες δεξαμενές, οι οποίες διαχωρίζονται από το βιολογικό φίλτρο. Οι διαστάσεις του πιο μικρού συστήματος είναι 1,80 m (μήκος) x 1,60 m (πλάτος). Στην περίπτωση που είναι επιθυμητή η επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού θα πρέπει να τοποθετηθεί κατάντη του συστήματος μια δεξαμενή συλλογής.
Λειτουργία	Η επεξεργασία του γκρίζου νερού οφείλεται στη δράση των αναερόβιων μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στο βιολογικό φίλτρο και καταναλώνουν το οργανικό φορτίο αλλά και άλλες ενώσεις που υπάρχουν στο γκρίζο νερό. Από το δεύτερο θάλαμο, το επεξεργασμένο γκρίζο νερό υπερχειλίζει και καταλήγει σε δεξαμενή ή σε κάποιο σύστημα διήθησης.
Ενεργειακές απαιτήσεις	Το σύστημα δεν απαιτεί παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.
Απαιτήσεις συντήρησης	Συντήρηση : 1 φορά / 3 έτη
Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος	Το γκρίζο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υπεδάφιο πότισμα ή να καταλήξει σε κάποιο σύστημα διήθησης.
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	2,091 €

Πηγή : Shielco Ltd

Η εικόνα 3.42 που ακολουθεί δίνει μια άποψη του αναερόβιου βιολογικού φίλτρου που παρουσιάστηκε παραπάνω.



Εικόνα 3.42 : Αναερόβιο βιολογικό φίλτρο (Πηγή : <http://www.shielco.gr>)

Πίνακας 3.22 : Χαρακτηριστικά συστήματος “WEHOPUTS – 5”

Όνομασία συστήματος	<p style="text-align: center;">“WEHOPUTS – 5”</p>
Δυναμικότητα	<ul style="list-style-type: none"> • 750 l/d • Εξυπηρέτηση 5 ισοδύναμων κατοίκων (μικρότερο σύστημα)
Περιγραφή συστήματος	<p>Το σύστημα αποτελείται από μια διθάλαμη δεξαμενή με ενσωματωμένο σύστημα αερισμού, το φίλτρο απομάκρυνσης αιωρούμενων στερεών και τα απαιτούμενα για τη λειτουργία του αντλητικά συστήματα. Οι διαστάσεις του μικρότερου συστήματος είναι : 2,25 m (ύψος) x 2,20 m (μήκος) x 1,20 m (πλάτος). Το μέγεθος του δοχείου των χημικών είναι 50 L.</p>
Λειτουργία	<p>Το σύστημα “Wehoputs” συνδυάζει βιολογικές και χημικές μεθόδους για να επιτύχει την τριτοβάθμια επεξεργασία των οικιακών λυμάτων.</p> <p><u>Στάδιο 1^ο : Συγκέντρωση λυμάτων στη δεξαμενή SBR.</u> Τα λύματα διοχετεύονται στη δεξαμενή συγκέντρωσης χωρίς προηγούμενη επεξεργασία. Στη φάση αυτή, τα λύματα αντλούνται προς τον αντιδραστήρα SBR. Όταν φτάσουν σε καθορισμένη στάθμη, ξεκινά αυτομάτως η διαδικασία της επεξεργασίας.</p> <p><u>Στάδιο 2^ο : Αερόβια επεξεργασία.</u> Ο αεριστήρας με διαδοχική ενεργοποίηση – απενεργοποίηση εμπλουτίζει τα λύματα με οξυγόνο που είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των βακτηρίων (ενεργός ιλύς). Στο τέλος της αερόβιας διαδικασίας ακολουθεί η προσθήκη χημικού διαλύματος προκειμένου να παρακρατηθεί το φωσφορικό φορτίο των λυμάτων με το σχηματισμό φωσφορικού ιζήματος.</p> <p><u>Στάδιο 3^ο : Απομάκρυνση αζώτου.</u> Στο στάδιο αυτό διακόπτεται ο αερισμός και τα</p>

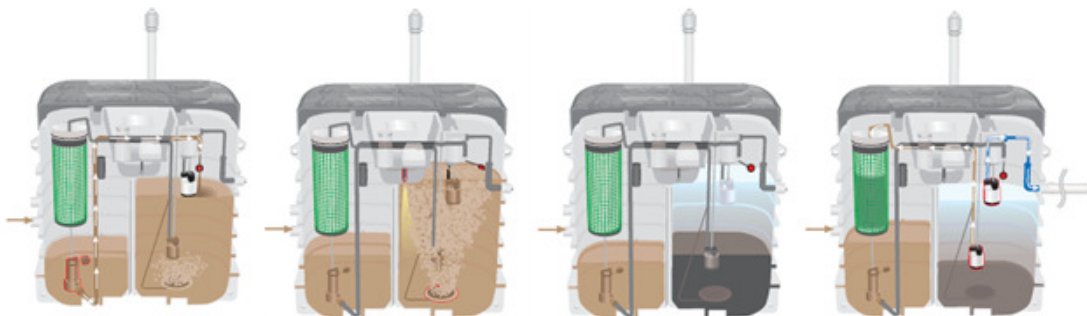
	<p>νερά ηρεμούν. Τα βαρύτερα σωματίδια κατακάθονται με τη μορφή ιλύος. Το επεξεργασμένο νερό συγκεντρώνεται σε ανώτερη στάθμη στην επιφάνεια και παράλληλα το άζωτο - σε αέρια μορφή πλέον - απομακρύνεται από το θάλαμο επεξεργασίας.</p> <p><u>Στάδιο 4^ο : Εκροή επεξεργασμένου νερού και εναπόθεση περίσσειας ιλύος.</u> Στο στάδιο αυτό, το διαυγασμένο νερό στο πάνω μέρος του αντιδραστήρα SBR αντλείται προς εκροή. Η περίσσεια ιλύς μεταφέρεται στον υφασμάτινο κάδο αποκομιδής.</p> <p>Η διαδικασία αυτή είναι επαναλαμβανόμενη, γίνεται σε δόσεις και ελέγχεται από ηλεκτρονική μονάδα.</p>
Ενεργειακές και άλλες απαιτήσεις	<ul style="list-style-type: none"> • Εγκατεστημένη ισχύς συστήματος αερισμού : 50 W • Κατανάλωση 1,2 kWh/d για 24ωρη λειτουργία του συστήματος <ul style="list-style-type: none"> • Κατανάλωση χημικού : 0,20 l/m³
Απαιτήσεις συντήρησης	Άδειασμα του υφασμάτινου κάδου 1 φορά / 3 μήνες
Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος	<ul style="list-style-type: none"> • Απομάκρυνση οργανικού φορτίου : 97% (σε όρους BOD₇) <ul style="list-style-type: none"> • Απομάκρυνση Φωσφόρου : 90% • Απομάκρυνση Αζώτου : 50%
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	<ul style="list-style-type: none"> • Μοντέλο “Wehoputs” – 5 : 6,770 € • Μοντέλο “Wehoputs” – 10 : 9,850 € • Άδειασμα υφασμάτινου κάδου & χημικό πρόσθετο : 100 € / έτος

Πηγή : ECOMECANICA

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται το σύστημα “WEHOPUTS – 5” (εικόνα 3.43) καθώς και τα διάφορα στάδια επεξεργασίας (εικόνα 3.44).



Εικόνα 3.43 : Σύστημα “WEHOPUTS – 5” (Πηγή : <http://www.ecomechanica.gr>)



Εικόνα 3.44 : Στάδια επεξεργασίας στο σύστημα “WEHOPUTS – 5” (Πηγή : <http://www.ecomechanica.gr>)

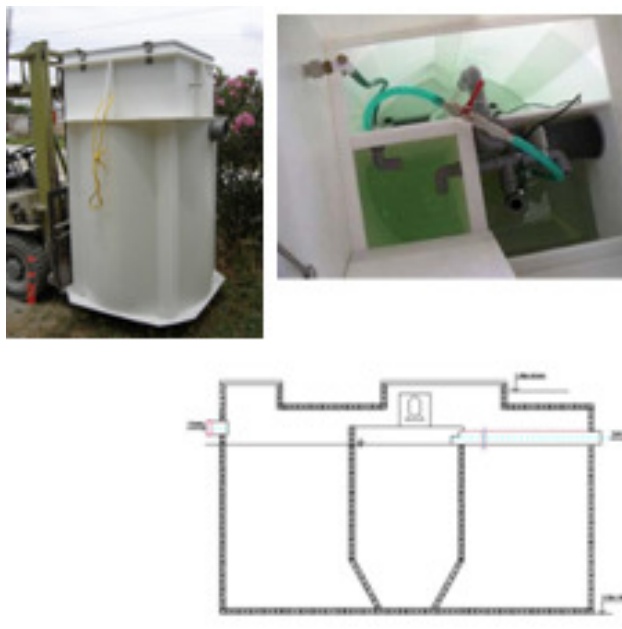
Πίνακας 3.23 : Χαρακτηριστικά συστήματος “AS – VARIOcompK”

Όνομασία συστήματος	“AS – VARIOcompK”
Δυναμικότητα	<ul style="list-style-type: none"> • 750 l/d • Εξυπηρετεί έως 7 Ι.Κ. (μικρότερο σύστημα)
Περιγραφή συστήματος	Οι compact μονάδες “AS – VARIOcomp” παραδίδονται έτοιμες για τοποθέτηση με όλα τα ηλεκτρομηχανολογικά μέρη προεγκατεστημένα. Η δεξαμενή κατασκευάζεται από ενισχυμένο πολυπροπυλένιο, κατάλληλο για υπόγεια τοποθέτηση με σχήμα ορθογώνιο. Οι διαστάσεις του μικρότερου συστήματος είναι : 1,5 m (διάμετρος) x 2,02 m (ύψος), με βάρος 180 Kg.
Λειτουργία	<p>Η υποδοχή των λυμάτων γίνεται στο θάλαμο πρωτοβάθμιας καθίζησης όπου κατακρατούνται τα μη βιοαποδομήσιμα στερεά. Από εκεί, και αναλόγως του μοντέλου, τα λύματα οδηγούνται είτε σε θάλαμο απονιτροποίησης είτε απευθείας στη δεξαμενή αερισμού ενεργού ιλύος (βιολογικός αντιδραστήρας). Οι μικροοργανισμοί (ενεργός ιλύς) που αναπτύσσονται αποδομούν το οργανικό φορτίο (φορτίο ρύπανσης) των υγρών αποβλήτων, και το μετατρέπουν σε νερό, διοξείδιο του άνθρακα και περισσότερη βιομάζα (περίσσεια ιλύς). Στη συνέχεια το μείγμα επεξεργασμένων λυμάτων και ενεργού ιλύος υπερχειλίζει στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης όπου η ενεργός ιλύς καθιζάνει, ενώ τα διαυγασμένα λύματα εξέρχονται προς διάθεση (ή απολύμανση εάν απαιτηθεί).</p> <p>Οι αεραντλίες ιλύος ανακυκλοφορούν την ενεργό ιλύ προς τη δεξαμενή απονιτροποίησης / αερισμού ενώ απομακρύνουν από τη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης / ιλύος την απαιτούμενη ποσότητα περίσσειας βιομάζας. Επίσης, απομακρύνονται τυχόν επιπλέοντα από την δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης.</p>
Ενεργειακές και άλλες απαιτήσεις	<ul style="list-style-type: none"> • Εγκατεστημένη ισχύς φυσητήρα 0,05 kW • Καταναλώνει 1,2 kWh/d για 24ωρη λειτουργία
Απαιτήσεις συντήρησης	<ul style="list-style-type: none"> • Ετήσια απομάκρυνση των παραπροϊόντων της επεξεργασίας από το θάλαμο πρωτοβάθμιας καθίζησης • Συντήρηση συστήματος από συνεργείο : 1 φορά / 4 έτη
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	Η έδραση της δεξαμενής θα πρέπει να γίνει σε πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα επαρκώς διαστασιολογημένη για να αντέξει τα φορτία της γεμάτης δεξαμενής. Μετά την τοποθέτηση, συνιστάται σκυροδέτηση του εξωτερικού τοιχώματος της δεξαμενής για περαιτέρω ενίσχυση.

<p>Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος</p>	<p>Η ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής, βάση της ευρωπαϊκής (91/271/EC) και ελληνικής νομοθεσίας (ΚΥΑ 5673/400/97, ΥΑ Ε1β. 221/65) υπάγεται στα παρακάτω όρια:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Συγκέντρωση BOD₅ : < 25 mg /lt • Συγκέντρωση COD : < 125 mg /lt • Αιωρούμενα στερεά : < 35 mg / lt • pH : 6 - 8 • Βαθμός επεξεργασίας : > 90%
<p>Κόστος (με Φ.Π.Α.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Κόστος συστήματος : 6,150 € • Κόστος συστήματος με αντλητικό σύστημα (στην περίπτωση ύπαρξης σηπτικής δεξαμενής) : 7,500 €

Πηγή : ΕΝΥΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Στην εικόνα 3.45 που ακολουθεί δίνονται διάφορες απόψεις του βιολογικού συστήματος που περιγράφηκε στον πίνακα 3.23.



Εικόνα 3.45 : Όψεις του συστήματος “AS – VARIOcompK” (Πηγή : <http://www.enya.gr>)

Πίνακας 3.24 : Χαρακτηριστικά συστήματος “VARIOcompN Ultra”

Ονομασία συστήματος	“VARIOcompN Ultra”
Δυναμικότητα	<ul style="list-style-type: none"> • 750 l/d • Εξυπηρετεί έως 7 Ι.Κ. (μικρότερο σύστημα)
Περιγραφή συστήματος	Οι διαστάσεις του μικρότερου συστήματος είναι : 1,5 m (διάμετρος) x 2,02 m (ύψος) με βάρος 195 Kg.
Λειτουργία	<p>Αρχικά τα λύματα εισέρχονται στο θάλαμο πρωτοβάθμιας καθίζησης όπου κατακρατούνται τα μη βιοαποδομήσιμα στερεά (επιπλέοντα, καθιζάνοντα, κλπ). Τα προ-επεξεργασμένα λύματα, υπερχειλίζουν στο θάλαμο αερισμού, όπου πραγματοποιείται η βιολογική επεξεργασία με βάση την αρχή της ενεργού ιλύος. Ο αερισμός πραγματοποιείται μέσω υποβρύχιων διαχυτήρων λεπτής φυσαλίδας που είναι εγκατεστημένες στον πυθμένα του θαλάμου. Κατόπιν τα λύματα περνούν στο θάλαμο MBR (μεμβράνες 0,1 – 0,4 μm και με ικανότητα διήθησης 15 – 25 l/m²*h) όπου γίνεται ο διαχωρισμός των στερεών από το ανάμικτο υγρό (MLSS). Με τη βοήθεια υποπίεσης που εφαρμόζεται στην μεμβράνη, τα επεξεργασμένα ύδατα αναρροφούνται προς την τελική έξοδο ενώ τα στερεά παραμένουν στο ανάμικτο υγρό. Για την αποφυγή έμφραξης της μεμβράνης από επικαθίσεις, υπάρχει ενσωματωμένος διαχυτήρας αέρος στη βάση της μεμβράνης.</p> <p>Ο κύκλος της διεργασίας καθαρισμού ολοκληρώνεται στο θάλαμο δευτεροβάθμιας καθίζησης όπου καθιζάνει η ενεργός ιλύς και στη συνέχεια ανακυκλοφορεί προς το θάλαμο αερισμού με τη βοήθεια αεραντλίας. Ο θάλαμος δευτεροβάθμιας καθίζησης λειτουργεί και ως εναλλακτική διάταξη διαύγασης σε περίπτωση δυσλειτουργίας των μεμβρανών. Στην περίπτωση αυτή, το ανάμικτο υγρό διαχωρίζεται μέσω βαρύτητας και το διαυγασμένο νερό υπερχειλίζει προς τον αγωγό εξόδου. Η περίσσια ιλύς απομακρύνεται περιοδικά προς το θάλαμο πρωτοβάθμιας καθίζησης / ιλύος, επίσης με αεραντλία.</p>
Ενεργειακές και άλλες απαιτήσεις	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία
Απαιτήσεις συντήρησης	<ul style="list-style-type: none"> • Ετήσια (ή 1 φορά / 2 έτη) απομάκρυνση των παραπροϊόντων της επεξεργασίας από το θάλαμο πρωτοβάθμιας καθίζησης

	<ul style="list-style-type: none"> • Συντήρηση συστήματος από συνεργείο : 1 φορά / 4 έτη
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	<p>Οι compact μονάδες παραδίδονται έτοιμες προς τοποθέτηση (ενταφιασμό) με όλα τα ηλεκτρομηχανολογικά τους μέρη προεγκατεστημένα. Η δεξαμενή κατασκευάζεται από ενισχυμένο πολυπροπυλένιο, κατάλληλο για υπόγεια τοποθέτηση σε ορθογωνικό σχήμα.</p> <p>Η έδραση της δεξαμενής θα πρέπει να γίνει σε πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα, επαρκώς διαστασιολογημένη για να αντέξει τα φορτία της πληρωμένης με λύμα δεξαμενής. Μετά την τοποθέτηση, απαιτείται η σκυροδέτηση εξωτερικού τοιχώματος της δεξαμενής για επιπλέον ενίσχυση στα εσωτερικά και εξωτερικά στατικά φορτία.</p> <p>Για περιπτώσεις όπου δεν επιθυμείται ή δεν είναι δυνατή η σκυροδέτηση, προσφέρεται η σειρά SelfSupporting που διαθέτει επιπλέον ενισχύσεις. Η σειρά αυτή επιχώνεται ως έχει, χωρίς να απαιτείται πλευρική σκυροδέτηση ή πλάκα οροφής. Η δεξαμενή είναι σχεδιασμένη για να αντεπεξέλθει σε συνήθεις εξωτερικές φορτίσεις χωμάτων και όχι σε φορτία από διερχόμενα αυτοκίνητα / φορτηγά ή ανέγερση κτιρίων ή άλλων δεξαμενών.</p>
Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος	<p>Η ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής, βάση της ευρωπαϊκής (91/271/EC) και ελληνικής νομοθεσίας (ΚΥΑ 5673/400/97, ΥΑ Ε1β. 221/65) υπάγεται στα παρακάτω όρια:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Συγκέντρωση BOD₅ : < 25 mg /lt • Συγκέντρωση COD : < 125 mg /lt • Αιωρούμενα στερεά : < 35 mg / lt • pH : 6-8 • Βαθμός επεξεργασίας : >90%
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	11,100 €

Πηγή : ΕΝΥΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

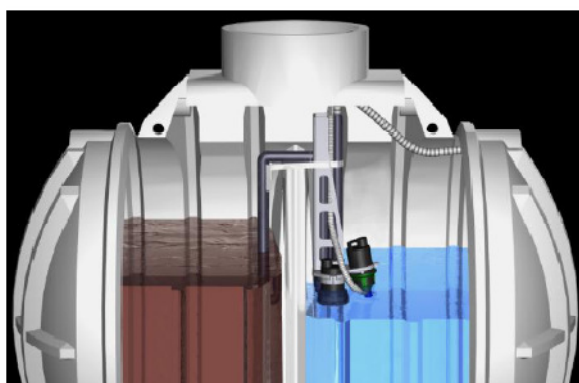
Πίνακας 3.25 : Χαρακτηριστικά συστήματος “AQUAmax Basic Poly MK 06”

Όνομασία συστήματος	“AQUAmax Basic Poly MK 06”
Δυναμικότητα	Εξυπηρετεί 6 Ι.Κ.
Περιγραφή συστήματος	<p>Στο σύστημα περιλαμβάνονται:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Πλαστική δεξαμενή “SNIGO” όγκου 4,60 m³. • Σύστημα τροφοδοσίας του συστήματος με λύματα από τον υφιστάμενο βόθρο. • Αναρτώμενο πλαίσιο από πλαστικό όπου βρίσκονται εγκατεστημένοι οι αεριστήρες και οι αντλίες. • 1 επιφανειακός αεριστήρας (οξυγονωτής) / αναμίκτης, τύπου “AQUA200”, ισχύος P₁: 0,35 kW. • 1 αντλία τροφοδοσίας και απομάκρυνσης περίσσειας ιλύος, τύπου “N180”, ισχύος P₁: 0,24 kW. • Κεντρική μονάδα ελέγχου με προγραμματιζόμενο ηλεκτρονικό ελεγκτή (PLC). • Λογισμικό “ATB AQUAmax Classic / Basic Version 4.03”. • Πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας. • Σύστημα ηχητικής ειδοποίησης (συναγερμός).
Λειτουργία	<p>Το σύστημα συνδυάζει την αρχή της ενεργού ιλύος με τον αντιδραστήρα εναλλασσόμενων κύκλων λειτουργίας (SBR). Ο συνήθης συνολικός χρόνος ενός κύκλου είναι 8 h.</p> <p>Αρχικά, τα λύματα οδηγούνται σε μια δεξαμενή καθίζησης και στη συνέχεια διοχετεύονται στη δεξαμενή SBR. Μετά το πέρας της τροφοδοσίας, λαμβάνει χώρα η απονιτροποίηση και στη συνέχεια το στάδιο του αερισμού. Ο αερισμός πραγματοποιείται από έναν ή δυο εμβαπτιζόμενους επιφανειακούς αεριστήρες. Μετά την ολοκλήρωση της φάσης του αερισμού ακολουθεί η φάση καθίζησης και τέλος η απομάκρυνση των διαυγασμένων λυμάτων.</p>
Ενεργειακές απαιτήσεις	<p>Εγκατεστημένη ισχύς = 0,60 kW</p> <p>Κατανάλωση 4,8 kWh/d για συνεχή λειτουργία του συστήματος</p>
Κατασκευαστικές	Εφαρμόζεται σε κατάλληλα διαστασιολογημένη δεξαμενή, πλαστική ή από μπετόν με ιδιαίτερα μικρή απαίτηση χώρου. Απλή εγκατάσταση : το μοντέλο

απαιτήσεις	“AQUAmax Basic” στηρίζεται στο διαχωριστικό τοίχιο της διθάλαμης δεξαμενής, ενώ το “AQUAmax Classic” κρεμιέται στην οροφή της δεξαμενής SBR.
Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος	Στην εκροή με βάση τους κατασκευαστές επιτυγχάνονται : BOD5 = 3 – 8 mg/l SS < 10 mg/l
Κόστος	10,300 €

Πηγή : ENYA ΜΗΧΑΝΙΚΗ

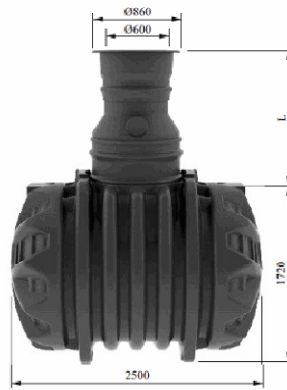
Στις παρακάτω εικόνες 3.46 και 3.47 φαίνεται ο εξοπλισμός “AQUAmax” καθώς και η θέση στην οποία τοποθετείται στην δεξαμενή. Επίσης, παρουσιάζεται και η δεξαμενή SBR στην οποία εγκαθίσταται ο εξοπλισμός για την επεξεργασία λυμάτων από νοικοκυριό μεγέθους 6 Ι.Κ.



Εικόνα 3.46 : Μηχανολογικός εξοπλισμός συστήματος “AQUAmax” (Πηγή : <http://www.enya.gr>)

SNIGO 4600

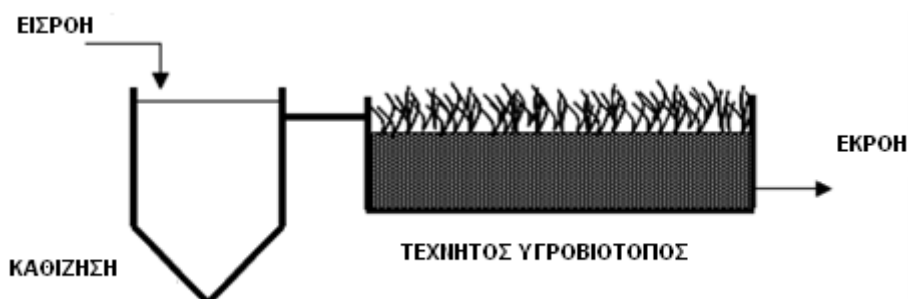
Volume: 4600 liters. Weight: 230 kg
Zdolności: 4600 litr. Waga: 230 kg



Εικόνα 3.47 : Δεξαμενή SBR (6IK) (Πηγή : <http://www.enya.gr>)

3.3.5 Εκτεταμένα συστήματα

Οι εκτεταμένες τεχνολογίες επεξεργασίας του γκριζου νερού αφορούν τους τεχνητούς υγροβιότοπους (όπως είναι οι καλαμώνες) και τις τεχνητές λίμνες. Αυτά τα συστήματα συνήθως έπονται μιας διαδικασίας καθίζησης, η οποία έχει ως στόχο την απομάκρυνση μεγαλύτερων στερεών και ακολουθούνται από διήθηση μέσα από στρώμα άμμου, προκειμένου να κατακρατηθούν σωματίδια που μεταφέρονται στην εκροή των παραπάνω συστημάτων. Η πιο συνηθισμένη ποικιλία φυτού που χρησιμοποιείται στην κατασκευή καλαμώνων είναι το *Phragmites australis* (Pidou et al., 2007). Στην παρακάτω εικόνα 3.48 φαίνεται μια τυπική διάταξη ενός τεχνητού υγροβιότοπου.

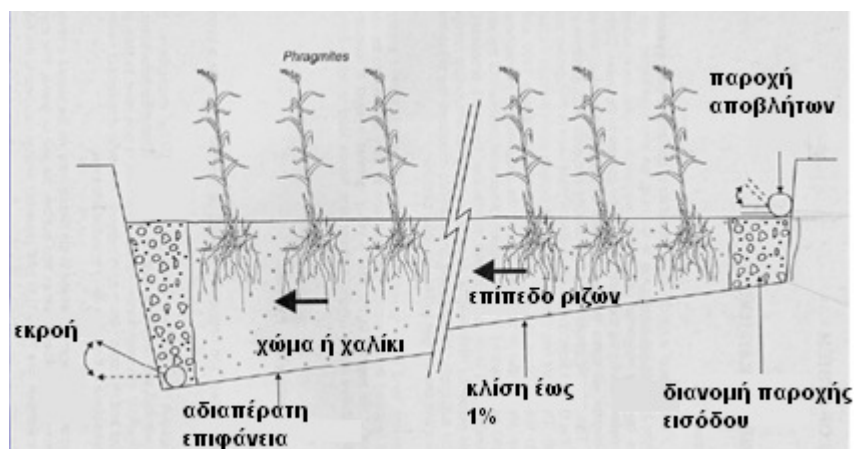


Εικόνα 3.48 : Τυπική διάταξη τεχνητού υγροβιότοπου (Προέλευση : Pidou et al., 2007, μετά από προσαρμογή)

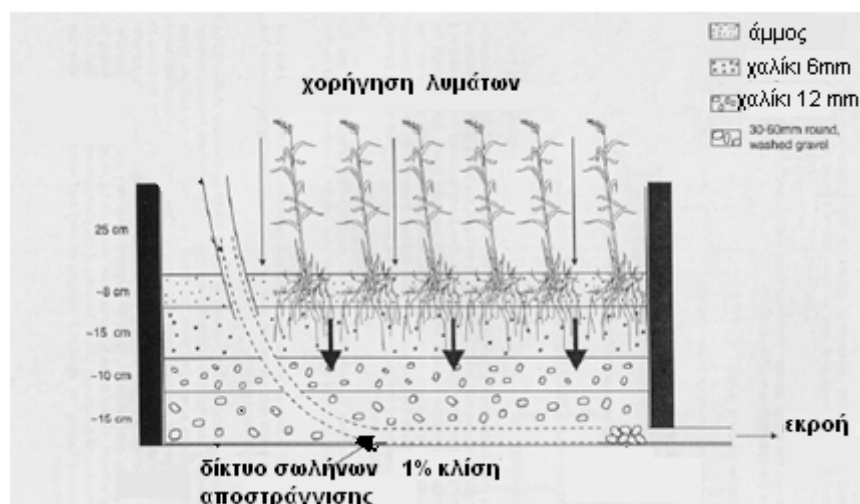
Αναφορικά με τα είδη των υγροβιότοπων, υπάρχουν 2 κατηγορίες :

- Οι υγροβιότοποι επιφανειακής ροής (Free Water Surface treatment wetlands)
- Οι υγροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής (Subsurface Flow wetlands), οι οποίοι διακρίνονται σε 2 υποκατηγορίες :
 - 1^η κατηγορία : η ροή των λυμάτων γίνεται οριζόντια (Horizontal flow)
 - 2^η κατηγορία : η ροή των λυμάτων γίνεται κατακόρυφα (Vertical flow) (Νουτσόπουλος, 2010).

Στις δυο εικόνες 3.49 & 3.50 που ακολουθούν απεικονίζονται τα δυο είδη υδροβιότοπων με τα βασικά τους χαρακτηριστικά.



Εικόνα 3.49 : Διάταξη υδροβιότοπου υποεπιφανειακής ροής (οριζόντια ροή) (Προέλευση : Νουτσόπουλος ,2010, μετά από προσαρμογή)



Εικόνα 3.50 : Διάταξη υδροβιότοπου υποεπιφανειακής ροής (κατακόρυφη ροή) (Πηγή : Νουτσόπουλος, 2010, μετά από προσαρμογή)

Η επεξεργασία των οικιακών λυμάτων από τα συστήματα τεχνητών υδροβιότοπων βασίζεται σε μια πληθώρα διεργασιών που λαμβάνει χώρα στο περιβάλλον τους. Μια συνοπτική παράθεση των διεργασιών αυτών γίνεται στον πίνακα 3.26 που ακολουθεί :

Πίνακας 3.26 : Μηχανισμοί απομάκρυνσης ρυπαντών σε φυσικά συστήματα

Ρύπος	Μηχανισμοί
Αιωρούμενα στερεά	Καθίζηση, διήθηση, βιοαποδόμηση
Διαλυτός οργανικός άνθρακας	Αερόβια βιοαποδόμηση, αναερόβια βιοαποδόμηση
Άζωτο	Αμμωνιοποίηση, νιτροποίηση, απονιτροποίηση, προσρόφηση, φυτοαπορρόφηση, πτητικοποίηση
Φώσφορος	Προσρόφηση, καθίζηση, φυτοαπορρόφηση
Μέταλλα	Προσρόφηση, ιοντοανταλλαγή, καθίζηση, φυτοαπορρόφηση, βιοαποδόμηση
Παθογόνα	UV ακτινοβολία, θάνατος, καθίζηση, διήθηση

Πηγή : Νουτσόπουλος, 2010, μετά από προσαρμογή

Οι τεχνητοί υγροβιότοποι που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, εμφανίζονται να πραγματοποιούν καλή επεξεργασία του γκρίζου νερού. Μια μέση τιμή τελικής συγκέντρωσης BOD των 17 mg/l παρατηρήθηκε, ενώ πάνω από τα μισά εκτεταμένα συστήματα παρουσίασαν τελικές συγκεντρώσεις βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου κάτω από 10 mg/l. Ομοίως, έχουν αναφερθεί μέσες τελικές συγκεντρώσεις της τάξης των 8 NTU για τη θολότητα και 13 mg/l για τα αιωρούμενα στερεά. Ωστόσο, ο βαθμός απομάκρυνσης των μικροοργανισμών στα συγκεκριμένα συστήματα είναι αρκετά μικρός. Μέσες τιμές απομακρύνσεων που έχουν αναφερθεί για τα ολικά και τα περιπωματικά κολοβακτηρίδια κυμαίνονται στα 3,2 – log και 3,6 – log αντίστοιχα, ενώ οι αντίστοιχες τελικές συγκεντρώσεις ανέρχονται στα 10² cfu/100 ml και για τις δυο κατηγορίες κολοβακτηριδίων (Pidou et al., 2007).

Αναφορικά με την υδραυλική των εκτεταμένων συστημάτων, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής στα συστήματα αυτά κυμαίνεται από μερικές ώρες μέχρι και ένα έτος (στην περίπτωση ενός συστήματος που αποτελούνταν από τρεις τεχνητές λίμνες). Εντούτοις, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ένας μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής για τα συστήματα αυτά είναι γύρω στις 4 – 5 ημέρες (Pidou et al., 2007). Οι Borin et al. (2004) συνέκριναν τη λειτουργία δυο τεχνητών υγροβιότοπων, εκ των οποίων ο ένας είχε κατασκευαστεί από φυτά του είδους *Phragmites australis* και ο δεύτερος από μια ποικιλία 10 διαφορετικών ειδών. Καμία διαφορά δεν παρατηρήθηκε στην απόδοση της επεξεργασίας που πραγματοποίησαν τα δυο συστήματα. Στον πίνακα

3.27 που ακολουθεί παρουσιάζονται τιμές ποιοτικών παραμέτρων εισροής και εκροής από διάφορα εκτεταμένα συστήματα.

Πίνακας 3.27 : Ποιοτικές παράμετροι εισροής & εκροής εκτεταμένων συστημάτων επεξεργασίας

Τόπος	Είδος κατοικίας/ εφαρμογή	Διάταξη	Χρόνος παραμονής/ παροχή εισόδου	COD (mg/l)		BOD (mg/l)		Θολότητα (NTU)		Αιωρούμενα στερεά SS (mg/l)		Ολικά κολοβακτηρίδια (E. coli) cfu/100 ml	
				ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ	ΕΙΣ	ΕΞ
Αυστραλία	Κατοικία/ Καθαρισμός τουαλέτας – εξωτερική χρήση	Σηπτική δεξαμενή + Αμμόφιλτρο + Απολύμανση UV	-	-	-	97	6	-	1	48	3	2x10 ⁵	9
Νορβηγία	Κατοικία/ Άρδευση κήπου	Σηπτική δεξαμενή + Αερόβιο βιοφίλτρο + Τεχνητός υγροβιότοπος	-	-	62	-	<10 BOD ₇	-	-	-	-	-	< 100
Γερμανία	Πιλοτική κλίμακα	Βιοαντιδραστήρας μεμβρανών	10 h	493	24	-	-	-	-	7	4	-	-
H.B.	Πιλοτική κλίμακα	Αερόβιο βιολογικό φίλτρο	4 h/ 0,4 m ³ /m ² /h	363	80	131	5	-	-	109	8	-	-
H.B.	Φοιτητική κατοικία/ Καθαρισμός τουαλέτας	Βιολογικός Αντιδραστήρας + Αμμόφιλτρο + κοκκώδης ενεργός άνθρακας + Απολύμανση	263 m ³ /y	201	62	-	-	212	5	-	-	7x10 ⁵	3
H.B.	Πιλοτική κλίμακα	Αερόβιο βιολογικό φίλτρο	3,7 h/ 0,328 m ³ /d	128	13	41	4	-	3	52	6	2x10 ⁶	2x10 ⁴
H.B.	Πιλοτική κλίμακα	Βιοαντιδραστήρας μεμβρανών (βυθισμένες)	13,6 h/ 0,071 m ³ /d	128	7	41	1	-	4	52	4	2x10 ⁶	2
H.B.	Πιλοτική κλίμακα	Αερόβιος βιοαντιδραστήρας μεμβρανών	0,8 h/ 0,225 m ³ /d	128	17	41	9	-	7	52	13	2x10 ⁶	2x10 ⁴
H.B.	Πιλοτική κλίμακα	Αερόβιο βιολογικό φίλτρο + Μεμβράνες υπερδιήθησης	1,2 h	80	6	-	-	25	0	52	1	6x10 ⁵	< 1
H.B.	Πιλοτική κλίμακα	Βιολογικός αντιδραστήρας + Αμμόφιλτρο + Κοκκώδης ενεργός άνθρακας	2,88 m ³ /d	34	12	21	2	20	1	-	-	2x10 ²	< 1

Προέλευση : Pidou et al. (2007), μετά από προσαρμογή

Εκτός από το γεγονός ότι οι συγκεκριμένες τεχνολογίες είναι φιλικές προς το περιβάλλον, οι τεχνητοί υγροβιότοποι θεωρούνται ως ένα οικονομικό σύστημα επεξεργασίας (Dallas et al., 2004, Shrestha et al., 2001).

Εκτεταμένα συστήματα που κυκλοφορούν στην αγορά : Η εφαρμογή εκτεταμένων συστημάτων σε οικιακό επίπεδο έχει τη μορφή τεχνητών υγροβιότοπων μικρής κλίμακας συνήθως (λεκάνες φυτοκαθαρισμού), ενώ δεν υπάρχουν παραδείγματα τεχνητών λιμνών που να που να επεξεργάζονται το γκρίζο νερό σε επίπεδο κατοικίας. Στον πίνακα 3.28 που ακολουθεί παρουσιάζεται ένα σύστημα τεχνητού υγροβιότοπου που μπορεί να εγκατασταθεί σε μια κατοικία.

Πίνακας 3.28 : Χαρακτηριστικά συστήματος τεχνητού υγροβιότοπου

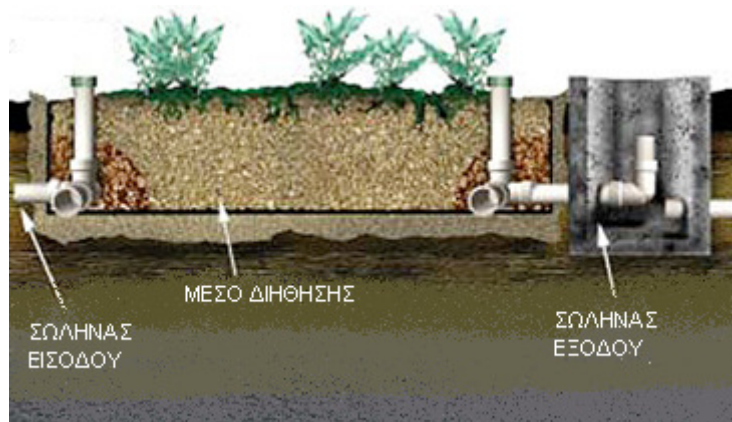
Ονομασία συστήματος	Τεχνητός υγροβιότοπος – Λεκάνες φυτοκαθαρισμού
Δυναμικότητα	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Ι.Κ.
Ενεργειακές και άλλες απαιτήσεις	Οι απαιτήσεις σε ενέργεια είναι μηδαμινές
Απαιτήσεις συντήρησης	<ul style="list-style-type: none"> • Η συντήρηση αφορά στη φροντίδα των φυτών του υγροβιότοπου
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	<p>Θα πρέπει να γίνουν υπολογισμοί για :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Την επιφάνεια του υγροβιότοπου • Το βάθος του υγροβιότοπου ανάλογα με τα φυτά που θα επιλεγούν <ul style="list-style-type: none"> • Την κλίση του υγροβιότοπου
Ποιοτικές παράμετροι εκροής/ Απόδοση συστήματος	<ul style="list-style-type: none"> • Απομάκρυνση BOD₅ : 67 – 80% • Απομάκρυνση SS : 67 - 80% • Απομάκρυνση NH₄ - N : 62 – 84% • Απομάκρυνση P_{tot} : 48% (Πηγή : Νουτσόπουλος, 2010)
Κόστος (με Φ.Π.Α.)	(Μέση ενδεικτική τιμή κόστους) 4,900 €

Πηγή : Biotecs

Στις εικόνες 3.51, 3.52 και 3.53 που ακολουθούν φαίνονται περιπτώσεις εφαρμογής εκτεταμένων συστημάτων σε επίπεδο κατοικίας.



Εικόνα 3.51 : Διάταξη λεκανών φυτοκαθαρισμού σε κατοικία (Πηγή : www.biotecs.gr)



Εικόνα 3.52 : Λεπτομερής διάταξη τεχνητού υγροβιότοπου (Πηγή : www.greywater.com)



Εικόνα 3.53 : Σύστημα κατακόρυφης διήθησης γκρίζου νερού για επαναχρησιμοποίηση σε τουαλέτα, πλυντήριο ρούχων & κήπο (Πηγή : Windust, 2003)

3.3.6 Σύγκριση τεχνολογιών επεξεργασίας γκρίζου νερού

Οι Winward^b et al. (2008) εξέτασαν την απόδοση διαφορετικών μεθόδων επεξεργασίας γκρίζου νερού ως προς την απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών. Ειδικότερα, τα συστήματα που εξετάστηκαν ήταν ένας τεχνητός υγροβιότοπος, ένας βιοαντιδραστήρας μεμβρανών (μεμβράνες 0,40 μm), ένας χημικός αντιδραστήρας μεμβρανών (μεμβράνες 0,05 μm, προσθήκη TiO₂) και υποβλήθηκαν σε τροφοδοσία γκρίζου νερού χαμηλού και υψηλού ρυπαντικού φορτίου για ένα διάστημα 2 ετών. Η μελέτη της απόδοσης του τεχνητού υγροβιότοπου έγινε με την κατασκευή 3 διαφορετικών υγροβιότοπων : α) έναν κατακόρυφης ροής, β) έναν οριζόντιας ροής και γ) ένα σύστημα από λεκάνες με χαλίκι και άργιλο, όπου αναπτύσσονταν υδροχαρή φυτά.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι ο βιοαντιδραστήρας μεμβρανών παρουσίασε την υψηλότερη ποιότητα εκροής και αποδείχτηκε ως η πιο 'ανθεκτική' τεχνολογία επεξεργασίας καθώς η λειτουργία του παρέμεινε ανεπηρέαστη από την αύξηση στο ρυπαντικό φορτίο του γκρίζου νερού. Αναφορικά με τα τρία συστήματα τεχνητών υγροβιότοπων που κατασκευάστηκαν, ο υγροβιότοπος κατακόρυφης ροής ήταν εκείνος που παρουσίασε την καλύτερη λειτουργία κάτω από συνθήκες υψηλού και χαμηλού ρυπαντικού φορτίου του γκρίζου νερού, υποδεικνύοντας την τεχνολογία του αερόβιου ακόρεστου υγροβιότοπου ως την πιο κατάλληλη για την απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών.

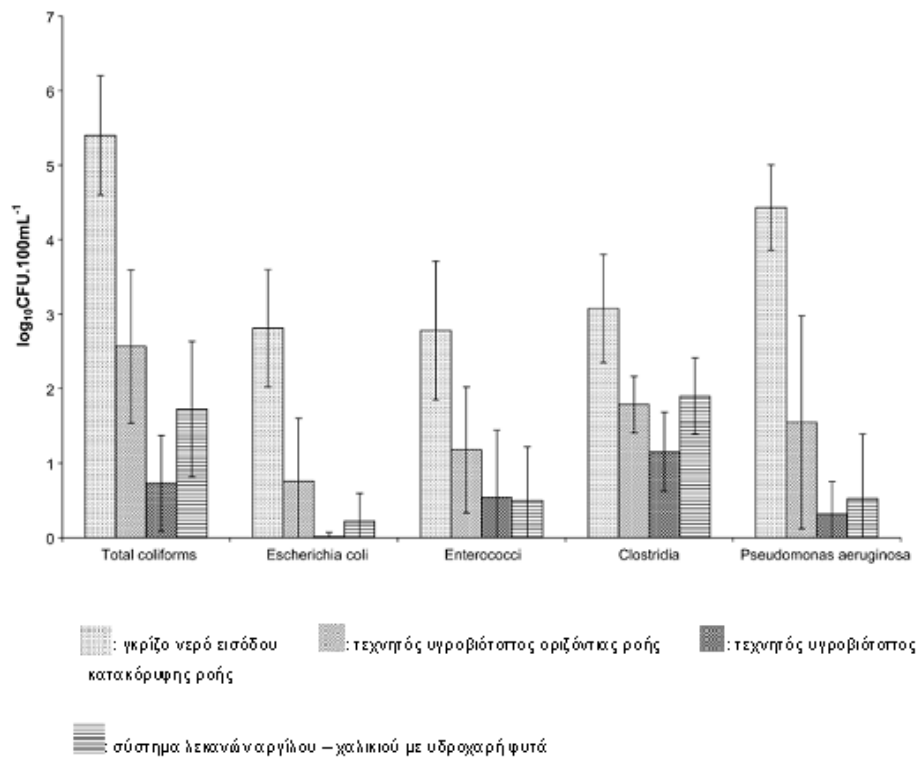
Στον παρακάτω πίνακα 3.29 φαίνονται οι τιμές ορισμένων ποιοτικών παραμέτρων όπως μετρήθηκαν στις εκροές των 5 διαφορετικών συστημάτων που μελετήθηκαν με την επίδραση ισχυρού και ασθενούς (μικρού φορτίου) γκρίζου νερού.

Πίνακας 3.29 : Τιμές ποιοτικών παραμέτρων 5 συστημάτων επεξεργασίας γκρίζου νερού

Παράμετρος	Γκρίζο νερό	Υγροβιότοπος οριζόντιας ροής	Υγροβιότοπος κατακόρυφης ροής	Σύστημα λεκανών με χαλίκι & άργιλο	Βιοαντιδραστήρας μεμβρανών	Μεμβρανικός χημικός αντιδραστήρας
Ισχυρά λύματα						
BOD (mg/l)	20	2	1	2	1	3
COD (mg/l)	87	29	21	19	47	43
TSS (mg/l)	29	9	2	3	Μη- ανιχνεύσιμα	Μη- ανιχνεύσιμα
Θολότητα (NTU)	19,6	16,9	8,1	0,8	0,2	0,1
Ασθενή λύματα						
BOD (mg/l)	164	57	5	80	1	10
COD (mg/l)	495	124	31	159	53	78
TSS (mg/l)	93	34	10	20	1	2
Θολότητα (NTU)	67,4	12,3	2,2	28,8	0,2	0,72

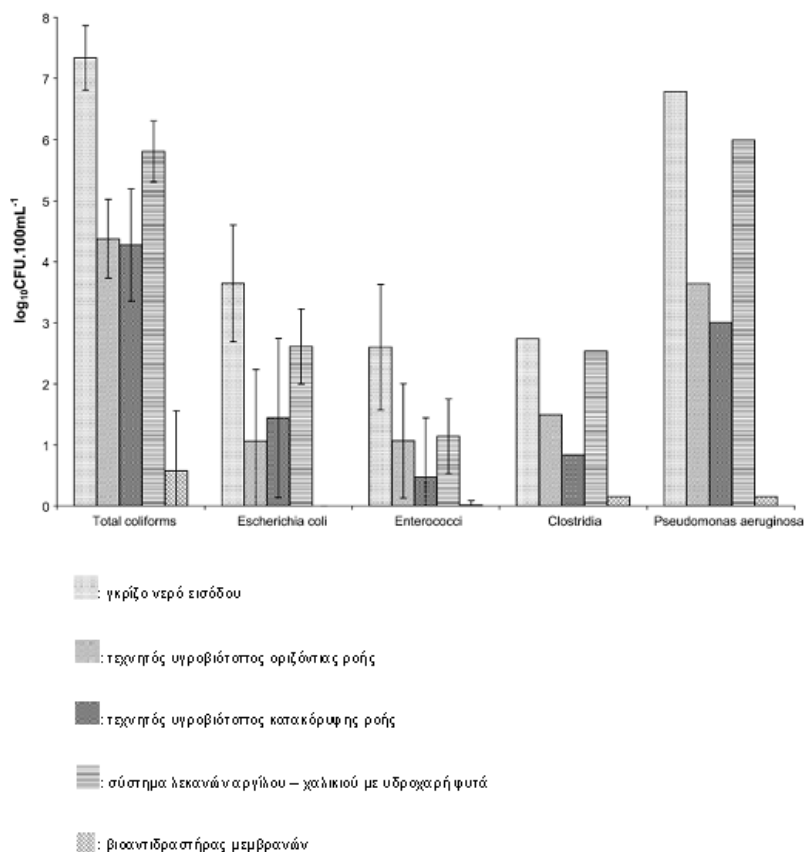
Προέλευση : Winward^p et al. (2008), μετά από προσαρμογή

Στην εικόνα 3.54 που ακολουθεί φαίνεται η μικροβιακή ανάλυση των εκροών των 3 τεχνητών υγροβιότοπων για φόρτισή τους με γκρίζο νερό χαμηλού οργανικού φορτίου.



Εικόνα 3.54 : Απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών από 3 συστήματα τεχνητών υγροβιότοπων (Πηγή : Winward^b et al., 2008)

Στην παρακάτω εικόνα 3.55 φαίνεται η απόδοση τεσσάρων από τα 5 συστήματα ως προς την απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών στην περίπτωση που δέχονται λύματα υψηλού οργανικού φορτίου.



Εικόνα 3.55 : Συγκριτικά διαγράμματα απομάκρυνσης παθογόνων από 5 συστήματα (Πηγή : Winward^b et al., 2008)

Επίσης, οι Friendler et al. (2006) πραγματοποίησαν μια έρευνα με στόχο τη σύγκριση τριών διαφορετικών τεχνολογιών ως προς την απόδοσή τους σχετικά με την απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών που επιτυγχάνουν. Ειδικότερα, οι τεχνολογίες που εξετάστηκαν ήταν : το αμμόφιλτρο, οι περιστρεφόμενοι βιοδίσκοι σε συνδυασμό με χρήση αμμόφιλτρου και ο βιοαντιδραστήρας μεμβρανών υπερδιήθησης. Το γκρίζο νερό που τροφοδοτούνταν στα συστήματα προέρχονταν από έναν μικρό αριθμό φοιτητικών κατοικιών και υποβαλλόταν σε προεπεξεργασία με εσχάρωση πριν να τεθεί υπό επεξεργασία σε κάποιο από τα 3 συστήματα που αναφέρθηκαν.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σύστημα περιστρεφόμενοι βιοδίσκοι – αμμόφιλτρο και ο βιοαντιδραστήρας μεμβρανών παρήγαγαν εκροή υψηλής ποιότητας με τιμές COD 42 και 40 mg/l, θολότητα 0,5 και 0,2 NTU, περιπρωματικά κολοβακτηρίδια $10^2 - 10^4$ και 27 cfu/100 ml αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, στο 65% των δειγμάτων του MBR συστήματος δεν ανιχνεύτηκαν περιπρωματικά κολοβακτηρίδια. Το γεγονός αυτό ενισχύει την άποψη ότι το MBR σύστημα αποτελεί έναν φραγμό για τα βακτηρίδια κάποια από τα οποία είναι παθογόνα. Επίσης, οι απομακρύνσεις θρεπτικών που πέτυχαν τα δυο παραπάνω συστήματα ήταν ιδιαίτερα υψηλές (TP : 55 – 75%, TKN : 87 – 98%, $\text{NH}_3 - \text{N}$: 97 – 99%). Το σύστημα που περιλάμβανε μόνον το αμμόφιλτρο παρήγαγε εκροή πολύ πιο χαμηλής ποιότητας και δεν πέτυχε την παραγωγή γκρίζου νερού με δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης. Επίσης, σε μια δεύτερη σειρά πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν παρατηρήθηκε ότι οι εκροές των περιστρεφόμενων βιοδίσκων – αμμόφιλτρο και του βιοαντιδραστήρα μεμβρανών απαιτούσαν μικρότερες δόσεις χλωρίου για απολύμανση σε σχέση με την εκροή του αμμόφιλτρο.

Συμπεράσματα

Οι Li et al. (2009) κάνοντας μια επισκόπηση στις τεχνολογίες επεξεργασίας του γκρίζου νερού και συγκρίνοντας τις παραμέτρους απόδοσης με τα απαιτούμενα όρια των προδιαγραφών επαναχρησιμοποίησης κατέληξαν στα εξής συμπεράσματα :

1. Οι φυσικές διεργασίες επεξεργασίας του γκρίζου νερού δεν είναι αξιόπιστες και επομένως δεν μπορούν να εγγυηθούν την επαρκή απομάκρυνση των οργανικών, των θρεπτικών και των τασιενεργών που περιέχονται στο γκρίζο νερό. Επομένως, δεν συνιστάται η εφαρμογή τους για την επεξεργασία του γκρίζου νερού.
2. Οι χημικές διεργασίες μπορούν να απομακρύνουν αποτελεσματικά τα αιωρούμενα στερεά, το οργανικό φορτίο και τις τασιενεργές ουσίες σε γκρίζα νερά με χαμηλές συγκεντρώσεις των παραπάνω ρύπων.
3. Οι αερόβιες βιολογικές διεργασίες όπως οι περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι και οι βιοαντιδραστήρες μεμβρανών έχουν καλές αποδόσεις στην περίπτωση γκρίζων ροών με μέσο και υψηλό ρυπαντικό φορτίο. Ο συνδυασμός των αερόβιων βιολογικών διεργασιών με μεθόδους φυσικής διήθησης και απολύμανσης θεωρείται ως η πιο οικονομική και εφικτή λύση για την ανακύκλωση του γκρίζου νερού.
4. Τα συστήματα βιοαντιδραστήρων μεμβρανών φαίνονται ως μια ιδιαίτερα ελκυστική λύση που μπορεί να εφαρμοστεί στην επεξεργασία γκρίζου νερού

μέσου και υψηλού ρυπαντικού φορτίου, κυρίως σε περιπτώσεις εργατικών κατοικιών και συγκροτημάτων κατοικιών που εξυπηρετούν περισσότερους από 500 κατοίκους.

3.4 Τεχνολογίες επεξεργασίας οικιακών λυμάτων

Οι κύριες κατηγορίες συστημάτων επεξεργασίας των μικτών υγρών αποβλήτων που παράγονται σε επίπεδο κατοικίας παρουσιάστηκαν αναλυτικά στην παράγραφο των τεχνολογιών επεξεργασίας του γκριζού νερού. Ωστόσο, οι τρεις βασικές κατηγορίες συστημάτων είναι οι παρακάτω :

- Απλά συστήματα
- Βιολογικά συστήματα
- Φυσικά συστήματα

3.5 Απλές τεχνολογίες εξοικονόμησης νερού

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιαστούν κάποιες πρακτικές λύσεις για την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές. Ειδικότερα, θα παρουσιαστούν εξαρτήματα που μπορούν να μειώσουν την υδατική κατανάλωση ορισμένων συμβατικών συσκευών αλλά και ηλεκτρικές συσκευές που διαθέτουν κάποιο πρόγραμμα ελάχιστης κατανάλωσης νερού. Στον παρακάτω πίνακα 3.30 δίνονται ορισμένα αναμενόμενα ποσοστά εξοικονόμησης νερού που επιτυγχάνονται στις οικιακές συσκευές με την αγορά 'έξυπνων' συσκευών ή την προσθήκη εξαρτημάτων.

Πίνακας 3.30 : Ποσοστά εξοικονόμησης νερού στις οικιακές συσκευές

	Συμβατικές συσκευές		Συσκευές (μέτρα εξοικονόμησης)		% μείωση
	l/χρήση	l/νοικοκυριό/ημέρα	l/χρήση	l/νοικοκυριό/ημέρα	
Καθαρισμός τουαλέτας	9	87	4	39	55
	6	57			32
Ντουζιέρα	54	77	30	43	44
	45	64			33
Μπανιέρα	88	71	65	53	26
Βρύσες	0,6	10	0,5	8,5	15
Πλυντήριο ρούχων	60	26	40	17,4	33
			45	19,6	25
Πλυντήριο πιάτων	20	8,7	12	5,2	40
			14	6,1	30
Σύνολο		237 - 280		167 - 169	29 - 41

Προέλευση : EU Water saving potential - Part 1 (2007), μετά από προσαρμογή

3.5.1 Εξοικονόμηση νερού στις βρύσες της κατοικίας

Υπάρχουν διάφορες λύσεις για πετύχουμε την εξοικονόμηση νερού στην κατοικία, ορισμένες από τις οποίες είναι ιδιαίτερα απλές. Περισσότερα στοιχεία δίνονται στους πίνακες 3.31 έως 3.36 που ακολουθούν.

Πίνακας 3.31 : Προϊόντα εξοικονόμησης νερού στις βρύσες (1)

Προϊόν	Βρύση με αισθητήρα ανίχνευσης κίνησης
Λειτουργία	Η βρύση λειτουργεί όταν ανιχνευθεί κίνηση από το ειδικό φωτοκύτταρο που είναι ενσωματωμένο.
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	Η εγκατάσταση της συσκευής απαιτεί την αποξήλωση της παλιάς – συμβατικής βρύσης (εφόσον υπάρχει).
Κόστος (με Φ.Π.Α)	260,00 €

Πηγή : <http://www.hellenicexpo.gr/>



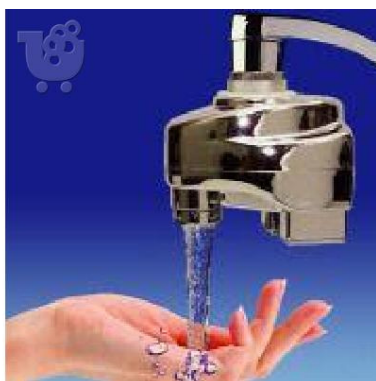
Εικόνα 3.56 : Βρύση με αισθητήρα ανίχνευσης κίνησης (Πηγή : http://www.hellenicexpo.gr)

Η πρόταση της λύσης με αισθητήρα (εικόνα 3.56 παραπάνω) μπορεί να εφαρμοστεί και σε υφιστάμενες βρύσες καθώς στην αγορά κυκλοφορούν και προϊόντα που μπορούν να προσαρμόζονται στο στόμιο της βρύσης, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.57 και στον πίνακα 3.32 που ακολουθούν.

Πίνακας 3.32 : Προϊόντα εξοικονόμησης νερού στις βρύσες (2)

Προϊόν	Μηχανισμός με αισθητήρα ανίχνευσης κίνησης
Λειτουργία	Η βρύση λειτουργεί όταν ανιχνευθεί κίνηση
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	Εύκολη εγκατάσταση : απαιτείται μόνον βίδωμα του εξαρτήματος στο στόμιο της βρύσης
Συντήρηση	Απαιτείται αλλαγή μπαταριών του εξαρτήματος έπειτα από ορισμένο διάστημα χρήσης
Κόστος (με Φ.Π.Α)	50,00 €

Πηγή : <http://www.clevermarket.gr>



Εικόνα 3.57 : Εξάρτημα βρύσης για ανίχνευση κίνησης Πηγή : <http://user.eportal.gr/faucet.gr/main.html>

Άλλη μια πρόταση εξοικονόμησης νερού στις βρύσες είναι η προσθήκη ειδικών ακροφυσίων στα στόμια των βρυσών. Ειδικότερα, τα ακροφύσια αυτά εισάγουν αέρα στη ροή του νερού της βρύσης με αποτέλεσμα να μειώνεται η (αρχικά αμιγής) ροή του νερού. Ωστόσο, η πίεση του νερού στο στόμιο της βρύσης παραμένει η ίδια και αυτός είναι ένας λόγος για τον οποίο δεν γίνεται αντιληπτή από το χρήστη η μείωση της παροχής του νερού. Το κόστος των μειωτήρων ροής στις βρύσες είναι ιδιαίτερα μικρό και η εξοικονόμηση νερού που μπορούν να επιτύχουν μπορεί να φτάσει και το 50%. Διατίθεται μια μεγάλη ποικιλία στην αγορά και η επιλογή γίνεται συνήθως με κριτήριο το υλικό του μειωτήρα αλλά και την παροχή νερού που εξασφαλίζει. Στους παρακάτω πίνακες 3.33 και 3.34 δίνονται κάποια παραδείγματα μειωτήρων ροής.

Πίνακας 3.33 : Προϊόντα εξοικονόμησης νερού στις βρύσες (3)

Προϊόν	Ακροφύσιο μείωσης ροής βρύσης (“Tap aerator”)
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	Εύκολη εγκατάσταση : απαιτείται μόνον βίδωμα του εξαρτήματος στο στόμιο της βρύσης
Παροχή νερού	4 l/min
Κόστος (με Φ.Π.Α)	2,00 €

Πηγή : <http://www.marketnet.gr>

Στην παρακάτω εικόνα 3.58 φαίνεται ο μειωτήρας που περιγράφηκε στον παραπάνω πίνακα 3.33.



Εικόνα 3.58 : Μειωτήρας ροής για βρύση (1) (Πηγή : <http://plaitis.com>)

Πίνακας 3.34 : Προϊόντα εξοικονόμησης νερού στις βρύσες (4)

Προϊόν	Ακροφύσιο μείωσης ροής βρύσης (“Tap aerator”)
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	Εύκολη εγκατάσταση : απαιτείται μόνον βίδωμα του εξαρτήματος στο στόμιο της βρύσης
Μείωση παροχής νερού	Από (9 – 15 l/min) σε (3 – 6 l/min)
Κόστος (με Φ.Π.Α)	6,00 €

Πηγή : <http://www.waess.gr>

Η εικόνα 3.59 που ακολουθεί παρουσιάζει έναν μειωτήρα ροής που μπορεί να τοποθετηθεί σε μια συμβατική βρύση.



Εικόνα 3.59 : Μειωτήρας ροής για βρύση (2) (Πηγή : <http://www.waess.gr>)

3.5.2 Εξοικονόμηση νερού στο ντους / μπανιέρα

Η συνήθης πρακτική που ακολουθείται στην περίπτωση αυτή είναι η εγκατάσταση ‘τηλεφώνων’ οικονομίας στις μπανιέρες και τις ντουζιέρες της κατοικίας. Στην περίπτωση υφιστάμενου μπάνιου όπου δεν είναι εφικτή η αλλαγή του ‘τηλεφώνου’ της ντουζιέρας / μπανιέρας προτείνεται η τοποθέτηση μειωτήρα ροής στη βρύση της ντουζιέρας / μπανιέρας. Στον παρακάτω πίνακα 3.35 και στην εικόνα 3.60 που ακολουθεί, δίνεται ένα παράδειγμα που αφορά σε ντους οικονομίας.

Πίνακας 3.35 : Προϊόντα εξοικονόμησης νερού στη ντουζιέρα / μπανιέρα

Προϊόν	‘Τηλέφωνο’ ντουζιέρας / μπανιέρας οικονομίας
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	Εύκολη εγκατάσταση
Μείωση παροχής νερού	Από (9 – 15 l/min) σε (3 – 6 l/min)
Κόστος (με Φ.Π.Α)	10,00 – 30,00 €

Πηγή : <http://www.exoikonomisi.com>



Εικόνα 3.60 : Κεφαλές ντους για εξοικονόμηση νερού (Πηγή : <http://www.exoikonomisi.com>)

3.5.3 Εξοικονόμηση νερού στην τουαλέτα

Η τουαλέτα αποτελεί το σημαντικότερο καταναλωτή νερού στην κατοικία και επομένως η εγκατάσταση κάποιων συσκευών εξοικονόμησης θα μείωναν δραστικά την ποσότητα του καταναλισκόμενου οικιακού νερού με εμφανή αποτελέσματα και στις δαπάνες του νοικοκυριού. Ειδικότερα, προτείνονται 2 λύσεις καθεμία από τις οποίες αναφέρεται και σε διαφορετική περίπτωση.

Η 1^η λύση είναι να εγκατασταθεί καζανάκι με μηχανισμό διπλής ενεργοποίησης (εικόνα 3.61). Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών των προϊόντων διαθέτει κουμπί ενεργοποίησης για 3 / 6 λίτρα ή 3 / 9 λίτρα. Το κόστος για την αγορά του εξοπλισμού στην περίπτωση αυτή κυμαίνεται ανάλογα με το είδος του δοχείου (εξωτερικό ή εντοιχισμένο). Στην περίπτωση του εντοιχισμένου δοχείου το κόστος αυξάνεται σημαντικά. Επίσης, η συγκεκριμένη λύση προτείνεται σε νέες κατοικίες όπου θα εγκατασταθούν εξ' αρχής τα καζανάκια διπλής ροής. Ωστόσο, μπορεί να εφαρμοστεί

και σε υφιστάμενες κατοικίες αλλά με μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με την περίπτωση της νέας κατοικίας.



Εικόνα 3.61 : Καζανάκι τουαλέτας με μηχανισμό διπλής ενεργοποίησης (Πηγή : <http://s-bath.skrouzstore.gr>)

Ως μια πιο οικονομική λύση για την εξοικονόμηση νερού στην τουαλέτα προτείνεται η τοποθέτηση κάποιων μικρών εξαρτημάτων που μειώνουν τον όγκο του νερού που απελευθερώνεται σε κάθε πάτημα του κουμπιού. Ειδικότερα, ανάμεσα στις λύσεις που προτείνονται είναι η προσθήκη ειδικού βαριδιού στο δοχείο έτσι ώστε να ανεβαίνει η στάθμη του νερού (λόγω άνωσης) και να σταματά η πλήρωσή του από το δίκτυο πιο γρήγορα. Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχει πάντοτε μικρότερη ποσότητα νερού στο δοχείο – η οποία και χρησιμοποιείται – σε σχέση με εκείνη που θα υπήρχε χωρίς καμία τροποποίηση. Το προϊόν αυτό υπάρχει στα διάφορα καταστήματα αλλά μπορεί να κατασκευαστεί και με απλά υλικά από τον ίδιο τον χρήστη.

Μια 2^η λύση που προτείνεται για την εξοικονόμηση νερού στην τουαλέτα είναι ένα ειδικό εξάρτημα που ενσωματώνεται στον υφιστάμενο μηχανισμό που διαθέτει το καζανάκι και επιτρέπει στο χρήστη να καταναλώνει νερό μόνον εφόσον κρατάει το κουμπί ενεργοποίησης πατημένο (εικόνα 3.62). Το προϊόν αυτό μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα παλαιού τύπου καζανάκια και μπορεί να απενεργοποιηθεί όποτε είναι επιθυμητό. Ένα παράδειγμα του προϊόντος δίνεται στον παρακάτω πίνακα 3.36 :

Πίνακας 3.36 : Προϊόν εξοικονόμησης νερού στην τουαλέτα

Προϊόν	Διακόπτης wc - stop
Κατασκευαστικές απαιτήσεις	Εύκολη εγκατάσταση
Εξοικονόμηση νερού	Έως 70% (σε νοικοκυριό 4 ατόμων η εξοικονόμηση μπορεί να είναι 30.000 l/year)
Κόστος (με Φ.Π.Α)	5,00 €

Πηγή : <http://www.ecofamily.gr>



Εικόνα 3.62 : Εξάρτημα wc - stop για εξοικονόμηση νερού στην τουαλέτα (Πηγή : <http://www.ecofamily.gr>)

3.5.4 Ηλεκτρικές συσκευές με μειωμένη κατανάλωση νερού

Για την εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου προγράμματος εξοικονόμησης νερού στην κατοικία προτείνεται η εγκατάσταση ηλεκτρικών συσκευών που να διαθέτουν προγράμματα ελάχιστης υδατικής κατανάλωσης. Ειδικότερα, προτείνεται η χρήση πλυντηρίων ρούχων και πιάτων που διαθέτουν προγράμματα εξοικονόμησης.



Εικόνα 3.63 : Πλυντήρια : συσκευές υδατικής κατανάλωσης (Πηγή : <http://www.lg.com>)

Το μεγαλύτερο ποσοστό των πλυντηρίων νέας τεχνολογίας καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια σε σχέση με τα παλαιότερα και παράλληλα διαθέτουν κάποιο πρόγραμμα πλύσης με ελάχιστη κατανάλωση νερού («οικονομικά προγράμματα»). Συνεπώς, δεν υπάρχουν συγκεκριμένα μοντέλα πλυντηρίων που να εξοικονομούν σημαντικές ποσότητες νερού.

4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Σενάρια διαχείρισης οικιακών ροών

4.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο διερευνώνται ορισμένα σενάρια διαχείρισης του νερού που παράγεται σε επίπεδο κατοικίας για διάφορες περιπτώσεις κατοικιών. Επιχειρώντας να δώσουμε έναν ορισμό των διαχειριστικών σεναρίων, θα μπορούσαμε να πούμε ότι αποτελούν λύσεις που περιλαμβάνουν προτάσεις για τη διαχείριση των διαφόρων υδάτινων ροών που παράγονται σε μια τυπική κατοικία και συγκεκριμένα, για το γκρίζο νερό, τα μικτά υγρά οικιακά απόβλητα αλλά και το βρόχινο νερό. Οι προτάσεις που διατυπώνονται ξεκινούν από απλές εφαρμογές και καταλήγουν σε σύνθετα τεχνολογικά συστήματα επεξεργασίας και διαχείρισης.

Ειδικότερα, αναλύονται 5 ομάδες διαχειριστικών, κάθε μια από τις οποίες αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη περίπτωση μη – υφιστάμενης κατοικίας. Η ανάλυση των διαχειριστικών σεναρίων περιλαμβάνει την διεξοδική περιγραφή των προτάσεων διαχείρισης καθώς και την παρουσίαση στοιχείων που αφορούν στις ποσότητες των διαχειρίσιμων και μη υδάτινων ροών, στο κόστος του προτεινόμενου εξοπλισμού αλλά και στο συνολικό κόστος της κάθε πρότασης. Τέλος, γίνεται αξιολόγηση των επιμέρους σεναρίων της κάθε ομάδας με ποσοτικά κριτήρια οικιακών υδάτινων ροών και οικονομικά κριτήρια.

4.2 Σχεδιασμός διαχειριστικών σεναρίων

Η βασική αρχή για το σχεδιασμό των διαχειριστικών σεναρίων είναι η εξοικονόμηση του οικιακού νερού. Η έννοια της εξοικονόμησης νερού μπορεί να πάρει πολλές διαφορετικές μορφές όπως η (άμεση) εξοικονόμηση νερού στην πηγή με την εφαρμογή 'έξυπνων' συσκευών που επιτυγχάνουν μειωμένη κατανάλωση νερού αλλά και η έμμεση εξοικονόμηση νερού η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με την επαναχρησιμοποίηση ορισμένων οικιακών υδάτινων ροών μετά από επεξεργασία.

Κάθε διαχειριστικό σενάριο αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη περίπτωση ιδεατής κατοικίας με ορισμένα χαρακτηριστικά. Ειδικότερα, τα χαρακτηριστικά αυτά αναφέρονται στις εξής παραμέτρους :

- αριθμός των μελών που διαβιούν στην κατοικία
- έκταση της επιφάνειας απορροής
- έκταση του κήπου
- παρουσία δικτύου αποχέτευσης στην περιοχή της κατοικίας

Τα διάφορα διαχειριστικά σενάρια ομαδοποιούνται, ανάλογα με την περίπτωση κατοικίας στην οποία αναφέρονται, σε ομάδες διαχειριστικών σεναρίων. Οι παράμετροι βάσει των οποίων διαφοροποιούνται οι ομάδες σεναρίων είναι οι εξής :

1. Το είδος της κατοικίας στο νοικοκυριό της οποίας γίνεται αναφορά. Τα είδη των κατοικιών που μελετώνται είναι η μονοκατοικία και το διαμέρισμα πολυκατοικίας. Οι δυο αυτές περιπτώσεις κατοικιών επιλέχθηκαν για οικονομικούς λόγους που αφορούν στον καταμερισμό ή όχι των δαπανών εφαρμογής του σεναρίου. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί ότι οι κατοικίες που μελετώνται δεν είναι υφιστάμενες αλλά πρόκειται «ιδεατά» να κατασκευαστούν.
2. Η παρουσία ή όχι κήπου στην κατοικία. Η συγκεκριμένη παράμετρος επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την οικιακή υδατική κατανάλωση, ιδιαίτερα σε ορισμένες χρονικές περιόδους όπως η καλοκαιρινή, οπότε οι αρδευτικές ανάγκες των φυτών είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Η παράμετρος αυτή καθορίζει σε μεγάλο βαθμό και μια άλλη παράμετρο, την μέση ημερήσια υδατική κατανάλωση κατ' άτομο. Ειδικότερα, η παράμετρος της υδατικής κατανάλωσης είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση που αναφερόμαστε σε κατοικία η οποία διαθέτει και κήπο.
3. Οι υπηρεσίες που προσφέρει η εταιρεία ύδρευσης και αποχέτευσης που δραστηριοποιείται στην περιοχή της κατοικίας. Ειδικότερα, η παράμετρος αυτή αναφέρεται στην παρουσία ή όχι δικτύου αποχέτευσης το οποίο θα παραλαμβάνει τα οικιακά υγρά απόβλητα.

Με βάση τα παραπάνω προέκυψαν οι εξής ομάδες διαχειριστικών σεναρίων :

- 1^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων που αφορά σε μονοκατοικία με κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης.
- 2^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων η οποία αφορά σε μονοκατοικία με κήπο αλλά χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης.

- 3^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων που αφορά σε μονοκατοικία χωρίς κήπο – με σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης.
- 4^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων που αφορά σε διαμέρισμα πολυκατοικίας με κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης.
- 5^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων η οποία αναφέρεται σε διαμέρισμα πολυκατοικίας με κήπο αλλά χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης.

4.3 Προτεινόμενες τεχνολογίες

Η υλοποίηση κάθε προτεινόμενου διαχειριστικού σεναρίου πραγματοποιείται με την εφαρμογή συγκεκριμένης τεχνολογίας η οποία περιγράφεται αναλυτικά σε κάθε περίπτωση, ενώ παράλληλα παρατίθενται και στοιχεία κόστους του βασικού και παρελκόμενου εξοπλισμού. Οι τεχνολογίες που προτείνονται για την επεξεργασία και αξιοποίηση του γκρίζου νερού, του βρόχινου νερού και των μικτών υγρών οικιακών αποβλήτων και περιγράφηκαν αναλυτικά στο 3^ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.

Αναφορικά με τις τεχνολογίες που προτείνονται σε διαχειριστικά σενάρια που στοχεύουν στην αξιοποίηση κάποιας οικιακής υδάτινης ροής, η επιλογή τους γίνεται με βάση 2 κριτήρια, τα οποία είναι :

- η ποιότητα της αξιοποιούμενης υδάτινης ροής (για παράδειγμα γκρίζο νερό, βρόχινο νερό, λύματα) και
- η δραστηριότητα στην οποία θα αξιοποιηθεί η επεξεργασμένη υδάτινη ροή (για παράδειγμα καθαρισμός τουαλέτας, άρδευση κήπου).

Ειδικότερα, αναφορικά με το 1^ο κριτήριο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι αυτό καθορίζει τον εξοπλισμό της κυρίως επεξεργασίας της εκάστοτε υδατικής ροής. Ειδικότερα, τα προτεινόμενα συστήματα επεξεργασίας του γκρίζου νερού στηρίζονται στις βασικές αρχές λειτουργίας των συστημάτων επεξεργασίας οικιακών λυμάτων (αερόβια βιολογική επεξεργασία, αναερόβια επεξεργασία, χημική επεξεργασία). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι στα πλαίσια των σεναρίων της παρούσας εργασίας, ως διαχειρίσιμο γκρίζο νερό θεωρείται το σύνολο των υδάτινων εκροών του νιπτήρα, της μπανιέρας / ντουζιέρας, του πλυντηρίου ρούχων και του πλυντηρίου πιάτων.

Αντίθετα, τα συστήματα που προτείνονται για την επεξεργασία του βρόχινου νερού στηρίζονται σε πιο απλές διεργασίες (συνήθως καθίζηση και διήθηση) καθώς η ποιότητά του είναι εν γένει υψηλότερη από εκείνη του γκρίζου και των οικιακών λυμάτων.

Οι δραστηριότητες όπου θα αξιοποιηθούν οι επεξεργασμένες ροές καθορίζουν τον εξοπλισμό της μετά – επεξεργασίας. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην περίπτωση που η επεξεργασμένη ροή θα αξιοποιηθεί σε εσωτερικές χρήσεις της κατοικίας (όπως ο καθαρισμός της τουαλέτας) καθώς το ενδεχόμενο αυτό εγκυμονεί περισσότερους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία λόγω μεγαλύτερης πιθανότητας άμεσης επαφής σε σχέση με άλλες χρήσεις που προτείνονται. Ειδικότερα, στις περιπτώσεις αυτές μετά την κυρίως επεξεργασία προτείνεται ένα στάδιο διήθησης (για την εξασφάλιση της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης) το οποίο ακολουθείται από ένα στάδιο απολύμανσης (με υπεριώδη ακτινοβολία ή χλωρίωση).

Στην περίπτωση που η επεξεργασμένη εκροή αξιοποιηθεί για άρδευση, θα πρέπει να αναφερθεί ότι το σύστημα άρδευσης που προβλέπεται είναι η υποεπιφανειακή στάγδην άρδευση. Η συγκεκριμένη επιλογή έγινε επειδή δεν υπάρχει σαφώς καθορισμένο νομοθετικό πλαίσιο επαναχρησιμοποίησης οικιακών λυμάτων και γενικά οικιακών εκροών που να θέτει ποιοτικά κριτήρια για επιφανειακή άρδευση. Επίσης, ο εξοπλισμός μετά – επεξεργασίας που υπαγορεύει η αρδευτική χρήση θεωρούμε ότι αποτελείται από ένα στάδιο διήθησης προκειμένου να αποφευχθεί η έμφραξη στους σωλήνες του δικτύου άρδευσης και σε ορισμένες περιπτώσεις και από ένα στάδιο απολύμανσης. Η χλωρίωση ως μέθοδος απολύμανσης στην περίπτωση αυτή δεν προτείνεται διότι μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά.

4.4 Υπολογισμοί διαχειριστικών σεναρίων

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστούν οι υπολογισμοί που γίνονται σε κάθε διαχειριστικό σενάριο και οι οποίοι μπορούν να καταταγούν σε δυο κατηγορίες :

1. Ποσοτικοί υπολογισμοί οικιακών υδάτινων ροών
2. Οικονομικοί υπολογισμοί

4.4.1 Ποσοτικοί υπολογισμοί οικιακών υδάτινων ροών

Οι υπολογισμοί των ποσοτήτων των υδάτινων ροών σε μια κατοικία περιλαμβάνουν :

1. Υπολογισμό της οικιακής υδατικής κατανάλωσης
2. Υπολογισμό των οικιακών υδάτινων εκροών

4.4.1.1 Υπολογισμός οικιακής υδατικής κατανάλωσης

Η οικιακή υδατική κατανάλωση αναφέρεται στην ποσότητα του νερού που καταναλώνεται σε μια κατοικία και η οποία διακρίνεται α) στην ποσότητα που καταναλώνεται σε εσωτερικές χρήσεις και β) στην ποσότητα που καταναλώνεται σε εξωτερικές χρήσεις.

Εσωτερικές χρήσεις

Το νερό που δαπανάται σε εσωτερικές χρήσεις υπολογίζεται με βάση τη μέση ημερήσια υδατική κατανάλωση κατ' άτομο και το μέγεθος του νοικοκυριού. Ειδικότερα, ο υπολογισμός του νερού εσωτερικών χρήσεων σε μια κατοικία γίνεται με βάση την παρακάτω εξίσωση (2).

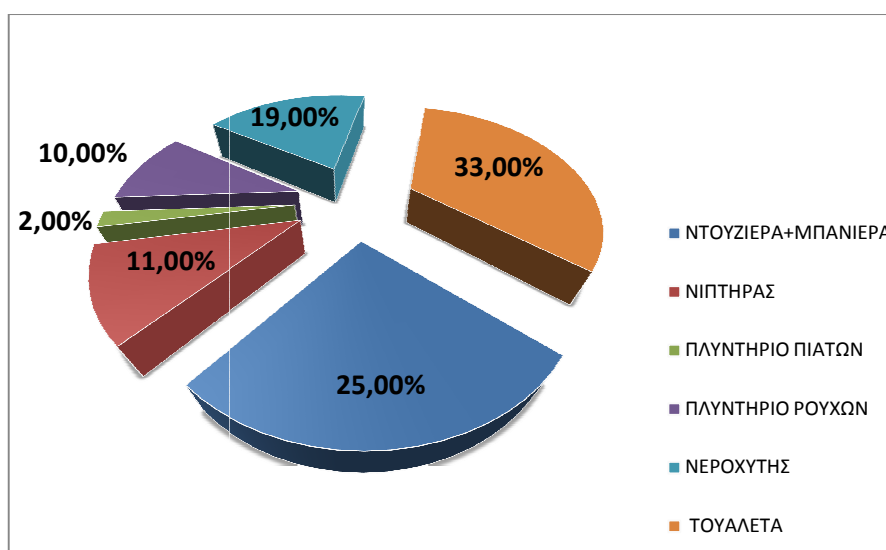
$$\text{Ποσότητα νερού εσωτερικών χρήσεων} = \left[\frac{\text{κατανάλωση νερού}}{\text{άτομο*ημέρα}} \right] * [\text{αριθμός μελών νοικοκυριού}] \quad (2)$$

Επίσης, σε ορισμένα διαχειριστικά σενάρια προτείνεται ο διαχωρισμός των οικιακών υδάτινων εκροών προκειμένου να γίνει επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση ορισμένων από αυτές. Στις περιπτώσεις αυτές, θα πρέπει να είναι γνωστή η ποσότητα του νερού που δαπανάται σε κάθε δραστηριότητα εντός της οικίας. Τα ποσοστά καταμερισμού του νερού στις διάφορες οικιακές δραστηριότητες δίνονται στον παρακάτω πίνακα 4.1 και το σχήμα 4.1 που ακολουθεί. Τα συγκεκριμένα

ποσοστά προέκυψαν ως μέσες τιμές από αντίστοιχα ευρωπαϊκά δεδομένα που παρουσιάστηκαν στο 2^ο κεφάλαιο της εργασίας.

Πίνακας 4.1 : Ποσοστιαία κατανομή νερού σε εσωτερικές δραστηριότητες

Εσωτερικές οικιακές χρήσεις	Ποσοστό συμμετοχής στη συνολική κατανάλωση
Ντουζιέρα & μπανιέρα	25,00%
Νιπτήρας	11,00%
Πλυντήριο πιάτων	2,00%
Πλυντήριο ρούχων	10,00%
Νεροχύτης	19,00%
Τουαλέτα	33,00%
Σύνολο	100,00%



Σχήμα 4.1 : Επιμερισμός νερού στις διάφορες εσωτερικές οικιακές χρήσεις

Ο υπολογισμός των αντίστοιχων ποσοτήτων γίνεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση (3).

$$\text{Ποσότητα νερού δραστηριότητας} = [\text{Ποσότητα νερού εσωτερικών χρήσεων}] * [\text{ποσοστό δραστηριότητας (από πίνακα 4.1)}] \quad (3)$$

Για μέση ημερήσια κατανάλωση 200 l/p/d, οι ποσότητες νερού που δαπανώνται στις διάφορες δραστηριότητες δίνονται στον πίνακα 4.2 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.2 : Ποσότητες νερού εσωτερικών οικιακών δραστηριοτήτων

Εσωτερικές οικιακές χρήσεις	Ποσότητα νερού(l/d)
Ντουζιέρα & μπανιέρα	200
Νιπτήρας	88
Πλυντήριο πιάτων	16
Πλυντήριο ρούχων	80
Νεροχύτης	152
Τουαλέτα	264
Σύνολο	800

Ωστόσο, στην περίπτωση που στην κατοικία χρησιμοποιούνται κάποιες συσκευές ή εξαρτήματα εξοικονόμησης νερού ακολουθείται μια διαφορετική διαδικασία υπολογισμού των ποσοτήτων νερού που δαπανάται στις διάφορες οικιακές δραστηριότητες. Ειδικότερα, σε κάθε δραστηριότητα η ποσότητα του καταναλισκόμενου νερού υπολογίζεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση (4).

$$\begin{aligned} \text{Ποσότητα νερού} \left(\frac{1}{d}\right) \text{ δραστηριότητας (με συσκευές εξοικονόμησης)} = \\ \text{Ποσότητα νερού} \left(\frac{1}{d}\right) \text{ δραστηριότητας (κανονική κατανάλωση)} * (1 - \\ \text{ποσοστό απομείωσης}) \quad (4) \end{aligned}$$

Στον πίνακα 4.3 που ακολουθεί, φαίνονται τα αντίστοιχα ποσοστά απομείωσης των επιμέρους καταναλώσεων με τη χρήση συσκευών εξοικονόμησης.

Πίνακας 4.3 : Απομείωση υδάτινων καταναλώσεων με χρήση συσκευών εξοικονόμησης

Δραστηριότητα	Ποσοστό απομείωσης της κανονικής κατανάλωσης	Καταναλισκόμενη ποσότητα νερού (l/d)
Ντουζιέρα – Μπανιέρα	30%	140
Νιπτήρας	15%	75
Πλυντήριο πιάτων	35%	10
Πλυντήριο ρούχων	30%	56
Νεροχύτης	15%	129
Τουαλέτα	35%	172
Σύνολο	100%	582

Εξωτερικές χρήσεις

Το νερό που δαπανάται στις εξωτερικές χρήσεις δεσμεύεται στο μεγαλύτερο ποσοστό του για την άρδευση των χώρων πρασίνου. Στα διαχειριστικά σενάρια που εξετάζονται, το νερό των εξωτερικών χρήσεων αντιπροσωπεύει αποκλειστικά την ποσότητα που χρησιμοποιείται για την άρδευση του κήπου. Ωστόσο, το νερό που δαπανάται για άρδευση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το σύστημα άρδευσης (στάγδην, με ψεκασμό, κ.α.), το είδος του αρδευόμενου φυτού αλλά και τις κλιματολογικές συνθήκες στην περιοχή της κατοικίας (θερμοκρασία, συχνότητα και όγκος βροχοπτώσεων).

Η πληθώρα αυτών των παραγόντων καθιστά δύσκολο τον ακριβή προσδιορισμό της ποσότητας νερού που απαιτούν οι χώροι πρασίνου και για το λόγο αυτό ο υπολογισμός της συγκεκριμένης ποσότητας στα πλαίσια των διαχειριστικών σεναρίων της παρούσας εργασίας γίνεται με μια τιμή που εκφράζει τις μέσες υδατικές απαιτήσεις των χώρων πρασίνου. Ειδικότερα, η συγκεκριμένη τιμή λήφθηκε θεωρώντας ως δεδομένο ότι οι χώροι της κατοικίας θα καλύπτονται με γκαζόν, το οποίο είναι πιο υδροβόρο σε σχέση με άλλα φυτά κήπου, και ορίστηκε κατόπιν μελέτης διαφόρων πηγών στα 10 l/m².

Επίσης, έγινε η παραδοχή ότι η συχνότητα με την οποία πραγματοποιείται η άρδευση κυμαίνεται ανάλογα με την εποχή, χωρίς όμως να μεταβάλλεται η μέση απαίτηση άρδευσης. Ειδικότερα, η συχνότητα άρδευσης του κήπου σε όλη τη διάρκεια του έτους παρουσιάζεται στον πίνακα 4.4 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.4 : Συχνότητα άρδευσης κήπου (παραδοχή σεναρίων)

Χρονική περίοδος	Συχνότητα άρδευσης
Δεκέμβριος - Φεβρουάριος	1 φορά /2 εβδομάδες
Μάρτιος - Απρίλιος	2 φορές / εβδομάδα
Μάιος - Σεπτέμβριος	καθημερινά
Οκτώβριος - Νοέμβριος	2 φορές / εβδομάδα

Η διάκριση του έτους σε 4 διαστήματα διαφορετικής συχνότητας άρδευσης έγινε με βάση τη διάρκεια της υγρής περιόδου (Οκτώβριος – Μάρτιος) και τις συνήθειες πρακτικές άρδευσης που εφαρμόζονται σε χώρους με χλοοτάπητα.

Ο υπολογισμός της ημερήσιας ποσότητας νερού για τον κήπο γίνεται με βάση τη συχνότητα της άρδευσης (ανάλογα με την περίοδο του έτους), τη μέση υδατική απαίτηση και την επιφάνεια του κήπου. Στον παρακάτω πίνακα 4.5 δίνονται οι ημερήσιες ποσότητες για έναν κήπο 70 m².

Πίνακας 4.5 : Ημερήσιες ποσότητες για άρδευση κήπου ανά περίοδο

Χρονική περίοδος	Ημερήσια ποσότητα νερού άρδευσης (l/d)
Δεκέμβριος-Φεβρουάριος	47
Μάρτιος-Απρίλιος	200
Μάιος-Σεπτέμβριος	700
Οκτώβριος - Νοέμβριος	200

4.4.1.2 Οικιακές υδάτινες εκροές

Οι υδάτινες εκροές που προκύπτουν από μια κατοικία περιλαμβάνουν όπως αναφέρθηκε και στο 2^ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας α) τα υγρά απόβλητα και β) το βρόχινο νερό.

Υγρά απόβλητα

Η εκτίμηση της ποσότητας των υγρών αποβλήτων της κατοικίας γίνεται με βάση την υδατική κατανάλωση αφού γίνει απομείωσή της λόγω απωλειών (20 – 40%). Στην παρούσα εργασία η τιμή του συντελεστή λαμβάνεται 0,85, θεωρώντας ότι οι απώλειες σε επίπεδο κατοικίας είναι μικρότερες σε σχέση με το αστικό περιβάλλον. Επομένως, η ποσότητα υγρών αποβλήτων υπολογίζεται την εξίσωση (5) που ακολουθεί.

$$\text{Υγρά απόβλητα κατοικίας} = \text{υδατική κατανάλωση κατοικίας} * 0,85 \quad (5)$$

Ορισμένα διαχειριστικά σενάρια προτείνουν το διαχωρισμό των διαφόρων συνιστωσών των οικιακών αποβλήτων προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν κάποιες από αυτές. Ειδικότερα, οι συνιστώσες των λυμάτων που εξετάζονται είναι :

- το γκρίζο νερό που προκύπτει από το σύνολο των εκροών του νιπτήρα, της μπανιέρας / ντουζιέρας και των πλυντηρίων ρούχων και πιάτων και
- το μαύρο νερό που προκύπτει από το σύνολο των εκροών του νεροχύτη της κουζίνας και από τον καθαρισμό των τουαλετών.

Οι εκροές που αποτελούν το γκρίζο νερό, βάσει στοιχείων που παρατέθηκαν στο 2^ο κεφάλαιο, χαρακτηρίζονται από μικρότερο ρυπαντικό φορτίο και υψηλότερη ποιότητα σε σχέση με τις εκροές που αποτελούν το μαύρο νερό. Στις περιπτώσεις που προβλέπεται διαφορετικό σχέδιο διαχείρισης για κάθε μια από τις παραπάνω συνιστώσες, απαιτείται ο ακριβής υπολογισμός της ποσότητας νερού που προκύπτει από κάθε δραστηριότητα στην κατοικία. Ο υπολογισμός των επιμέρους ποσοτήτων αποβλήτων γίνεται εφαρμόζοντας τα ποσοστά επιμερισμού του οικιακού νερού στη συνολική ποσότητα οικιακών αποβλήτων, η οποία υπολογίζεται από την εξίσωση 4.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ποσότητες αποβλήτων που προκύπτουν από κάθε δραστηριότητα για μέση ημερήσια υδατική κατανάλωση 200 l/p/d.

Πίνακας 4.6 : Ποσότητες γκρίζου & μαύρου νερού

Οικιακές δραστηριότητες	Παραγόμενη ποσότητα (l/d)	Ποιοτική κατηγορία
Ντουζιέρα & μπανιέρα	170	Γκρίζο νερό 327 l/d
Νιπτήρας	75	
Πλυντήριο πιάτων	14	
Πλυντήριο ρούχων	68	
Νεροχύτης	129	Μαύρο νερό 353 l/d
Τουαλέτα	224	

Βρόχινο νερό

Οι παραδοχές που έγιναν στα πλαίσια των υπολογισμών της απορροής μιας τυπικής κατοικίας, για την οποία προτάθηκαν διαχειριστικά σενάρια που θα παρουσιαστούν παρακάτω, είναι οι εξής :

- I. Συντελεστής απορροής = 0,80
- II. Απώλειες κατά την απορροή 2 mm / μήνα
- III. Βροχομετρικά δεδομένα που δίνονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία για την περιοχή του Ελληνικού στην Αττική, όπως έχουν προκύψει για το διάστημα ετών από το 1955 – 1997 και παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7 : Μέση βροχόπτωση στην Αττική (Ελληνικό)

Μήνας	Ύψος βροχής (mm / μήνα)
Ιανουάριος	48,3
Φεβρουάριος	40,9
Μάρτιος	39,7
Απρίλιος	26
Μάιος	15,2
Ιούνιος	5,6
Ιούλιος	5,2
Αύγουστος	7
Σεπτέμβριος	9,6
Οκτώβριος	47,8
Νοέμβριος	55,4
Δεκέμβριος	64,1

Πηγή : Ιστοσελίδα Ε.Μ.Υ. (http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_html)

Ο υπολογισμός της μηνιαίας ποσότητας απορροής γίνεται με βάση την εξίσωση (6) και στον πίνακα 4.8 δίνονται οι μηνιαίοι όγκοι βρόχινου νερού για διάφορες τιμές της επιφάνειας απορροής της κατοικίας.

$$\text{Μηνιαία ποσότητα βρόχινου νερού } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{μήνα}}\right) =$$

$$[\text{επιφάνεια απορροής } (\text{m}^2)] * \frac{[\text{συντελεστής απορροής}] * [\text{βροχόπτωση}_{\text{mm/μήνα}} - \text{απώλειες}_{\text{mm/μήνα}}]}{1000} \quad (6)$$

Πίνακας 4.8 : Υπολογισμός όγκου απορροής κατοικίας

Επιφάνεια απορροής	Μέσος μηνιαίος όγκος απορροής κατοικίας στην Αττική (m ³ /μήνα)											
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
50 m ²	1,85	1,56	1,51	0,96	0,53	0,14	0,13	0,20	0,30	1,83	2,14	2,48
75 m ³	2,78	2,33	2,26	1,44	0,79	0,22	0,19	0,30	0,46	2,75	3,20	3,73
100 m ²	3,70	3,11	3,02	1,92	1,06	0,29	0,26	0,40	0,61	3,66	4,27	4,97
150 m ²	5,56	4,67	4,52	2,88	1,58	0,43	0,38	0,60	0,91	5,50	6,41	7,45

Ωστόσο, στα πλαίσια των διαχειριστικών σεναρίων για διευκόλυνση των υπολογισμών θεωρήθηκε η διάκριση του έτους σε δυο περιόδους α) την υγρή και β) την ξηρή περίοδο με βάση τον όγκο της απορροής που προκύπτει σε κάθε μια. Ο όγκος βροχής της υγρής περιόδου θεωρείται σημαντικός και ενδεχομένως αξιοποιήσιμος, ενώ αντίθετα η απορροή της ξηρής περιόδου κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα προκειμένου να καταστεί διαχειρίσιμη (πίνακας 4.9). Η τιμή απορροής που λαμβάνεται για την υγρή περίοδο προκύπτει από τη μέση τιμή των μηνών που την αποτελούν (Πίνακας 4.8).

Πίνακας 4.9 : Υγρή & ξηρή περίοδος του έτους

Ονομασία περιόδου	Χρονικό εύρος	Χαρακτηριστικά
Υγρή	Οκτώβριος - Μάρτιος	Δυνατότητα αξιοποίησης όγκου απορροής.
Ξηρή	Απρίλιος - Σεπτέμβριος	Ανεπαρκής όγκος βρόχινου νερού προς αξιοποίηση

4.4.2 Υπολογισμοί οικονομικών στοιχείων

Στα πλαίσια των διαχειριστικών σεναρίων, εκτός από τους υπολογισμούς που αφορούν στις ποσότητες των υδάτινων ροών, γίνονται και υπολογισμοί οικονομικών παραμέτρων προκειμένου να εκτιμηθεί η οικονομική βιωσιμότητα των προτεινόμενων λύσεων. Ειδικότερα, οι κυριότερες συνιστώσες των παρατιθέμενων οικονομικών στοιχείων είναι :

1. Το κόστος του καταναλισκόμενου νερού από το δίκτυο
2. Το κόστος από τη χρήση της αποχέτευσης εφόσον υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, το κόστος αυτό αντικαθίσταται από το κόστος εκκένωσης της σηπτικής δεξαμενής.
3. Το κόστος της προτεινόμενης τεχνολογίας, το οποίο αναλύεται περαιτέρω σε κόστος προμήθειας και εγκατάστασης καθώς και σε κόστος συντήρησης και λειτουργίας.

4.4.2.1 Κόστος υδατικής κατανάλωσης

Οι οικονομικοί υπολογισμοί της οικιακής υδατικής κατανάλωσης έγιναν με βάση τις ισχύουσες τιμές που ορίζονται από την ΕΥΔΑΠ και οι οποίες παρατίθενται στον πίνακα 4.10 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.10 : Τιμολόγιο ΕΥΔΑΠ

ΠΕΡΙΟΧΗ : ΑΤΤΙΚΗ (ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΕΥΔΑΠ Α.Ε.)		
Κατηγορία	Κατανάλωση m ³ /μήνα	€ / m ³
Γενικού τιμολογίου – Οικιακή χρήση (υποχρεωτική κατανάλωση 2 m ³ /μήνα)	0 – 5	0,4138
	5 - 20	0,6471
	20 - 27	1,8566
	27 – 35	2,5992
	Άνω 35	3,2357
Φ.Π.Α. νερού	9% (από 1/3/2009)	
Δικαίωμα χρήσης υπονόμων	75% επί της τιμής του νερού	
	52,5% επί της τιμής του νερού για κατοικίες με κήπους ή μόνον σε κήπους άνω των 200 m ² .	
Φ.Π.Α. αποχέτευσης	19% (από 1/4/2005)	

Πηγή : <http://www.eydap.gr>

4.4.2.2 Κόστος αποχέτευσης

Το κόστος της αποχέτευσης για μια κατοικία εξαρτάται από το αν διαθέτει σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης ή όχι. Ειδικότερα, στην περίπτωση που η κατοικία διαθέτει σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, το κόστος αποχέτευσης υπολογίζεται με βάση την αξία του νερού που καταναλώθηκε απομειωμένη κατά ένα ποσοστό που ορίζεται από την εταιρεία ύδρευσης (Πίνακας 4.10).

Στην περίπτωση που η κατοικία δεν διαθέτει σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης, θεωρούμε ότι τα οικιακά λύματα καταλήγουν σε σηπτική δεξαμενή η οποία εκκενώνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Οι παραδοχές για το κόστος εκκένωσης και τη συχνότητα εκκένωσης που λήφθηκαν στην ανάλυση των διαχειριστικών σεναρίων παρουσιάζονται στον πίνακα 4.11 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.11 : Παραδοχές υπολογισμού κόστους αποχέτευσης

Τύπος κατοικίας	Συχνότητα εκκένωσης	Κόστος εκκένωσης
Μονοκατοικία	2 φορές / έτος	150 € / εκκένωση
Πολυκατοικία	3 φορές / έτος	400 € / εκκένωση

Ο υπολογισμός του ετήσιου κόστους αποχέτευσης στην περίπτωση που δεν υπάρχει δίκτυο αποχέτευσης γίνεται με βάση την εξίσωση (7) και αφορά στο σύνολο των οικιακών λυμάτων της κατοικίας που προκύπτουν χωρίς διαχωρισμό ρών και χωρίς τη λήψη άλλων μέτρων εξοικονόμησης νερού.

$$\text{Ετήσιο κόστος αποχέτευσης} = [\text{συχνότητα εκκένωσης}] * \left[\frac{\text{κόστος}}{\text{εκκένωση}} \right] \quad (7)$$

Ωστόσο, κάποια από τα διαχειριστικά σενάρια οδηγούν σε παραγωγή μικρότερης ποσότητας λυμάτων τα οποία καταλήγουν στη σηπτική δεξαμενή, οπότε το κόστος αποχέτευσης στην περίπτωση αυτή διαφοροποιείται. Στην περίπτωση αυτή το κόστος θεωρείται ανάλογο της ποσότητας των λυμάτων που φορτίζουν τη σηπτική δεξαμενή και υπολογίζεται από την εξίσωση 8.

$$\begin{aligned} \text{Ετήσιο κόστος αποχέτευσης} = \\ [\text{συχνότητα εκκένωσης}] * \left[\frac{\text{κόστος}}{\text{εκκένωση}} \right] * \\ \frac{\text{Ποσότητα λυμάτων που καταλήγουν στη σηπτική δεξαμενή}}{\text{Ποσότητα λυμάτων που καταλήγουν στη σηπτική (χωρίς διαχωρισμό ρών ή εξοικονόμηση)}} \quad (8) \end{aligned}$$

4.4.2.3 Κόστος τεχνολογίας / εξοπλισμού

Η αρχή της διαχείρισης σε κάθε διαχειριστικό σενάριο υλοποιείται μέσω της εφαρμογής διαφόρων τεχνολογιών. Το κόστος των τεχνολογιών που προτείνονται σε κάθε διαχειριστικό σενάριο διακρίνεται σε τέσσερις βασικές συνιστώσες :

1. Κόστος προμήθειας
2. Κόστος εγκατάστασης
3. Κόστος λειτουργίας
4. Κόστος συντήρησης

Οι δυο πρώτες συνιστώσες αποτελούν το αρχικό κόστος του εξοπλισμού και εκτός από το κόστος του βασικού εξοπλισμού (για παράδειγμα σύστημα αερόβιας επεξεργασίας γκρίζου νερού) περιλαμβάνει το κόστος του απαιτούμενου παρελκόμενου εξοπλισμού (για παράδειγμα δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένης εκροής, αντλίες, κ.α.). Το κόστος λειτουργίας αναφέρεται στις ενεργειακές απαιτήσεις του εξοπλισμού, το οποίο υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψη το κλιμακωτό τιμολόγιο της εταιρείας ηλεκτρισμού, που παρουσιάζεται στον πίνακα 4.12.

Πίνακας 4.12 : Κλιμακωτό τιμολόγιο ΔΕΗ

Κλιμάκια (στο σύνολο της κατανάλωσης)	Χρέωση Ενέργειας (€ / kWh)
0 – 800 kWh	0,05400
801 – 1000 kWh	0,06860
1001 – 1200 kWh	0,07100
1201 – 1600 kWh	0,07270
1601 – 2000 kWh	0,07270
> 2001 kWh	0,08174

Πηγή : <http://www.dei.gr>

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης έγινε η παραδοχή ότι οι απώλειες του εξοπλισμού αναφορικά με τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ του είναι 85%, ενώ για τα επιμέρους μέρη του εξοπλισμού του κάθε σεναρίου λήφθηκε ένας συγκεκριμένος χρόνος λειτουργίας ανά ημέρα. Ειδικότερα, θεωρήθηκαν :

- 24ωρη λειτουργία για τον εξοπλισμό επεξεργασίας οικιακών λυμάτων.
- 18ωρη λειτουργία για τον εξοπλισμό επεξεργασίας γκρίζου και βρόχινου νερού.

- 12ωρη λειτουργία διατάξεων απολύμανσης (απολύμανση με UV).
- 12ωρη λειτουργία αεραντλιών και γενικότερα αντλιών που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια του εξοπλισμού κάθε σεναρίου.

Επίσης, εκτός από το κόστος λειτουργίας του συστήματος, υπάρχει και το κόστος συντήρησης, το οποίο αναφέρεται στις δαπάνες για την προμήθεια αναλωσίμων (όπως για παράδειγμα το κόστος λαμπτήρων UV, διαφόρων χημικών) αλλά και πιθανώς στις δαπάνες για συντήρηση του εξοπλισμού από ειδικευμένο συνεργείο. Στα πλαίσια της οικονομικής αξιολόγησης των σεναρίων, υπολογίζεται το ετήσιο κόστος του εξοπλισμού που προτείνεται για κάθε σενάριο με βάση την εξίσωση (9).

$$\begin{aligned} & \text{Ετήσιο κόστος προτεινόμενου εξοπλισμού} = \\ & [\text{ετήσιο ποσό απόσβεσης αρχικού κόστους}] + [\text{ετήσιο λειτουργικό κόστος}] + \\ & [\text{ετήσιο κόστος συντήρησης}] \end{aligned} \quad (9)$$

Το ετήσιο ποσό απόσβεσης υπολογίζεται με βάση το αρχικό κόστος, το χρόνο ζωής του έργου και το αποπληθωρισμένο επιτόκιο με βάση την παρακάτω εξίσωση (10).

$$\text{Ετήσιο τοκοχρεολύσιο} = i * \frac{(1+i)^t}{(1+i)^t - 1} * K \quad (10)$$

Όπου :

i : το αποπληθωρισμένο επιτόκιο

t : ο ωφέλιμος χρόνος ζωής του έργου

K : συνολικό αρχικό κόστος για την κτήση και εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού για κάθε διαχειριστικό σενάριο.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα στοιχεία για το κόστος του εξοπλισμού (βασικού και παρελκόμενου) που προτείνεται σε κάθε σενάριο λήφθηκαν έπειτα από επικοινωνία με εταιρείες που διαθέτουν τα αντίστοιχα προϊόντα και παρουσιάζονται αναλυτικά σε πίνακες και με βάση τον ισχύοντα Φ.Π.Α. στις επόμενες παραγράφους του κεφαλαίου.

4.4.2.4 Χρόνος ζωής τεχνολογιών/ εξοπλισμού

Ο καθορισμός του χρόνου ζωής του εξοπλισμού που προτείνεται σε κάθε σενάριο είναι απαραίτητος για τον υπολογισμό του ετήσιου ποσού απόσβεσης του αρχικού κεφαλαίου που απαιτείται για την προμήθεια και εγκατάσταση του εκάστοτε εξοπλισμού. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνονται 2 βασικές κατηγορίες εξοπλισμού ο χρόνος ζωής των οποίων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 4.13.

Πίνακας 4.13 : Χρόνος ζωής διαφόρων κατηγοριών εξοπλισμού

Χαρακτηρισμός εξοπλισμού	Χρόνος ζωής
Συσκευές & εξαρτήματα εξοικονόμησης νερού	5 έτη
Σύνθετα συστήματα διαχείρισης οικιακού νερού & παρελκόμενος εξοπλισμός	15 έτη

4.4.2.5 Οικονομικά στοιχεία σεναρίων περιβαλλοντικής φύσεως

Μια ολοκληρωμένη θεώρηση του κόστους των προτεινόμενων διαχειριστικών σεναρίων θα περιλάμβανε πέραν των οικονομικών στοιχείων που παρουσιάστηκαν παραπάνω (κόστος αγοράς, λειτουργίας και συντήρησης του εξοπλισμού, κόστος υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης), και 2 άλλες συνιστώσες οι οποίες είναι :

- Το κόστος των φυσικών πόρων, το οποίο με βάση τη WATECO (Wateco, 2002) αντιπροσωπεύει την απώλεια οφέλους λόγω περιορισμού των διαθέσιμων υδατικών πόρων σε βαθμό μεγαλύτερο από το φυσικό βαθμό ανανέωσης τους. Η νεότερη, διευρυμένη ερμηνεία του κόστους των φυσικών πόρων *DG ECO 2* του 2004 είναι ότι αυτό αντιπροσωπεύει το κόστος ευκαιρίας
- Το περιβαλλοντικό κόστος που αντιπροσωπεύει το κόστος από τις επιπτώσεις που προκαλούν οι χρήσεις νερού στο περιβάλλον και τα υδάτινα οικοσυστήματα (υποβάθμιση και εξάντληση των υδατικών πόρων). Ο ορισμός που προτάθηκε από το *DG ECO 2* περιλαμβάνει εκτός από τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και τις επιπτώσεις στους χρήστες (π.χ. αναψυχή,

επιπτώσεις στην υγεία και άλλα). Η εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους στηρίζεται πρωτίστως στην ανάλυση των επιπτώσεων των χρήσεων νερού στα οικοσυστήματα και στου υδατικούς πόρους καθώς και στην απόκλιση από τους περιβαλλοντικούς στόχους (Γεωργόπουλος, 2009)

Ωστόσο, η εκτίμηση του κόστους φυσικών πόρων και του περιβαλλοντικού κόστους των διαχειριστικών σεναρίων ξεφεύγει από το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπου η παρουσίαση και η αξιολόγηση των σεναρίων θα γίνει με βάση τα οικονομικά στοιχεία.

4.5 Μεθοδολογία αξιολόγησης διαχειριστικών σεναρίων

Κάθε ομάδα διαχειριστικών σεναρίων που παρουσιάζεται αξιολογείται με βάση ορισμένα κριτήρια προκειμένου να αναδειχτεί το βέλτιστο σενάριο. Τα κριτήρια αξιολόγησης θα μπορούσαν να καταταγούν σε δυο βασικές κατηγορίες.

1. **Κριτήρια που αφορούν ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών** : Τα κριτήρια αυτά αναφέρονται στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας μέσω της κατανάλωσης φυσικών πόρων αλλά και της παραγωγής ρύπων που διατίθενται στο περιβάλλον (λύματα). Ειδικότερα, κριτήρια αυτής της κατηγορίας αποτελούν η υδατική κατανάλωση του νοικοκυριού και η ποσότητα των αποβλήτων που καταλήγει στο δίκτυο αποχέτευσης ή στη σηπτική δεξαμενή
2. **Οικονομικά κριτήρια** : Τα κριτήρια αυτά αναφέρονται στις συνιστώσες κόστους των σεναρίων που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 4.4.2 και δεν περιλαμβάνουν το κόστος φυσικών πόρων και το περιβαλλοντικό κόστος. Συγκεκριμένα, τα διαχειριστικά σενάρια αξιολογούνται με βάση το ετήσιο συνολικό κόστος τους συσχετιζόμενο ως προς το κόστος της μηδενικής λύσης. Ειδικότερα, η οικονομική αξιολόγηση των διαχειριστικών σεναρίων έγινε α) με βάση τα ισχύοντα δεδομένα (αναφορικά με την τιμή του νερού), β) με βάση το ενδεχόμενο αύξησης της τιμής του νερού σε ένα εύρος από 0% έως 150% και γ) με βάση το ενδεχόμενο χορήγησης κρατικής επιδότησης για τη δημιουργία κινήτρων για την υλοποίηση των διαχειριστικών σεναρίων. Για την περίπτωση της μονοκατοικίας εξετάστηκε ύψος κρατικής επιδότησης που κυμαίνεται από 0 – 15,000 €, ενώ για την περίπτωση της πολυκατοικίας, το άνω όριο του χρηματικού ποσού ορίστηκε στα 50,000 €.

4.6 Ανάλυση διαχειριστικών σεναρίων

Στο παρόν υποκεφάλαιο θα γίνει ανάλυση 5 ομάδων διαχειριστικών σεναρίων όπως αυτά προέκυψαν για τις διάφορες περιπτώσεις κατοικιών. Ειδικότερα, θα γίνει οικονομοτεχνική παρουσίαση των σεναρίων και στη συνέχεια αξιολόγησή τους.

4.6.1 1^η Ομάδα διαχειριστικών σεναρίων : Μονοκατοικία με κήπο & σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης

Η 1^η ομάδα σεναρίων αφορά μια περίπτωση τυπικής μονοκατοικίας που βρίσκεται στην Αττική και διαθέτει κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης. Ειδικότερα, τα χαρακτηριστικά στοιχεία της κατοικίας για την οποία γίνεται η παρουσίαση της ομάδας σεναρίων δίνονται στον πίνακα 4.14 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.14 : Χαρακτηριστικά στοιχεία κατοικίας

Αριθμός μελών νοικοκυριού	4
Αριθμός λουτρών κατοικίας	2
Επιφάνεια απορροής	75 m ²
Επιφάνεια κήπου	70
Μέση ημερήσια υδατική κατανάλωση	200 l/p/d
Μέση απαίτηση άρδευσης κήπου	10 l/ m ²

Αναφορικά με τις υδάτινες ροές στην κατοικία, ο πίνακας 4.15 δίνει αναλυτικά τις ημερήσιες παραγόμενες ποσότητες.

Πίνακας 4.15 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών μονοκατοικίας

Οικιακές υδατικές ροές	Παραγόμενη ποσότητα (l/d)
Ντουζιέρα & μπανιέρα	163
Νιπτήρας	72
Πλυντήριο πιάτων	13
Πλυντήριο ρούχων	65
Νεροχύτης	124
Τουαλέτα	215
Βρόχινο νερό	19 (Απρ – Σεπ)
	95 (Οκτ – Μαρ)

4.6.1.1 Τεχνικοοικονομική παρουσίαση 1^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ 0 : Μηδενική λύση

Το διαχειριστικό σενάριο 0 που προτείνεται αποτελεί τη ‘μηδενική λύση’, δηλαδή προτείνει να μην αλλάξει η υφιστάμενη κατάσταση, αναφορικά με τη διαχείριση των οικιακών υδάτινων ροών. Ειδικότερα, το σενάριο αυτό προβλέπει ότι το σύνολο των υγρών οικιακών αποβλήτων θα καταλήγει στο δίκτυο αποχέτευσης και το βρόχινο νερό στο δίκτυο όμβριων υδάτων, χωρίς να προβλέπεται κάποιο μέτρο εξοικονόμησης νερού.

ΣΕΝΑΡΙΑ 1 & 2

Η συγκεκριμένη κατηγορία σεναρίων προτείνει την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές. Ωστόσο, το σύνολο λύσεων που αναπτύσσεται υπό τη λογική της παρούσας κατηγορίας σεναρίων, δεν αφορά μόνο σε συσκευές οι οποίες καταναλώνουν λιγότερο νερό λόγω του σύγχρονου σχεδιασμού τους αλλά και σε μικρές τροποποιήσεις που μπορούν να γίνουν σε συμβατικές συσκευές με στόχο να εξοικονομούν κάποια ποσότητα νερού.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (ολοκληρωμένη λύση)

Το σενάριο 1 αποτελεί μια ολοκληρωμένη πρόταση για τις συσκευές εξοικονόμησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια κατοικία που πρόκειται να κατασκευαστεί. Εκτός από τους μειωτήρες ροής που θα τοποθετηθούν στις βρύσες, προτείνεται η αγορά πλυντηρίων (ρούχων και πιάτων) που να διαθέτουν «οικονομικά» προγράμματα χαμηλής κατανάλωσης νερού. Ακόμη, προβλέπεται ότι τα καζανάκια που θα τοποθετηθούν στα λουτρά θα είναι διπλής ροής (3 / 6l ή 3 / 9l). Οι υδατικές καταναλώσεις στις διάφορες εσωτερικές οικιακές χρήσεις στην περίπτωση αυτή δόθηκαν στον πίνακα 4.3. Αναλυτικά, ο εξοπλισμός που προτείνεται για το 1^ο σενάριο και το κόστος που απαιτείται για την κτήση του δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.16 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 1

Εξοπλισμός	Αριθμός τεμαχίων	Κόστος αγοράς
Μειωτήρας νερού βρύσης	4	28,00 €
Καζανάκι διπλής ροής	2	50,00 €
Ντους εξοικονόμησης νερού	2	34,00 €
Πλυντήριο πιάτων μικρής κατανάλωσης νερού	1	640,00 €
Πλυντήριο ρούχων μικρής κατανάλωσης νερού	1	420,00 €
Σύνολο		1.172,00 €

ΣΕΝΑΡΙΟ 2 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση)

Το 2^ο σενάριο προτείνει την αγορά και χρήση έξυπνων εξαρτημάτων που μπορούν να ελαττώσουν τη καταναλισκόμενη ποσότητα νερού στις συνήθεις οικιακές συσκευές και εγκαταστάσεις. Συγκεκριμένα, οι λύσεις αυτές περιλαμβάνουν την τοποθέτηση μειωτήρων ροής στις βρύσες και τις ντουζιέρες καθώς και «εξοικονομητών» νερού στα καζανάκια των λουτρών. Ειδικότερα, η κατανάλωση νερού στις διάφορες χρήσεις είναι σημαντικά μειωμένη σε σχέση με τη μηδενική λύση και παρουσιάζεται αναλυτικά στον πίνακα 4.17 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.17 : Υδατικές καταναλώσεις σε οικιακές χρήσεις με εξοπλισμό 2^{ου} σεναρίου

Οικιακές υδατικές ροές	l/d
Ντουζιέρα – Μπανιέρα	140
Νιπτήρας	75
Πλυντήριο πιάτων	16
Πλυντήριο ρούχων	80
Νεροχύτης	129
Τουαλέτα	172

Το σενάριο αυτό είναι αρκετά οικονομικό και τα αναλυτικά στοιχεία κόστους του προτεινόμενου εξοπλισμού παρουσιάζονται στον πίνακα 4.18 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.18 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 2

Εξοπλισμός	Αριθμός τεμαχίων	Κόστος αγοράς
Μειωτήρας νερού βρύσης	4	28,00 €
Εξάρτημα εξοικονόμησης νερού στο καζανάκι	2	15,00 €
Ντους εξοικονόμησης νερού	2	34,00 €
Σύνολο		77,00 €

ΣΕΝΑΡΙΑ 3 & 4

Η συγκεκριμένη ομάδα σεναρίων προτείνει το διαχωρισμό των υδάτινων ροών στην κατοικία με σκοπό την συγκέντρωση και επεξεργασία των γκρίζων εκροών προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν για άρδευση καθώς και για οικιακές εσωτερικές χρήσεις όπως η εξασφάλιση του νερού για τα καζανάκια των λουτρών. Κάθε ένα από τα παρακάτω σενάρια προτείνει και διαφορετική μέθοδο επεξεργασίας του γκρίζου νερού με επακόλουθα διαφορετικά αποτελέσματα για το συνολικό κόστος του σεναρίου αλλά και την ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής.

ΣΕΝΑΡΙΟ 3 : Επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση

Το συγκεκριμένο διαχειριστικό σενάριο προτείνει το διαχωρισμό των διαφόρων υδάτινων εκροών της κατοικίας με σκοπό τη συλλογή και επεξεργασία των γκρίζων εκροών προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν για άρδευση.

Η επεξεργασία του γκρίζου νερού της κατοικίας θα είναι αναερόβια και στη συγκεκριμένη περίπτωση προβλέπεται ένα αναερόβιο βιολογικό φίλτρο. Η επεξεργασμένη γκρίζα εκροή, στη συνέχεια, θα διέρχεται από φίλτρο μικροδιήθησης (MF) για να απομακρύνονται κάποια μεγαλύτερα στερεά που μπορούν να προκαλέσουν έμφραξη στο σύστημα άρδευσης.

Ο τύπος της άρδευσης που προβλέπεται από το συγκεκριμένο σενάριο είναι η υποεπιφανειακή στάγδην άρδευση καθώς δεν υπάρχει σαφές νομοθετικό πλαίσιο στον ελληνικό χώρο για την επαναχρησιμοποίηση των οικιακών αποβλήτων, μέρος των οποίων αποτελεί και το γκρίζο νερό. Το μαύρο νερό που προέρχεται από τις εκροές της κουζίνας και της τουαλέτας θα καταλήγει στο δίκτυο μέσω ξεχωριστού συστήματος σωληνώσεων από αυτό του γκρίζου νερού.

Στον πίνακα 4.19 παρουσιάζονται συνοπτικά τα μέρη από τα οποία αποτελείται ο εξοπλισμός που απαιτείται για την εφαρμογή του 3^{ου} σεναρίου και το κόστος τους.

Πίνακας 4.19 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 3

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	
Αναερόβιο βιολογικό φίλτρο	2.100,00 €
Χωματοουργικά	500,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες(συνδέσεις)	500,00 €
Φίλτρα μικροδιήθησης (MF)	246,00 €
Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένης εκροής	300,00 €
Αντλία	350,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	3.996,00 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	128,67 €
Συντήρηση φίλτρων	60,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	188,67 €

ΣΕΝΑΡΙΟ 4 : Επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας

Το παρόν σενάριο προτείνει την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού τόσο για εξωτερικές (άρδευση) όσο και για εσωτερικές χρήσεις (καθαρισμός τουαλέτας). Στην περίπτωση αυτή η τριτοβάθμια επεξεργασία είναι απαραίτητη καθώς στις εσωτερικές χρήσεις υπάρχει μεγάλη πιθανότητα άμεσης επαφής με τον ανθρώπινο οργανισμό.

Η επεξεργασία που προβλέπεται για το συγκεκριμένο σενάριο αφορά στο σύνολο της μάζας του γκρίζου νερού που παράγεται από τις οικιακές δραστηριότητες. Ειδικότερα, το γκρίζο νερό εισέρχεται σε ένα σύστημα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας, όμοιο με κάποιο αντίστοιχο που θα χρησιμοποιούνταν για τα μικτά υγρά οικιακά απόβλητα. Στη συνέχεια, το επεξεργασμένο γκρίζο νερό διηθείται μέσω μεμβρανών υπερδιήθησης (UF) και στη συνέχεια απολυμαίνεται με τη διέλευσή του από λάμπες υπεριώδους ακτινοβολίας (UV). Ο σκοπός της απολύμανσης είναι η καταστροφή κάποιων ιών που έχουν μέγεθος αρκετά μικρό που επιτρέπει τη διέλευσή τους από τις μεμβράνες υπερδιήθησης. Το μαύρο νερό καταλήγει μέσω ξεχωριστών σωληνώσεων στο δίκτυο αποχέτευσης. Το βρόχινο νερό καταλήγει στο δίκτυο όμβριων υδάτων χωρίς να προβλέπεται κάποια προηγούμενη επεξεργασία

και επαναχρησιμοποίηση αυτού. Ο πίνακας δίνει έναν αναλυτικό υπολογισμό του αρχικού κόστους του εξοπλισμού του σεναρίου αλλά και του κόστους λειτουργίας και συντήρησης.

Πίνακας 4.20 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 4

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	
Compact Αερόβιο βιολογικό σύστημα επεξεργασίας	3.690,00 €
Χωματοurgικά	500,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες (συνδέσεις)	500,00 €
Αυτόματο σύστημα διαχείρισης γκρίζου νερού	2.600,00 €
Μεμβράνες υπερδιήθησης UF (μαζί με αντλία - πιεστικό)	2.275,50 €
Απολυμαντής UV	450,00 €
Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένης εκροής (1,5 - 2,0 m ³)	300,00 €
Επιπρόσθετες σωληνώσεις ροής γκρίζου νερού	1.500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	11.815,50 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	325,15 €
Συντήρηση μεμβρανών υπερδιήθησης	100,00 €
Πρόσθετα (εξαρτήματα, χημικά)	0,00 €
UV Λαμπτήρες	50,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	475,15 €

ΣΕΝΑΡΙΟ 5 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση) – επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση

Το σενάριο 5 προτείνει το συνδυασμό 2 σεναρίων τα οποία αναλύθηκαν προηγουμένως. Ειδικότερα, στο παρόν σενάριο προτείνεται η εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές μέσω απλών εφαρμογών και η επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού για άρδευση. Η τεχνολογία που προτείνεται παρουσιάστηκε αναλυτικά στους πίνακες 4.18 και 4.19.

ΣΕΝΑΡΙΟ 6 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση) – επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας

Το παρόν σενάριο αποτελεί ένα συνδυασμό 2 προαναφερθέντων σεναρίων. Αναλυτικότερα, το σενάριο 6 προβλέπει τον εξοπλισμό της κατοικίας με «έξυπνα» εξαρτήματα που επιτυγχάνουν μείωση της καταναλισκόμενης ποσότητας νερού σε συμβατικές οικιακές συσκευές (πίνακες 4.17 και 4.18). Επίσης, προτείνει την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού τόσο για εξωτερικές (άρδευση) όσο και για εσωτερικές χρήσεις (καθαρισμός τουαλέτας). Η επεξεργασία του γκρίζου νερού θα γίνεται με τον ίδιο τρόπο που προτάθηκε και στο 4^ο διαχειριστικό σενάριο που παρουσιάστηκε (πίνακας 4.20).

ΣΕΝΑΡΙΑ 7, 8 & 9

Η συγκεκριμένη ομάδα σεναρίων προτείνει το διαχωρισμό των οικιακών υδάτινων εκροών και την επεξεργασία 2 εξ' αυτών, α) του γκρίζου και β) του βρόχινου νερού. Η παρούσα κατηγορία σεναρίων περιλαμβάνει 3 σενάρια τα οποία θα παρουσιαστούν παρακάτω. Οι τεχνολογίες επεξεργασίας που προτείνονται σε κάθε σενάριο είναι ανάλογες με τις δραστηριότητες στις οποίες πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθεί η κάθε υδατική ροή. Επίσης, σε ορισμένα σενάρια εκτός από τα συστήματα επεξεργασίας που στοχεύουν στην επαναχρησιμοποίηση του οικιακού νερού, προτείνεται και η χρήση κάποιων συσκευών – εξαρτημάτων εξοικονόμησης νερού.

ΣΕΝΑΡΙΟ 7 : Επεξεργασία & χρήση βρόχινου για καθαρισμό τουαλέτας – επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση

Το σενάριο αυτό προβλέπει την επεξεργασία του βρόχινου νερού με σκοπό η επεξεργασμένη εκροή του συστήματος να χρησιμοποιηθεί για να γεμίζει τα καζανάκια των λουτρών. Η επεξεργασία στην οποία θα υποβάλλεται το βρόχινο νερό θα περιλαμβάνει διήθηση του μέσω διαδοχικών φίλτρων μειούμενης διαμέτρου πόρων, το οποίο συγκρατεί στερεά που δεν μπορούν να διέλθουν από τους πόρους του φίλτρου. Στη συνέχεια, το βρόχινο νερό υφίσταται απολύμανση με λαμπτήρα υπεριώδους ακτινοβολίας προκειμένου να απομακρυνθούν και κάποιοι παθογόνοι μικροοργανισμοί και ιοί που πέρασαν στο διήθημα. Αναλυτικά, ο προτεινόμενος εξοπλισμός και το κόστος του παρατίθεται στον πίνακα 4.21.

Επίσης, το γκρίζο νερό, το οποίο θα κυκλοφορεί σε ξεχωριστό δίκτυο από το πόσιμο και το βρόχινο νερό, θα υφίσταται επεξεργασία προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθεί για άρδευση. Η επεξεργασία που προβλέπεται στην περίπτωση αυτή είναι η ίδια με εκείνη που αναφέρθηκε στο 3^ο διαχειριστικό σενάριο (πίνακας 4.19). Ο τύπος της άρδευσης είναι υποεπιφανειακή στάγδην άρδευση. Το μαύρο νερό καταλήγει στο δίκτυο αποχέτευσης.

Πίνακας 4.21 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 7

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	
Σύστημα διαδοχικών φίλτρων διήθησης	861,00 €
Χωματοουργικά	0,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες (συνδέσεις)	100,00 €
Εσχάρα υδρορροής	3,00 €
Διαχωριστής πρώτης απόπλυσης	75,00 €
Μικρή δεξαμενή συλλογής πρώτης απόπλυσης	4,00 €
Απολυμαντής UV	450,00 €
Δεξαμενή συλλογής απορροής (1,5 - 2 m ³)	400,00 €
Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένης εκροής 5 m ³	1.850,00 €
Αυτόματο σύστημα διαχείρισης βρόχινου νερού	2.600,00 €
Επιπλέον σωληνώσεις ροής βρόχινου νερού	1.500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	7.843,00 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	288,61 €
Συντήρηση φίλτρων	60,00 €
Λαμπτήρες UV	50,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	398,61 €

ΣΕΝΑΡΙΟ 8 : Επεξεργασία (σε κοινό σύστημα) βρόχινου & γκρίζου νερού & χρήση για καθαρισμό τουαλέτας & άρδευση

Στόχος του παρόντος σεναρίου είναι ο σχεδιασμός μιας διάταξης που να συνδυάζει τις 2 εκροές έτσι ώστε να αποφευχθεί τα επιπλέον έξοδα από την εγκατάσταση και λειτουργία 2 διαφορετικών συστημάτων επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης. Για το λόγο αυτό το σενάριο προτείνει την αγορά και εγκατάσταση ενός συστήματος αερόβιας επεξεργασίας το οποίο θα δέχεται μόνον το γκρίζο νερό που παράγεται στην κατοικία.

Στη συνέχεια, η επεξεργασμένη εκροή θα δέχεται το βρόχινο νερό το οποίο θα έχει προηγουμένως συλλεχθεί σε μια δεξαμενή όπου θα έχει πραγματοποιηθεί μια απλή καθίζηση. Το μίγμα του βρόχινου και γκρίζου νερού θα διηθείται μέσω φίλτρου μικροδιήθησης (MF) προκειμένου να απομακρυνθούν τυχόν στερεά που προήλθαν από το βρόχινο νερό και δεν απομακρύνθηκαν με την καθίζηση. Κατόπιν, μια ποσότητα από το διηθημένο μίγμα θα τροφοδοτεί το υποεπιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης, ενώ μια άλλη ποσότητα θα τροφοδοτεί τα καζανάκια των λουτρών αφού προηγουμένως υποστεί χλωρίωση με τη βοήθεια χλωριωτή ταμπλέτας ο οποίος μπορεί να ενσωματωθεί απευθείας στη σωλήνα που καταλήγει στα καζανάκια των λουτρών (μερική χλωρίωση). Το μαύρο νερό καταλήγει μέσω ξεχωριστών σωληνώσεων στο δίκτυο αποχέτευσης. Αναλυτικά ο εξοπλισμός και το κόστος της σύνθετης διάταξης επεξεργασίας φαίνονται στον πίνακα 4.22 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.22 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 8

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	
Αερόβιο σύστημα επεξεργασίας γκρίζου νερού	3.690,00 €
Χωματοουργικά	500,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Άλλες εργασίες	500,00 €
Αυτόματο σύστημα διαχείρισης βρόχινου νερού	2.600,00 €
Εσχάρα υδρορροής	3,00 €
Διαχωριστής πρώτης απόπλυσης	75,00 €
Μικρή δεξαμενή συλλογής πρώτης απόπλυσης	4,00 €
Φίλτρο μικροδιήθησης MF	250,00 €
Χλωριωτής ταμπλέτας	200,00 €
Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένης εκροής (5 m ³)	1.850,00 €
Επιπλέον σωληνώσεις για τροφοδοσία στα καζανάκια	1.500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	11.172,00 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	216,89 €
Εκκένωση από βοθροφόρο	150,00 €
Συντήρηση φίλτρων	60,00 €
Πρόσθετα (εξαρτήματα, χημικά)	50,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	476,89 €

ΣΕΝΑΡΙΟ 9 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση) - επεξεργασία (σε κοινό σύστημα) βρόχινου & γκρίζου νερού & χρήση για καθαρισμό τουαλέτας & άρδευση

Το 9^ο διαχειριστικό σενάριο συνδυάζει τη χρήση «έξυπνων» συσκευών – εξαρτημάτων εξοικονόμησης νερού με την πρόταση του 8^{ου} σεναρίου, δηλαδή την εγκατάσταση και λειτουργία μιας σύνθετης διάταξης για την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου και του βρόχινου νερού με σκοπό τη χρήση του συνόλου των 2 εκροών για άρδευση και για εσωτερική χρήση στα καζανάκια των λουτρών. Στοιχεία για το κόστος του εξοπλισμού του σεναρίου δόθηκαν στους πίνακες 4.18 και 4.22.

ΣΕΝΑΡΙΑ 10 & 11 : Επεξεργασία & χρήση του βρόχινου νερού για εσωτερικές & εξωτερικές χρήσεις

Η συγκεκριμένη κατηγορία σεναρίων προτείνει την επεξεργασία του βρόχινου νερού που προκύπτει από την επιφάνεια απορροής της κατοικίας. Ειδικότερα, επιλέγεται μόνον η συγκεκριμένη υδάτινη ροή καθώς το βρόχινο νερό έχει την υψηλότερη ποιότητα από τις υπόλοιπες οικιακές υδατικές εκροές, εφόσον ισχύουν όλες οι προϋποθέσεις για την συλλογή βρόχινου νερού (καθαρισμός της επιφάνειας απορροής πριν από την υγρή περίοδο, απόρριψη της πρώτης απορροής, τοποθέτηση εσχάρας φύλλων και άλλων χονδροειδών στερεών).

Η επεξεργασία – λόγω ποιότητας του βρόχινου νερού – μπορεί να είναι από απλή και στοιχειώδης στην περίπτωση που χρησιμοποιείται μόνον για άρδευση έως πιο ενισχυμένη για την περίπτωση που χρησιμοποιείται και για εσωτερική χρήση (καζανάκια λουτρών). Επίσης, σε συνδυασμό με το σύστημα επεξεργασίας προτείνεται και η χρήση μικροεξαρτημάτων για την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές.

ΣΕΝΑΡΙΟ 10 : Επεξεργασία & χρήση του βρόχινου νερού για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας

Το παρόν σενάριο προτείνει την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση του βρόχινου νερού για εσωτερική (τροφοδοσία στα καζανάκια των λουτρών) και εξωτερική χρήση (άρδευση κήπου). Η επεξεργασία που προτείνεται στην περίπτωση αυτή είναι η διήθηση του βρόχινου νερού μέσω διαδοχικών φίλτρων μειούμενης διαμέτρου και στη συνέχεια η απολύμανσή του με λαμπτήρα υπεριώδους ακτινοβολίας (UV). Αρχικά, το βρόχινο νερό θα συλλέγεται σε μια δεξαμενή όπου και θα πραγματοποιείται μια πρώτη καθίζηση οπότε και θα καθιζάνουν τα βαρύτερα στερεά που περιέχονται σε αυτό. Η τροφοδοσία της κατοικίας με βρόχινο νερό θα ελέγχεται με ένα σύστημα αυτόματης διαχείρισης νερού. Στοιχεία για τα μέρη που αποτελούν τον εξοπλισμό του συστήματος και το κόστος τους δόθηκαν στον πίνακα 4.21.

ΣΕΝΑΡΙΟ 11 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση) - επεξεργασία & χρήση του βρόχινου νερού άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας

Το παρόν σενάριο συνδυάζει την πρόταση του 10^{ου} διαχειριστικού σεναρίου για το βρόχινο νερό με την εξοικονόμηση νερού στις συσκευές της κατοικίας. Αναλυτικά στοιχεία για τον προτεινόμενο εξοπλισμό δόθηκαν στους πίνακες 4.18 και 4.21.

4.6.1.2 Αποτελέσματα υπολογισμών 1^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών

Η εφαρμογή των 11 διαχειριστικών σεναρίων που παρουσιάστηκαν παραπάνω σε μια μονοκατοικία με τα χαρακτηριστικά που δόθηκαν στην παράγραφο 4.6.1 έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή στις ποσότητες των οικιακών υδάτινων εισροών και εκροών. Ο πίνακας 4.23 που ακολουθεί παρουσιάζει αναλυτικά τα αποτελέσματα των ποσοτικών υπολογισμών των υδάτινων ροών όπως προέκυψαν για κάθε σενάριο.

Πίνακας 4.23 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών με εφαρμογή 1^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ποσότητες (m ³ /έτος)								
	Εσωτερική υδατική κατανάλωση	Εξωτερική υδατική κατανάλωση	Οικιακά λύματα	Γκρίζο νερό	Μαύρο νερό	Εξοικονομούμενη ποσότητα πόσιμου νερού	Επαναχ. Γκρίζο νερό	Αξιοποιούμενο βρόχινο νερό	Οικιακά λύματα που καταλήγουν στο δίκτυο αποχέτευσης
0	292,00	136,70	248,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	248,20
1	212,43	136,70	180,57	0,00	0,00	79,57	0,00	0,00	180,57
2	223,23	136,70	189,75	0,00	0,00	68,77	0,00	0,00	189,75
3	292,00	57,16	διαχωρισμός ροών	119,14	129,06	79,54	78,84	0,00	168,66
4	195,64	100,75	διαχωρισμός ροών	119,14	129,06	132,31	113,57	0,00	212,25
5	189,75	66,68	διαχωρισμός ροών	96,43	93,32	172,27	69,32	0,00	119,73
6	160,60	98,96	διαχωρισμός ροών	96,43	93,32	169,14	90,28	0,00	152,01
7	271,84	57,16	διαχωρισμός ροών	119,14	129,06	99,70	78,84	17,23	168,66
8	195,64	97,68	διαχωρισμός ροών	119,14	129,06	135,38	103,00	38,32	209,18
9	160,60	93,98	διαχωρισμός ροών	96,43	93,32	174,12	78,03	17,23	147,03
10	244,22	136,00	248,20	0,00	0,00	48,48	0,00	17,23	248,20
11	203,07	136,00	189,75	0,00	0,00	89,63	0,00	17,23	189,75

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι η χαμηλότερη εσωτερική υδατική κατανάλωση συνδέεται με τα σενάρια 6, 9 και 5, ενώ τη χαμηλότερη κατανάλωση για άρδευση εξασφαλίζουν το 3^ο, 7^ο και το 5^ο διαχειριστικό σενάριο. Η μέγιστη εξοικονόμηση πόσιμου νερού πραγματοποιείται στα πλαίσια του 9^{ου} και 5^{ου} διαχειριστικού σεναρίου, ενώ τη μικρότερη φόρτιση του δικτύου αποχέτευσης επιτυγχάνει με σημαντική διαφορά το 5^ο σενάριο. Τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα μπορούν να συνοψισθούν σε δυο ποσοτικούς δείκτες οικιακών ροών, οι οποίοι και παρουσιάζονται στον πίνακα 4.24.

Πίνακας 4.24 : Ανηγγμένες τιμές οικιακών ροών

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ανηγγμένη συνολική υδατική κατανάλωση (l/p/d)	Ανηγγμένη ποσότητα λυμάτων που καταλήγουν στο δίκτυο (l/p/d)
0	293,63	170,00
1	239,13	123,68
2	246,53	129,97
3	239,15	115,52
4	203,00	145,37
5	175,64	82,01
6	177,78	104,12
7	225,34	115,52
8	200,90	143,27
9	174,37	100,70
10	260,42	170,00
11	232,24	129,97

Μελετώντας τους δυο παραπάνω πίνακες, παρατηρούμε ότι σε όρους συνολικής υδατικής κατανάλωσης, όλα τα διαχειριστικά σενάρια επιτυγχάνουν μείωση του ποσού του καταναλισκόμενου πόσιμου νερού σε σχέση με τη μηδενική λύση, με τις χαμηλότερες τιμές να εμφανίζονται για το 5^ο, 9^ο και το 6^ο διαχειριστικό σενάριο. Αξίζει να σημειωθεί ότι και τα 3 αυτά σενάρια προτείνουν πέραν των άλλων, την αξιοποίηση των γκρίζων ροών για τον καθαρισμό της τουαλέτας, που είναι μια

οικιακή δραστηριότητα που καταναλώνει σχεδόν το 30% του οικιακού νερού εσωτερικών χρήσεων. Αναφορικά με τη φόρτιση του δικτύου ακαθάρτων, χαμηλή τιμή – εκτός από το 5^ο σενάριο – επιτυγχάνει και το 9^ο που προτείνει την ολοκληρωμένη αξιοποίηση του συνόλου του γκρίζου και του βρόχινου νερού της κατοικίας.

Οικονομικά στοιχεία σεναρίων

Η εφαρμογή του εκάστοτε διαχειριστικού σεναρίου πέραν των μεταβολών που επιφέρει στο καθεστώς των υδάτινων ροών, επηρεάζει και τον προϋπολογισμό του νοικοκυριού αναφορικά με το νερό. Ειδικότερα, τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης των διαχειριστικών σεναρίων παρουσιάζονται στον πίνακα 4.25.

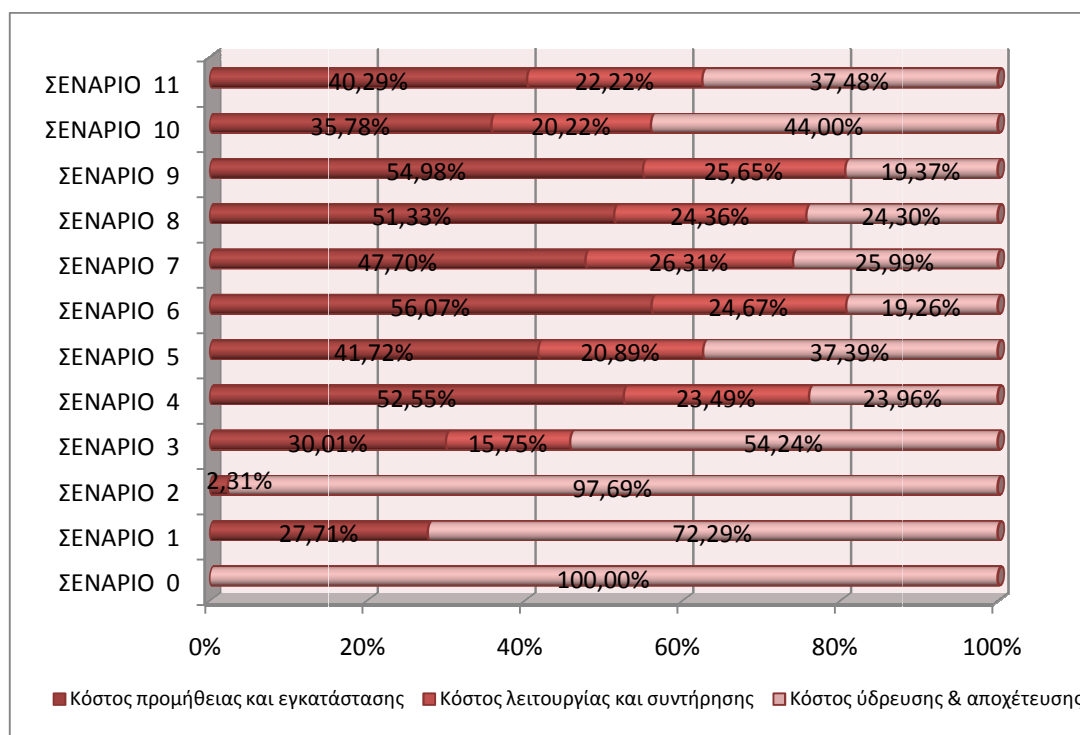
Πίνακας 4.25 : Ανάλυση ετήσιου κόστους 1^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ετήσιο κόστος προμήθειας & εγκατάστασης εξοπλισμού	Ετήσιο κόστος λειτουργίας & συντήρησης	Ετήσιο κόστος ύδρευσης & αποχέτευσης	Ετήσιο συνολικό κόστος	Ανηγμένο ετήσιο συνολικό κόστος (€/ΙΚ)
0	0,00 €	0,00 €	1.042,60 €	1.042,60 €	260,65 €
1	263,26 €	0,00 €	686,49 €	949,75 €	237,44 €
2	17,30 €	0,00 €	729,56 €	746,86 €	186,71 €
3	359,40 €	188,67 €	513,67 €	1.061,74 €	265,44 €
4	1.062,70 €	475,15 €	338,60 €	1.876,45 €	469,11 €
5	376,70 €	188,67 €	251,39 €	816,76 €	204,19 €
6	1.080,00 €	475,15 €	202,83 €	1.757,98 €	439,50 €
7	1.064,81 €	587,28 €	448,17 €	2.100,27 €	525,07 €
8	1.004,82 €	476,89 €	340,43 €	1.822,14 €	455,53 €
9	1.022,12 €	476,89 €	258,21 €	1.757,22 €	439,31 €
10	705,41 €	398,61 €	682,76 €	1.786,78 €	446,70 €
11	722,70 €	398,61 €	495,26 €	1.616,58 €	404,14 €

Με βάση τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι το σενάριο που ταυτίζεται με τις χαμηλότερες ετήσιες δαπάνες του νοικοκυριού είναι το 2^ο που προτείνει την εφαρμογή απλών λύσεων εξοικονόμησης νερού στις συσκευές της κατοικίας. Σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα κυμαίνεται και το 5^ο σενάριο που συνδυάζει τη λογική του 2^{ου} σεναρίου με την αξιοποίηση του γκρίζου νερού για άρδευση, ενώ στη συνέχεια ακολουθεί το 1^ο σενάριο που αποτελεί μια ολοκληρωμένη εικόνα του 2^{ου} σεναρίου.

Αντίθετα, το ετησίως πιο δαπανηρό σενάριο φαίνεται να είναι το 7^ο, γεγονός το οποίο είναι αναμενόμενο καθώς προτείνει την εγκατάσταση 2 διαφορετικών συστημάτων για την επεξεργασία του γκρίζου και του βρόχινου νερού.

Στο σχήμα 4.2 που ακολουθεί παρατηρούμε την ποσοστιαία κατανομή των συνιστωσών του ετήσιου κόστους των διαχειριστικών σεναρίων της 1^{ης} ομάδας.



Σχήμα 4.2 : Καταμερισμός ετήσιων δαπανών 1^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Από το παραπάνω σχήμα παρατηρούμε ότι στα σενάρια που προτείνεται αξιοποίηση κάποιας υδατικής εκροής (γκρίζου ή βρόχινου νερού), η λειτουργία και η συντήρηση του εξοπλισμού αποτελεί ένα σταθερό ποσοστό του συνολικού ετήσιου κόστους (ποσοστό που κυμαίνεται στο 25%) ενώ οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις παρατηρούνται στο αρχικό κόστος και το κόστος ύδρευσης και αποχέτευσης. Αυτό συνεπάγεται ότι ένα υψηλό αρχικό κόστος εξοπλισμού οδηγεί σε μειωμένες δαπάνες του νοικοκυριού για τις υπηρεσίες της εταιρείας ύδρευσης – αποχέτευσης.

4.6.1.3 Αξιολόγηση 1^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Στην παρούσα παράγραφο θα γίνει μια συγκριτική αξιολόγηση όλων των διαχειριστικών σεναρίων που προτάθηκαν για μια νεόδμητη κατοικία στην περιοχή της Αττικής και με χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.6.1.1. Συνοπτικά, τα διαχειριστικά σενάρια που αναλύθηκαν παραπάνω περιγράφονται επιγραμματικά στον πίνακα 4.26 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.26 : Συνοπτική παρουσίαση 1^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0	Μηδενική λύση
1	Εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές (ολοκληρωμένη λύση)
2	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση)
3	Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση, Μαύρο νερό → δίκτυο αποχέτευσης
4	Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας, Μαύρο νερό → δίκτυο αποχέτευσης
5	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση), Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση, Μαύρο νερό → δίκτυο αποχέτευσης
6	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση), Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας, Μαύρο νερό → δίκτυο αποχέτευσης
7	Βρόχινο νερό → επεξεργασία → καθαρισμός τουαλέτας, Μαύρο νερό → δίκτυο αποχέτευσης, Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση
8	Βρόχινο νερό & Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας, Μαύρο νερό → δίκτυο αποχέτευσης
9	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση), Βρόχινο νερό & Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας, Μαύρο νερό → δίκτυο αποχέτευσης
10	Βρόχινο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας, οικιακά λύματα → δίκτυο αποχέτευσης
11	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση), Βρόχινο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας, οικιακά λύματα → δίκτυο αποχέτευσης

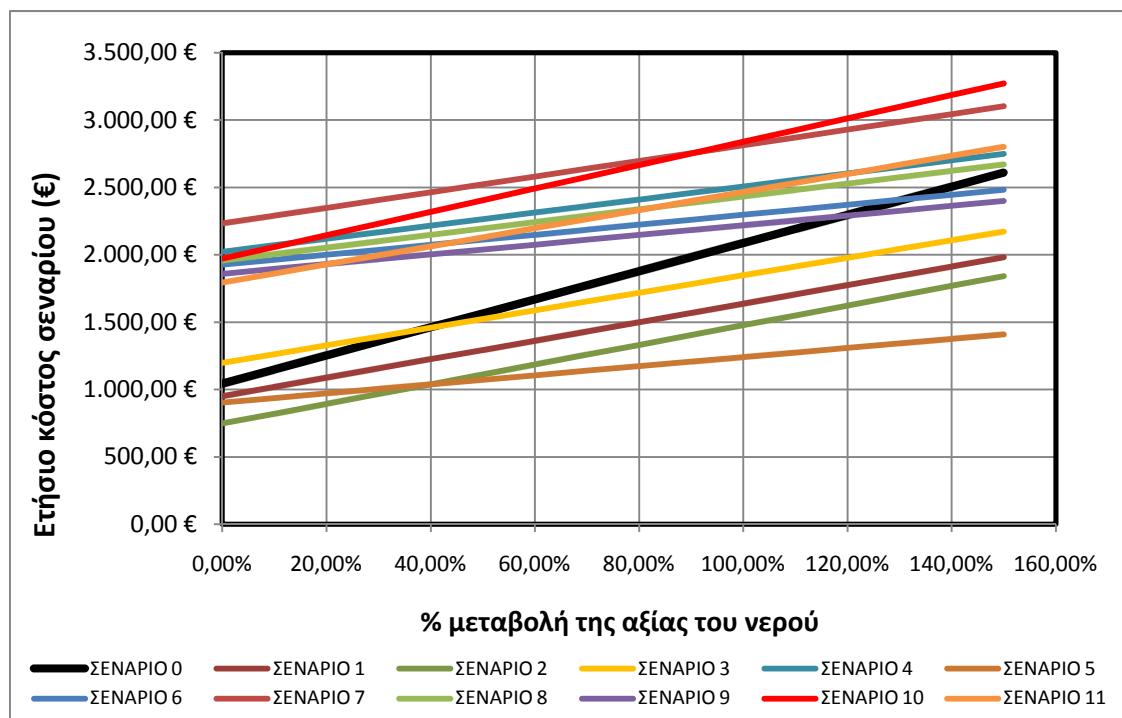
Σε πρώτη βάση γίνεται αξιολόγηση των επιμέρους διαχειριστικών σεναρίων ως προς τη μηδενική λύση με κριτήρια το ετήσιο κόστος, την υδατική κατανάλωση και την ποσότητα των λυμάτων που καταλήγει στο δίκτυο. Για το σκοπό αυτό παρατίθενται ο πίνακας 4.27.

Πίνακας 4.27 : Αξιολόγηση 1^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση οικονομικά στοιχεία & ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών

ΣΕΝΑΡΙΟ	% μεταβολή συνολικού κόστους	% μεταβολή υδατικής κατανάλωσης	% μεταβολή ποσότητας αποβλήτων που καταλήγουν στην αποχέτευση
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	-8,97%	-18,56%	-27,25%
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	-28,41%	-16,04%	-23,55%
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	14,75%	-18,55%	-32,05%
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	93,76%	-30,86%	-14,49%
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	-13,48%	-40,18%	-51,76%
ΣΕΝΑΡΙΟ 6	84,54%	-39,45%	-38,75%
ΣΕΝΑΡΙΟ 7	113,88%	-23,26%	-32,05%
ΣΕΝΑΡΙΟ 8	87,54%	-31,58%	-15,72%
ΣΕΝΑΡΙΟ 9	78,12%	-40,62%	-40,76%
ΣΕΝΑΡΙΟ 10	88,90%	-11,31%	6,66%
ΣΕΝΑΡΙΟ 11	71,85%	-20,91%	-16,89%

Αξιολογώντας συνολικά τα διάφορα σενάρια ως προς τη μηδενική λύση καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα σενάρια που δίνουν χαμηλότερο κόστος σε σχέση με τη μηδενική λύση είναι το 2^ο, 5^ο και το 1^ο σενάριο, ενώ τη μεγαλύτερη μείωση της υδατικής κατανάλωσης επιτυγχάνουν το 9^ο, 5^ο και 6^ο διαχειριστικό σενάριο. Επίσης, η μεγαλύτερη μεταβολή στη φόρτιση του δικτύου ακαθάρτων εξασφαλίζεται με την εφαρμογή των σεναρίων 5 και 9 κυρίως αλλά και με εφαρμογή του 6^{ου} διαχειριστικού σεναρίου. Τα ίδια σενάρια επιτυγχάνουν από τις μεγαλύτερες μεταβολές στη συνολική υδατική κατανάλωση. Γενικά, ένα σενάριο που συνδυάζει εξοικονόμηση νερού και χρημάτων είναι το 5^ο που προτείνει την αξιοποίηση του γκρίζου νερού για άρδευση και την εξοικονόμηση νερού στις συσκευές της κατοικίας.

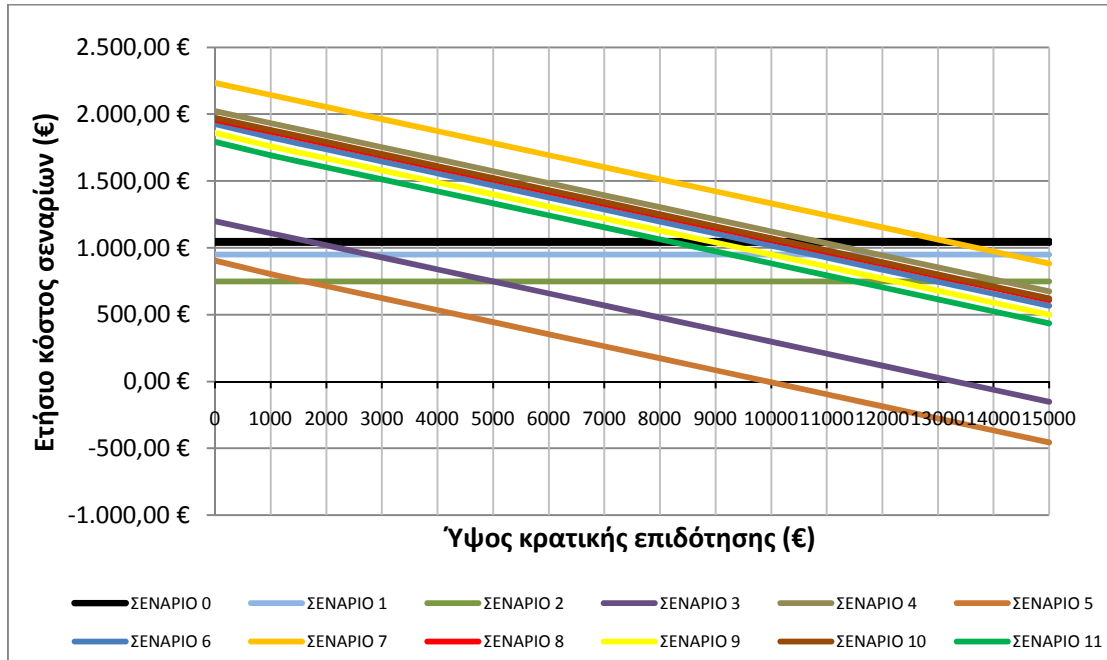
Η αξιολόγηση των διαχειριστικών σεναρίων με βάση την αξία του νερού και την επίδραση που θα έχει στο κόστος τους ενδεχόμενη μεταβολή της τιμής του νερού φαίνεται στο σχήμα 4.3 που ακολουθεί.



Σχήμα 4.3 : Αξιολόγηση 1^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση την αξία του νερού

Από το σχήμα παρατηρούμε ότι μια ενδεχόμενη αύξηση της τιμής του νερού κατά 5% μειώνει το κόστος του σεναρίου 3 σε επίπεδα κάτω από εκείνα του αντίστοιχου κόστους της μηδενικής λύσης. Επομένως, το συγκεκριμένο σενάριο εντάσσεται στη λίστα των προτιμητέων από το νοικοκυριό σεναρίων για οικονομικούς λόγους. Επίσης, τα σενάρια 6 και 9 καθίστανται οικονομικώς προσιτά για το νοικοκυριό σε περίπτωση που η αύξηση της τιμής του νερού αγγίζει το 85 - 90%. Ακόμη, το 11^ο και το 8^ο σενάριο εμφανίζουν ετήσιο κόστος χαμηλότερο από το αντίστοιχο της μηδενικής λύσης για αύξηση της τιμής του νερού κατά 105% και 110% αντίστοιχα ενώ το 4^ο σενάριο για αύξηση της τιμής κατά 120%.

Τέλος, η αξιολόγηση των σεναρίων με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης απεικονίζεται στο σχήμα 4.4.



Σχήμα 4.4 : Αξιολόγηση 1^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης

Από το παραπάνω γράφημα παρατηρούμε ότι μια κρατική επιδότηση των 300 € καθιστά το 3^ο διαχειριστικό σενάριο πιο προσιτό σε σχέση με τη μηδενική λύση, ενώ το 11^ο σενάριο απαιτεί επιδότηση που ξεπερνά τα 6,000 € ($\approx 6,200$ €) προκειμένου να παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον για το νοικοκυριό. Τα σενάρια 4, 6, 8, 9, 10 χαρακτηρίζονται από παραπλήσιες τιμές ετήσιου κόστους και οι απαιτούμενες επιδοτήσεις για αυτά κυμαίνονται σε πολύ υψηλά επίπεδα. Συγκεκριμένα, για το 6^ο, 8^ο, 9^ο και 10^ο διαχειριστικό σενάριο απαιτείται οικονομική βοήθεια που κυμαίνεται στις 7,500 € - 9,000 €, ενώ για το 4^ο σενάριο απαιτούνται πάνω από 9,500 €. Αντίθετα, η επιδότηση του 7^{ου} σεναρίου αγγίζει τα 12,000 €.

4.6.1.4 Συμπεράσματα - Προτάσεις

Μια συνολική αξιολόγηση της 1^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το 5^ο διαχειριστικό σενάριο είναι μια συμφέρουσα επιλογή για το

νοικοκυριό που συνδυάζει εξοικονόμηση χρημάτων αλλά και μια μέση εξοικονόμηση νερού και φόρτιση του δικτύου ακαθάρτων. Ωστόσο, σενάρια τα οποία εξασφαλίζουν μεγαλύτερα ποσοστά εξοικονόμησης νερού και μικρότερη φόρτιση του δικτύου (όπως το 9^ο και 6^ο σενάριο) έχουν υψηλό κόστος σε σχέση με τη μηδενική λύση. Το γεγονός αυτό δεν αλλάζει παρά μόνον στην περίπτωση εξαιρετικά υψηλών αυξήσεων της τιμής του νερού και στην περίπτωση χορήγησης 'γενναιόδωρων' επιδοτήσεων (> 7,000 €).

Μια λύση για την αντιμετώπιση του υψηλού κόστους είναι η εφαρμογή εναλλακτικών τεχνολογιών για κάποια «ακριβά» σενάρια διαχείρισης, όπως τα σενάρια 4 και 6. Ειδικότερα, οι εναλλακτικές τεχνολογίες που προτείνονται για τα συγκεκριμένα σενάρια παρουσιάζονται στον πίνακα 4.28.

Πίνακας 4.28 : Εναλλακτικές τεχνολογίες 4^{ου} & 6^{ου} διαχειριστικού σεναρίου

	Στάδια επεξεργασίας	Βασικός εξοπλισμός	Παρελκόμενος εξοπλισμός
1^η εναλλακτική τεχνολογία	Χημική επεξεργασία → → Διήθηση → Απολύμανση	1. Χημικό σύστημα επεξεργασίας 2. Φίλτρο μικροδιήθησης 3. Απολυμαντής UV	1. Σύστημα αυτόματης διαχείρισης γκρίζου νερού, 2. Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένης εκροής, 3. Σωληνώσεις δικτύου γκρίζου νερού
2^η εναλλακτική τεχνολογία	Βιολογική επεξεργασία → Διήθηση → Απολύμανση	1. Αερόβιο βιολογικό σύστημα 2. Φίλτρο μικροδιήθησης 3. Χλωριωτής ταμπλέτας	
3^η εναλλακτική τεχνολογία	Βιολογική επεξεργασία → Διήθηση → Απολύμανση	1. Αναερόβιο βιολογικό φίλτρο 2. Φίλτρο μικροδιήθησης 3. Χλωριωτής ταμπλέτας	

Τα αναλυτικά οικονομικά στοιχεία για το κόστος των παραπάνω τεχνολογιών δίνονται στο παράρτημα της εργασίας. Στον πίνακα 4.29 που ακολουθεί, γίνεται οικονομική αξιολόγηση των εναλλακτικών τεχνολογιών για το σενάριο 4.

Πίνακας 4.29 : Ανάλυση ετήσιων δαπανών σεναρίου 4 με χρήση εναλλακτικών τεχνολογιών

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ετήσιο κόστος προμήθειας & εγκατάστασης εξοπλισμού	Ετήσιο κόστος λειτουργίας & συντήρησης	Ετήσιο κόστος ύδρευσης - αποχέτευσης	Ετήσιο συνολικό κόστος	Ανηγμένο ετήσιο συνολικό κόστος (€/ΙΚ)
0	0,00 €	0,00 €	1.042,60 €	1.042,60 €	260,65 €
4	1.062,70 €	475,15 €	338,60 €	1.971,05 €	492,76 €
ΕΝΑΛ 4 (1 ^ο)	919,74 €	500,14 €	338,60 €	1.758,48 €	439,62 €
ΕΝΑΛ 4 (2 ^ο)	857,68 €	326,89 €	338,60 €	1.523,17 €	380,79 €
ΕΝΑΛ 4 (3 ^ο)	714,67 €	305,66 €	338,60 €	1.358,93 €	339,73 €

Η μελέτη του παραπάνω πίνακα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η υλοποίηση του 4^{ου} σεναρίου με εναλλακτικές τεχνολογίες έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του συνολικού ετήσιου κόστους, με τη χαμηλότερη τιμή να σημειώνεται για την 3^η εναλλακτική τεχνολογία. Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η οικονομική αξιολόγηση του 6^{ου} διαχειριστικού σεναρίου με εναλλακτικές τεχνολογίες ακολουθεί την ίδια πορεία και διαφοροποιείται μόνο ως προς την αύξηση του κόστους για την προμήθεια συσκευών εξοικονόμησης.

Ωστόσο, η χρήση της 3^{ης} εναλλακτικής τεχνολογίας καθιστά το 4^ο και το 6^ο διαχειριστικό σενάριο πιο προσιτά σε σχέση με τα 8, 9, 10 και 11 αλλά δεν καταφέρνει να μειώσει το ετήσιο κόστος των συγκεκριμένων σεναρίων κάτω από το αντίστοιχο της μηδενικής λύσης. Επομένως, κρίνοντας με οικονομικά κριτήρια, τα διαχειριστικά σενάρια 2 και 5 βρίσκονται στην 1^η θέση προτίμησης, ακολουθεί το 3^ο σενάριο και στη συνέχεια το 4^ο και 6^ο.

4.6.2 2^η Ομάδα διαχειριστικών σεναρίων : Μονοκατοικία με κήπο - χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης

Η 2^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων αφορά περίπτωση μονοκατοικίας στην Αττική που δεν διαθέτει σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης. Ειδικότερα, τα χαρακτηριστικά της κατοικίας είναι ίδια με εκείνα που παρουσιάστηκαν για τη μονοκατοικία της 1^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων (πίνακας 4.14) με τη μόνη διαφορά την απουσία σύνδεσης σε δίκτυο αποχέτευσης. Ομοίως, τα ποσοτικά στοιχεία των υδάτινων ροών της κατοικίας είναι ίδια (πίνακας 4.15).

Στην περίπτωση αυτή που δεν υπάρχει σύνδεση της κατοικίας με δίκτυο αποχέτευσης θεωρούμε ότι υπάρχει κατασκευασμένη στεγανή σηπτική δεξαμενή καθώς και ένα σύστημα διάθεσης που μπορεί να είναι ένας απορροφητικός βόθρος ή μια απορροφητική τάφρος.

4.6.2.1 Τεχνικοοικονομική παρουσίαση 2^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Τα διαχειριστικά σενάρια που προτάθηκαν για την περίπτωση της παραπάνω κατοικίας είναι τα εξής :

ΣΕΝΑΡΙΟ 0 : Μηδενική λύση

Το 1^ο διαχειριστικό σενάριο που προτείνεται αποτελεί τη 'μηδενική λύση', δηλαδή προτείνει να μην αλλάξει η υφιστάμενη κατάσταση, αναφορικά με τη διαχείριση των οικιακών υδάτινων ροών. Ειδικότερα, το σενάριο αυτό προβλέπει ότι το σύνολο των υγρών οικιακών αποβλήτων (mixed wastewater) θα καταλήγει στη σηπτική δεξαμενή της κατοικίας και στη συνέχεια θα διατίθεται στο περιβάλλον μέσω απορροφητικού βόθρου ή απορροφητικής τάφρου. Το σύνολο των όμβριων υδάτων θα καταλήγουν στο δίκτυο όμβριων υδάτων της περιοχής.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση)

Το σενάριο αυτό προτείνει την αγορά και χρήση έξυπνων εξαρτημάτων που μπορούν να ελαττώσουν τη χρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού σε συνήθεις οικιακές συσκευές και εγκαταστάσεις. Στοιχεία για τις υδατικές καταναλώσεις στις

διάφορες χρήσεις και για το κόστος του προτεινόμενου εξοπλισμού δόθηκαν στους πίνακες 4.17 και 4.18.

ΣΕΝΑΡΙΟ 2 : Σύστημα επεξεργασίας οικιακών υγρών απόβλητων

Το σενάριο 2 προτείνει τα μικτά υγρά οικιακά απόβλητα να καταλήγουν αρχικά στη σηπτική δεξαμενή και στη συνέχεια να εισέρχονται σε ένα σύστημα αερόβιας επεξεργασίας λυμάτων (compact μονάδα βιολογικού καθαρισμού). Ειδικότερα, η σηπτική δεξαμενή θα λειτουργεί ως βαθμίδα προεπεξεργασίας του όλου συστήματος, ενώ στο σύστημα θα πραγματοποιείται δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων με βάση την αρχή της ενεργού ιλύος. Στη συνέχεια, η δευτεροβάθμια εκροή θα εισέρχεται σε κάποιο σύστημα διάθεσης (απορροφητικός βόθρος ή απορροφητική τάφρος). Η κυρίως επεξεργασία των λυμάτων στο αερόβιο σύστημα αποφορτίζει σημαντικά τη σηπτική δεξαμενή οπότε περιορίζεται και η συχνότητα των εκκενώσεών της. Ωστόσο, το σύστημα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας είναι δυνατόν να απαιτεί εκκένωση μετά από κάποιο χρονικό διάστημα λειτουργίας. Ο πίνακας 4.30 δίνει αναλυτικά τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται η προτεινόμενη από το σενάριο τεχνολογία και το κόστος τους.

Πίνακας 4.30 : Κόστος εξοπλισμού 2^{ου} διαχειριστικού σεναρίου

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	
Compact σύστημα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας	4.250,00 €
Χωματοουργικά	500,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες (συνδέσεις)	500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	5.250,00 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	12,06 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	12,06 €

ΣΕΝΑΡΙΟ 3 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση) - σύστημα επεξεργασίας οικιακών υγρών απόβλητων

Το σενάριο 3 συνδυάζει την πρόταση του σεναρίου 2 με τη χρήση μικρών εξαρτημάτων εξοικονόμησης νερού. Το αποτέλεσμα είναι να μειώνεται ο όγκος των οικιακών λυμάτων που οδηγείται στη σηπτική δεξαμενή και το σύστημα επεξεργασίας, οπότε και πάλι μειώνεται η συχνότητα των εκκενώσεων της σηπτικής δεξαμενής και του συστήματος. Στοιχεία κόστους για τον εξοπλισμό παρουσιάστηκαν στους πίνακες 4.18 και 4.30.

ΣΕΝΑΡΙΟ 4 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση) – επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση.

Το σενάριο 4 προτείνει το διαχωρισμό των υδάτινων ροών της κατοικίας σε 2 κατηγορίες : το γκρίζο και το μαύρο νερό, με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου σε υπεδάφιο σύστημα άρδευσης του κήπου, όπως περιγράφηκε αναλυτικά στην παράγραφο 4.6.1.1. Αναλυτικά στοιχεία για το κόστος του εξοπλισμού δόθηκαν στους πίνακες 4.18 και 4.19.

ΣΕΝΑΡΙΟ 5 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση) – επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας.

Στο παρόν σενάριο προτείνεται η συλλογή και επεξεργασία του γκρίζου οικιακού νερού με σκοπό να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτεί τα καζανάκια αλλά και το σύστημα άρδευσης. Επίσης, προτείνεται η χρήση μικρών εξαρτημάτων που εξοικονομούν νερό σε συμβατικές οικιακές συσκευές.

Η επεξεργασία του γκρίζου νερού που προτείνεται στη συγκεκριμένη περίπτωση περιλαμβάνει ένα χημικό σύστημα επεξεργασίας του γκρίζου νερού και στη συνέχεια τη διήθησή του μέσα από φίλτρο μικροδιήθησης (MF). Τέλος, η διηθημένη εκροή διέρχεται από διάταξη απολύμανσης που διαθέτει λαμπτήρα υπεριώδους ακτινοβολίας (UV). Το απολυμασμένο γκρίζο νερό καταλήγει σε μια δεξαμενή αποθήκευσης ενώ ένα σύστημα αυτόματης διαχείρισης ρυθμίζει – ανάλογα με τη στάθμη του γκρίζου νερού – την τροφοδοσία στα καζανάκια της κατοικίας. Επίσης, το σύστημα υπεδάφιας άρδευσης θα συνδέεται με τη δεξαμενή αποθήκευσης του επεξεργασμένου γκρίζου νερού προκειμένου να αντλεί νερό για τις ανάγκες της

άρδευσης. Στον πίνακα 4.31 που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά τα μέρη από τα οποία αποτελείται η προτεινόμενη τεχνολογία και το κόστος τους.

Πίνακας 4.31 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 5

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ	
Χημικό σύστημα επεξεργασίας	4.430,00 €
Χωματοουργικά	500,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες (συνδέσεις)	500,00 €
Φίλτρα μικροδιήθησης MF	246,00 €
Απολυμαντής UV	450,00 €
Αυτόματο σύστημα διαχείρισης γκρίζου νερού	2.600,00 €
Επιπρόσθετες σωληνώσεις ροής γκρίζου νερού	1.500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	10.226,00 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	304,04 €
Πρόσθετα (εξαρτήματα, χημικά)	86,10 €
Λαμπτήρες UV	50,00 €
Συντήρηση φίλτρων	60,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	500,14 €

ΣΕΝΑΡΙΟ 6 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση) - επεξεργασία (σε κοινό σύστημα) & χρήση βρόχινου & γκρίζου νερού για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας

Στόχος του παρόντος σεναρίου είναι ο σχεδιασμός μιας διάταξης που να συνδυάζει τις δυο οικιακές εκροές έτσι ώστε να αποφευχθούν τα επιπλέον έξοδα από την εγκατάσταση και λειτουργία δυο διαφορετικών συστημάτων επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης. Αναλυτική περιγραφή του εξοπλισμού έγινε στην παράγραφο 4.6.1.1, ενώ τα αντίστοιχα στοιχεία κόστους παρουσιάστηκαν στους πίνακες 4.18 και 4.22.

ΣΕΝΑΡΙΟ 7 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση) - επεξεργασία & χρήση βρόχινου νερού για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας

Το 7^ο διαχειριστικό σενάριο συνδυάζει τη χρήση «έξυπνων» συσκευών – εξαρτημάτων εξοικονόμησης νερού με ένα σύστημα επεξεργασίας του βρόχινου νερού της κατοικίας. Το σύστημα επεξεργασίας περιγράφηκε αναλυτικά στο 10^ο σενάριο της παραγράφου 4.6.1.1. και αναλυτικά στοιχεία κόστους δόθηκαν στους πίνακες 4.18 και 4.21.

ΣΕΝΑΡΙΟ 8 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση) - επεξεργασία & χρήση βρόχινου νερού για καθαρισμό τουαλέτας –επεξεργασία οικιακών λυμάτων & χρήση για άρδευση

Το παρόν σενάριο συνδυάζει τις προτάσεις του προηγούμενου σεναρίου με την επεξεργασία των μικτών υγρών οικιακών αποβλήτων της κατοικίας με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους για άρδευση. Στην περίπτωση, αυτή το επεξεργασμένο βρόχινο νερό θα χρησιμοποιείται μόνον για εσωτερικές χρήσεις (καθαρισμός τουαλετών). Ειδικότερα, σε επέκταση του 8^{ου} διαχειριστικού σεναρίου, τα οικιακά λύματα θα εισέρχονται στη σηπτική δεξαμενή και στη συνέχεια θα υφίστανται βιολογική επεξεργασία από σύστημα αναερόβιου βιολογικού φίλτρου. Στη συνέχεια η επεξεργασμένη εκροή θα διέρχεται από φίλτρο μικροδιήθησης (MF) προκειμένου να απομακρυνθεί ένα ποσοστό των στερεών που υπάρχει στην εκροή. Τα διηθημένα επεξεργασμένα λύματα αποθηκεύονται στη συνέχεια σε δεξαμενή η οποία συνδέεται με το σύστημα υπεδάφιας στάγδην άρδευσης. Ο πίνακας 4.32 παρουσιάζει μια αναλυτική περιγραφή του εξοπλισμού επεξεργασίας των οικιακών λυμάτων περιλαμβάνοντας και στοιχεία κόστους. Το σύστημα επεξεργασίας του βρόχινου νερού περιγράφηκε στο σενάριο 7 (πίνακας 4.21).

Πίνακας 4.32 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 8

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ	
Κόστος αγοράς συστήματος	2.100,00 €
Χωματοουργικά	500,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες (συνδέσεις)	500,00 €
Φίλτρο MF	246,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	3.346,00 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	18,35 €
Συντήρηση συστήματος	40,00 €
Συντήρηση φίλτρων	40,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	98,35 €

4.6.2.2 Αποτελέσματα υπολογισμών 2^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για τις ποσότητες νερού που εισέρχονται, παράγονται, επαναχρησιμοποιούνται και εκρέουν από την κατοικία για την περίπτωση εφαρμογής καθενός από τα 8 προτεινόμενα διαχειριστικά σενάρια.

Πίνακας 4.33 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών με εφαρμογή 2^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ποσότητες (m ³ /έτος)								
	Εσωτερική υδατική κατανάλωση	Εξωτερική υδατική κατανάλωση	Οικιακά λύματα	Γκρίζο νερό	Μαύρο νερό	Εξοικονομούμενη ποσότητα πόσιμου νερού	Επαναχ. Γκρίζο νερό	Αξιοποιούμενο βρόχινο νερό	Ποσότητα λυμάτων που καταλήγει στη σηπτική δεξαμενή
0	292,00	136,70	248,20	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		0,00	0,00	0,00	248,20
1	223,23	136,70	189,75	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		68,77	0,00	0,00	189,75
2	292,00	136,70	248,20	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		0,00	0,00	0,00	248,20
3	212,43	136,70	189,75	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		79,57	0,00	0,00	189,75
4	223,23	66,68	διαχωρισμός υδατικών ροών	96,43	93,32	138,79	69,32	0,00	119,73
5	160,60	98,96	διαχωρισμός υδατικών ροών	96,43	93,32	169,14	90,28	0,00	152,01
6	160,60	93,98	διαχωρισμός υδατικών ροών	96,43	93,32	174,12	78,03	17,23	147,03
7	227,21	136,00	189,75	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		65,49	0,00	17,23	206,28
8	203,07	27,56	189,75	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		198,06	0,00	17,23	97,84

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το διαχειριστικό σενάριο που επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση σε πόσιμο νερό και ταυτόχρονα τη μικρότερη φόρτιση της σηπτικής δεξαμενής είναι το 8^ο που στηρίζεται στην επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση βρόχινου νερού και οικιακών λυμάτων. Ωστόσο, σημαντική εξοικονόμηση και χαμηλή φόρτιση επιτυγχάνουν το 4^ο, 6^ο και το 5^ο σενάριο (με αύξουσα σειρά).

Τα ποσοτικά στοιχεία του παραπάνω πίνακα μπορούν να συνοψισθούν σε δυο παραμέτρους – δείκτες, οι οποίοι παρουσιάζονται στον πίνακα 4.34.

Πίνακας 4.34 : Ανηγγμένες τιμές οικιακών ροών

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ανηγγμένη συνολική υδατική κατανάλωση (l/p/d)	Ανηγγμένη ποσότητα λυμάτων που καταλήγει στη σηπτική δεξαμενή (l/p/d)
0	293,63	170,00
1	246,53	129,97
2	293,63	170,00
3	239,13	129,97
4	198,57	82,01
5	177,78	104,12
6	174,37	100,70
7	248,78	141,29
8	157,97	67,01

Με βάση τον παραπάνω πίνακα τιμών, που αποτελούν ουσιαστικά δείκτες των εισροών και των εκροών στην / από την κατοικία, συμπεραίνουμε ότι η μικρότερη ολική υδατική κατανάλωση χαρακτηρίζει το 8^ο διαχειριστικό σενάριο και στη συνέχεια ακολουθούν το 5^ο και 6^ο σενάριο. Κατ' επέκταση, το 8^ο σενάριο δίνει τη μικρότερη φόρτιση της σηπτικής δεξαμενής (με το 4^ο να ακολουθεί με μικρή διαφορά), κάτι το οποίο θα μπορούσε να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι στο συγκεκριμένο σενάριο τα οικιακά λύματα επαναχρησιμοποιούνται για άρδευση ενώ στην περίπτωση του 4^{ου}, 5^{ου} και 6^{ου} σεναρίου επαναχρησιμοποιείται μόνον η γκρίζα συνιστώσα των οικιακών λυμάτων (και το βρόχινο νερό – περίπτωση σεναρίου 6).

Οικονομικά στοιχεία σεναρίων

Ωστόσο, εκτός των υπολογισμών για τις ποσότητες των διαφόρων ροών, έγιναν υπολογισμοί που είχαν ως στόχο την οικονομική ανάλυση των προτεινόμενων διαχειριστικών σεναρίων σε ετήσια βάση και οι οποίοι παρουσιάζονται στον πίνακα 4.35 που ακολουθεί.

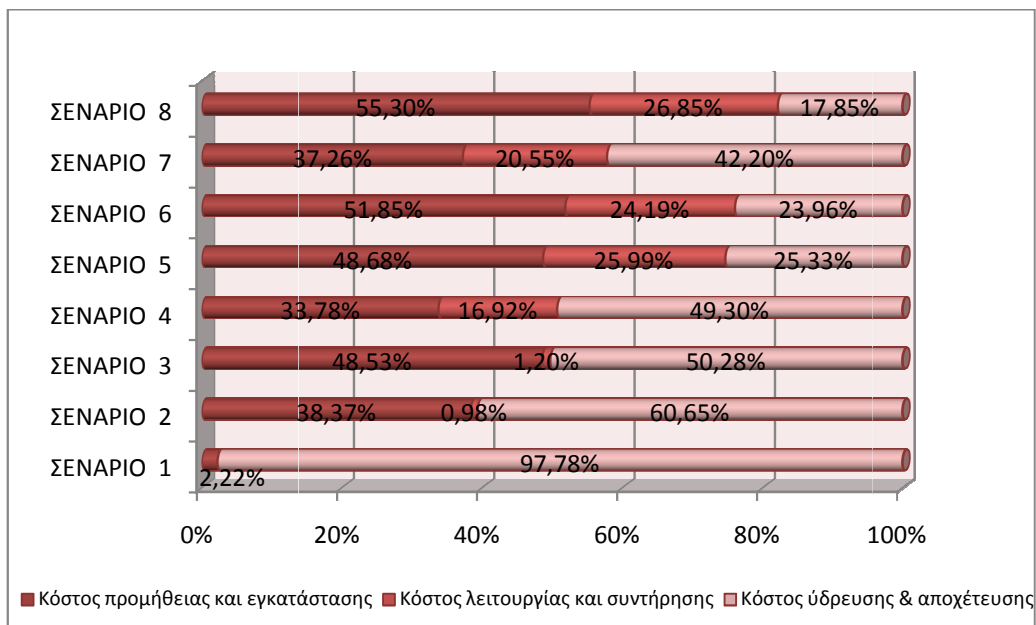
Πίνακας 4.35 : Ανάλυση ετήσιου κόστους 2^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ετήσιο κόστος προμήθειας & εγκατάστασης εξοπλισμού	Ετήσιο κόστος λειτουργίας & συντήρησης	Ετήσιο κόστος ύδρευσης - αποχέτευσης	Ετήσιο Συνολικό κόστος	Ανηγγμένο ετήσιο συνολικό κόστος €/ΙΚ
0	0,00 €	0,00 €	1.046,42 €	1.046,42 €	261,60 €
1	17,30 €	0,00 €	761,14 €	778,44 €	194,61 €
2	472,19 €	12,06 €	746,42 €	1.230,67 €	307,67 €
3	489,49 €	12,06 €	507,18 €	1.008,73 €	252,18 €
4	376,70 €	188,67 €	549,77 €	1.115,13 €	278,78 €
5	937,03 €	500,14 €	487,55 €	1.924,73 €	481,18 €
6	1.022,12 €	476,89 €	472,30 €	1.971,31 €	492,83 €
7	722,70 €	398,61 €	818,54 €	1.939,86 €	484,97 €
8	1.023,65 €	496,96 €	330,41 €	1.851,01 €	462,75 €

Με βάση τον παραπάνω πίνακα, τα δυο σενάρια που χαρακτηρίζονται από χαμηλότερο ετήσιο κόστος σε σχέση με τη μηδενική λύση είναι το 1^ο και το 3^ο. Η χαμηλή ετήσια δαπάνη εφαρμογής τους οφείλεται στη χρήση συσκευών εξοικονόμησης και τεχνολογιών με μικρό κόστος (προμήθειας, λειτουργίας και συντήρησης). Ωστόσο, και το 4^ο σενάριο παρουσιάζει μια χαμηλή τιμή ετήσιας δαπάνης εφαρμογής επίσης για το λόγο ότι συνδυάζει μια απλή τεχνολογία επεξεργασίας του γκρίζου νερού (αναερόβιο βιολογικό φίλτρο) με τη χρήση συσκευών εξοικονόμησης.

Αντίθετα, το πιο δαπανηρό σενάριο είναι το 6^ο (επαναχρησιμοποίηση γκρίζου και βρόχινου νερού – συσκευές εξοικονόμησης), το οποίο έχει υψηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας.

Στο σχήμα 4.5 που ακολουθεί δίνονται τα ποσοστά καταμερισμού των επιμέρους συνιστωσών του κόστους των σεναρίων ως προς το συνολικό.



Σχήμα 4.5 : Καταμερισμός ετήσιων δαπανών 2^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

4.6.2.3 Αξιολόγηση 2^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Τα σενάρια που παρουσιάστηκαν παραπάνω για μια μονοκατοικία στην Αττική χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης φαίνονται συνοπτικά στον πίνακα 4.36.

Πίνακας 4.36 : Συνοπτική παρουσίαση 2^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0	Μηδενική λύση
1	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση)
2	Οικιακά λύματα → Σύστημα επεξεργασίας → διάθεση
3	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση) - Οικιακά λύματα → Σύστημα επεξεργασίας → διάθεση
4	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση), Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση, Μαύρο νερό → σηπτική δεξαμενή
5	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση), Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας, Μαύρο νερό → σηπτική δεξαμενή
6	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση), βρόχινο νερό + Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας, Μαύρο νερό → σηπτική δεξαμενή
7	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση), βρόχινο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας, οικιακά λύματα → σηπτική δεξαμενή
8	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση), βρόχινο νερό → επεξεργασία → καθαρισμός τουαλέτας, οικιακά λύματα → σύστημα επεξεργασίας → άρδευση.

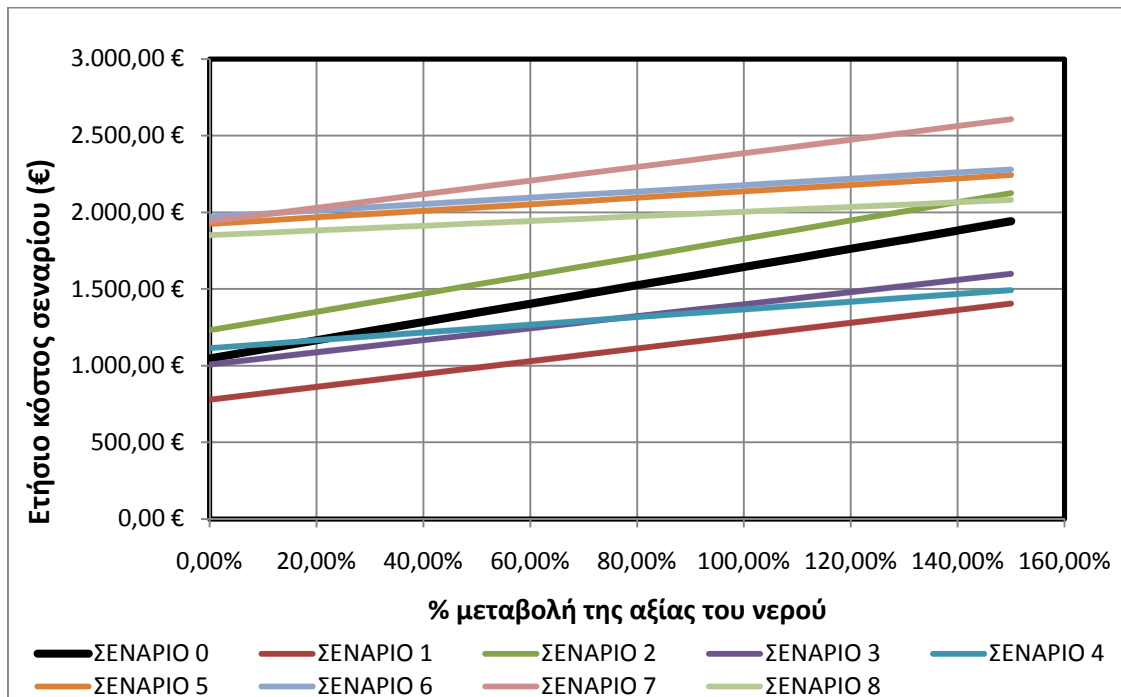
Αρχικά, για την αξιολόγησή των σεναρίων δίνεται ο πίνακας 4.37 με τις ποσοστιαίες μεταβολές των υδάτινων και οικονομικών μεταβλητών των σεναρίων.

Πίνακας 4.37 : Αξιολόγηση 2^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση οικονομικά στοιχεία & ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών

ΣΕΝΑΡΙΟ	% μεταβολή συνολικού κόστους	% μεταβολή υδατικής κατανάλωσης	% μεταβολή ποσότητας αποβλήτων που καταλήγουν στην αποχέτευση
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	-25,61%	-16,04%	-23,55%
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	17,61%	0,00%	0,00%
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	-3,60%	-18,56%	-23,55%
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	6,57%	-32,37%	-51,76%
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	83,94%	-39,45%	-38,75%
ΣΕΝΑΡΙΟ 6	88,39%	-40,62%	-40,76%
ΣΕΝΑΡΙΟ 7	85,38%	-15,28%	-16,89%
ΣΕΝΑΡΙΟ 8	76,89%	-46,20%	-60,58%

Όπως παρατηρούμε από τον πίνακα 4.37, δεν υπάρχει κάποιο σενάριο που να συνδυάζει ικανοποιητικές τιμές ποσοστών των τριών μεταβλητών. Προς αυτή την κατεύθυνση θα μπορούσε να εφαρμοστεί το 4^ο σενάριο με μια επιβάρυνση των εξόδων του νοικοκυριού κατά 7%. Διαφορετικά, οι επιλογές του νοικοκυριού προσανατολίζονται μεταξύ του 1^{ου} και του 3^{ου} διαχειριστικού σεναρίου, με πιο πιθανή επιλογή εκείνη του 1^{ου} σεναρίου καθώς εξασφαλίζει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση χρημάτων στο νοικοκυριό σε σχέση με τη μηδενική λύση.

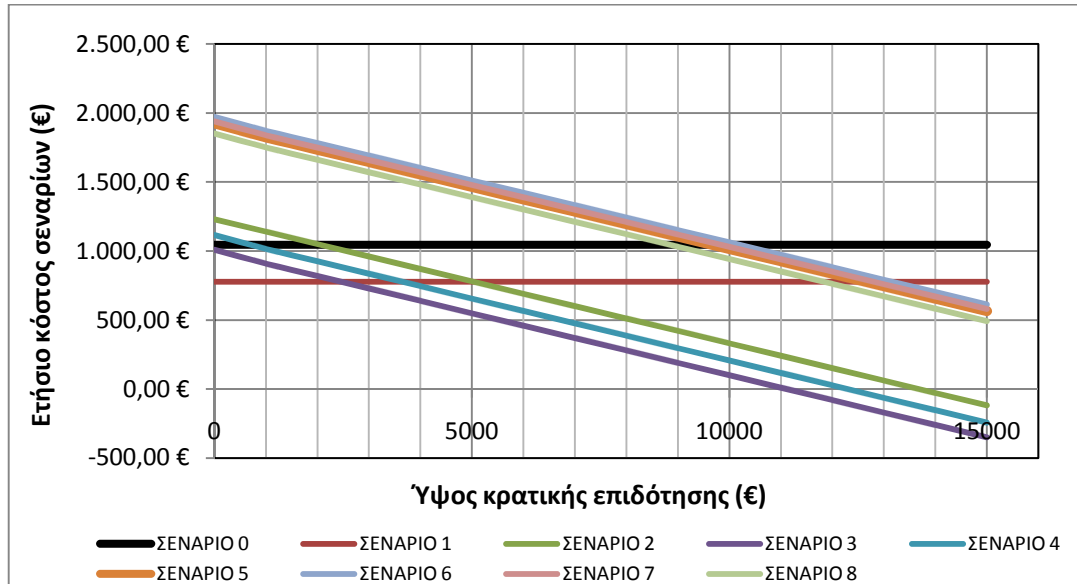
Σε δεύτερη βάση, αξιολογώντας τα διαχειριστικά σενάρια θεωρώντας την πιθανότητα αύξησης της τιμής του οικιακού νερού, δίνεται το σχήμα 4.6.



Σχήμα 4.6 : Αξιολόγηση 2^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση την αξία του νερού

Από το παραπάνω γράφημα παρατηρούμε ότι μια πιθανή αύξηση της τιμής του νερού που κυμαίνεται σε διάστημα 0% - 150% καθιστά οικονομικά ενδιαφέρον μόνο το 4^ο διαχειριστικό σενάριο. Ειδικότερα, για αύξηση της τιμής του νερού κατά 20%, οι ετήσιες δαπάνες του 4^{ου} διαχειριστικού σεναρίου είναι χαμηλότερες από τις αντίστοιχες της μηδενικής λύσης. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι για τα υπόλοιπα σενάρια απαιτείται αύξηση μεγαλύτερη από 150%. Το σενάριο 8 με τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση φαίνεται υλοποιήσιμο σε περίπτωση που η αύξηση της τιμής του νερού αγγίξει το 160%.

Τέλος, αξιολογώντας τα διαχειριστικά σενάρια με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης δίνεται το σχήμα 4.7 που ακολουθεί.



Σχήμα 4.7 : Αξιολόγηση 2^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι το 4^ο διαχειριστικό σενάριο γίνεται πιο οικονομικό από το μηδενικό σενάριο με τη χορήγηση κρατικής επιδότησης 800 € περίπου. Το 2^ο σενάριο απαιτεί 2,000 € προκειμένου οι ετήσιες δαπάνες του να μειωθούν σε επίπεδα χαμηλότερα από εκείνα της μηδενικής λύσης. Αντίθετα, ιδιαίτερα υψηλά ποσά επιδοτήσεων απαιτούν τα 5^ο, 8^ο, 6^ο και 7^ο διαχειριστικό σενάριο και συγκεκριμένα το ύψος τους ανέρχεται σε 9,000 € για το 8^ο και σε 10,000 € για τα υπόλοιπα.

4.6.2.4 Συμπεράσματα - προτάσεις

Μια συνολική θεώρηση των στοιχείων που παρατέθηκαν παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η βέλτιστη οικονομικά επιλογή για το νοικοκυριό που ζει σε μια κατοικία χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης είναι το 1^ο διαχειριστικό σενάριο (συσκευές εξοικονόμησης). Ωστόσο, σε περίπτωση αύξησης της τιμής του νερού ή χορήγησης κρατικής επιδότησης – πάντα σε λογικά πλαίσια – είναι πιθανό να

προτιμηθεί το 4^ο σενάριο, το οποίο επιτυγχάνει μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού από το 1^ο.

Αντίθετα με τα παραπάνω σενάρια, τα 5^ο, 6^ο, 7^ο και 8^ο διαχειριστικά σενάρια δεν φαίνονται «ελκυστικά» για το νοικοκυριό παρά μόνο με τη χορήγηση πολύ υψηλών και ίσως παράλογων επιδοτήσεων ($\geq 9,000$ €). Σε αυτές τις περιπτώσεις σεναρίων θα άξιζε να μελετηθεί αν η επιλογή εναλλακτικών τεχνολογιών θα καθιστούσε τα συγκεκριμένα σενάρια – που επιτυγχάνουν μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού - πιο ‘ελκυστικά’. Ειδικότερα, οι εναλλακτικές τεχνολογίες που προτείνονται για το 5^ο διαχειριστικό σενάριο είναι :

- I. Σύστημα επεξεργασίας γκρίζου νερού με αναερόβιο βιολογικό φίλτρο ακολουθούμενο από φίλτρο μικροδιήθησης (MF) και διάταξη απολύμανσης με χλωριωτή για τη συνιστώσα της εκροής που τροφοδοτεί τα καζανάκια της κατοικίας.
- II. Σύστημα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας ακολουθούμενο από φίλτρο μικροδιήθησης (MF) και διάταξη απολύμανσης με χλωριωτή για τη συνιστώσα της εκροής που τροφοδοτεί τα καζανάκια της κατοικίας.

Αναλυτικά στοιχεία για τον εξοπλισμό των εναλλακτικών τεχνολογιών και του κόστους του δίνονται στο παράρτημα της εργασίας. Η οικονομική ανάλυση του σεναρίου 5 με χρήση εναλλακτικών τεχνολογιών φαίνεται στον πίνακα 4.38.

Πίνακας 4.38 : Ανάλυση ετήσιων δαπανών σεναρίου 5 με χρήση εναλλακτικών τεχνολογιών

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ετήσιο κόστος προμήθειας & εγκατάστασης εξοπλισμού	Ετήσιο κόστος λειτουργίας & συντήρησης	Ετήσιο κόστος ύδρευσης - αποχέτευσης	Ετήσιο συνολικό κόστος	Ανηγμένο ετήσιο συνολικό κόστος (€/ΙΚ)
0	0,00 €	0,00 €	1.046,42 €	1.046,42 €	261,60 €
5	937,03 €	500,14 €	487,55 €	1.924,73 €	481,18 €
5 ΕΝΑΛ (1)	731,97 €	305,66 €	487,55 €	1.525,18 €	381,30 €
5 ΕΝΑΛ (2)	874,97 €	326,89 €	487,55 €	1.689,42 €	422,35 €

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι η χρήση των προτεινόμενων εναλλακτικών τεχνολογιών μειώνει το συνολικό κόστος του σεναρίου χωρίς,

ωστόσο, να καθιστούν το 5^ο σενάριο πιο 'ελκυστικό' σε σχέση με τη μηδενική λύση. Από τις δυο τεχνολογίες που εξετάστηκαν, η 1^η εναλλακτική δίνει μικρότερο συνολικό ετήσιο κόστος σεναρίου, το οποίο θα μπορούσε να είναι χαμηλότερο από το αντίστοιχο της μηδενικής λύσης σε περίπτωση αύξησης της αξίας του νερού (απαιτούμενη αύξηση πάνω από 100%) ή χορήγησης επιδότησης ($\approx 4,300$ €).

4.6.3 3^η Ομάδα διαχειριστικών σεναρίων : Μονοκατοικία χωρίς κήπο - με σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιαστούν διαχειριστικά σενάρια που μπορούν να εφαρμοστούν στην περίπτωση κατοικίας στην Αττική που δεν διαθέτει κήπο. Στην περίπτωση αυτή μειώνονται οι πιθανές χρήσεις επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων οικιακών υδάτινων εκροών καθώς δεν υπάρχουν οι εξωτερικές χρήσεις νερού. Εκτός του κήπου, όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της εν λόγω κατοικίας είναι όμοια με εκείνα που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενες ομάδες διαχειριστικών σεναρίων (πίνακας 4.14). Το ίδιο για τα ποσοτικά στοιχεία των υδάτινων εκροών της κατοικίας (πίνακας 4.15).

4.6.3.1 Τεχνικοοικονομική παρουσίαση 3^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ 0 : Μηδενική λύση

Το σενάριο αυτό προτείνει τη διατήρηση της υπάρχουσας κατάστασης χωρίς τη λήψη κάποιου μέτρου για τη διαχείριση του οικιακού νερού.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (ολοκληρωμένη λύση)

Στην περίπτωση αυτή προτείνεται η εγκατάσταση συσκευών που καταναλώνουν μικρότερη ποσότητα νερού σε σχέση με τις αντίστοιχες συμβατικές συσκευές. Η λύση αυτή περιλαμβάνει εξοπλισμό σε πλυντήρια πιάτων και ρούχων που διαθέτουν προγράμματα ελάχιστης κατανάλωσης και καζανάκια με μηχανισμό διπλής ροής. Οι υδατικές καταναλώσεις στις διάφορες οικιακές χρήσεις που επιτυγχάνονται στην περίπτωση αυτή παρουσιάστηκαν στον πίνακα 4.3, ενώ το κόστος του εξοπλισμού δόθηκε αναλυτικά στον πίνακα 4.16.

ΣΕΝΑΡΙΟ 2 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση)

Το παρόν σενάριο προτείνει μια πιο οικονομική λύση για τις συσκευές εξοικονόμησης νερού που θα τοποθετηθούν στην κατοικία με τη χρήση κάποιων

οικονομικών και πρακτικών εξαρτημάτων. Στοιχεία για τις υδατικές καταναλώσεις εσωτερικών χρήσεων και για το κόστος του εξοπλισμού δόθηκαν στους πίνακες 4.17 και 4.18.

ΣΕΝΑΡΙΟ 3 : Επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για καθαρισμό τουαλέτας

Το παρόν σενάριο προτείνει την επεξεργασία του γκρίζου νερού της κατοικίας και την επαναχρησιμοποίηση της επεξεργασμένης εκροής για τροφοδοσία στα καζανάκια των λουτρών. Η τεχνολογία που προτείνεται στην περίπτωση αυτή είναι όμοια με εκείνη που παρουσιάστηκε στο 4^ο σενάριο της παραγράφου 4.6.1.1. Αναλυτικά στοιχεία για τα μέρη από τα οποία αποτελείται και το κόστος του δόθηκαν στον πίνακα 4.20.

ΣΕΝΑΡΙΟ 4 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές - Επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για καθαρισμό τουαλέτας

Το παρόν σενάριο αποτελεί επέκταση του παραπάνω σεναρίου καθώς συνδυάζει την ανάκτηση του γκρίζου νερού με τη χρήση εξαρτημάτων εξοικονόμησης νερού (πίνακες 4.17 και 4.18). Η επεξεργασία για το γκρίζο νερό που προτείνεται στην περίπτωση αυτή είναι η ίδια με εκείνη που περιγράφηκε στο 3^ο διαχειριστικό σενάριο (πίνακας 4.20).

ΣΕΝΑΡΙΟ 5 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές - Επεξεργασία βρόχινου νερού & επαναχρησιμοποίηση για καθαρισμό τουαλέτας

Το παρόν σενάριο προτείνει το μη – διαχωρισμό των υδάτινων ροών των οικιακών λυμάτων και την αξιοποίηση μόνον του βρόχινου νερού που προκύπτει από την κατοικία. Επίσης, προτείνει την χρήση μικρών, οικονομικών εξαρτημάτων που μπορούν να τοποθετηθούν σε συμβατικές οικιακές συσκευές και να περιορίσουν σημαντικά την καταναλισκόμενη ποσότητα νερού. Αναλυτικά στοιχεία για τον προτεινόμενο εξοπλισμό και το κόστος του δόθηκαν παραπάνω στους πίνακες 4.18 και 4.21.

4.6.3.2 Αποτελέσματα υπολογισμών 3^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών

Η εφαρμογή των 6 σεναρίων που παρουσιάστηκαν παραπάνω στην περίπτωση κατοικίας χωρίς κήπο έχουν ως αποτέλεσμα μεταβολή στις ποσότητες των οικιακών ροών αλλά και στις δαπάνες του νοικοκυριού για το νερό. Ειδικότερα, στον πίνακα 4.39 που ακολουθεί, παρουσιάζονται ποσοτικά στοιχεία των υδάτινων ροών της συγκεκριμένης κατοικίας για εφαρμογή της 3^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων.

Πίνακας 4.39 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών με εφαρμογή 3^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ποσότητες σε m ³ /έτος							
	Ολική υδατική κατανάλωση	Οικιακά λύματα	Γκρίζο νερό	Μαύρο νερό	Εξοικονομούμενη ποσότητα πόσιμου νερού	Επαναχ. Γκρίζο νερό	Αξιοποιούμενο Βρόχινο νερό	Οικιακά λύματα που καταλήγουν στο δίκτυο αποχέτευσης
0	292,00	248,20	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		0,00	0,00	0,00	248,20
1	212,43	180,57	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		79,57	0,00	0,00	180,57
2	223,23	189,75	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		68,77	0,00	0,00	189,75
3	195,64	διαχωρισμός ροών	119,14	129,06	96,36	78,32	0,00	248,20
4	160,60	διαχωρισμός ροών	96,43	93,32	131,40	53,24	0,00	189,75
5	203,07	189,75	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		88,93	0,00	17,23	206,98

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το διαχειριστικό σενάριο που εξασφαλίζει τη μικρότερη υδατική κατανάλωση νοικοκυριού επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση πόσιμου νερού είναι το 4^ο σενάριο. Το αμέσως επόμενο στη σειρά εξοικονόμησης και χαμηλής υδατικής κατανάλωσης αλλά με σημαντική διαφορά είναι το 3^ο σενάριο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι τα δυο αυτά σενάρια προτείνουν την επαναχρησιμοποίηση της γκρίζας συνιστώσας των οικιακών λυμάτων, η ποσότητα της οποίας είναι μεγαλύτερη όχι μόνο από την ποσότητα του νερού που μπορεί να εξοικονομηθεί με συσκευές εξοικονόμησης αλλά και από την ποσότητα του βρόχινου νερού που μπορεί να αξιοποιηθεί. Επίσης, το 4^ο και 3^ο σενάριο επιτυγχάνουν και τη μικρότερη φόρτιση του δικτύου αποχέτευσης.

Στον πίνακα 4.40 οι ανηγμένες ανά κάτοικο ποσότητες υδάτινων ροών όπως προέκυψαν από την επεξεργασία των στοιχείων του πίνακα 4.39.

Πίνακας 4.40 : Ανηγμένες τιμές οικιακών ροών

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ανηγμένη συνολική υδατική κατανάλωση (l/p/d)	Ανηγμένη ποσότητα λυμάτων που καταλήγει στο δίκτυο (l/p/d)
0	200,00	170,00
1	145,50	123,68
2	152,90	129,97
3	134,00	170,00
4	110,00	129,97
5	139,09	129,97

Από τον παραπάνω πίνακα είναι εμφανής η υπεροχή του 4^{ου} και 3^{ου} σεναρίου από τις μικρότερες τιμές των δυο παραμέτρων του πίνακα.

Οικονομικά στοιχεία σεναρίων

Η μεταβολή των δαπανών του νοικοκυριού από την εφαρμογή των σεναρίων καθώς και το αναλυτικό κόστος τους παρουσιάζεται στον πίνακα 4.41.

Πίνακας 4.41 : Ανάλυση ετήσιου κόστους 3^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ετήσιο κόστος προμήθειας & εγκατάστασης εξοπλισμού	Ετήσιο κόστος λειτουργίας & συντήρησης	Ετήσιο κόστος ύδρευσης - αποχέτευσης	Ετήσιο συνολικό κόστος	Ανηγμένο ετήσιο συνολικό κόστος (€/ΙΚ)
0	0,00 €	0,00 €	416,24 €	416,24 €	104,06 €
1	263,26 €	0,00 €	216,06 €	479,33 €	119,83 €
2	17,30 €	0,00 €	228,30 €	245,60 €	61,40 €
3	1.062,70 €	475,15 €	197,05 €	1.734,90 €	433,73 €
4	1.080,00 €	475,15 €	157,37 €	1.712,52 €	428,13 €
5	705,41 €	398,61 €	205,47 €	1.309,49 €	327,37 €

Από τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνουμε ότι μόνο το 2^ο διαχειριστικό σενάριο μπορεί να εφαρμοστεί με ετήσιο κόστος μικρότερο από το αντίστοιχο της μηδενικής λύσης. Επίσης, εκτός από το 1^ο σενάριο που επιφέρει μικρή αύξηση των ετήσιων δαπανών του νοικοκυριού, όλα τα υπόλοιπα σενάρια χαρακτηρίζονται από ένα απαγορευτικό ετήσιο κόστος. Αυτό συμβαίνει διότι η κατοικία δε διαθέτει κήπο και επομένως χαρακτηρίζεται από μια χαμηλές δαπάνες ύδρευσης – αποχέτευσης, οι οποίες είναι πολύ μικρότερες συγκρινόμενες με το κόστος του εξοπλισμού των περισσότερων σεναρίων. Επομένως, όσο μεγάλη και αν είναι η εξοικονόμηση νερού που επιτυγχάνεται στα πλαίσια κάποιου σεναρίου, η εξοικονόμηση χρημάτων που αυτή συνεπάγεται δεν επαρκεί για να καταστήσει το ετήσιο κόστος του σεναρίου συγκρίσιμο με εκείνο της μηδενικής λύσης.

4.6.3.3 Αξιολόγηση 3^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Τα σενάρια που προτάθηκαν για την περίπτωση κατοικίας χωρίς κήπο παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα 4.42.

Πίνακας 4.42 : Συνοπτική παρουσίαση 3^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0	Μηδενική λύση
1	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (ολοκληρωμένη λύση)
2	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση)
3	Γκρίζο νερό → επεξεργασία → καθαρισμός τουαλέτας, Μαύρο νερό → δίκτυο αποχέτευσης
4	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση), Γκρίζο νερό → επεξεργασία → καθαρισμός τουαλέτας, Μαύρο νερό → δίκτυο αποχέτευσης
5	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές (απλή λύση), Βρόχινο νερό → επεξεργασία → καθαρισμός τουαλέτας, οικιακά λύματα → δίκτυο αποχέτευσης

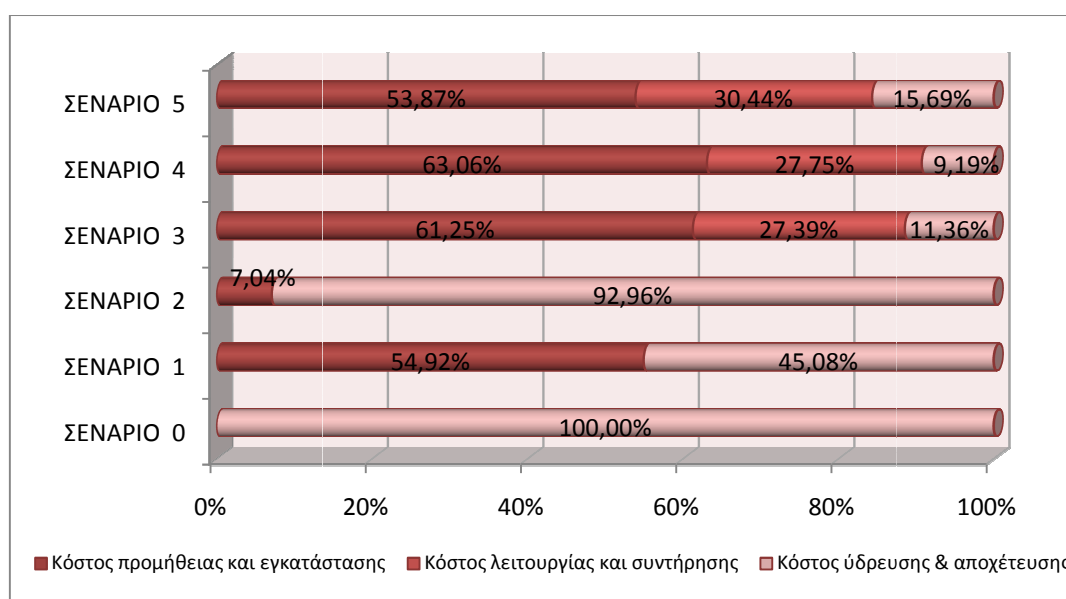
Η αξιολόγηση των διαχειριστικών σεναρίων με βάση ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών και οικονομικά στοιχεία γίνεται με τη βοήθεια του πίνακα 4.43 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.43 : Αξιολόγηση 3^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση οικονομικά στοιχεία & ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών

ΣΕΝΑΡΙΟ	% μεταβολή συνολικού κόστους	% μεταβολή υδατικής κατανάλωσης	% μεταβολή ποσότητας αποβλήτων που καταλήγουν στην αποχέτευση
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	15,16%	-27,25%	-27,25%
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	-41,00%	-23,55%	-23,55%
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	316,81%	-33,00%	0,00%
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	311,43%	-45,00%	-23,55%
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	214,60%	-30,45%	-16,61%

Η συνολική θεώρηση του παραπάνω πίνακα δείχνει ότι το 2^ο διαχειριστικό σενάριο επιτυγχάνει σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων (41%) αλλά μια μεσαία εξοικονόμηση νερού σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια. Αντίθετα, διαχειριστικά σενάρια με υψηλά ποσοστά εξοικονόμησης πόσιμου νερού και χαμηλές φορτίσεις του δικτύου ακαθάρτων είναι μη – επιλέξιμα καθώς αυξάνουν κατακόρυφα τις ετήσιες δαπάνες του νοικοκυριού.

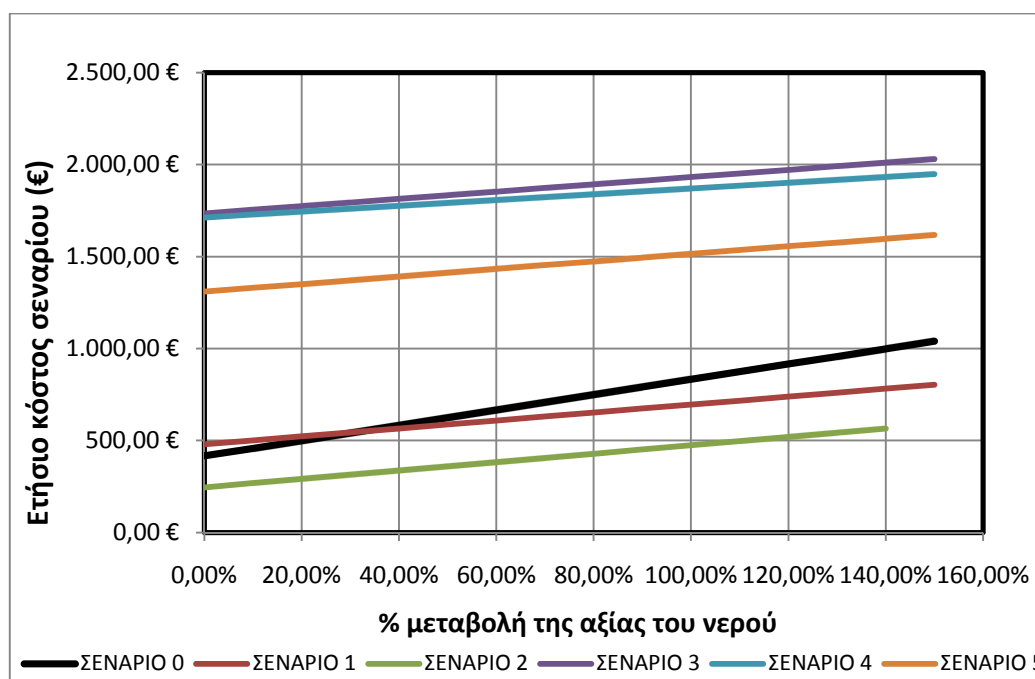
Στο σχήμα 4.8 που ακολουθεί φαίνονται τα ποσοστά των επιμέρους συνιστωσών του συνολικού κόστους των προτεινόμενων διαχειριστικών σεναρίων.



Σχήμα 4.8 : Καταμερισμός ετήσιων δαπανών 3^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Όπως παρατηρούμε στο σχήμα, αναφορικά με τα σενάρια 3, 4 και 5, που είναι σενάρια που προτείνουν μια ολοκληρωμένη διαχείριση των οικιακών ροών, το ποσοστό που αντιστοιχεί στο κόστος ύδρευσης – αποχέτευσης κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα (από 9% - 16%). Ωστόσο, το αντίστοιχο ποσοστό που αφορά στην κτήση του εξοπλισμού ξεπερνά το 50%.

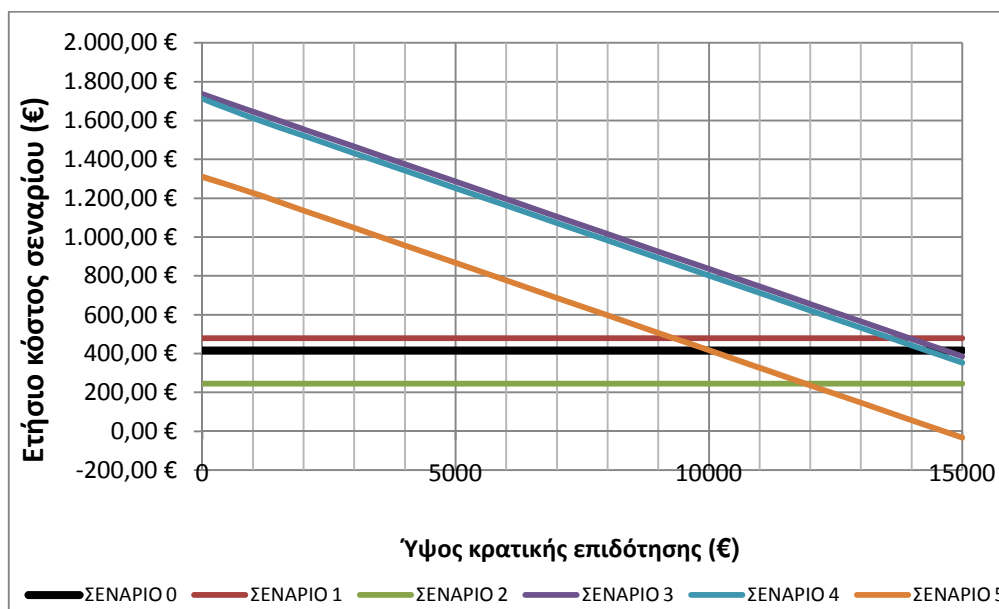
Ακολουθεί το σχήμα 4.9, όπου φαίνονται τα επίπεδα ετήσιου κόστους της 3^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων για διάφορες πιθανές ποσοστιαίες αυξήσεις της αξίας του νερού.



Σχήμα 4.9 : Αξιολόγηση 3^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση την αξία του νερού

Παρατηρώντας το παραπάνω σχήμα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι μόνο το 1^ο σενάριο μπορεί να παρουσιάσει οικονομικό ενδιαφέρον σε περίπτωση αύξησης της αξίας του νερού στο διάστημα 0 – 150 %. Ειδικότερα, τα ετήσια έξοδα που συνεπάγεται η εφαρμογή του 1^{ου} σεναρίου μειώνονται σε επίπεδα χαμηλότερα από τα αντίστοιχα του μηδενικού σεναρίου για αύξηση της αξίας του νερού κατά 30% περίπου. Αναφορικά με τα «ακριβά» σενάρια, θα πρέπει να αναφερθεί ότι δεν καθίστανται οικονομικά συγκρίσιμα με τη μηδενική λύση με την υπόθεση ενός εύρους λογικών αυξήσεων της αξίας του νερού.

Τέλος, τα πιο αντιοικονομικά διαχειριστικά σενάρια της 5^{ης} ομάδας αξιολογούνται θεωρώντας το ενδεχόμενο χορήγησης κρατικής επιδότησης για την εφαρμογή τεχνολογιών διαχείρισης του οικιακού νερού και τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο σχήμα 4.10 που ακολουθεί.



Σχήμα 4.10 : Αξιολόγηση 3^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης

Όπως παρατηρούμε από το παραπάνω σχήμα, το απαιτούμενο ύψος των επιδοτήσεων που θα δώσουν οικονομικό κίνητρο στα νοικοκυριά προκειμένου να προχωρήσουν στην εφαρμογή των σεναρίων 3, 4 και 5 είναι ιδιαίτερα υψηλό. Πιο συγκεκριμένα, για το 5^ο σενάριο απαιτείται επιδότηση 10,000 €, ενώ το αντίστοιχο ποσό για το 3^ο και 4^ο σενάριο κυμαίνεται στις 14,000 – 15,000 €.

4.6.3.4 Συμπεράσματα - προτάσεις

Στην περίπτωση της κατοικίας χωρίς κήπο δεν υπάρχουν πολλές επιλογές διαχείρισης που να έχουν οικονομικό ενδιαφέρον για το νοικοκυριό. Ειδικότερα, το μοναδικό επιλέξιμο σενάριο είναι το 2^ο που προτείνει την εφαρμογή απλών λύσεων εξοικονόμησης στις συσκευές της κατοικίας. Επίσης, το νοικοκυριό θα μπορούσε να επιλέξει και το 1^ο σενάριο σε περίπτωση αύξησης της τιμής του νερού κατά 30%

αλλά με μικρότερο οικονομικό όφελος σε σχέση με το 2^ο. Τα υπόλοιπα 3 σενάρια δεν παρουσιάζουν οικονομικό ενδιαφέρον παρά μόνο στην περίπτωση πολύ υψηλών επιδοτήσεων.

Ωστόσο, στην περίπτωση των σεναρίων 3, 4 και 5 θα μπορούσε να γίνει μια διερεύνηση σχετικά με τις εναλλακτικές τεχνολογίες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να μειωθεί το κόστος τους. Ειδικότερα, για το 3^ο και 4^ο διαχειριστικό σενάριο προτείνονται οι εξής εναλλακτικές τεχνολογίες για την επεξεργασία του γκρίζου νερού :

- I. Χημικό σύστημα επεξεργασίας ακολουθούμενο από φίλτρο μικροδιήθησης (MF) και από στάδιο απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία.
- II. Σύστημα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας (compact) ακολουθούμενο από φίλτρο μικροδιήθησης (MF) και στάδιο απολύμανσης με χλωρίωση.
- III. Σύστημα επεξεργασίας αναερόβιου βιολογικού φίλτρου ακολουθούμενο από φίλτρο μικροδιήθησης και στάδιο απολύμανσης με χλωριωτή ταμπλέτας.

Επίσης, στην περίπτωση του 5^{ου} σεναρίου προτείνεται μια παραλλαγή της τεχνολογίας που παρουσιάστηκε σε παραπάνω παράγραφο και η οποία περιλαμβάνει το ίδιο σύστημα διήθησης (πίνακας 4.21) ακολουθούμενο από στάδιο απολύμανσης με χλωρίωση. Αναλυτικά στοιχεία του εξοπλισμού και του κόστους των εναλλακτικών λύσεων δίνονται στο παράρτημα. Στον πίνακα 4.44 που ακολουθεί παρουσιάζεται η οικονομική ανάλυση για τα σενάρια 3, 4, 5 με την εφαρμογή των εναλλακτικών τεχνολογιών σε σχέση με εκείνες που παρουσιάστηκαν αρχικά.

Πίνακας 4.44 : Ανάλυση ετήσιου κόστους 3^{ου} & 4^{ου} διαχειριστικού σεναρίου
(εναλλακτικές τεχνολογίες)

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ετήσιο κόστος προμήθειας & εγκατάστασης εξοπλισμού	Ετήσιο κόστος λειτουργίας & συντήρησης	Ετήσιο κόστος ύδρευσης - αποχέτευσης	Ετήσιο συνολικό κόστος	Ανηγμένο ετήσιο συνολικό κόστος (€/ΙΚ)
0	0,00 €	0,00 €	416,24 €	416,24 €	104,06 €
3	1.062,70 €	475,15 €	197,05 €	1.734,90 €	433,73 €
ΕΝΑΛ 3 (1)	919,74 €	500,14 €	197,05 €	1.616,93 €	404,23 €
ΕΝΑΛ 3 (2)	857,68 €	326,89 €	197,05 €	1.381,62 €	345,40 €
ΕΝΑΛ 3 (3)	714,67 €	305,66 €	197,05 €	1.217,38 €	304,35 €
4	1.080,00 €	475,15 €	157,37 €	1.712,52 €	428,13 €
ΕΝΑΛ 4 (1)	937,03 €	500,14 €	157,37 €	1.594,55 €	398,64 €
ΕΝΑΛ 4 (2)	874,97 €	326,89 €	157,37 €	1.359,23 €	339,81 €
ΕΝΑΛ 4 (3)	731,97 €	305,66 €	157,37 €	1.195,00 €	298,75 €
5	705,41 €	398,61 €	205,47 €	1.309,49 €	327,37 €
5 ΕΝΑΛ	682,92 €	305,66 €	205,47 €	1.194,05 €	298,51 €

Μελετώντας τον παραπάνω πίνακα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ακόμη και αν η πιο οικονομική από τις προτεινόμενες τεχνολογίες (3^η εναλλακτική τεχνολογία) εφαρμοστεί στην περίπτωση του 3^{ου} και του 4^{ου} σεναρίου, το ετήσιο κόστος τους είναι κατά προσέγγιση 190% αυξημένο σε σχέση με το αντίστοιχο της μηδενικής λύσης. Ωστόσο, αυτό δεν αναιρεί το γεγονός ότι η εφαρμογή των εναλλακτικών τεχνολογιών μειώνει το κόστος των σεναρίων. Τα ίδια συμπεράσματα ισχύουν και στην περίπτωση της εναλλακτικής τεχνολογίας του 5^{ου} σεναρίου.

4.6.4 4^η Ομάδα διαχειριστικών σεναρίων : Πολυκατοικία με κήπο & σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστούν διαχειριστικά σενάρια που μπορούν να εφαρμοστούν στην περίπτωση πολυκατοικίας που διαθέτει σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης. Πιο συγκεκριμένα, τα προτεινόμενα σενάρια έχουν στόχο τη διαχείριση του συνόλου των υδάτινων ροών της πολυκατοικίας με οφέλη για τα νοικοκυριά που διαβιούν σε αυτή. Τα στοιχεία της πολυκατοικίας στην οποία πρόκειται να εφαρμοστεί κάποιο σενάριο διαχείρισης του οικιακού νερού φαίνονται στον πίνακα 4.45.

Πίνακας 4.45 : Χαρακτηριστικά στοιχεία πολυκατοικίας

Τόπος	Αθήνα (Ελληνικό)
Αριθμός ορόφων	5
Αριθμός διαμερισμάτων/όροφο	2
Έκταση επιφάνειας απορροής	150 m ²
Επιφάνεια κήπου	150 m ²
Μέση απαίτηση άρδευσης	10 l/m ²

Ο πίνακας 4.46 που ακολουθεί δίνει κάποια στοιχεία για τις υδάτινες ροές (εισροές – εκροές) που αφορούν στην πολυκατοικία συνολικά. Αυτές είναι η απορροή και το αρδευτικό νερό που καταναλώνεται για τη φροντίδα του κήπου.

Πίνακας 4.46 : Ποσότητες υδάτινων ροών πολυκατοικίας

	Δεκέμβριος - Φεβρουάριος	Μάρτιος - Απρίλιος	Μάιος - Σεπτέμβριος	Οκτώβριος - Νοέμβριος
Απορροή πολυκατοικίας (l/d)	495	495	495	495
Άρδευση κήπου (l/d)	100	429	1500	429

Αναφορικά με τα διαμερίσματα της πολυκατοικίας γίνεται η παραδοχή ότι έχουν τα ίδια βασικά χαρακτηριστικά και ότι συνεισφέρουν στο ίδιο ποσοστό στις δαπάνες που αφορούν στη φροντίδα των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων (κήπος) της πολυκατοικίας. Αναλυτικά, τα χαρακτηριστικά του κάθε διαμερίσματος φαίνονται στον πίνακα 4.47.

Πίνακας 4.47 : Χαρακτηριστικά στοιχεία διαμερίσματος

Είδος κατοικίας	Διαμέρισμα πολυκατοικίας
Αριθμός μελών νοικοκυριού	3 άτομα/ νοικοκυριό
Ημερήσια κατανάλωση/άτομο	200 l/ κατ/ ημέρα
Αριθμός λουτρών/ διαμέρισμα	2

Θα πρέπει να παρατηρηθεί ότι σε όλα τα νοικοκυριά της πολυκατοικίας ο καταμερισμός του οικιακού νερού στις διάφορες οικιακές δραστηριότητες είναι ο ίδιος και ακολουθεί τα ποσοστά που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 4.3. Οι ποσότητες του νερού που καταναλώνονται και παράγονται στις / από τις διάφορες οικιακές χρήσεις παρουσιάζονται στον πίνακα 4.48 που ακολουθεί :

Πίνακας 4.48 : Καταναλισκόμενες & παραγόμενες ποσότητες νερού σε οικιακές χρήσεις

Οικιακές υδατικές εκροές	Καταναλισκόμενη ποσότητα (l/d)	Παραγόμενη ποσότητα (l/d)
Ντουζιέρα & μπανιέρα	150	128
Νιπτήρας	66	56
Πλυντήριο πιάτων	12	10
Πλυντήριο ρούχων	60	51
Νεροχύτης	114	97
Τουαλέτα	198	168

4.6.4.1 Τεχνικοοικονομική παρουσίαση 4^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Τα διαχειριστικά σενάρια που παρουσιάζονται παρακάτω αφορούν στη διαχείριση του νερού σε κάθε διαμέρισμα ξεχωριστά όσο και σε όλη την πολυκατοικία ως σύνολο.

ΣΕΝΑΡΙΟ 0 : Μηδενική λύση

Με βάση το σενάριο αυτό προτείνεται να μην αλλάξει η υφιστάμενη κατάσταση όσον αφορά στη διαχείριση των υδάτινων εκροών που προκύπτουν από την πολυκατοικία συνολικά.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές

Το παρόν σενάριο αποτελεί μια λύση που μπορεί να εφαρμοστεί σε επίπεδο διαμερίσματος. Ειδικότερα, προτείνει την τοποθέτηση μικρών, απλών εξαρτημάτων στις διάφορες συσκευές συμβατικής υδατικής κατανάλωσης προκειμένου να μειωθεί η ποσότητα νερού που αυτές καταναλώνουν. Αναλυτικά στοιχεία για τον εξοπλισμό και το κόστος του δόθηκαν στον πίνακα 4.18, ενώ οι υδατικές καταναλώσεις που επιτυγχάνονται παρουσιάστηκαν στον πίνακα 4.17.

ΣΕΝΑΡΙΟ 2 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές – επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας

Το παρόν σενάριο προτείνει τη χρήση διαφόρων απλών εξαρτημάτων για την εξοικονόμηση νερού από τις συσκευές υδατικής κατανάλωσης του κάθε διαμερίσματος και την ολοκληρωμένη επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού σε επίπεδο πολυκατοικίας.

Ειδικότερα, η επεξεργασία που προτείνεται στην περίπτωση αυτή είναι η αερόβια βιολογική επεξεργασία η οποία πραγματοποιείται σε ένα σύστημα βιολογικού καθαρισμού το οποίο λειτουργεί με βάση την αρχή της ενεργού ιλύος. Η εκροή του βιολογικού καθαρισμού διέρχεται στη συνέχεια από μεμβράνες υπερδιήθησης (UF) με σκοπό την απομάκρυνση ακόμα περισσότερων στερεών και παθογόνων μικροοργανισμών που υπάρχουν στο επεξεργασμένο γκρίζο νερό. Τέλος, το διηθημένο γκρίζο νερό απολυμαίνεται με μια συσκευή λαμπτήρων υπεριώδους

ακτινοβολίας (UV) και καταλήγει σε μια δεξαμενή αποθήκευσης προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για διάφορες χρήσεις. Η δεξαμενή συνδέεται προκειμένου να τροφοδοτεί το υπεδάφιο σύστημα άρδευσης, ενώ για την εξυπηρέτηση των εσωτερικών χρήσεων (καζανάκια λουτρών) στα διαμερίσματα τοποθετείται ένα συγκρότημα αντλιών και ένα δοχείο μεμβράνης έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη πίεση στο σημείο ζήτησης. Αναλυτικά ο εξοπλισμός που προτείνεται και το κόστος του παρουσιάζονται στον πίνακα 4.49.

Πίνακας 4.49 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 2

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ	
Compact σύστημα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας	2.640,00 €
Χωματοουργικά	50,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες (συνδέσεις)	50,00 €
Μεμβράνες υπερδιήθησης UF (μαζί με αντλία - πιεστικό)	227,55 €
Απολυμαντής UV	210,00 €
Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένης εκροής (3 m ³)	80,00 €
Πιεστικό συγκρότημα (500l) για παροχή νερού στα καζανάκια	580,00 €
Επιπρόσθετες σωληνώσεις ροής γκρίζου νερού (για κάθε διαμέρισμα)	1.500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	5.337,55 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	79,49 €
Συντήρηση μεμβρανών υπερδιήθησης	10,00 €
Πρόσθετα (εξαρτήματα, χημικά)	0,00 €
UV Λαμπτήρες	18,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	107,49 €

ΣΕΝΑΡΙΟ 3 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές - επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου & βρόχινου νερού για άρδευση και καθαρισμό τουαλέτας

Το παρόν σενάριο προτείνει το διαχωρισμό των υδάτινων ροών των διαμερισμάτων και την επεξεργασία των γκρίζων εκροών μαζί με το βρόχινο νερό για εσωτερικές και εξωτερικές χρήσεις.

Ειδικότερα, η προτεινόμενη τεχνολογία περιλαμβάνει ένα σύστημα αερόβιας επεξεργασίας για την επεξεργασία του συνόλου του γκρίζου νερού, μια δεξαμενή μίξης επεξεργασμένου γκρίζου νερού και βρόχινου νερού (το οποίο έχει συλλεχθεί σε μια πρώτη δεξαμενή συλλογής), ένα φίλτρο μικροδιήθησης (MF), μια δεξαμενή αποθήκευσης του συνόλου του επεξεργασμένου γκρίζου και βρόχινου νερού και ένας χλωριωτής ταμπλέτας για την απολύμανση της ροής που δεσμεύεται για εσωτερικές χρήσεις. Αναλυτικά στοιχεία για τον εξοπλισμό δίνονται στον πίνακα 4.50 που ακολουθεί και στον πίνακα 4.18 που προηγήθηκε.

Πίνακας 4.50 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 3

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ	
Κόστος αγοράς συστήματος	2.460,00 €
Χωματοουργικά	50,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Άλλες εργασίες	50,00 €
Αντλητικό συγκρότημα + πιεστικό δοχείο μεμβράνης (80l)	297,00 €
διαχωριστής πρώτης απόπλυσης	7,50 €
Φίλτρο μικροδιήθησης MF	25,00 €
Σύστημα δοσομετρικής αντλίας	100,00 €
2 δεξαμενές (3 m ³)	160,00 €
Επιπλέον σωληνώσεις για τροφοδοσία στα καζανάκια	1.500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	4.649,50 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	59,72 €
Συντήρηση από συνεργείο	0,00 €
Συντήρηση φίλτρων	60,00 €
Πρόσθετα (εξαρτήματα, χημικά)	10,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	129,72 €

ΣΕΝΑΡΙΟ 4 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές - επεξεργασία & αξιοποίηση του βρόχινου νερού για άρδευση

Το παρόν σενάριο δεν προτείνει το διαχωρισμό των οικιακών αποβλήτων της πολυκατοικίας αλλά την αξιοποίηση μιας μόνο εκροής, του βρόχινου νερού. Αρχικά, προτείνεται η τοποθέτηση μικρών εξαρτημάτων σε συμβατικές συσκευές προκειμένου να μειωθεί η καταναλισκόμενη ποσότητα σε κάθε διαμέρισμα. Σε δεύτερο στάδιο προτείνεται η επεξεργασία και χρήση του βρόχινου νερού για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών του κήπου της πολυκατοικίας.

Ειδικότερα, το βρόχινο νερό συλλέγεται σε μια δεξαμενή (5 m³) (η οποία μπορεί να είναι υπεδάφια ή υπέργεια) και υφίσταται στο στάδιο αυτό μια απλή καθίζηση με την οποία απομακρύνεται ένα μέρος των αιωρούμενων στερεών που περιέχονται σε αυτό. Για την κυρίως επεξεργασία του βρόχινου νερού προτείνεται η διέλευσή του μέσα από διαδοχικά φίλτρα μειούμενης διαμέτρου πόρων. Στη συνέχεια η διηθημένη εκροή οδηγείται με τη βοήθεια αντλίας που διαθέτει το σύστημα διήθησης σε μια δεξαμενή αποθήκευσης από την οποία θα τροφοδοτείται το σύστημα άρδευσης του κήπου (ψεκασμός ή με σταγονίδια). Το σύστημα άρδευσης μπορεί να είναι και επιφανειακό. Επίσης, μπορεί να απαιτηθεί κάποιο επιπλέον φίλτρο πριν το σύστημα καταλήξει στο σύστημα άρδευσης για να αποφευχθούν προβλήματα έμφραξης. Αναλυτικά στοιχεία για τον εξοπλισμό του σεναρίου και το κόστος του δίνονται στον πίνακα 4.51 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.51 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 4

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ	
Σύστημα διαδοχικών φίλτρων διήθησης	86,10 €
Χωματοουργικά	0,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες (συνδέσεις)	10,00 €
Δεξαμενή συλλογής απορροής (5 m ³)	185,00 €
Διαχωριστής πρώτης απόπλυσης	75,00 €
Δεξαμενή συλλογής απορροής (5 m ³)	185,00 €
Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένης εκροής (5m ³)	185,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	726,10 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	6,03 €
Συντήρηση φίλτρων	10,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	16,03 €

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν προτάθηκε σενάριο στο οποίο το γκρίζο νερό να υφίσταται επεξεργασία και να χρησιμοποιείται μόνον για την άρδευση του κήπου. Ο λόγος είναι ότι η ποσότητα του νερού που απαιτείται για την άρδευση του κήπου είναι πολύ μικρότερη από την ποσότητα του γκρίζου νερού που παράγεται στην πολυκατοικία και φτάνει τα επίπεδα του γκρίζου νερού που παράγεται από μια κατοικία. Επομένως, δεν έχει νόημα η διαχείριση του γκρίζου νερού σε επίπεδο πολυκατοικίας για άρδευση του κήπου αποκλειστικά.

4.6.4.2 Αποτελέσματα υπολογισμών 4^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Αναφορικά με την ανάλυση των διαχειριστικών σεναρίων, θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο υπολογισμός των ποσοτικών στοιχείων των υδάτινων ροών γίνεται σε επίπεδο πολυκατοικίας και όχι διαμερίσματος. Αυτό συμβαίνει διότι εκτός από τα σενάρια που προτείνουν την εξοικονόμηση νερού σε κάθε διαμέρισμα, τα υπόλοιπα προτείνουν λύσεις για την πολυκατοικία και όχι για κάθε διαμέρισμα ξεχωριστά. Ωστόσο, η οικονομική ανάλυση των σεναρίων πραγματοποιείται σε επίπεδο νοικοκυριού διαμερίσματος.

Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών πολυκατοικίας

Η εφαρμογή των διαχειριστικών σεναρίων στην πολυκατοικία έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή στις ποσότητες των υδάτινων ροών. Στον παρακάτω πίνακα 4.52 φαίνονται οι μεταβολές αυτές για καθένα από τα 5 προτεινόμενα σενάρια.

Πίνακας 4.52 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών πολυκατοικίας με εφαρμογή 4^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ποσότητες (m ³ /έτος)								
	Εσωτερική υδατική κατανάλωση	Εξωτερική υδατική κατανάλωση	Οικιακά λύματα	Γκρίζο νερό	Μαύρο νερό	Εξοικονομούμενη ποσότητα πόσιμου νερού	Επαναχ. Γκρίζο νερό	Αξιοπ. Βρόχινο νερό	Οικιακά λύματα που καταλήγουν στο δίκτυο αποχέτευσης
0	2190,00	292,93	1861,50	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		0,00	0,00	0,00	1861,50
1	2046,56	292,93	1739,57	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		143,45	0,00	0,00	1739,57
2	1576,80	0,00	διαχωρισμός ροών	1039,65	699,92	906,13	690,72	0,00	1446,64
3	1576,80	0,00	διαχωρισμός ροών	1039,65	699,92	906,13	656,26	34,46	1446,64
4	2046,56	280,99	1739,57	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		156,89	0,00	11,94	1739,57

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι τη μικρότερη συνολική υδατική κατανάλωση και ταυτόχρονα τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση σε πόσιμο νερό αλλά και τη χαμηλότερη φόρτιση του δικτύου αποχέτευσης επιτυγχάνουν το 2^ο και το 3^ο διαχειριστικό σενάριο. Ειδικότερα, σε αυτές τις δυο περιπτώσεις η κατανάλωση πόσιμου νερού από το δίκτυο για την άρδευση του κήπου της πολυκατοικίας είναι μηδενική. Επίσης, παρατηρούμε ότι τα υπόλοιπα σενάρια διαφοροποιούνται ως προς το 2^ο και 3^ο σε θέματα υδατικής κατανάλωσης και εξοικονόμησης πόσιμου νερού. Μια συνοπτική παρουσίαση των στοιχείων του παραπάνω πίνακα γίνεται στον επόμενο πίνακα (4.53).

Πίνακας 4.53 : Ανηγμένες τιμές οικιακών ροών

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ανηγμένη συνολική υδατική κατανάλωση (l/p/d)	Ανηγμένη ποσότητα λυμάτων που καταλήγουν στο δίκτυο (l/p/d)
0	226,75	170,00
1	213,65	158,87
2	144,00	132,11
3	144,00	132,11
4	212,42	158,87

Οικονομικά στοιχεία σεναρίων

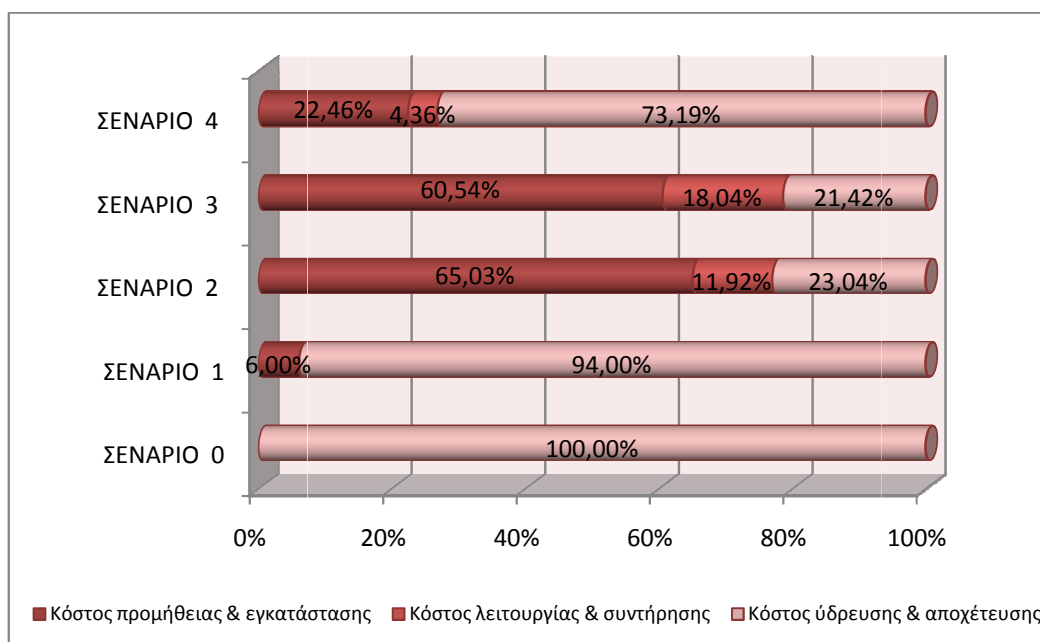
Στον πίνακα 4.54 που ακολουθεί γίνεται ανάλυση των ετήσιων δαπανών εφαρμογής των διαχειριστικών σεναρίων στις επιμέρους συνιστώσες τους.

Πίνακας 4.54 : Ανάλυση ετήσιου κόστους 4^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ετήσιο κόστος προμήθειας & εγκατάστασης εξοπλισμού	Ετήσιο κόστος λειτουργίας & συντήρησης	Ετήσιο κόστος ύδρευσης - αποχέτευσης	Ετήσιο συνολικό κόστος	Ανηγμένο ετήσιο συνολικό κόστος (€/ΙΚ)
0	0,00 €	0,00 €	287,34 €	287,34 €	71,83 €
1	17,30 €	0,00 €	271,09 €	288,39 €	72,10 €
2	434,77 €	79,72 €	154,06 €	668,55 €	167,14 €
3	435,48 €	129,72 €	154,06 €	719,26 €	179,82 €
4	82,60 €	16,03 €	235,20 €	333,84 €	83,46 €

Όπως παρατηρούμε από τα στοιχεία του πίνακα, κανένα από τα σενάρια που παρουσιάστηκαν δε χαρακτηρίζεται από χαμηλότερες ετήσιες δαπάνες σε σχέση με τις αντίστοιχες της μηδενικής λύσης. Αυτό συμβαίνει διότι παρόλο που η πολυκατοικία διαθέτει κήπο, οι δαπάνες για την άρδευσή του μοιράζονται στο σύνολο των διαμερισμάτων, γεγονός το οποίο ισοδυναμεί με μια μικρή επιβάρυνση του κάθε νοικοκυριού για τον κήπο. Επομένως, το οικονομικό όφελος που μπορεί να έχει το νοικοκυριό λόγω της εξοικονόμησης νερού στην άρδευση που επιτυγχάνουν τα σενάρια, είναι πολύ χαμηλό σε σχέση με το κόστος του εξοπλισμού. Είναι

χαρακτηριστικό ότι μόνο το 1^ο διαχειριστικό σενάριο έχει ετήσιο κόστος που κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με εκείνα το κόστος του μηδενικού σεναρίου. Ως τα πιο αντικοινωνικά σενάρια χαρακτηρίζονται το 2^ο και το 3^ο, με τις ετήσιες δαπάνες τους να υπερβαίνουν το διπλάσιο εκείνων του μηδενικού σεναρίου. Στο σχήμα 4.11 δίνεται μια εικόνα του επιμερισμού των συνιστωσών κόστους των σεναρίων ως προς το συνολικό.



Σχήμα 4.11 : Καταμερισμός ετήσιων δαπανών 4^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Επειδή η υδατική κατανάλωση κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα (και το ίδιο και οι αντίστοιχες δαπάνες), παρατηρούμε ότι όσο πιο μεγάλο ποσοστό ανήκει στην ύδρευση – αποχέτευση, τόσο το κόστος του αντίστοιχου σεναρίου πλησιάζει εκείνο του μηδενικού.

4.6.4.3 Αξιολόγηση 4^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Τα σενάρια που περιγράφηκαν για την περίπτωση της πολυκατοικίας φαίνονται συνοπτικά στον πίνακα 4.55.

Πίνακας 4.55 : Συνοπτική παρουσίαση 4^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0	Μηδενική λύση
1	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές
2	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές - επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας
3	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές - επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου + βρόχινου νερού για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας
4	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές - επεξεργασία & χρήση βρόχινου νερού για άρδευση

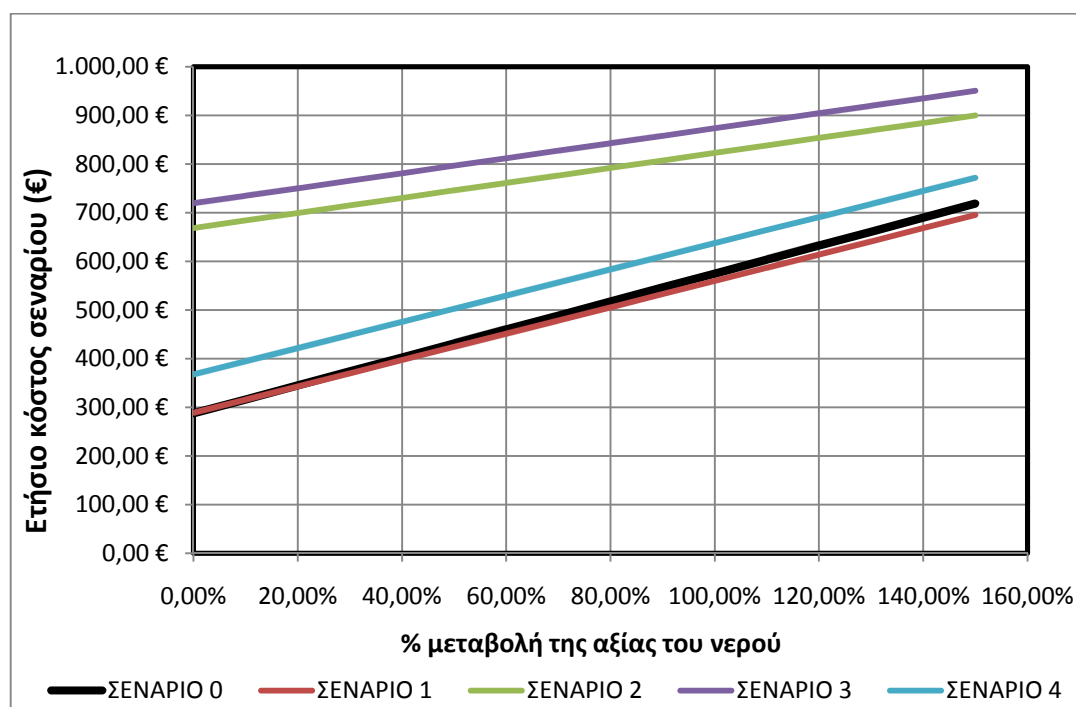
Η αξιολόγηση των διαχειριστικών σεναρίων με όρους που αφορούν στην ποσότητα των υδάτινων ροών και σε στοιχεία κόστους παρουσιάζεται στον πίνακα 4.56 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.56 : Αξιολόγηση 4^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση οικονομικά στοιχεία & ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών

ΣΕΝΑΡΙΟ	% μεταβολή συνολικού κόστους	% μεταβολή υδατικής κατανάλωσης	% μεταβολή ποσότητας αποβλήτων που καταλήγουν στην αποχέτευση
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	0,37%	-5,78%	-6,55%
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	132,67%	-36,49%	-22,29%
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	150,32%	-36,49%	-22,29%
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	16,18%	-6,26%	-6,55%

Από τον παραπάνω πίνακα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το 1^ο διαχειριστικό σενάριο είναι αυτό που εξασφαλίζει τη μικρότερη αύξηση των ετήσιων δαπανών του νοικοκυριού πετυχαίνοντας μια μικρή εξοικονόμηση νερού σε σχέση με άλλα σενάρια. Επίσης, τα σενάρια που εξοικονομούν τις μεγαλύτερες ποσότητες πόσιμου νερού με αποτέλεσμα να προκαλούν μικρότερη φόρτιση του δικτύου αποχέτευσης (σενάρια 2 και 3), ανεβάζουν σε ποσοστό μεγαλύτερο από 100% τις ετήσιες δαπάνες του νοικοκυριού. Επίσης, το 4^ο σενάριο συνεπάγεται μικρή αύξηση των ετήσιων εσόδων του νοικοκυριού (16%) και μια μέση εξοικονόμηση πόσιμου νερού με μια μέση φόρτιση του δικτύου αποχέτευσης.

Στο σχήμα 4.12 παρουσιάζεται η οικονομική εικόνα των σεναρίων σε σχέση με τη μεταβολή της αξίας του νερού.

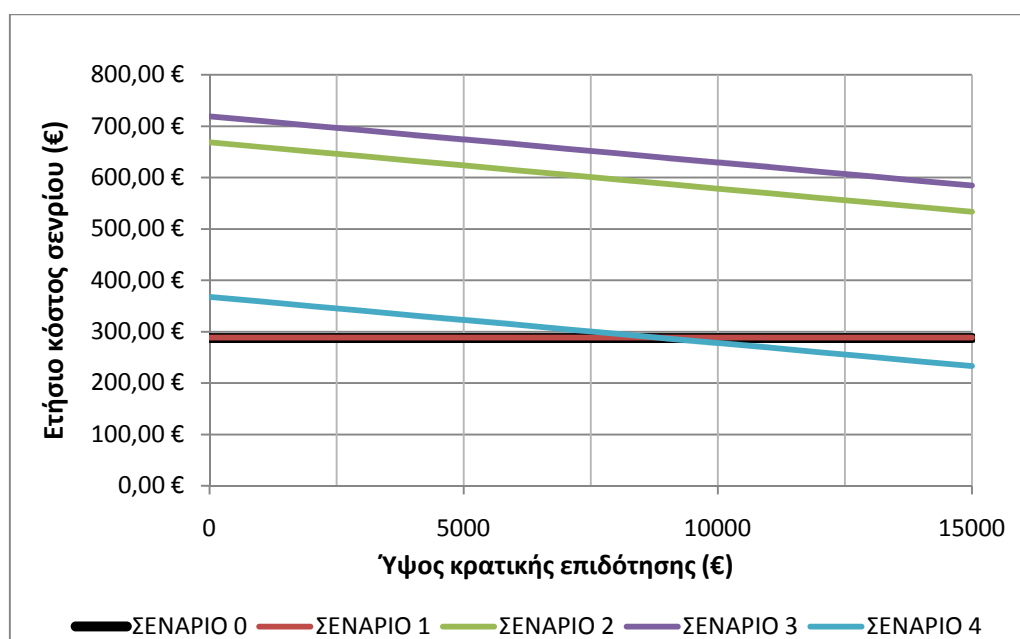


Σχήμα 4.12 : Αξιολόγηση 4^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση την αξία του νερού

Μελετώντας το παραπάνω γράφημα παρατηρούμε ότι μόνον το 1^ο σενάριο γίνεται πιο οικονομικό σε σχέση με τη μηδενική λύση σε ένα εύρος λογικών αυξήσεων της τιμής του νερού. Ειδικότερα, αυτό συμβαίνει στην περίπτωση που η αξία του νερού αυξηθεί κατά 10%. Αντίθετα, τα διαχειριστικά σενάρια 2, 3 και 4 δίνουν ευθείες που έχουν σχεδόν παράλληλη κλίση με εκείνη του μηδενικού σεναρίου, οπότε τα

συγκεκριμένα σενάρια αποκτούν οικονομικό ενδιαφέρον για το νοικοκυριό στην περίπτωση πολύ υψηλών και ίσως εξωπραγματικών αυξήσεων της αξίας του νερού.

Στο σχήμα 4.13 που ακολουθεί αξιολογούνται τα προτεινόμενα διαχειριστικά σενάρια με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης στην πολυκατοικία.



Σχήμα 4.13 : Αξιολόγηση 4ης ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης

Από το παραπάνω σχήμα παρατηρούμε ότι από τα προτεινόμενα διαχειριστικά σενάρια για την περίπτωση πολυκατοικίας, μόνον το 4^ο σενάριο μπορεί να γίνει προσιτό με τη χορήγηση μιας «λογικής» κρατικής επιχορήγησης. Ειδικότερα, οι ετήσιες δαπάνες για το 4^ο σενάριο μειώνονται σε επίπεδα κάτω από τα αντίστοιχα του μηδενικού σεναρίου με τη χορήγηση επιδότησης ύψους 9,000 €. Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η χορήγηση κρατικής επιδότησης δεν έχει νόημα στην περίπτωση του 1^{ου} σεναρίου, ενώ, αντίθετα, το απαιτούμενο ύψος επιδότησης για τη δημιουργία κινήτρων για το 2^ο και 3^ο σενάριο αγγίζει τα 42,500 € και τα 48,000 € αντίστοιχα (σε επίπεδο πολυκατοικίας).

4.6.4.4 Συμπεράσματα – προτάσεις

Αξιολογώντας συνολικά τα παραπάνω στοιχεία, συμπεραίνουμε ότι στην περίπτωση της πολυκατοικίας με δίκτυο, συμφέρει οικονομικά η λήψη μέτρων εξοικονόμησης σε επίπεδο διαμερίσματος (1^ο διαχειριστικό σενάριο) και όχι η διαχείριση των υδάτινων ροών σε επίπεδο πολυκατοικίας. Ωστόσο, ακόμη και αν εφαρμοστεί το 1^ο σενάριο, το νοικοκυριό δεν εξοικονομεί χρήματα με βάση τις τρέχουσες τιμές παρά μόνο με μια αύξηση της τιμής του νερού κατά 10%. Από τα υπόλοιπα σενάρια, μόνο το 4^ο μπορεί να θεωρηθεί επιλέξιμο από το νοικοκυριό σε περίπτωση χορήγησης κρατικής επιδότησης ή υπέρμετρης αύξησης της αξίας του νερού .

4.6.5 5^η Ομάδα διαχειριστικών σεναρίων : Πολυκατοικία με κήπο - χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης

Στην συγκεκριμένη παράγραφο θα παρουσιαστούν λύσεις που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν για τη διαχείριση του οικιακού νερού που προκύπτει στην περίπτωση πολυκατοικίας που δε διαθέτει σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης. Τα χαρακτηριστικά της πολυκατοικίας καθώς και τα στοιχεία υδατικών καταναλώσεων του κάθε διαμερίσματος είναι ίδια με εκείνα που παρουσιάστηκαν για την 4^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων.

4.6.5.1 Τεχνικοοικονομική παρουσίαση 5^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Τα σενάρια που θα παρουσιαστούν στην παράγραφο αυτή έχουν παρουσιαστεί προηγουμένως για την περίπτωση μονοκατοικίας με σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης. Ειδικότερα, τα προτεινόμενα σενάρια είναι τα εξής :

ΣΕΝΑΡΙΟ 0 : Μηδενική λύση

Το παρόν σενάριο δεν προβλέπει κάποιο μέτρο διαχείρισης του οικιακού νερού.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές

Το σενάριο προτείνει την τοποθέτηση απλών, μικρών εξαρτημάτων στις οικιακές συσκευές κάθε διαμερίσματος για τη μείωση της υδατικής κατανάλωσης (πίνακες 4.17 & 4.18).

ΣΕΝΑΡΙΟ 2 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές – επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας

Το σενάριο προτείνει το διαχωρισμό των υδάτινων ροών και την επεξεργασία του γκρίζου νερού. Η διάταξη του συστήματος περιγράφηκε αναλυτικά στο αντίστοιχο σενάριο για τη μονοκατοικία χωρίς σύνδεση σε δίκτυο (§ 4.6.2 / σενάριο 5).

Αναλυτικά στοιχεία για το κόστος του εξοπλισμού δίνονται στον πίνακα 4.57 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.57 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 2

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ	
Κόστος αγοράς	2.460,00 €
Χωματουργικά	50,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες(συνδέσεις)	50,00 €
Φίλτρα μικροδιήθησης MF	24,60 €
Αντλητικό συγκρότημα + πιεστικό δοχείο μεμβράνης (80l)	297,00 €
Σύστημα δοσομετρικής αντλίας	100,00 €
Δεξαμενές (3 m ³)	160,00 €
Επιπρόσθετες σωληνώσεις ροής γκρίζου νερού	1.500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	4.641,60 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	59,72 €
Πρόσθετα (εξαρτήματα, χημικά)	10,00 €
Συντήρηση φίλτρων	10,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	79,72 €

ΣΕΝΑΡΙΟ 3 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές – επεξεργασία (σε ενιαίο σύστημα) γκρίζου & βρόχινου νερού & επαναχρησιμοποίηση για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας

Το παρόν σενάριο προτείνει το διαχωρισμό των υδάτινων ροών και την αξιοποίηση του γκρίζου και βρόχινου νερού σε κοινό σύστημα το οποίο περιγράφηκε αναλυτικά σε προηγούμενη παράγραφο (§ 4.6.2 / σενάριο 6). Στοιχεία για τα μέρη από τα οποία αποτελείται ο εξοπλισμός και για το κόστος τους δίνονται στον πίνακα 4.58 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.58 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 3

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ	
Compact σύστημα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας	2.460,00 €
Χωματοουργικά	50,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Άλλες εργασίες	50,00 €
Αντλητικό συγκρότημα + πιεστικό δοχείο μεμβράνης (80l)	297,00 €
διαχωριστής πρώτης απόπλυσης	7,50 €
Φίλτρο μικροδιήθησης MF	25,00 €
Σύστημα δοσομετρικής αντλίας	100,00 €
2 δεξαμενές (3 m ³)	160,00 €
Επιπλέον σωληνώσεις για τροφοδοσία στα καζανάκια	1.500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	4.649,50 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	59,72 €
Συντήρηση φίλτρων	60,00 €
Πρόσθετα (εξαρτήματα, χημικά)	10,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	129,72 €

ΣΕΝΑΡΙΟ 4 : Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές – επεξεργασία & χρήση του βρόχινου νερού για καθαρισμό τουαλέτας – επεξεργασία οικιακών λυμάτων για άρδευση

Το συγκεκριμένο σενάριο προτείνει την επεξεργασία του συνόλου των οικιακών λυμάτων και του βρόχινου νερού παρουσιάστηκε αναλυτικά για την περίπτωση μονοκατοικίας (§ 4.6.2/ σενάριο 8). Αναλυτικά το κόστος του εξοπλισμού των δυο διατάξεων επεξεργασίας για την περίπτωση της πολυκατοικίας φαίνεται στους πίνακες 4.59 και 4.60 που ακολουθούν.

Πίνακας 4.59 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 4 (1)

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ	
Σύστημα διαδοχικών φίλτρων διήθησης	861,00 €
Χωματουργικά	50,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες (συνδέσεις)	50,00 €
Δεξαμενή συλλογής (5 m ³)	185,00 €
Διαχωριστής πρώτης απόπλυσης	75,00 €
Φίλτρο μικροδιήθησης	24,60 €
Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένης εκροής (5 m ³)	185,00 €
Αντλητικό συγκρότημα & πιεστικό δοχείο μεμβράνης (80l)	297,00 €
Επιπλέον σωληνώσεις ροής βρόχινου νερού	1.500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	3.227,60 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	28,86 €
Συντήρηση φίλτρων	10,00 €
Λαμπτήρες UV	10,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	48,86 €

Πίνακας 4.60 : Περιγραφή & κόστος εξοπλισμού σεναρίου 4 (2)

ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	
Compact σύστημα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας	2.460,00 €
Χωματουργικά	50,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες (συνδέσεις)	50,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	2.560,00 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	38,47 €
Εκκένωση από βοθροφόρο	15,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	53,47 €

4.6.5.2 Αποτελέσματα υπολογισμών 5^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών πολυκατοικίας

Η εφαρμογή των διαφόρων διαχειριστικών σεναρίων έχει ως αποτέλεσμα μεταβολές στις ποσότητες των υδάτινων ροών της πολυκατοικίας, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 4.61 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.61 : Ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών πολυκατοικίας με εφαρμογή 5^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ποσότητες (m ³ /έτος)								
	Εσωτερική υδατική κατανάλωση	Εξωτερική υδατική κατανάλωση	Οικιακά λύματα	Γκρίζο νερό	Μαύρο νερό	Εξοικονομούμενη ποσότητα πόσιμου νερού	Επαναχ. Γκρίζο νερό	Αξιοπ. Βρόχινο νερό	Οικιακά λύματα που καταλήγουν στο δίκτυο αποχέτευσης
0	2190,00	292,29	1861,50	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		0,00	0,00	0,00	1861,50
1	1674,26	292,29	1423,12	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		515,75	0,00	0,00	1423,12
2	1674,26	292,29	1423,12	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		515,75	0,00	0,00	1423,12
3	1204,50	0,00	διαχωρισμός ροών	723,19	699,92	1277,79	330,71	0,00	1130,83
4	1204,50	0,00	διαχωρισμός ροών	723,19	699,92	1277,79	296,26	34,46	1130,83
5	1441,31	0,00	1423,12	δε γίνεται διαχωρισμός ροών		1040,98	0,00	19,91	1423,12

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι τα χαμηλότερα επίπεδα συνολικής υδατικής κατανάλωσης παρατηρούνται για την εφαρμογή του 3^{ου} και 4^{ου} διαχειριστικού σεναρίου, ενώ με σημαντική διαφορά έπεται το 5^ο διαχειριστικό σενάριο. Επίσης, αυτά τα τρία σενάρια χαρακτηρίζονται από τις μεγαλύτερες ποσότητες εξοικονομούμενου πόσιμου νερού, ενώ το 3^ο και το 4^ο ασκούν τη μικρότερη πίεση στο δίκτυο ακαθάρτων σε σχέση με τα υπόλοιπα. Τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα μπορούν να συνοψισθούν σε δυο ανηγμένες παραμέτρους που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.62.

Πίνακας 4.62 : Ανηγμένες τιμές οικιακών ροών

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ανηγμένη συνολική υδατική κατανάλωση (l/p/d)	Ανηγμένη ποσότητα λυμάτων που καταλήγουν στο δίκτυο (l/p/d)
0	226,69	170,00
1	179,59	129,97
2	179,59	129,97
3	110,00	103,27
4	110,00	103,27
5	131,63	129,97

Ο παραπάνω πίνακας επιβεβαιώνει ότι τα διαχειριστικά σενάρια που εξασφαλίζουν τη μικρότερη ποσότητα εισροής και εκροής σε επίπεδο διαμερίσματος είναι το 3^ο και το 4^ο.

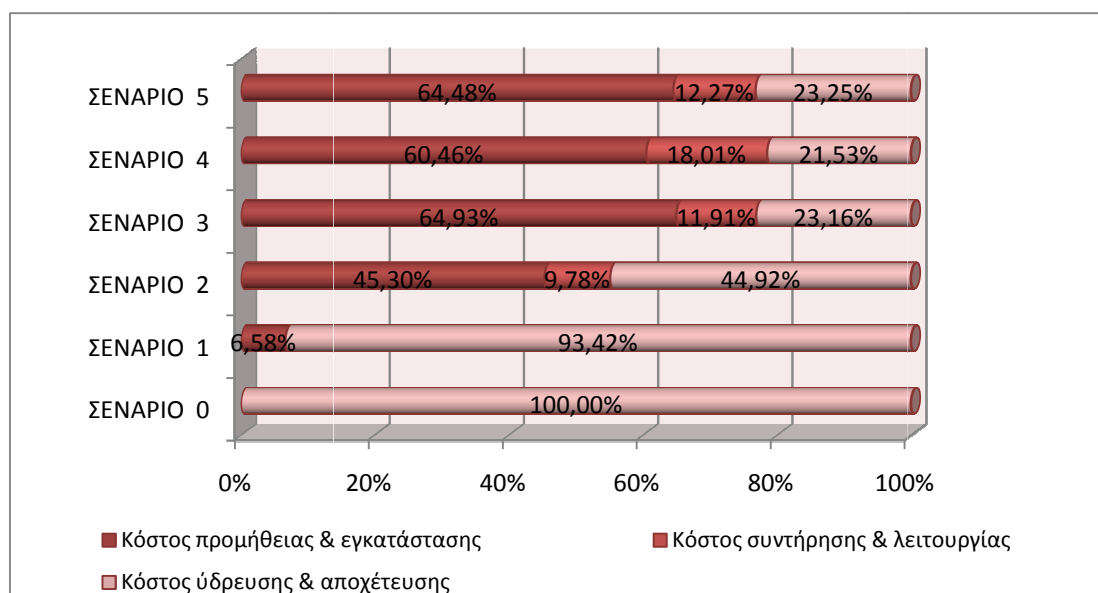
Οικονομικά στοιχεία σεναρίων

Στον παρακάτω πίνακα 4.63 παρουσιάζονται οι επιμέρους συνιστώσες του συνολικού ετήσιου κόστους των διαχειριστικών σεναρίων για την πολυκατοικία χωρίς δίκτυο.

Πίνακας 4.63 : Ανάλυση ετήσιου κόστους 5^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Ετήσιο κόστος προμήθειας & εγκατάστασης εξοπλισμού	Ετήσιο κόστος λειτουργίας & συντήρησης	Ετήσιο κόστος ύδρευσης - αποχέτευσης	Ετήσιο συνολικό κόστος	Ανηγγμένο ετήσιο συνολικό κόστος (€/ΙΚ)
0	0,00 €	0,00 €	314,20 €	314,20 €	78,55 €
1	17,30 €	0,00 €	245,50 €	262,79 €	65,70 €
2	247,55 €	53,47 €	245,50 €	546,51 €	136,63 €
3	434,77 €	79,72 €	155,07 €	669,56 €	167,39 €
4	435,48 €	129,72 €	155,07 €	720,27 €	180,07 €
5	537,84 €	102,33 €	193,94 €	834,11 €	208,53 €

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι μόνο το 1^ο διαχειριστικό σενάριο έχει ετήσιο κόστος εφαρμογής χαμηλότερο από το αντίστοιχο της μηδενικής λύσης. Ως τα πιο δαπανηρά χαρακτηρίζονται τα σενάρια 3, 4 και 5, με το ετήσιο κόστος του τελευταίου να είναι απαγορευτικά υψηλό. Το παρακάτω σχήμα 4.14 δίνει μια εικόνα της ποσοστιαίας κατανομής των συνιστωσών κόστους των σεναρίων ως προς το συνολικό.



Σχήμα 4.14 : Καταμερισμός ετήσιων δαπανών 5^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

4.6.5.3 Αξιολόγηση 5^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

Τα σενάρια που παρουσιάστηκαν για την περίπτωση πολυκατοικίας με κήπο – χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης δίνονται συνοπτικά στον πίνακα 4.64.

Πίνακας 4.64 : Συνοπτική παρουσίαση 5^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
ΣΕΝΑΡΙΟ 0	Μηδενική λύση
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές - σύστημα επεξεργασίας οικιακών λυμάτων
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές - επεξεργασία και αξιοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές – επεξεργασία και αξιοποίηση γκρίζου και βρόχινου νερού για άρδευση και toilet flushing
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές - επεξεργασία και αξιοποίηση βρόχινου νερού για καθαρισμό τουαλέτας - επεξεργασία και αξιοποίηση οικιακών λυμάτων για άρδευση

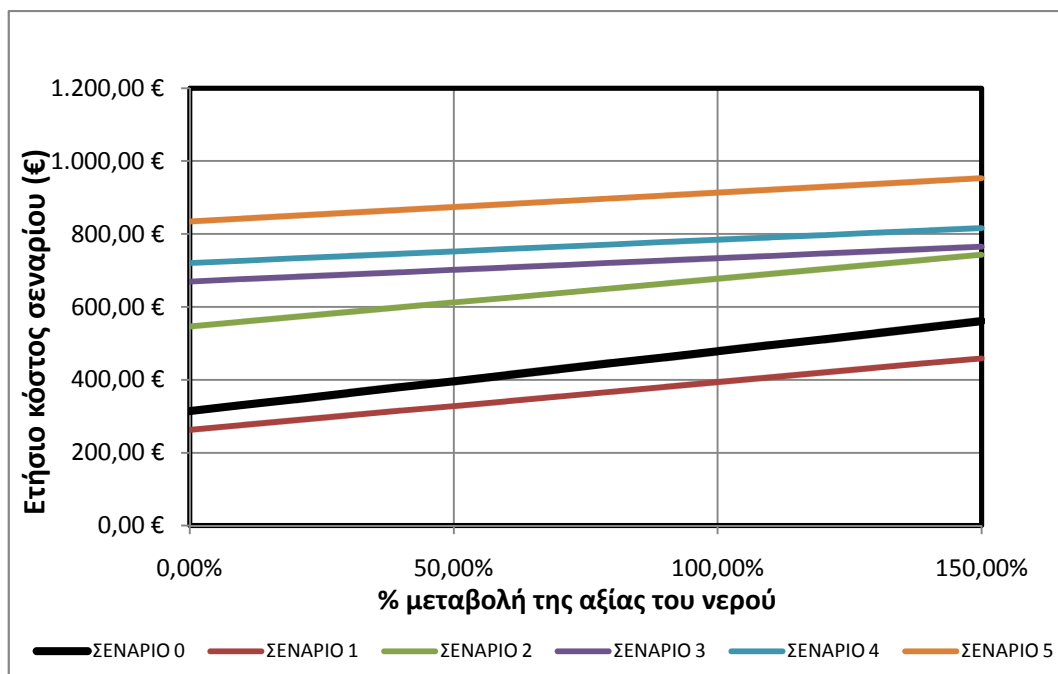
Αρχικά, γίνεται αξιολόγηση των προτεινόμενων διαχειριστικών σεναρίων ως προς ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών και οικονομικά στοιχεία, οι ποσοστιαίες μεταβολές των οποίων σε σχέση με τη μηδενική λύση δίνονται στον πίνακα 4.65 που ακολουθεί.

Πίνακας 4.65 : Αξιολόγηση 5^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση οικονομικά στοιχεία & ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών

ΣΕΝΑΡΙΟ	% μεταβολή συνολικού κόστους	% μεταβολή υδατικής κατανάλωσης	% μεταβολή ποσότητας αποβλήτων που καταλήγουν στην αποχέτευση
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	-16,36%	-20,78%	-23,55%
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	73,94%	-20,78%	-23,55%
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	113,10%	-51,48%	-39,25%
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	129,24%	-51,48%	-39,25%
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	165,48%	-41,94%	-23,55%

Όπως παρατηρούμε από τον πίνακα 4.65, τα σενάρια που επιτυγχάνουν τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση πόσιμου νερού και τη χαμηλότερη φόρτιση του δικτύου αποχέτευσης είναι εκείνα που επιβαρύνουν περισσότερο το νοικοκυριό σε ποσοστό που ξεπερνά το 100% (περίπτωση 3^{ου} & 4^{ου} σεναρίου). Επίσης, το 5^ο σενάριο είναι το πιο ακριβό χωρίς να εξοικονομεί τη μέγιστη ποσότητα πόσιμου νερού. Από άποψη εξοικονόμησης χρημάτων, μόνον το 1^ο σενάριο θα μπορούσε να επιλεγεί για εφαρμογή στην περίπτωση της πολυκατοικίας.

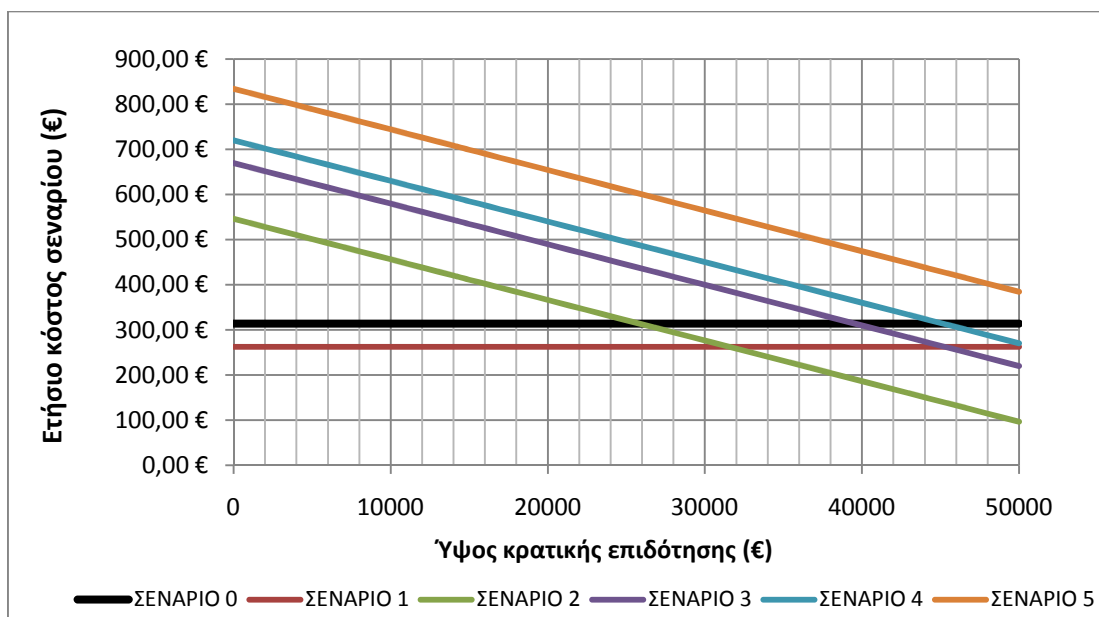
Αξιολογώντας τα διαχειριστικά σενάρια με κριτήριο την αξία του νερού δίνεται το παρακάτω σχήμα 4.15 που παρουσιάζει το ετήσιο κόστος των προτεινόμενων σεναρίων για διάφορες ποσοστιαίες αυξήσεις της αξίας του νερού.



Σχήμα 4.15 : Αξιολόγηση 5^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με βάση την αξία του νερού

Το παραπάνω σχήμα δείχνει ότι μια αύξηση της αξίας του νερού σε ένα ευρώ που κυμαίνεται από 0% - 150% δεν καθιστά κάποιο από τα σενάρια (εκτός του 1^{ου}) φθηνότερο σε σχέση με τη μηδενική λύση.

Τέλος, η αξιολόγηση των διαχειριστικών σεναρίων γίνεται με βάση την υπόθεση ότι θα χορηγηθούν σε πολυκατοικίες κρατικές επιδοτήσεις προκειμένου να δοθούν κίνητρα για τη διαχείριση του οικιακού νερού. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης παρουσιάζονται στο σχήμα 4.16 που ακολουθεί.



Σχήμα 4.16 : Αξιολόγηση 5^{ης} ομάδας διαχειριστικών σεναρίων με την υπόθεση χορήγησης κρατικής επιδότησης

Από το παραπάνω σχήμα παρατηρούμε το 2^ο διαχειριστικό σενάριο καθίσταται πιο φθηνό από τη μηδενική λύση με τη χορήγηση επιδότησης που αγγίζει τα 26,000 €, ενώ οι απαιτούμενες επιδοτήσεις για το 3^ο και 4^ο σενάριο είναι 39,000 € και 45,000 €. Αντίθετα, το ποσό που απαιτείται για την επιδότηση του 5^{ου} διαχειριστικού σεναρίου φαίνεται να τίθεται εκτός του εύρους μια λογικής επιδότησης σε επίπεδο πολυκατοικίας.

4.6.5.4 Συμπεράσματα - προτάσεις

Αξιολογώντας το σύνολο των στοιχείων που δόθηκαν παραπάνω, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το πιο 'ελκυστικό' σενάριο για το νοικοκυριό που διαβιεί σε ένα διαμέρισμα πολυκατοικίας είναι το 1^ο, το οποίο επιτυγχάνει μια μέση εξοικονόμηση πόσιμου νερού και χρημάτων. Επίσης, το 2^ο διαχειριστικό σενάριο αν και φαίνεται επιλέξιμο στην περίπτωση που δοθεί μια σημαντική κρατική επιδότηση, η εφαρμογή του δεν επιφέρει κάποια επιπλέον μεταβολή στις ποσότητες των οικιακών υδάτινων ροών, οπότε τελικά η επιλογή του δεν συνιστάται. Για τα υπόλοιπα δυο σενάρια (3 και 4) οι επιδοτήσεις που πρέπει να δοθούν στην πολυκατοικία για να είναι επιλέξιμα, υπερβαίνουν τα 35,000 €.

4.7 Συνολική συνοπτική παρουσίαση ομάδων διαχειριστικών σεναρίων

Ανακεφαλαιώνοντας, στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν 5 ομάδες σεναρίων διαχείρισης του οικιακού νερού για διάφορους τύπους κατοικιών (3 τύποι μονοκατοικιών και 2 τύποι πολυκατοικιών). Στους πίνακες 4.68 – 4.69 γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των 5 ομάδων διαχειριστικών σεναρίων που παρουσιάστηκαν αναλυτικά σε προηγούμενες παραγράφους του παρόντος κεφαλαίου καθώς και των σημαντικότερων αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη διερεύνησή τους.

Πίνακας 4.66 : Συνοπτική παρουσίαση ομάδων διαχειριστικών σεναρίων

	1^Η ΟΜΑΔΑ	2^Η ΟΜΑΔΑ	3^Η ΟΜΑΔΑ	4^Η ΟΜΑΔΑ	5^Η ΟΜΑΔΑ
ΣΕΝΑΡΙΟ	Μονοκατοικία / κήπος / δίκτυο αποχέτευσης	Μονοκατοικία / κήπος / όχι δίκτυο αποχέτευσης	Μονοκατοικία / όχι κήπος / δίκτυο αποχέτευσης	Πολυκατοικία / κήπος / δίκτυο αποχέτευσης	Πολυκατοικία / κήπος / όχι δίκτυο αποχέτευσης
0	Μηδενική λύση (κανένα μέτρο διαχείρισης)				
1	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές ¹	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές ²	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές ¹	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές ² του διαμερίσματος	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές ²
2	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές ²	Οικιακά λύματα → επεξεργασία	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές ²	Σενάριο 1 - Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας	Σενάριο 1 - Οικιακά λύματα → επεξεργασία
3	Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση	Συνδυασμός των 1 & 2	Γκρίζο νερό → επεξεργασία → καθαρισμός τουαλέτας	Σενάριο 1 - Γκρίζο νερό & βρόχινο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας	Σενάριο 1 – γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας
4	Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας	Εξοικονόμηση νερού στις συσκευές ² - γκρίζο νερό → άρδευση	Συνδυασμός των 2 & 3	Σενάριο 1 - Βρόχινο νερό → επεξεργασία → άρδευση	Σενάριο 1 - Γκρίζο νερό & βρόχινο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας
5	Συνδυασμός των 2 & 3	Σενάριο 1 - γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας	Σενάριο 1 - Βρόχινο νερό → επεξεργασία → καθαρισμός τουαλέτας		Σενάριο 1 - & βρόχινο νερό → επεξεργασία → καθαρισμός τουαλέτας → οικιακά λύματα → επεξεργασία → άρδευση
6	Συνδυασμός των 2 & 4	Σενάριο 1 - Γκρίζο νερό & βρόχινο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας			
7	Βρόχινο νερό → επεξεργασία → καθαρισμός τουαλέτας Γκρίζο νερό → επεξεργασία → άρδευση	Σενάριο 1 - Βρόχινο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας			
8	Γκρίζο νερό & βρόχινο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας	Σενάριο 7 – Οικιακά λύματα → επεξεργασία → άρδευση			
9	Συνδυασμός των 2 & 8				
10	Βρόχινο νερό → επεξεργασία → άρδευση & καθαρισμός τουαλέτας				
11	Συνδυασμός των 2 & 10				

Πίνακας 4.67 : Ετήσιο κόστος – Ολική υδατική κατανάλωση/κάτοικο/ημέρα - % μεταβολή της φόρτισης του δικτύου ακαθάρτων για κάθε σενάριο

	1 ^Η ΟΜΑΔΑ	2 ^Η ΟΜΑΔΑ	3 ^Η ΟΜΑΔΑ	4 ^Η ΟΜΑΔΑ	5 ^Η ΟΜΑΔΑ
ΣΕΝΑΡΙΟ	Μονοκατοικία / κήπος / δίκτυο αποχέτευσης	Μονοκατοικία / κήπος / όχι δίκτυο αποχέτευσης	Μονοκατοικία / όχι κήπος / δίκτυο αποχέτευσης	Πολυκατοικία / κήπος / δίκτυο αποχέτευσης	Πολυκατοικία / κήπος / όχι δίκτυο αποχέτευσης
0	1.042,60 € / έτος	1.046,42 € / έτος	416,24 € / έτος	287,34 € / έτος	314,20€ / έτος
	293,63 l / p / d	293,63 l / p / d	200,00	226,75 l / p / d	226,69 l / p / d
	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0
1	686,49 € / έτος	778,44 € / έτος	479,33 € / έτος	288,39 € / έτος	262,79 € / έτος
	239,13 l / p / d	246,53 l / p / d	145,50 l / p / d	213,65 l / p / d	179,59 l / p / d
	-27,25%	-23,55%	-27,25%	-6,55%	-23,55%
2	729,56 € / έτος	1.230,67 € / έτος	245,60 € / έτος	668,55 € / έτος	546,51 € / έτος
	246,53 l / p / d	293,63 l / p / d	152,90 l / p / d	144,00 l / p / d	179,59 l / p / d
	-23,55%	0,00%	-23,55%	-22,29%	-23,55%
3	513,67 € / έτος	1.008,73 € / έτος	1.734,90 € / έτος	719,26 € / έτος	669,56 € / έτος
	239,15 l / p / d	239,13 l / p / d	134,00 l / p / d	144,00 l / p / d	110,00 l / p / d
	32,05%	-23,55%	0,00%	-22,29%	-39,25%
4	338,60 € / έτος	1.115,13 € / έτος	1.712,52 € / έτος	333,84 € / έτος	720,27 € / έτος
	203,00 l / p / d	198,57 l / p / d	110,00 l / p / d	212,42 l / p / d	110,00 l / p / d
	14,49%	-51,76%	-23,55%		-39,25%
5	251,39 € / έτος	1.924,73 € / έτος	1.309,49 € / έτος		834,11 € / έτος
	175,64 l / p / d	177,78 l / p / d	139,09 l / p / d		131,63 l / p / d
	-51,76%	-38,75%	-16,61%		-23,55%
6	202,83 € / έτος	1.971,31 € / έτος			
	177,78 l / p / d	174,37 l / p / d			
	-38,75%	-40,76%			

Πίνακας 4.68 : Συνέχεια πίνακα 4.67

	1^Η ΟΜΑΔΑ	2^Η ΟΜΑΔΑ	3^Η ΟΜΑΔΑ	4^Η ΟΜΑΔΑ	5^Η ΟΜΑΔΑ
ΣΕΝΑΡΙΟ	Μονοκατοικία / κήπος / δίκτυο αποχέτευσης	Μονοκατοικία / κήπος / όχι δίκτυο αποχέτευσης	Μονοκατοικία / όχι κήπος / δίκτυο αποχέτευσης	Πολυκατοικία / κήπος / δίκτυο αποχέτευσης	Πολυκατοικία / κήπος / όχι δίκτυο αποχέτευσης
7	448,17 € / έτος	1.939,86 € / έτος			
	225,34 l / p / d	248,78 l / p / d			
	32,05%	-16,89%			
8	340,43 € / έτος	1.851,01 € / έτος			
	200,90 l / p / d	157,97 l / p / d			
	-15,72%	-60,58%			
9	258,21 € / έτος				
	174,37 l / p / d				
	40,76%				
10	682,76 € / έτος				
	260,42 l / p / d				
	6,66%				
11	495,26 € / έτος				
	232,24 l / p / d				
	-16,89%				

Πίνακας 4.69 : Ενδεχόμενες % αυξήσεις της αξίας του νερού και κρατικές επιδοτήσεις που ευνοούν την εφαρμογή των σεναρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	1 ^Η ΟΜΑΔΑ		2 ^Η ΟΜΑΔΑ		3 ^Η ΟΜΑΔΑ		4 ^Η ΟΜΑΔΑ		5 ^Η ΟΜΑΔΑ	
	Μονοκατοικία / κήπος / δίκτυο αποχέτευσης		Μονοκατοικία / κήπος / όχι δίκτυο αποχέτευσης		Μονοκατοικία / όχι κήπος / δίκτυο αποχέτευσης		Πολυκατοικία / κήπος / δίκτυο αποχέτευσης		Πολυκατοικία / κήπος / όχι δίκτυο αποχέτευσης	
1	Δεν εξετάστηκε	Δεν εξετάστηκε	Δεν εξετάστηκε	Δεν εξετάστηκε	30%	Δεν εξετάστηκε	10%	Δεν εξετάστηκε	>> 150%	Δεν εξετάστηκε
2	Δεν εξετάστηκε	Δεν εξετάστηκε	>> 150%	2,000 €	Δεν εξετάστηκε	Δεν εξετάστηκε	>> 150%	42,500 €	Δεν εξετάστηκε	26,000 €
3	5%	300 €	Δεν εξετάστηκε	Δεν εξετάστηκε	>> 150%	14,000–15,000 €.	>> 150%	48,000 €	>> 150%	39,000 €
4	120%	9,500 €	20%	800 €	>> 150%	14,000–15,000 €.	>> 150%	9,000 €	>> 150%	45,000 €
5	Δεν εξετάστηκε	Δεν εξετάστηκε	>> 150%	10,000 €	>> 150%	10,000 €			>> 150%	>>50,000 €
6	85% - 90%	7,500 € - 9,000 €	>> 150%	10,000 €						
7	>> 150%	12,000 €	>> 150%	10,000 €						
8	110%	7,500 € - 9,000 €	160%	9,000 €						
9	85% - 90%	7,500 € - 9,000 €								
10	>>150%	7,500 € - 9,000 €								
11	105%	6,200 €								

5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Συμπεράσματα & προτάσεις για μελλοντική έρευνα

5.1 Συμπεράσματα εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνήθηκαν 5 ομάδες σεναρίων διαχείρισης των υδάτων που παράγονται σε επίπεδο κατοικίας κάθε μια από τις οποίες αναφερόταν σε ένα συγκεκριμένο τύπο κατοικίας με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της. Η διερεύνηση έγινε σε ιδεατές κατοικίες οι οποίες πρόκειται να κατασκευαστούν (μη υφιστάμενες). Ειδικότερα, οι 5 τύποι που εξετάστηκαν ήταν :

1. Μονοκατοικία με κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης.
2. Μονοκατοικία με κήπο, χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης.
3. Μονοκατοικία χωρίς κήπο - με σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης.
4. Διαμέρισμα πολυκατοικίας με κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης.
5. Διαμέρισμα πολυκατοικίας με κήπο - χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης.

Οι ομάδες σεναρίων αξιολογήθηκαν με βάση ποσοτικά στοιχεία υδάτινων ροών και οικονομικά στοιχεία. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για κάθε ομάδα διαχειριστικών σεναρίων είναι τα εξής :

Για τη μονοκατοικία με κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης : Τα σενάρια που εξοικονομούν χρήματα στο νοικοκυριό είναι σε πρώτη βάση το σενάριο που προτείνει εξοικονόμηση νερού στις συσκευές της κατοικίας και σε δεύτερη το σενάριο που συνδυάζει την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές με την επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση, με το πρώτο από αυτά να είναι το πιο επικερδές. Επίσης, από τα σενάρια που εξετάστηκαν, τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση πόσιμου νερού και τη χαμηλότερη φόρτιση του δικτύου αποχέτευσης επιτυγχάνουν εκείνα που προτείνουν την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές με αξιοποίηση του γκρίζου νερού για άρδευση και για άρδευση & καθαρισμό τουαλέτας, καθώς και το σενάριο που προτείνει την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές με αξιοποίηση του γκρίζου και βρόχινου νερού για άρδευση και καθαρισμό τουαλέτας.

Οικονομικό ενδιαφέρον για το νοικοκυριό θα μπορούσε να αποκτήσει και το σενάριο που προτείνει την επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού για άρδευση σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές, με τη χορήγηση κρατικής επιδότησης 300 € ή με μια πιθανή αύξηση της αξίας του νερού ύψους μόλις 5%. Επιπρόσθετα, το ύψος των επιδοτήσεων που απαιτείται για το σενάριο που προτείνει εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές και αξιοποίηση βρόχινου νερού για άρδευση και καθαρισμό τουαλέτας υπολογίζεται στα 6,200 € ενώ για τα υπόλοιπα διαχειριστικά σενάρια η επιδότηση κυμαίνεται στα 7,500 € – 12,000 €. Ομοίως, το ενδεχόμενο να αποκτήσουν οικονομικό ενδιαφέρον τα διαχειριστικά σενάρια με τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση πόσιμου νερού, με την μεταβολή της αξίας του νερού γίνεται ρεαλιστικό μόνον όταν το ύψος της αύξησης κυμαίνεται στο 85 - 90%.

Για την κατοικία με κήπο - χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης : Τα σενάρια με ετήσιο κόστος χαμηλότερο από το αντίστοιχο της μηδενικής λύσης είναι το σενάριο που προτείνει την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές και το σενάριο που συνδυάζει την εξοικονόμηση στις οικιακές συσκευές με την επεξεργασία των οικιακών λυμάτων προς διάθεση. Ωστόσο, μικρή αύξηση των ετήσιων δαπανών του νοικοκυριού σε σχέση με τη μηδενική λύση επιφέρει η εφαρμογή του σεναρίου που συνδυάζει την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές με την αξιοποίηση του γκρίζου νερού για άρδευση (7%). Σε όρους εξοικονόμησης πόσιμου νερού, το πιο αποδοτικό σενάριο είναι εκείνο που προτείνει το συνδυασμό συσκευών εξοικονόμησης νερού με την αξιοποίηση του βρόχινου νερού για καθαρισμό τουαλέτας και την χρήση επεξεργασμένων οικιακών λυμάτων για άρδευση. Ωστόσο, το συγκεκριμένο σενάριο συνεπάγεται ετήσιες δαπάνες 77% υψηλότερες σε σχέση με εκείνες του μηδενικού σεναρίου.

Αναφορικά με τα ενδεχόμενα αύξησης της αξίας του νερού και χορήγησης κρατικής επιδότησης, υπολογίστηκε ότι το σενάριο που συνδυάζει την εξοικονόμηση νερού με την αξιοποίηση του επεξεργασμένου γκρίζου νερού για άρδευση αποκτά οικονομικό ενδιαφέρον για το νοικοκυριό σε περίπτωση αύξησης της τιμής κατά 20% ή χορήγησης επιδότησης ύψους 800 €. Η αντίστοιχη επιδότηση που απαιτείται για το σενάριο που προτείνει την επεξεργασία των οικιακών λυμάτων προς διάθεση αγγίζει τα 2,000 €. Τέλος, για τα σενάρια που προτείνουν την αξιοποίηση γκρίζου, βρόχινου νερού ή και των δυο για εσωτερικές και εξωτερικές χρήσεις, απαιτούνται επιδοτήσεις που κυμαίνονται μεταξύ 9,000 € και 10,000 €, ενώ πιθανές αυξήσεις της τιμής του νερού που μπορούν να τα καταστήσουν επιλέξιμα ξεπερνούν κατά πολύ το 150%.

Για την κατοικία χωρίς κήπο, με σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης : Η πιο προσιτή - σε σχέση με το μηδενικό σενάριο - λύση είναι το διαχειριστικό σενάριο που προτείνει την εφαρμογή απλών λύσεων για την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές. Επίσης, τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση πόσιμου νερού και τη χαμηλότερη φόρτιση του δικτύου ακαθάρτων εξασφαλίζει το σενάριο που συνδυάζει την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές με την αξιοποίηση του επεξεργασμένου γκρίζου νερού για καθαρισμό της τουαλέτας, του οποίου, ωστόσο, οι ετήσιες δαπάνες υπερβαίνουν πάνω από 200% τις αντίστοιχες δαπάνες της μηδενικής λύσης.

Μια αύξηση της αξίας του νερού κατά 30% θα καθιστούσε οικονομικά ενδιαφέρον το διαχειριστικό σενάριο που προτείνει μια ολοκληρωμένη λύση για την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές, ενώ η αντίστοιχη αύξηση για τα υπόλοιπα σενάρια υπερβαίνει κατά πολύ το 150%. Επίσης, η χορήγηση οικονομικών κινήτρων στα νοικοκυριά χαρακτηρίζεται ως οικονομικά ασύμφορη καθώς μεταφράζεται σε 10,000 € στην περίπτωση του σεναρίου που συνδυάζει συσκευές εξοικονόμησης με την αξιοποίηση βρόχινου νερού για άρδευση και 14,000 € - 15,000 € στην περίπτωση των σεναρίων που προτείνουν την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένου γκρίζου νερού για καθαρισμό τουαλέτας (με ή χωρίς την εφαρμογή συσκευών εξοικονόμησης νερού).

Για την περίπτωση διαμερίσματος πολυκατοικίας που διαθέτει κήπο και σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης : Το νοικοκυριό θα πρέπει να αυξήσει τις ετήσιες δαπάνες του στην περίπτωση που επιλέξει κάποιο από τα σενάρια από το σύνολο που προτάθηκαν. Ειδικότερα, τη μικρότερη οικονομική επιβάρυνση του νοικοκυριού συνεπάγεται η επιλογή του σεναρίου που προτείνει την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές. Επίσης, τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση πόσιμου νερού και τη χαμηλότερη φόρτιση του δικτύου αποχέτευσης επιτυγχάνει το σενάριο που συνδυάζει την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές με την αξιοποίηση του βρόχινου νερού για άρδευση και καθαρισμό τουαλέτας αλλά και το σενάριο που εκτός από την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές προτείνει και την αξιοποίηση του συνόλου του γκρίζου και του βρόχινου νερού για άρδευση και καθαρισμό τουαλέτας. Ωστόσο, τα δυο αυτά σενάρια επιφέρουν αύξηση των ετήσιων δαπανών του νοικοκυριού που ξεπερνά το 100%. Συνολικά, μια λύση που συνδυάζει μικρή επιβάρυνση των ετήσιων δαπανών του νοικοκυριού και μέση εξοικονόμηση πόσιμου νερού είναι το σενάριο που συνδυάζει την εξοικονόμηση νερού στις συσκευές της κατοικίας με την αξιοποίηση του βρόχινου νερού για άρδευση.

Επίσης, η αξιολόγηση των σεναρίων με βάση το ενδεχόμενο μεταβολής της αξίας του νερού και χορήγησης κρατικής επιδότησης, έδειξε ότι το σενάριο που προτείνει εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές μπορεί να γίνει επιλέξιμο σε περίπτωση αύξησης της αξίας του νερού κατά 10%, ενώ το σενάριο που συνδυάζει την εξοικονόμηση νερού στην κατοικία με την αξιοποίηση του βρόχινου νερού για άρδευση γίνεται οικονομικά ενδιαφέρον σε περίπτωση χορήγησης επιδότησης ύψους 9,000 € / πολυκατοικία. Η επιδότηση των υπόλοιπων σεναρίων με τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση πόσιμου νερού κρίνεται ανέφικτη ενώ μια μεταβολή της αξίας του νερού που θα τα καθιστούσε φθηνότερα από τη μηδενική λύση, ξεπερνά κατά πολύ το 150%.

Για την περίπτωση νοικοκυριού που διαβεί σε διαμέρισμα πολυκατοικίας με κήπο - χωρίς σύνδεση σε δίκτυο αποχέτευσης : Η εφαρμογή των περισσότερων διαχειριστικών σεναρίων αυξάνει τις δαπάνες του νοικοκυριού σε μη – αποδεκτό επίπεδο. Εξαιρεση αποτελεί το σενάριο που προτείνει την εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές, το οποίο εκτός από την εξοικονόμηση χρημάτων εξοικονομεί και μια μέση ποσότητα νερού. Επίσης, η μεγαλύτερη ποσοστιαία αύξηση δαπανών σε σχέση με τη μηδενική λύση παρατηρείται για το σενάριο που προτείνει εξοικονόμηση νερού στις οικιακές συσκευές και την αξιοποίηση του γκρίζου νερού για άρδευση και καθαρισμό τουαλέτας όπως επίσης και το σενάριο που συνδυάζει την εξοικονόμηση νερού με την αξιοποίηση βρόχινου και γκρίζου νερού για άρδευση και καθαρισμό τουαλέτας. Ωστόσο, τα συγκεκριμένα σενάρια επιτυγχάνουν τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού και τη μικρότερη φόρτιση του δικτύου αποχέτευσης.

Επιπρόσθετα, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το ενδεχόμενο αύξησης της αξίας του νερού σε ένα διάστημα εύρους από 0% - 150% δεν καθιστά κάποιο διαχειριστικό σενάριο φθηνότερο από τη μηδενική λύση. Ακόμη, αναφορικά με το ενδεχόμενο της χορήγησης επιδοτήσεων στις πολυκατοικίες για την εφαρμογή διαχειριστικών σεναρίων, το απαιτούμενο ποσό για το σενάριο που προτείνει την επεξεργασία των οικιακών λυμάτων προς διάθεση αγγίζει τα 26,000 €, ενώ για το σενάριο που προτείνει την αξιοποίηση του γκρίζου νερού (εκτός των συσκευών εξοικονόμησης) ανέρχεται στα 39,000 €. Επίσης, το σενάριο που προτείνει την ολοκληρωμένη αξιοποίηση βρόχινου και γκρίζου νερού απαιτεί 45,000 €. Τέλος, η επιδότηση για την υλοποίηση του σεναρίου που προτείνει την αξιοποίηση του βρόχινου νερού για καθαρισμό τουαλέτας και την αξιοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση θεωρείται είναι τόσο υψηλή που θεωρείται ανέφικτη.

5.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας έθεσε κάποια καίρια ερωτήματα πάνω σε ζητήματα που αξίζει να διερευνηθούν περαιτέρω. Ειδικότερα, για τις ομάδες διαχειριστικών σεναρίων υπολογίστηκε το ετήσιο κόστος τους με βάση το κόστος του απαιτούμενου εξοπλισμού, το κόστος λειτουργίας - συντήρησης και το κόστος ύδρευσης και αποχέτευσης. Προχωρώντας την ανάλυση των σεναρίων ένα βήμα παρακάτω θα μπορούσε να γίνει μια εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους του κάθε σεναρίου προκειμένου να αποδοθεί μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα του κόστους του, με αποτέλεσμα μια πιο ορθή και πλησιέστερη στην πραγματικότητα αξιολόγησή τους. Επίσης, αναφορικά με τα διαχειριστικά σενάρια που προτείνουν την αξιοποίηση του βρόχινου νερού, προτείνεται να διερευνηθεί η συσχέτιση του όγκου των βροχοπτώσεων με το κόστος του σεναρίου, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε συμπεράσματα για τις περιοχές της χώρας στις οποίες μπορούν να υλοποιηθούν τα συγκεκριμένα σενάρια.

Τέλος, η συνολική θεώρηση των σεναρίων έδειξε ότι η εφαρμογή απλών εξαρτημάτων σε οικιακές συσκευές είναι μια οικονομική λύση που μπορεί να εξοικονομεί σημαντική ποσότητα νερού. Προς αυτή την κατεύθυνση θα μπορούσαν να διερευνηθούν τα ακριβή ποσοστά εξοικονόμησης νερού με χρήση συγκεκριμένων εξαρτημάτων που κυκλοφορούν στην αγορά προκειμένου να διαπιστωθεί η υπεροχή των σεναρίων που προτείνουν αυτές τις απλές λύσεις σε σχέση με τα σενάρια που προτείνουν σύνθετα συστήματα επεξεργασίας των οικιακών υδάτινων ροών.

Αναφορές

Ελληνικές αναφορές :

Ανδρεαδάκης, Α., *Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας και Διάθεσης Αστικών Αποβλήτων*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1986.

Βούλγαρη, Χ. και Α. Ντίτορα, «Νερό και αστική ανάπτυξη», ΔΠΜΣ Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2008.

Γεωργόπουλος, Κ., «Κοστολόγηση και τιμολόγηση νερού στην Ελλάδα», μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, ΔΠΜΣ Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων, *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*, Αθήνα, 2009.

Παρατηρητήριο Κλιματικών Αλλαγών, «Περιοχικές κλιματικές προγνώσεις στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου : αποτελέσματα για τη χρονική περίοδο 2071 – 2100», Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Εφημερίς της Κυβερνήσεως , «Υ.Α υπ' αριθ. ΕΙΒ 221/65 : Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων», Αρ. φύλλου 138, Τεύχος Β, 24 Φεβρουαρίου 1965.

Εφημερίς της Κυβερνήσεως, «Κ.Υ.Α 145116 : Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις», Αρ. φύλλου 354, Τεύχος Β, 8 Μαρτίου 2011.

ΕΥΔΑΠ, «Ενιαίες παραδοχές υπολογισμού των παροχών ακαθάρτων στο λεκανοπέδιο της Αθήνας, Εγκύκλιος 121272/1985.01.03., 1985.

Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΕΕΚ), «Λευκή Βίβλος : Η προσαρμογή στην αλλαγή του κλίματος : προς ένα ευρωπαϊκό πλαίσιο δράσης», Βρυξέλλες, 2009.

Καραβίτης Χ., «Η χρήση του νερού στην Ευρώπη», *Lucinda*, 2006.

Κατσίρη – Κουζέλη Α., *Μέθοδοι βελτίωσης ποιότητας πόσιμου νερού*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1992.

Κουτσογιάννης, Δ., *Σχεδιασμός αστικών δικτύων αποχέτευσης*, 201 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.

Μαμάης, Δ, σημειώσεις του μαθήματος *Εργαστηριακές μέθοδοι υγειονομικής τεχνολογίας*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2009.

Μαμάης, Δ., «Αξιοποίηση υποβαθμισμένων νερών με έμφαση στα λύματα», *Ημερίδα ECOCITY «Υδατικοί πόροι: υποχρέωση για διατήρηση και προστασία»*, 2010.

Νουτσόπουλος, Κ., σημειώσεις του μαθήματος *Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Μικρής Κλίμακας*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2010.

Ντεμιάν, Η. Μ., «Διαχείριση υδατικών πόρων στην Ελλάδα», *Ίδρυμα οικονομικών και βιομηχανικών ερευνών (IOBE)*, 2010.

Παναγούλια, Δ. και Γ. Δήμου, *Εισαγωγή στα εγγειοβελτιωτικά έργα*, 431 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2000.

Π.Δ. 696, «Περί αμοιβών μηχανικών διά σύνταξιν μελετών, επίβλεψιν, παραλαβήν κ.λ.π. συγκοινωνιακών, υδραυλικών και κτιριακών έργων, ως και τοπογραφικών, κτηματογραφικών και χαρτογραφικών εργασιών, και των σχετικών προδιαγραφών μελετών», 1974.

Τρικοιλίδου, Ε., Β. Α. Τσιχριντζής, Π. Μελίδης και Χ. Άκρατος, «Σύστημα συλλογής – αποθήκευσης και επεξεργασίας της απορροής βρόχινου νερού από στέγες στην Ξάνθη», *Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων*, 605 – 612, 2003.

Ξενόγλωσσες αναφορές

Agthe, D. E., and R. Billings, “Water price influence on apartment complex water use”, *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 128, 366 – 369, 2002.

Ahmed, M., S. Al Sidairi, S. A. Prathapar and S. Al-Adawi, “Evaluation of custom-made and commercial greywater treatment systems : a case study from Oman”, *International Journal of Environmental Studies*, Vol. 65, No. 1, 33 – 40, 2008.

Ahn K. - H., J. - H. Song and H. - Y. Cha, “Application of tubular ceramic membranes for reuse of wastewater from buildings”, *Water Science and Technology*, Vol. 38, No. 4 – 5, 373 – 382, 1998.

Al - Assa’d, T. and J. Sauer, “The performance of water utilities in Jordan”, *Water Science & Technology*, Vol. 62 (4), 803 – 808, 2010.

Al - Hamaiedeh, H. and M. Bino, “Effect of treated grey water reuse in irrigation on soil and plants”, *Desalination*, Vol. 256, 115 – 119, 2010.

Al - Momani, I. F., O. Y. Ataman, M. A. Anwari, S. Tuncel, C. Köse and G. Tuncel., “Chemical composition of precipitation near an industrial area at Izmir, Turkey”, *Atmospheric Environment*, Vol 29 (10), 1131 – 1143, 1995.

Albrechtsen, H. - J., *Water consumption in residences. Microbiological investigations of rain water and greywater reuse systems*, Copenhagen, 1998.

Albrechtsen, H. - J., “Microbiological investigations of rainwater and graywater collected for toilet flushing”, *Water Science and Technology*, Vol. 46, No 6 – 7, 311 – 316, 2002.

Almeida, M. C., D. Butler and E. Friendler, “At – source domestic wastewater quality”, *Urban Water*, Vol. 1, 49 – 55, 1999.

Andreadakis, A., E. Gavalaki, D. Mamais and A. Tzimas, “Wastewater reuse criteria in Greece”, *7th Conference on Environmental Science and Technology*, Syros, 2001.

Arbués, F., M. A. García – Valiñas and R. Martínez - Espiñeira, “Estimation of residential water demand : a state – of – the – art review”, *The Journal of Socio-Economics*, Vol. 32, 81 - 102, 2003.

Arbués, F. and I. Villanua, "Potential for pricing policies in water resource management : Estimation of urban residential water demand in Zaragoza, Spain", *Urban Studies*, Vol. 43, 2421 - 2442, 2006.

Arika, M., H. Kobayashi and H. Kihara, "Pilot plant test of an activated sludge ultrafiltration combined process for domestic wastewater reclamation", *Desalination*, Vol. 23 (1 – 3), 77 – 86, 1977.

Askew, L.E. and P. M. McGuirk, "Watering the suburbs : distinction, conformity and the suburban garden", *Australian Geographer*, Vol. 35 (1), 17 – 37, 2004.

Australian Guidelines for Water Recycling : Managing Health and Environmental Risks", Environment Protection and Heritage Council, the Natural Resource Management Ministerial Council and the Australian Health Ministers' Conference, 2006 (διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://www.ephc.gov.au/taxonomy/term/39>).

Australian Government, *Rainwater Tank Design and Installation Handbook*, 2008.

Balci, A., A. Demirak and F. Tabak, "Investigation of the some chemical properties of the rains in Rize (in Turkish)", *Journal of Ecology*, Vol. 40, 17 – 19, 2001.

Basak, B. and O. Alagha, "The chemical composition of rain water over Büyükçekmece Lake, Istanbul", *Atmospheric Research*, Vol. 71, 275 – 288, 2004.

Baumann, D. D., J. Bolan, and W. M. Hanemann, "Urban water demand management and planning", McGraw - Hill, New York, 1998.

Berg, G., "Indicators of Viruses in Water and food", *Ann - Arbor Science*, Michigan, USA, 1978.

Bergstein - Ben Dan, T., D. Wynne and Y. Manor, "Survival of enteric bacteria and viruses in Lake Kinneret, Israel", *Water Resources*, Vol. 31, p. 11, 1997.

Billings, R. B. and D. E. Agthe, "Price Elasticities for Water : A Case of Increasing Block Rates", *Land Economics*, Vol. 56, 73 - 84, 1980.

Birks, R. "Biological Aerated Filters and Membranes for Greywater Treatment", MSc thesis, Cranfield University, 1998.

Bixio, D., C. Thoeye, J. De Koning, D. Joksimovic, D. Savic, T. Wintgens and T. Melin, "Wastewater reuse in Europe", *Desalination*, Vol. 187, 89 – 101, 2006.

Borin, M., R. Cossu, M. C. Lavagnolo and M. Gandini, "Phytotreatment of greywater with yellow water addition from an aesthetic approach", *Proceedings of the 1st International Conference Onsite Wastewater Treatment & Recycling*, Fremantle, 2004.

Butler, D., "A small - scale study of wastewater discharges from domestic appliances", *Journal of the Institution of Water and Environmental Management*, Vol. 5 (2), 178 – 185, 1991.

Buzar, S., P. E. Ogden and R. Hall, "Households matter : the quiet demography of urban transformation", *Progress in Human Geography*, Vol. 29 (4), 413 - 436, 2005.

California Building Standards Commission, *California Greywater Standards (Revised)*, Appedix 6, 1997.

California Building Standards Commission^a, *California Green Building Standards Code*, Title 24, Part 11, 2010.

California Building Standards Commission^b, *Mechanical & Plumbing Code*, Edition 2010

Casanova, L., C. Gerba and M. Karpiscak, "Chemical and microbiological characterization of greywater", *Journal of Environmental Science and Health*, Vol. 36 (4), 395 – 401, 2001.

Catalán, B., D. Saurí and P. Serra, "Urban sprawl in the Mediterranean? : Patterns of growth and change in the Barcelona Metropolitan Region 1993 – 2000", *Landscape and Urban Planning*, Vol. 3 – 4 (85), 174 – 184, 2007.

Charlson, R. J. and H. Rodhe, "Factors controlling the acidity of natural rainwater". *Nature*, Vol. 295, 683 - 685, 1982.

Christova – Boal, D., R. E. Eden and S. McFarlane, "An investigation into greywater reuse for urban residential properties", *Desalination*, Vol. 106 (1 – 3), 391 – 397, 1996.

CMHC (Canada Mortgage and Housing Corporation), "Water reuse standards and verification protocol", Research Report, CHMC, Ottawa, Canada, 2004.

Cogan, T. A., S. F. Bloomfield and T. J. Humphrey, "The effectiveness of hygiene procedures for prevention of cross – contamination from chicken carcasses in the domestic kitchen", *Letters in Applied Microbiology*, Vol. 29, 354 – 358, 1999.

- Cole, M. A., "Economic growth and water use", *Applied Economics Letters*, Vol. 11,1 - 4, 2004.
- Conley, B.C., "Price elasticity of demand for water in Southern California", *Annals of Regional Science*, Vol. 1, 180 - 189, 1967.
- Corbella, H. M. and D. Saurí, "What lies behind domestic water use? a review essay on the drivers of domestic water consumption", *Boletín de la A.G.E.*, Vol. 50, 297 – 314, 2009.
- Crook, J. and R.Y. Surampalli, "Water reclamation and reuse criteria in the U.S.", *Water Science and Technology*, Vol. 33, 451 – 462, 1996.
- Cubillo González, F., J. C. Ibañez Carranza and F. J. Fernández Delgado, "Estudio de la Demanda de Agua para uso urbano en la Comunidad de Madrid", *Fundación Canal de Isabel II*, Madrid, 2001.
- Cubillo González, F. and J. C. Ibañez Carranza, "Manual de Abastecimiento del Canal de Isabel II", Canal de Isabel II, Madrid, 2003.
- Dallas, S., B. Scheffe and G. Ho, "Reedbeds for greywater treatment - case study in Santa Elena - Monteverde, Costa Rica, Central America", *Ecological Engineering*, Vol. 23 (1), 55 – 61, 2004.
- Dean, R. B. and E. Lund, "Water Reuse : Problems and Solutions", *Academic Press*, London, 1981.
- Demirak, A., A. Balci, H. Karaoglu and B. Tosmur, "Chemical characteristics of rainwater at an urban site of south western Turkey", *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 123, 271 – 283, 2006.
- De Sherbin, A., D. Carr, S. Cassels and L. Jiang, "Population and Environment", *Annual Review of Environment & Resources*, Vol. 32, 345 – 373, 2007.
- Diaper, C., A. Dixon, D. Butler, A. Fewkes, S. A. Parson, M. Strathern, T. Stephenson and J. Strutt, "Small scale water recycling systems – risk assessment and modeling", *Water Science and Technology*, Vol. 43 (10), 83 – 90, 2001.
- Dikaiakos, J. D., C. G. Tsitouris, P. A. Siskos, D. A. Melissos and P. Nastos, "Rainwater composition in Athens, Greece", *Atmospheric environment*, Vol. 24 (B), 171 – 176, 1990.

Dixon, A. M., D. Butler and F. Fewkes, "Local domestic water reuse: reusing greywater and rainwater in combination", Engineering and Physical Sciences Research Council Project, 1997.

Dixon, A. M., D. Butler, Mice and A. Fewkes, "Guidelines for Greywater Re – Use : Health Issues", *J.CIWEM*, 1999.

Domene, E. and D. Saurí, "Urbanization and water consumption : Influencing factors in the Metropolitan Region of Barcelona", *Urban Studies*, Vol. 43, 1605 – 1623, 2006.

Domene, E., D. Saurí and M. Pares, "Urbanization and sustainable resource use : The case of garden watering in the Metropolitan Region of Barcelona", *Urban Geography*, Vol. 26, 520 - 535, 2005.

Ecologic - Institute for International and European Environmental Policy, "EU Water saving potential" ,Part 1 – Report, 2007.

Elmitwalli, T.A. & R. Otterpohl, "Anaerobic biodegradability and treatment of grey water in upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor", *Water Research*, Vol. 41 (6), 1379-1387, 2007.

Environment Agency, "Water and the environment : International comparisons of domestic per capita consumption", 2008.

Eriksson, E., K. Auffarth, M. Henze and A. Ledin, "Characteristics of grey wastewater", *Urban Water*, Vol. 4, 85 – 104, 2002.

Eriksson, E., K Auffarth, A - M Eilersen, M. Henze and A. Ledin, "Household chemicals and personal care products as sources for xenobiotic organic compounds in grey wastewater", *Water SA*, Vol. 29 (2), 135 – 146, 2003.

Eriksson, E., S Srigirisetty and A M. Eilersen, "Organic matter and heavy metals in grey-water sludge", *Water SA*, Vol. 36 (1), 139 – 142, 2010.

Ernst, M, A. Sperlich, X. Zheng, Y. Gan, J. Hu, X. Zhao, J. Wang and M. Jekel, "An integrated wastewater treatment and reuse concept for the Olympic Park 2008, Beijing", *Desalination*, Vol. 202 (1 - 3), 293 – 301, 2006.

European Environment Agency (EEA), "Urban Sprawl in Europe: The ignored challenge", Report Number 10/2006, European Environmental Agency, Copenhagen, 2006.

Environment Agency, "Water resources in England and Wales — current state and future pressures", Environment Agency, Bristol, 2008.

European Environment Agency (EEA), "Water resources across Europe — confronting water scarcity and drought", EEA Report 2 / 2009, 60 pp, 2009.

Fane, S. and C. Reardon, "Wastewater re – use", *Water Use*, 227 – 230, 2009.

Feachem, R. G., D. J. Bradley, H. Garelick, and D. D. Mara, "Sanitation and disease", *Health aspects of excreta and wastewater management*, The World Bank, 16 – 21, 1983.

Ferguson, B. K. "Water conservation methods in urban landscape irrigation : an exploratory overview", *Water Resources Bulletin*, Vol. 23, 147 - 152, 1987.

Ferrara, I., "Residential water use", *OECD Journal*, Vol. 2008 (2), 153 – 197, 2008.

Flörke, M. & J. Alcamo, "European outlook on water use", Final report, Center for Environmental Systems Research, Kassel, 83 pp, 2004.

Fox, C., B. McIntosh and P. Jeffrey, "Classifying households for water demand forecasting using physical property characteristics", *Land Use Policy*, Vol. 26, 558 – 568, 2009.

Frazer – Williams, R., L. Avery, P. Jeffrey, C. Shirley – Smith, S. Liu and B. Jefferson, "Constructed wetlands for urban greywater recycling", *Proceedings of the First Conference on Sustainable Urban Wastewater Treatment and Reuse*, Nicosia, Cyprus, 2005.

Friedler, E., R. Kovalio and A. Ben - Zvi, "Comparative study of the microbial quality of greywater treated by three on-site treatment systems", *Environmental Technology*, Vol. 27, 653 - 663, 2006.

Gardner, T. and G. Millar, "The Performance of a Greywater System at the Healthy Home in South East Queensland – Three Years of Data", *UNE : Proceedings of On-site 03 Conference: Future Directions for On-site systems, Best Management Practice*, 2003.

Gato, S., N. Jayasuriya and P. Roberts, "Forecasting residential water demand : case study", *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 133, 309 – 319, 2007.

- Gaudin, S., R. C. Griffin and R. C. Sickles, "Demand specification for municipal water management: evaluation of the Stone–Geary form", *Land Economics*, Vol. 77, 399 - 422, 2001.
- Geller, S.E., J. B. Erickson and B. A. Buttram, "Attempts to promote residential water conservation with educational, behavioural and engineering strategies", *Population Environment*, Vol. 6, 96 – 112, 1983.
- Gerba, C., T. Straub, J. B. Rose, M. Karpiscak, K. Foster and R. Brittain, "Water Quality Study of Graywater Treatment Systems", *Water Resources Bulletin*, Vol. 31, 109 – 116, 1995.
- Government of South Australia, "Rainwater plumbing guide", 2006.
- Gratziou, M., M. Andreadaki and M. Tsalkatidou, "Water demand and rates policy in provincial cities in Greece", *European Water*, Vol. 15 (16), 33- 44, 2006.
- Griffin, R.C. and C. Chang, "Seasonality in community water demand", *Western Journal of Agricultural Economics*, Vol. 16, 207 – 217, 1991.
- Gross, A., A. Wiel - Shafran, N. Bondarenko and Z. Ronen, "Reliability of small commercial greywater-treatment systems : a case study", *In Proceedings of The International Conference Protection and Restoration of the Environment VIII*, Chania Crete, p. 8, 2006.
- Gross, A., A. Wiel - Shafran, N. Bondarenko and Z. Ronen, "Reliability of small scale greywater treatment systems and the impact of its effluent on soil properties", *International Journal of Environmental Studies*, Vol. 65 (1), 41 – 50, 2008.
- Gulsoy, G., M. Tayanç, and F. Ertürk, "Chemical analysis of the major ions in the precipitation of Istanbul, Turkey", *Environmental Pollution*, Vol 105, 273–280, 1999.
- Gunther, F., "Wastewater treatment by greywater separation : Outline for a biologically based greywater purification plant in Sweden", *Ecological Engineering*, Vol. 15, 139 – 146, 2000.
- Haase, D. and H. Nuiss, "Does urban sprawl drive changes in the water balance and policy? The case of Leipzig (Germany). 1870-2003", *Landscape and Urban Planning*, Vol. 80, 1 - 13, 2007.

Hall, J. B., C. E. Batten and J. R. Wilkins, "Domestic Wash Water Reclamation for Reuse as Commode Water Supply Using a Filtration - Reverse Osmosis Technique", NASA, Langley Research Centre, Hampton, Technical Note D-7600, 1974.

Hamilton, L., "Saving water: a causal model of household conservation", *Sociological Perspectives*, Vol. 26, 355 – 374, 1983.

Hansen, A. M., & M. Kjellerup, "Vandbesparende foranstaltninger", Teknisk Forlag, Copenhagen, 1994.

Henze, M., "Waste design for households with respect to water, organics and nutrients", *Water Science and Technology*, Vol. 35 (9), 113 – 120, 1997.

Henze, M., P. Harremoës, la Cour Jansen, J. and E. Arvin, "Wastewater treatment biological and chemical processes", Springer, 3rd edition, Berlin, 2001.

Hoadley, A. and B. Dutka, "Bacterial indicators-health hazards associated with water", *In Proceedings of International Symposium on Bacterial Indicators of Potential Health Hazards Associated with Water*, Chicago, 1976.

Hoffmann, M., A. Worthington and H. Higgs, "Urban water demand with fixed volumetric charging in a large municipality : the case of Brisbane, Australia", 2006.

Höglund, L., "Household demand for water in Sweden with implications of a potential tax on water use", *Water Resources Research*, Vol. 35 (12), 3853 - 3863, 1999.

Hrudesy, E. and S. Raniga, "Greywater characteristics, health concerns and treatment technology, design of water and wastewater service for climate communities", *In Proceedings of Seminar in Conjunction with IAWPR Conference*, 137, Toronto, 1980.

Hummel, D. and A. Lux, "Population decline and infrastructure : The case of the German water supply system", *Vienna Yearbook of Population Research*, Vol. 2007, 167 – 191, 2007.

Hurd, B. H., "Water conservation and residential landscapes: household preferences, household choices", *Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 31(2), 173 - 192, 2006.

Hurd, B. H., R. St. Hilaire and J. M. White, "Residential landscapes, homeowner attitudes, and water-wise choices in New Mexico", *Horticultural Technology*, Vol. 16, 241 - 246, 2006.

Hurlimann, A. C. and J. M. McKay, "What attributes of recycled water make it fit for residential purposes? The Mawson Lakes experience", *Desalination*, Vol. 187 (1 – 3), 167 – 177, 2006.

Hypes, W., C. E. Batten and J. R Wilkins, "Processing of Combined Domestic Bath and Laundry Waste Waters for Reuse as Commode Flushing Water", NASA, Langley Research Centre, Hampton, Technical Note D – 7937, 1975.

Jefferson, B., A. Laine, S. Parsons, T. Stephenson and S. Judd, "Technologies for domestic wastewater recycling", *Urban Water*, Vol. 1, 285-292, 1999.

Jefferson, B., A. Laine, C. Diaper, S. Parsons, T. Stephenson and S. J. Judd, "Water recycling technologies in the UK", *Proceedings of the Technologies for Urban Water Recycling Conference*, Cranfield University, 2000.

Jefferson, B., A. Palmer, P. Jeffrey, R. Stuetz and S. J. Judd, "Greywater characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse", *Water Science and Technology*, Vol. 50 (2), 157 - 164, 2004.

Jeffrey, P. and B. Jefferson, "Public receptivity regarding 'in-house' water recycling : results from a UK survey", *Water Science and Technology : Water Supply*, Vol. 3 (3), 109 – 116, 2003.

Jeppesen, B. & D. Solley, "Domestic Greywater Reuse : Overseas Practice and it Applicability to Australia", Research Report, No. 73, *Urban Water Research Association of Australia*, Melbourne, 1994.

Jeppesen, B., "Domestic greywater re – use : Australia's challenge for the future", *Desalination*, Vol. 106 (1 – 3), 311 – 315, 1996.

Johnson, M. P., "Environmental impacts of urban sprawl : a survey of the literature and proposed research agenda", *Environment and Planning A*, Vol. 33, 717 - 735, 2001.

Kahn, M. E., "The Environmental Impact of Suburbanization", *Journal of Policy Analysis and Management*, Vol. 19, 569 – 586, 2000.

Kambanellas, C. A., "Onsite grey water treatment and reuse", *International Water Demand Management Conference Dead Sea*, Jordan, 2004.

Konig, K. W., "Regenwassernutzung von A – Z", Malbeton GmbH – Pfohren, Gemrany, 35.

Krinner, W., C. Lallana, T. Estrela, S. Nixon, T. Zabel, L. Laffon, G. Rees and G. Cole, "Sustainable water use in Europe : Part 1: Sectoral use of water", 1999.

Laine, A. T., "Technologies for Greywater Recycling in Buildings", PhD thesis, Cranfield University, 2001.

Lallana, C., W. Krimmer and T. Estrela, "Sustainable water use in Europe Part 2 : Demand Management", EPA, 2001.

Larsen, L. and S. L. Harlan, "Desert dreamscapes. Residential landscape preference and behavior", *Landscape and Urban Planning*, Vol. 78, 85 – 100, 2005.

Lavière, I. and G. Lafrance, "Modelling the electricity consumption of cities : effect of urban density", *Energy Economics*, Vol. 21, 53 – 66, 1999.

Leggett, D. J., R. Brown, G. Stanfield, D. Brewer and E. Holiday, "Rainwater and greywater use in buildings : decision – making for water conservation", *Construction industry research and information association*, 2001.

Li, Z., H. Gulyas, M. Jahn, D.R. Gajurel and R. Otterpohl, "Greywater treatment by constructed wetlands in combination with TiO₂ - based photocatalytic oxidation for suburban and rural areas without sewer system", *Water Science and Technology*, Vol. 48 (11 – 12), 101 – 106, 2003.

Li, F., K. Wichmann, R. Otterpohl, "Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses", *Science of the Total Environment*, Vol. 407, 3439 – 3449, 2009.

Lin, C. - J., S. – L. Lo, C. – Y. Kuo and C. – H. Wu, "Pilot-scale electrocoagulation with bipolar aluminium electrodes for on-site domestic greywater reuse", *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 131 (3), 491 – 495, 2005.

Liu, J., G. C. Daily, P. C., Ehrlich and G. W. Luck, "Effects of households dynamics on resource consumption and biodiversity", *Nature*, Vol. 421, 530 - 533, 2003.

Liu, S., D. Butler, F.A. Memon, C. Makropoulos, L. Avery and B. Jefferson, "Impacts of residence time during storage on potential of water saving for grey water recycling system", *Water Research*, Vol. 44, 267 – 277, 2010.

Lloyd, C., P. Troy and S. Schreiner, "For the Public Health: The Hunter District Water Board 1892-1992", Longman Cheshire, Melbourne, 1992.

- Lux, A., "Shrinking Cities and Water Supply", in *Population Dynamics and Supply Systems* (Hummel, D., ed.), Frankfurt am Main : Campus, 161 – 179, 2008.
- March, J. G., M. Gual and F. Orozco, "Experiences on greywater re – use for toilet flushing in a hotel (Mallorca Island, Spain)", *Desalination*, Vol. 164, 241 – 247, 2003.
- Mars, R., "Case studies of greywater recycling in Western Australia", *Proceedings of the 1st International Conference on Onsite Wastewater Treatment & Recycling*, Fremantle, 2004.
- Martin, T.J., "Supply aspects of domestic rainwater tanks", South Australian Department for the Environment, Adelaide, 1980.
- Martin, C.A., "Landscape water use in Phoenix, Arizona", *Desert Plants*, Vol. 17, 26 – 31, 2001.
- Master Plumber and Mechanical Services Association of Australia, "Requirements for installation of rainwater and greywater systems in Australia", Waterlines Report Series No 10, Canberra, 2008.
- Master Plumbers and Mechanical Services Association of Australia (MPMSAA) & RMIT University, *Urban Grey Water Design and Installation Handbook*, 2008.
- Mayer, W. P. and W. B. DeOreo, "Residential end uses of water", Aquacraft, Inc. Water Engineering and Management, AWWA Research Foundation and American Water Works Association, 1999.
- Mazzanti, M. and A. Montini, "The Determinants of Residential Water Demand: Empirical Evidence for a Panel of Italian Municipalities", *Applied Economics Letters*, Vol. 13 (2), 107 - 111, 2006.
- Mediterranean wastewater reuse working group, "Mediterranean Wastewater Reuse Report, Annex B: Case Studies", 2007.
- Murdock, S.H., D. E. Albrecht, R. R. Hamm and K. Backman, "Role of Sociodemographic Characteristics in Projections of Water Use", *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 117, 235 – 251, 1991.
- Mustow, S. R., T. Smerdon, C. Pinney and R. Wagget, "Water conservation-implications of using recycled greywater and stored rainwater in the UK", Final report 13134/1, prepared by Building Services Research and Information Association for UK Drinking Water Inspectorate, 1997.

Naturvårdsverket, "What does household wastewater contain? Nutrients and metals in urine, faeces and dish - , laundry and showerwater", Report, No 4425, Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, 1995.

Nauges, C. and A. Reynaud, "Estimation de la demande domestique d'eau potable en France", *Revue Économique*, Vol. 52, 167 – 185, 2001.

Nauges, C. and A. Thomas, "Privately operated water utilities, municipal price negotiation, and estimation of residential water demand : The case of France", *Land Economics*, Vol. 76 (1), 68 – 85, 2000.

Nauges, C. and A. Thomas, "Long-run study of residential water consumption", in *Current Issues in the Economics of Water Resources Management, Theory, Applications and Policy* (Pashardes, P. Swanson, T.M. and Xepapadeas, A., eds), New York, Amsterdam, Springer and Kluwer Academic Publishers, 47 - 66, 2002.

New South Wales Government, "Sydney Water", 2005.

Nghiem, L. D., N. Oschmann and A. I. Schafer, "Fouling in greywater recycling by direct ultrafiltration", *Desalination*, Vol. 187 (1 – 3), 283 – 290, 2006.

Nolde, E., "Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings - over ten years experience in Berlin", *Urban Water*, Vol. 1, 275 – 284, 1999.

Okay, C., B. O. Akkoyunlu and M. Tayanç, "Composition of wet deposition in Kaynarca", *Turkey Environmental Pollution*, Vol 118, 401 – 410, 2002.

Olson, E. et al. "Residential Wastewater". The Swedish Nation Institute for Building Research, Stockholm, Sweden, 1968.

Ottoson, J., T. A. Stenström, "Faecal contamination of greywater and associated microbial risks", *Water Research*, Vol. 37, 645 – 655, 2003.

Ottoson, J., "Hygiene Aspects of Greywater and Greywater Reuse", Stockholm, 2003.

Palmquist, H. and H. Jonsson, "Urine, faeces, greywater and biodegradable solid waste as potential fertilizers", *Proceedings of the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation "Ecosan – Closing the loop"*, Luebeck, Germany, 2003.

Parsons, S. A., C. Bedel and B. Jefferson, "Chemical vs biological treatment of domestic greywater", *Proceedings of the 9th International Gothenburg Symposium on Chemical Treatment*, Istanbul, 2000.

Pedregal Mateos, B., "Población y Planificación Hidrológica. Análisis internacional comparado de los contenidos sociodemográficos áficos de la planificación hidrológica", Universidad de Sevilla y Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía, Sevilla, 2005.

Pfeffer, M. and J. Mayone, "Immigrant environmental behaviors in New York city", *Social Science Quarterly*, Vol. 83 (1), 64 – 81, 2002.

Pidou, M., "Hybrid membrane processes for water reuse", PhD Thesis, Cranfield University, 2006.

Pidou, M., F. A. Memon, T. Stephenson, B. Jefferson and P. Jeffrey, "Greywater recycling: treatment options and applications", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, Engineering Sustainability, Vol. 160 (ES3), 119 – 131, 2007.

Pidou, M., L. Avery, T. Stephenson, P. Jeffrey, S. A. Parsons, S. Liu, F. A. Memon and B. Jefferson, "Chemical solutions for greywater recycling", *Chemosphere*, Vol. 71, 147 – 155, 2008.

Prathapar, S. A., M. Ahmed, S. Al Adawi and S. Al Sidiari, "Design, construction and evaluation of an ablution water treatment unit in Oman : a case study", *International Journal of Environmental Studies*, Vol. 63 (3), 283 – 292, 2006.

Queensland Government, "Guidelines for the Use and Disposal of Greywater in Unsewered Areas", Queensland Government Local Government and Planning, Brisbane, 2003.

Radcliffe, J. C., "Evolution of water recycling in Australian cities since 2003", *Water Science & Technology*, Vol. 362, 792 – 802, 2010.

Ramon, G., M. Green, R. Semiat and C. Dosoretz, "Low strength greywater characterization and treatment by direct membrane filtration", *Desalination*, Vol. 170, 241 - 250, 2004.

Rao, P. S. P., G. A. Momin, P. D. Safai, A. G. Pillai and L. T. Khemani, "Rainwater and throughfall chemistry in the Silent Valley forest in south India", *Atmospheric Environment*, Vol. 29 (16), 2025 – 2029, 1995.

Rennerfelt, T. G. V., "BOD of pulp mill wastes, its determination and importance", *Verh. Internat. Vet. Limnol. XIH*, 545, 1958.

Renwick, M. E. and S. O. Archibald, "Demand side management policies for residential water use: Who bears the conservation burden?", *Land Economics*, Vol. 74, 343 – 359, 1998.

Renwick, M. E. and R. D. Green, "Do residential water demand side management policies measure up? An analysis of eight California water agencies", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 40, 37 - 55, 2000.

Renzetti, S., *The economics of water demands*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.

Robbins, P. and T. Birkenholtz, "Turf-grass revolution : measuring the expansion of the American lawn", *Land Use Policy*, Vol. 20, 181 – 194, 2003.

Robinson, M., "The storage and recycling of domestic greywater", Unpublished MSc/DIC dissertation, Imperial College of Science, Technology and Medicine, 1996.

Rose, J. B., G. Sun, C. P. Gerba and N. A. Sinclair, "Microbial quality and persistence of enteric pathogens in graywater from various household sources", *Water Research*, Vol. 25 (1), 37 – 42, 1991.

Salve, P. R., A. Maurya, S. R. Wate and S. Devotta, "Chemical Composition of Major Ions in Rainwater", *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol. 80, 242 – 246, 2008.

Saurí, D., "Lights and shadows of urban water demand management : The case of the metropolitan region of Barcelona", *European Planning Studies*, Vol. 11, 229 – 243, 2003.

Schutte, C.F. and W. A. Pretorius, "Water demand and population growth", *Water SA*, Vol. 23, 127 – 133, 1997.

Sharpe, W. E. and Swistock, B. "Household Water Conservation", Agricultural Research and Cooperative Extension, College of Agricultural Sciences, Pennsylvania State University, 2008 (διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://pubs.cas.psu.edu/FreePubs/pdfs/uh164.pdf>).

Shatewi A. A., "Techno-economics of rainwater harvesting technology for domestic usage and cooling", Universiti Teknologi Malaysia, 2008.

Shrestha, R. R., R. Haberl, J. Laber, R. Manandhar and J. Mader, "Application of constructed wetlands for wastewater treatment in Nepal", *Water Science and Technology*, Vol. 44 (11 – 12), 381 – 386, 2001.

Smith, A. and M. Ali, "Understanding the impact of cultural and religious water use", *Water and Environment Journal*, Vol. 20, 203 – 209, 2006.

Sostar – Turk, S., I. Petrinic and M. Simonic, "Laundry wastewater treatment using coagulation and membrane filtration", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 44 (2), 185 – 196, 2005.

Spinti, J. E., R. St. Hilaire and D. Van Leeuwen, "Balancing landscape preferences and water conservation in a desert community", *Horticultural Technology*, Vol. 14, 72 - 77, 2004.

Stephenson, D., "Demand Management Theory", *Water S.A.*, Vol. 25, 115 - 122, 1999.

Sydney Water, "Towards Sustainability", Report 2002 Summary, *Sydney Water*, Sydney, 2002.

Syme, G.J., C. Seligman and J. F. Thomas, "Predicting water consumption from homeowners' attitudes", *Journal of Environmental Systems*, Vol. 20, 157 – 168, 1991.

Syme, G.J., B. .E Nancarrow and C. Selingman, "The evaluation of information campaigns to promote voluntary household water conservation", *Evaluation Review*, Vol. 24, 539 – 578, 2000.

Syme, G. J., Q. Shao, Po, M. and E. Campbell, "Predicting and understanding home garden water use", *Landscape and Urban Planning*, Vol. 68, 121 - 128, 2004.

Tajima, A., "The behaviour of the pathogenic microbes in the treated wastewater reuse system and the establishment of the new technical standard for the reuse of

treated wastewater”, *Proceedings of the IWA Specialty Conference on Wastewater Reclamation and Reuse for Sustainability*, 2005.

Tchobanoglous, G., *Wastewater engineering : treatment, disposal and reuse*, McGraw – Hill series in water resources and environmental engineering, 3rd edition, 1991.

Texas Water Development Board, “The Texas Manual on Rainwater Harvesting”, 3rd edition, Austin, 2005.

Thomas, P. R. and G. R. Grenne, “Rainwater quality from different roof catchments”, *Water Science and Technology*, Vol. 28, 290 – 299, 1993.

Thomas, J.F. and G. J. Syme, “Estimating residential price elasticity for water in the presence of private substitutes: a contingent valuation”, *Water Resources Research*, Vol. 20, 1847 – 1857, 1988.

Thomas, T., “Domestic water supply using rainwater harvesting”, *Building Research and information*, Vol. 26 (2), 94 – 101, 1998.

Tsivoglou, E. C., “Oxygen relationship in streams. Robert A.”, Taft Sanitary Engineering Centre, Technical Report W-58-2, 1958.

Tullander, V., “Hushållsavloppsvatten 5. Bakteriologisk Sammensättning. Byggforskningen”, *Informationsblad*, Vol. 23, 1967.

Tuncel, G. S. and S. Ungor, “Rainwater chemistry in Ankara, Turkey”, *Atmospheric Environment*, Vol. 30, 2721–2727, 1996.

US Environmental Protection Agency, “Guidelines for water reuse”, US EPA Report, EPA/625IR-92/004, US Agency for International Development, Washington, DC, 1992.

US Environmental Protection Agency, “Guidelines for water reuse”, US EPA, Report EPA/625/R-04/108, Washington, DC, 2004.

Van der Wijst, M. and J.P. Groot – Marcus, “Consumption and domestic waste water demographic factors and developments in society”, 1999.

Van Koppen, B., "Gender in integrated water management: an analysis of variation", *Natural Resources Forum*, Vol. 25 (4), 299 – 312, 2001.

Vasudevan, L., "A study of biological contaminants in rainwater", 2002.

Victoria Environmental Protection Agency, "Guidelines for environmental management : code of practice – onsite wastewater management", 2008.

Vidal, M., "Urbanització dispersa i nous usos de l'aigua : El cas de les piscines a la Regió Metropolitana de Barcelona", Unpublished Masters Thesis, Bellaterra, UAB, Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals, 2007.

Waggett, R., "Greywater recycling and rainwater harvesting at Birmingham Eastside", Faber Maunsell, 2004.

Ward, M., "Treatment of domestic greywater using biological and membrane separation techniques", PhD thesis, Cranfield University, 2000.

Wateco, "Economics and the Environment. The implementation challenge of the Water framework Directive. A guidance document", WATECO Working Group Report, 2002.

Windust, A., *Waterwise House & Garden*, Csiro Publishing, Collinwood, Victoria, 2003.

Winneberger, J. H. T., *Manual of Grey Water Treatment Practice*, Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, MI, 1974.

Winward^a, G. P., L. M. Avery, T. Stephenson and B. Jefferson, "Chlorine disinfection of grey water for reuse: Effect of organics and particles", *Water Research*, Vol. 42, 483 – 491, 2008.

Winward^b, G. P., L. M. Avery, R. Frazer - Williams, M. Pidou, P. Jeffrey, T. Stephenson and B. Jefferson, "A study of the microbial quality of grey water and an evaluation of treatment technologies for reuse", *Ecological engineering*, Vol. 32, 187 – 197, 2008.

World Health Organization, "Who guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater : Excreta and greywater use in agriculture", Vol. IV, 2006.

Zhang, H.H. and D. F. Brown, "Understanding urban residential water use in Beijing and Tianjin, China", *Habitat International*, Vol. 29 (3), 469 – 491, 2005.

Ηλεκτρονικές πηγές

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

<http://et.diavgeia.gov.gr/f/ypeka>

<http://www.elinyae.gr/el/index.jsp>

<http://www.eydap.gr>

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

<http://medsos.gr/medsos/>

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

<http://www.environment-agency.gov.uk/>

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

<http://www.epa.vic.gov.au/>

<http://www.epa.gov/WaterSense/pubs/indoor.html>

<http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr/>

http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_html

<http://www.environment.nsw.gov.au>

<http://www.rainharvest.com>

<http://www.rainwaterharvesting.co.uk/>

<http://rainharvesting.com.au>

<http://www.environment.nsw.gov.au>

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

<http://www.ydromet.gr>

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

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

<http://www.oasisdesign.net/greywater/index.htm>

<http://partcalculator.wrcplc.co.uk/Calculator.aspx>

<http://www.thewatercalculator.org.uk/calculator.asp>

<http://www.twdb.state.tx.us>

<http://www.anthanassa.gr>

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

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

<http://www.rotosal.gr>

<http://www.enya.gr>

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

<http://www.hydranos.org/hydranos2/index.shtml>

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

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

<http://www.shielco.gr/biological.htm>

<http://www.e-pool.gr/epe3ergasia-neroy.html>

www.ecomechanica.gr

www.ecomec.gr

www.ecologiki.gr

<http://www.envima.gr>

<http://bio.elisson.gr/downloads.php>

<http://www.ballis.gr>

<http://veltiotiki.gr/content/view/14/15/>

<http://aqua2use.com>

<http://www.biotecs.gr>

<http://www.ecotech.gr>

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

<http://www.chatziannakidis.gr>

<http://www.bakoplast.gr/oriz.htm>

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

<http://www.sanico.gr>

<http://www.nobelitaly.it>

<http://plaitis.com>

http://www.karanasios.gr/water_tanks.el.aspx

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

<http://www.wilo.gr>

<http://www.pixmania.gr>

<http://www.vitalbox.eu>

<http://www.diana-skordas.gr>

<http://tankone.zetaplast.net>

www.waterloo-biofilter.com

http://www.morava-ekol.eu/cisticky_pro_hotely/cisticky_pro_hotely.htm

<http://www.viqua.com/product.php?p=8>

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

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

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

<http://www.freshwatersystems.com>

<http://www.lanse.com/greek/shop.php>

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

<http://user.eportal.gr/faucet.gr>

<http://www.ehow.com>

<http://www.waess.gr>

<http://www.exoikonomisi.com>

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

<http://www.s-bath.skrouzstore.gr>

<http://www.ecofamily.gr>

<http://www.skrouz.gr>

http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/electrikes_syskeves_simansi.htm

<http://www.kotsovolos.gr/site/>

<http://www.aeg.co.uk/Products/Laundry/Freestanding>

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

<http://www.siemens.com/answers/gr/el/>

<http://www.lg.com/gr/home-appliance/washing-machine/index.jsp>

Παραρτήματα

I. Παράρτημα I : Παρελκόμενος εξοπλισμός διαχειριστικών σεναρίων

I1 : Αντλίες

Οι αντλίες (εικόνα I.1) αποτελούν στοιχειώδεις παρελκόμενες συσκευές για την ομαλή λειτουργία των συστημάτων βρόχινου, γκρίζου νερού ή και μικτών υγρών οικιακών αποβλήτων που παρουσιάστηκαν στο 3^ο κεφάλαιο της εργασίας.



Εικόνα I.1 : Αντλίες (Πηγή : <http://www.grundfos.gr>)

Ειδικότερα, αντλίες χρησιμοποιούνται στις εξής περιπτώσεις :

- Για τη μεταφορά αποθηκευμένου βρόχινου ή επεξεργασμένου νερού (επεξεργασμένο γκρίζο νερό ή επεξεργασμένα οικιακά απόβλητα) από μια δεξαμενή σε μια άλλη η οποία βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο σε σχέση με την πρώτη.
- Για τη μεταφορά αποθηκευμένου νερού (που προέρχεται από επεξεργασία ή όχι) μέσα από το δίκτυο σωληνώσεων της κατοικίας σε κάποιο σημείο ζήτησης. Στην περίπτωση αυτή το αντλούμενο νερό θα πρέπει να έχει μια ελάχιστη απαιτούμενη πίεση.
- Για την προσθήκη χημικού σε αποθηκευμένο νερό το οποίο έχει προηγουμένως υποστεί επεξεργασία ή όχι. Στην περίπτωση αυτή των

δοσομετρικών αντλιών η λειτουργία της αντλίας μπορεί να γίνεται έπειτα από εντολή του χρήστη ή αυτόματα.

- Για την ανακυκλοφορία ιλύος στην περίπτωση συστημάτων επεξεργασίας οικιακών λυμάτων που λειτουργούν με βάση την αρχή της ενεργού ιλύος.
- Για την τροφοδοσία του συστήματος αερισμού σε συστήματα επεξεργασίας που η λειτουργία τους στηρίζεται στην αερόβια επεξεργασία λυμάτων (αεραντλία).

Οι τρεις τελευταίες περιπτώσεις αντλιών είναι συνήθως ενσωματωμένες στα συστήματα επεξεργασίας ή απολύμανσης και επομένως, ο ιδιοκτήτης της κατοικίας δεν χρειάζεται να αποφασίσει για τα χαρακτηριστικά τους.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι αντλιών, καθένας από τους οποίους προτείνεται για συγκεκριμένες χρήσεις. Οι σημαντικότεροι τύποι αντλιών που κυκλοφορούν είναι οι εξής :

1. Φυγοκεντρικές αντλίες μη – αυτόματης πλήρωσης
2. Αντλίες αυτόματης αναρρόφησης
3. Υποβρύχιες αντλίες
4. Υποβρύχιες αντλίες αποστράγγισης
5. Αντλίες ακαθάρτων υδάτων
6. Αντλίες με τζιφάρι

Ο τύπος της αντλίας καθορίζεται από τη χρήση για την οποία απαιτείται. Ωστόσο, πέραν από τον τύπο για την επιλογή της κατάλληλης αντλίας απαιτείται ο καθορισμός ορισμένων παραμέτρων, οι κυριότεροι από τους οποίους παρουσιάζονται παρακάτω.

- Η παροχή την οποία θα πρέπει να μεταφέρει η αντλία. Ως τιμή παροχής λαμβάνεται η μέγιστη απαιτούμενη ποσότητα νερού στην μονάδα του χρόνου (παροχή αιχμής).
- Το μανομετρικό ύψος, το οποίο υπολογίζεται αθροίζοντας τους παρακάτω παράγοντες :
 - Το βάθος αναρρόφησης από τη στάθμη επιφάνεια του νερού έως τη στάθμη της αντλίας
 - Απώλειες τριβής στο σωλήνα στο σωλήνα αναρρόφησης
 - Ύψος από τη στάθμη της αντλίας έως το υψηλότερο σημείο ζήτησης
 - Απώλειες τριβής στο δίκτυο σωληνώσεων κατόπιν της αντλίας
 - Απαιτούμενη ελάχιστη πίεση στο υψηλότερο σημείο ζήτησης νερού.

Ακολουθούν 2 εφαρμογές στις οποίες φαίνεται πως γίνεται η επιλογή της αντλίας με βάση τα χαρακτηριστικά της.

Αρχικά, γίνονται οι εξής παραδοχές για την αντλία :

- Η αντλία βρίσκεται τοποθετημένη στο ύψος της επιφάνειας του εδάφους
- Η άντληση του νερού γίνεται από δεξαμενή στην οποία η επιφάνεια του νερού δεν υπερβαίνει το 1,00 m απόσταση από την αντλία
- Η κατοικία είναι διώροφη και το υψηλότερο σημείο ζήτησης είναι το λουτρό του 2^{ου} ορόφου
- Το ύψος κάθε ορόφου είναι 3,00 m
- Η ελάχιστη πίεση σε κάθε καζανάκι είναι 2,5 bar (= 25,00 m)
- Οι απώλειες υπολογίζονται από εμπειρικό τύπο με βάση τον οποίο για κάθε όροφο = αριθμός ορόφου + 2,00 m

A) Αντλία που μεταφέρει νερό από δεξαμενή αποθήκευσης στα καζανάκια των λουτρών της κατοικίας.

Στους παρακάτω πίνακες I.1 και I.2 δίνονται κάποια στοιχεία για τη ζήτηση και τον υπολογισμό του μανομετρικού ύψους.

Πίνακας I.1 : Υπολογισμός παροχής αντλίας (1)

Καζανάκι χωρητικότητα (l)	9
Χρόνος πλήρωσης του δοχείου (sec)	20
Αριθμός από καζανάκια	2
Παροχή αιχμής - σχεδιασμού (l/sec)	0,9
Παροχή αιχμής - σχεδιασμού (m ³ /h)	3,2

Πίνακας I.2 : Υπολογισμός μανομετρικού ύψους αντλίας

Βάθος αναρρόφησης από την επιφάνεια του νερού ως την αντλία (m)	2,50
Απώλειες τριβής στο σωλήνα αναρρόφησης (m)	1,00
Ύψος αντλίας από το υψηλότερο σημείο ζήτησης (m)	4,50
Απώλειες τριβής στις σωληνώσεις τις κατοικίας (m)	4,00
Απαιτούμενη ελάχιστη πίεση στα δοχεία (m)	25,00
Συνολικό ύψος (m)	37,00

Με βάση το μανομετρικό ύψος και την παροχή αιχμής μπορεί να γίνει η επιλογή της αντλίας από πίνακες κατασκευαστών.

B) Αντλία που μεταφέρει νερό στα καζανάκια των λουτρών της κατοικίας και στο δίκτυο άρδευσης.

Ο υπολογισμός των παραμέτρων της αντλίας στην περίπτωση αυτή θα γίνει για την θερινή περίοδο όπου οι αρδευτικές απαιτήσεις του κήπου της κατοικίας είναι αυξημένες. Στον πίνακα I.3 που ακολουθεί δίνονται κάποια στοιχεία για τη ζήτηση και τον υπολογισμό του μανομετρικού ύψους.

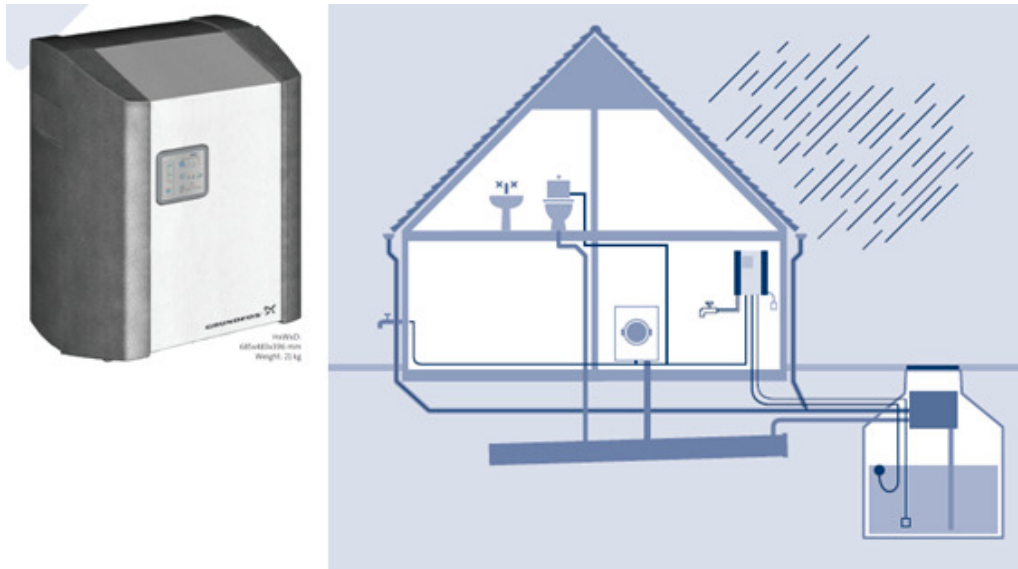
Πίνακας I.3 : Υπολογισμός παροχής αντλίας (2)

Καζανάκι χωρητικότητα (l)	9
Χρόνος πλήρωσης του δοχείου (sec)	20
Αριθμός από καζανάκια	2
Εσωτερική παροχή (l/sec)	0,9
Εσωτερική παροχή (m ³ /h)	3,24
Επιφάνεια κήπου κατοικίας (m ²)	80
Απαίτηση άρδευσης (l/m ²)	7
Διάρκεια προγράμματος άρδευσης (min)	30
Συνολική απαίτηση άρδευσης (m ³ /h)	1,12
Παροχή αιχμής - σχεδιασμού (m ³ /h)	4,36

Για τον υπολογισμό του μανομετρικού ύψους στην περίπτωση αυτή ακολουθούμε την ίδια διαδικασία όπως και στην περίπτωση Α μόνον που στις απώλειες τριβών θα πρέπει να υπολογιστούν και οι απώλειες που οφείλονται στη ροή του νερού στις σωληνώσεις του δικτύου άρδευσης, οπότε θα πρέπει να είναι γνωστό και το ακριβές μήκος του δικτύου. Επίσης, θα πρέπει να είναι γνωστή και η απαιτούμενη πίεση στα ακροφύσια των σωλήνων του δικτύου άρδευσης.

I2 : Αυτόματο σύστημα διαχείρισης βρόχινου (& γκρίζου) νερού

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστεί η συσκευή “RMQ” της Grundfos. Η μονάδα “RMQ” για το βρόχινο νερό αποτελεί μια συσκευή για τον έλεγχο και τη διαχείριση της συλλογής και χρήσης του βρόχινου νερού της κατοικίας. Η παρούσα συσκευή έχει ικανότητα ανίχνευσης σφάλματος στο σύστημα συλλογής του βρόχινου νερού και πραγματοποίησης των απαραίτητων ρυθμίσεων. Όταν στη δεξαμενή βρόχινου νερού δεν υπάρχει επαρκής ποσότητα νερού, η συσκευή “RMQ” αλλάζει την παροχή τροφοδοσίας της κατοικίας από τη δεξαμενή βρόχινου νερού στο δίκτυο της εταιρείας ύδρευσης, εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη ποσότητα νερού στα διάφορα σημεία κατανάλωσης (για παράδειγμα, βρύσες, καζανάκια, πλυντήρια ρούχων κ.α.). Η επιλογή της πηγής τροφοδοσίας – ανάλογα με τη διαθέσιμη ποσότητα του βρόχινου νερού γίνεται με τη βοήθεια μιας τρίοδης βάνας. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το σύστημα αυτόματης διαχείρισης βρόχινου νερού διαθέτει ενσωματωμένη αντλία. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα χειροκίνητης εναλλαγής της πηγής τροφοδοσίας της κατοικίας, πέραν του αυτοματισμού που παρέχει η συσκευή “RMQ”. Στην εικόνα I2 που ακολουθεί παρουσιάζεται το σύστημα “RMQ” σε μια τυπική κατοικία.



Εικόνα I.2 : Σύστημα διαχείρισης “RMQ” σε τυπική κατοικία (Πηγή : <http://www.grundfos.com/>)

Μερικά από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της συσκευής είναι :

- Πίεση συστήματος : μέχρι 7,5 bar
- Πίεση εισόδου : μέγιστη τιμή 4 bar
- Ικανότητα αναρρόφησης : μέγιστη τιμή 8 m
- Περιοχή ονοματικής τάσης : 1 x 220 – 240 V
- Βάρος : 27 Kg
- Διαστάσεις : 685 x 483 x 396 mm

Μια άλλη συσκευή η οποία ακολουθεί το ίδιο σκεπτικό παρουσιάζεται παρακάτω και είναι η “Wilo-RainSystem AF Basic” που διατίθεται από την εταιρεία WILO. Περισσότερες πληροφορίες στη διεύθυνση : <http://www.wilo.gr>.

II. Παράρτημα II : Περιγραφή τεχνολογιών διαχειριστικών σεναρίων

Το παράρτημα II περιλαμβάνει χαρακτηριστικά στοιχεία ορισμένων τεχνολογιών που προτάθηκαν για την υλοποίηση διαχειριστικών σεναρίων που περιγράφηκαν αναλυτικά στο 4^ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας. Ειδικότερα, στους πίνακες II.1, II.2 και II.3 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα τεχνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού των εναλλακτικών τεχνολογιών που προτάθηκαν για την 1^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων. Οι συγκεκριμένες τεχνολογίες περιγράφηκαν αναλυτικά στο 4^ο κεφάλαιο.

Πίνακας II.1 Περιγραφή & κόστος 1^{ης} εναλλακτικής τεχνολογίας 4^{ου} και 6^{ου} διαχειριστικού σεναρίου (1^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων)

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ	
Χημικό σύστημα επεξεργασίας γκρίζου νερού	4.430,00 €
Χωματοουργικά	500,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες (συνδέσεις)	500,00 €
Φίλτρα μικροδιήθησης MF	246,00 €
Απολυμαντής UV	450,00 €
Αυτόματο σύστημα διαχείρισης γκρίζου νερού	2.600,00 €
Επιπρόσθετες σωληνώσεις ροής γκρίζου νερού	1.500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	10.226,00 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	304,04 €
Πρόσθετα (εξαρτήματα, χημικά)	86,10 €
Λαμπτήρες UV	50,00 €
Συντήρηση φίλτρων	60,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	500,14 €

Πίνακας II.2 : Περιγραφή & κόστος 3^{ης} εναλλακτικής τεχνολογίας 4^{ου} και 6^{ου} διαχειριστικού σεναρίου(1^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων)

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ	
Compact σύστημα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας	3.690,00 €
Χωματοουργικά	500,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες(συνδέσεις)	500,00 €
Φίλτρα μικροδιήθησης MF	246,00 €
Χλωριωτής ταμπλέτας	200,00 €
Αυτόματο σύστημα διαχείρισης γκρίζου νερού	2.600,00 €
Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένης εκροής	300,00 €
Επιπρόσθετες σωληνώσεις ροής γκρίζου νερού	1.500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	9.536,00 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	216,89 €
Πρόσθετα (εξαρτήματα, χημικά)	50,00 €
Συντήρηση φίλτρων	60,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	326,89 €

Πίνακας II.3 : Περιγραφή & κόστος 2^{ης} εναλλακτικής τεχνολογίας 4^{ου} & 6^{ου} διαχειριστικού σεναρίου (1^η ομάδα διαχειριστικών σεναρίων)

ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΗΣ	
Αναερόβιο βιολογικό φίλτρο για επεξεργασία γκρίζου νερού	2.100,00 €
Χωματοουργικά	500,00 €
Γερανός για τοποθέτηση	
Διάφορες εργασίες(συνδέσεις)	500,00 €
Φίλτρα μικροδιήθησης MF	246,00 €
Χλωριωτής ταμπλέτας	200,00 €
Αυτόματο σύστημα διαχείρισης γκρίζου νερού	2.600,00 €
Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένης εκροής	300,00 €
Επιπρόσθετες σωληνώσεις ροής γκρίζου νερού	1.500,00 €
Συνολικό κόστος εξοπλισμού	7.946,00 €
ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Ενεργειακή κατανάλωση	195,66 €
Πρόσθετα (εξαρτήματα, χημικά)	50,00 €
Συντήρηση φίλτρων	60,00 €
Συνολικό κόστος λειτουργίας & συντήρησης	305,66 €

