



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

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

ΥΔΡΟ-ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΣ ΑΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ

ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΝΕΡΟΥ-

Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΤΡΙΤΣΗ

Χρύσα Βασιλοπούλου

Αθήνα, Νοέμβριος 2017

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»

Επιβλεπων: Χρήστος Μακρόπουλος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω καταρχήν όλους όσους συνέβαλαν με οποιονδήποτε τρόπο στην επιτυχή εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Πρώτα από όλους θα ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου κ. Χρήστο Μακρόπουλο για την εμπιστοσύνη που έδειξε και μου ανέθεσε τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία και που ήταν πάντα διαθέσιμος να μου προσφέρει τις γνώσεις του, την εμπειρία του και να λύσει οποιεσδήποτε απορίες μπορεί να είχα κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου. Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ.Σόνια Μαυρομάττη, Λέκτορα του Τομέα του Εργαστηρίου Αστικού περιβάλλοντος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου της σχολής Αρχιτεκτόνων μηχανικών για τη βοήθειά της στη συλλογή του υλικού. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θέλω να αποδώσω στον κ. Γιάννη Πολύζο καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου της Σχολής Αρχιτεκτόνων μηχανικών και προέδρου του Φορέα Διαχείρισης του Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντώνης Τρίτση.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική παρουσιάζονται και αναλύονται οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού, θεμελίωσης και συγκρότησης πολυδύναμων μοντέλων εναλλακτικής και ολοκληρωμένης διαχείρισης των αστικών υδατικών πόρων, με ιδιαίτερη έμφαση στην κατανεμημένη διαχείριση και στις αποκεντρωμένες λύσεις και πρακτικές. Η αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων της αστικής λειτουργίας σε σχέση με περιβαλλοντικές παραμέτρους, τα τελευταία χρόνια οδηγεί στο σχεδιασμό και στην εφαρμογή καινοτόμων σχημάτων παρέμβασης στο επίπεδο του αστικού συστήματος, με κριτήρια την αειφορία παράλληλα με την ανάπτυξη των υποδομών, την οικονομική βιωσιμότητα, την κοινωνική σταθερότητα και την ορθή χρήση των φυσικών πόρων (Leitmann 1999 Butler & Maksimovic, 1999). Το πεδίο της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων περιλαμβάνει τη διαχείριση υποδομών νερού, αλλά και τη διαχείριση των ομβρίων και των υγρών αποβλήτων σε επίπεδο πόλης. Βασικός στόχος των παραπάνω προσεγγίσεων είναι ο περιορισμός των επιπτώσεων της αστικοποίησης, της αστικής θερμικής νησίδας και της κλιματικής αλλαγής στον φυσικό κύκλο του νερού, που μπορούν να εφαρμοστούν σε επίπεδο υποδομών. Οι προσεγγίσεις αυτές επιδιώκουν: (α) τη διαχείριση της υδατικής ισορροπίας μέσα από τη διατήρηση επαρκών επιπέδων και αποθεμάτων και στην προστασία της ποιότητας των υδάτων, (β) τον περιορισμό των επιβλαβών ενεργειών της ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων (γ) την ενίσχυση της διατήρησης, εξοικονόμησης και ανακύκλωσης του νερού μέσω της προώθησης νέων χρήσεων ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης. Οι σύγχρονες τάσεις για την ολοκληρωμένη διαχείριση επεκτείνονται για να συμπεριλάβουν την ανάγκη ανάπτυξης υδρο-ευαίσθητων αστικών σχηματισμών βασισμένες σε χαρακτηριστικά δυναμικής προσαρμοστικότητας και κοινωνικής συμμετοχής, που δίνουν έμφαση σε υποδομές ενθάρρυνσης της αξιοποίησης εναλλακτικών πηγών νερού, καθώς και σε καινοτόμες υπηρεσίες υδατικών πόρων. Σήμερα, η διαχείριση των υδατικών πόρων προσεγγίζεται ως ένα σύμμεικτο πρόβλημα που περιλαμβάνει τόσο τεχνολογικές και κατασκευαστικές παραμέτρους, όσο και κοινωνικο-οικονομικές παρεμβάσεις μέσα από την ενεργοποίηση θεσμών, αλλά και την εμπλοκή των ίδιων των συμμετεχόντων. Η διαμόρφωση ενός υδρο-ευαίσθητου καθεστώτος διαχείρισης επιχειρείται να εφαρμοστεί στο Πάρκο Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντώνης Τρίτση, τόσο με μικρο-επεμβάσεις που είναι περιβαλλοντικά φιλικές όσο και με μηχανισμούς προαγωγής της αειφόρου λειτουργίας του δημόσιου αστικού χώρου.

Λέξεις κλειδιά

Αστικός χώρος, αστικοποίηση, Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας, κλιματική αλλαγή, εναλλακτικοί υδατικοί πόροι, μη συμβατικά αστικά δίκτυα νερού, καινοτόμες παρεμβάσεις αποκεντρωμένης διαχείρισης, υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός, φυσικές υποδομές νερού, Πάρκο Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντώνης Τρίτση.

Abstract

The research presented in this thesis highlights and analyses the basic parameters of planning, setting up and establishment of versatile models of alternative and integrated management of urban water resources, with particular emphasis on distributed management and decentralized solutions and practices. Addressing the negative impacts of urban function on environmental parameters, has recently led to design, development and implementation of innovative intervention schemes at the level of the urban system, based on sustainability criteria alongside the development of infrastructures, economic viability, social stability and the proper use of natural resources (Leitmann 1999 Butler & Maksimovic, 1999). The field of integrated water resource management (IWRM) includes the management of water infrastructures as well as the management of rainwater and wastewater at city level. The main objective of these approaches is to reduce the impact of urbanization, urban heat island effect and climate change on the natural water cycle, which it can be implemented at infrastructure level. The approaches seek: (a) to manage the water balance through the maintenance of adequate levels and reserves of water resources and the protection of water quality, (b) to reduce the harmful effects of surface water and groundwater pollution, (c) to enhance the conservation, saving and recycling of water through the promotion of new ways of recycling and reuse. Modern trends for integrated management are expanded to include the need for development of water sensitive urban forms, based on dynamic adaptability and social participation that emphasize infrastructures which promote the use of alternative water resources as well as innovative water resource services. Today water resource management is addressed as a mixed problem involving both technological and constructional parameters, as well as socio-economic interventions through the activation of institutions and the involvement of stakeholders. The formulation of a water sensitive urban design (WSUD) is attempted to be implemented in Environmental Awareness Park Antonis Tritsis, both with environmentally friendly micro-interventions and mechanisms that promote the viable function of the public space.

keywords: urban space, urbanization, urban heat island effect, climate change, alternative water resources, unconventional urban water infrastructures, innovative decentralized management, water sensitive urban design (WSUD), natural water infrastructures, Environmental Awareness Park Antonis Tritsis

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Υδατικοί πόροι και πιέσεις.....	1
1.2 Σκοπός της διπλωματικής.....	4
1.3 Διάρθρωση της διπλωματικής.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΠΟΛΕΙΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	6
2.1 Τάσεις αστικοποίησης.....	6
2.1.1 Αστικοποίηση και υδρολογικές μεταβολές.....	9
2.1.2 Αστικές απορροές και ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	11
2.2 Κλιματική αλλαγή.....	13
2.3 Το Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας και ο ρόλος του πράσινου.....	14
2.4 Δυνατότητες για μετριασμό του Φαινομένου της Αστικής Θερμική Νησίδας αξιοποιώντας το νερό.....	16
2.5 Οικοσυστήματα, χώροι πρασίνου, υδατικοί πόροι / Δυνατότητες για μετριασμό του Φαινομένου της Αστικής Θερμική Νησίδας.....	17
2.6 Διαχείριση των υδατικών πόρων.....	20
2.6.1 Συμβατική διαχείριση του αστικού νερού (δίκτυα/κεντρικές υποδομές).....	25
2.6.2 Μη συμβατική διαχείριση αστικού νερού (αποκεντρωμένα συστήματα, φυσικά συστήματα).....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΑΣΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΝΕΡΟΥ - ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ	37
3.1 Ιστορική εξέλιξη των πόλεων με βάση τα αστικά δίκτυα νερού.....	37
3.2 Ιστορική εξέλιξη των συμβατικών αστικών δικτύων νερού.....	39
3.3 Βιώσιμα πρότυπα διαχείρισης του αστικού νερού.....	41
3.3.1 Ανάπτυξη Χαμηλών Επιπτώσεων (Low Impact Development - LID) και	

Χαμηλών Επιπτώσεων Αστικός Σχεδιασμός και Ανάπτυξη (Impact Urban Design and Development - LIUDD).....	42
3.3.2 Υδρο-ευαίσθητος Αστικός Σχεδιασμός (Water sensitive urban design - WSUD).....	43
3.3.3. Αειφορικά Συστήματα Αστικής Αποστράγγισης (Sustainable urban drainage systems - SUDS) ή Αειφορικά Συστήματα Αποστράγγισης (sustainable drainage systems - SuDS).....	44
3.3.4. Πρακτικές Βέλτιστης Διαχείρισης (Best Management Practices -BMPs) - Μέτρα Ελέγχου της Απορροής (Stormwater Control Measure - SCM).....	45
3.3.5 Εναλλακτικές τεχνικές (Alternative techniques - ATs) ή Ανταποδοτικές Τεχνικές (compensatory techniques - CTs).....	47
3.3.6 Έλεγχος στην Πηγή (Source control).....	48
3.3.7 Πράσινες Υποδομές (Green infrastructure).....	49
3.3.8 Μπλε/Πράσινες λύσεις (Blue-Green solutions).....	50
3.3.9 Συμπεράσματα για την εξέλιξη των βιώσιμων προτύπων.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΥΔΡΟΕΥΑΙΣΘΗΤΟΣ ΑΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ.....	53
4.1 Οι πόλεις του μέλλοντος- Υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός και ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες.....	53
4.2 Υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός και διαμόρφωση υπαιθρίων χώρων.....	55
4.3 Υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός και συστήματα.....	56
4.3.1 Συστήματα με βλάστηση.....	57
4.3.1.1 Τάφροι με βλάστηση.....	57
4.3.2 Συστήματα διήθησης και βιοδιήθησης.....	58
4.3.2.1 Λεκάνες-λίμνες διήθησης.....	59
4.3.2.2 Κανάλια ή τάφροι διήθησης.....	60
4.3.2.3 Κήποι βροχής (rain gardens).....	61
4.3.3 Συστήματα αποθήκευσης.....	63
4.3.3.1 Λεκάνες βιοκατακράτησης.....	63
4.3.3.2 Τεχνητοί υγρότοποι.....	64
4.3.4 Συστήματα επιστρώσεων.....	66
4.3.4.1 Υδατοπερατές επιφάνειες (υδατοπερατά πεζοδρόμια, υδατοπερατά οδοστρώματα).....	66

4.3.4.2 Ψυχρά δάπεδα.....	70
4.3.5 Ηλιακή λίμνη.....	71
4.3.6 Άλλα συστήματα.....	73
4.3.6.1 Τεχνητές λίμνες και κανάλια νερού.....	73
4.3.6.2 Μικροψεκαστήρες δροσισμού.....	75
4.4 Τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα.....	76
4.4.1 Τεχνητός εμπλουτισμός με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.....	78
4.5 Ανάκτηση λυμάτων απευθείας από το δίκτυο αποχέτευσης (sewer mining).....	81

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΤ.ΤΡΙΤΣΗ

.....	83
5.1 Γεωγραφική επισκόπηση της περιοχής μελέτης.....	83
5.2 Ιστορικά στοιχεία εξέλιξης της περιοχής-Ιδιοκτησιακό καθεστώς.....	84
5.3 Ισχύοντες Όροι-Κανονισμοί-Νομοθεσία στο Πάρκο Τρίτση.....	86
5.4 Ανθρωπογενές περιβάλλον.....	87
5.4.1 Κοινωνικο-οικονομικά στοιχεία.....	87
5.4.2 Προβλήματα της ευρύτερης περιοχής μελέτης (Δυτική Αττική) - Πιέσεις στα υδατικά οικοσυστήματα.....	90
5.4.3 Περιμετρικές χρήσεις γης και πρόσβαση στο Πάρκο Τρίτση.....	92
5.5 Φυσικό περιβάλλον.....	94
5.5.1 Υδρογραφικό δίκτυο.....	94
5.5.2 Μορφολογία.....	95
5.5.3 Γεωλογία.....	97
5.5.4 Υδρογεωλογία.....	98
5.5.5 Κλιματολογικές και μετεωρολογικές συνθήκες.....	100
5.5.5.1 Βιοκλιματικά χαρακτηριστικά.....	100
5.5.5.2 Κλιματολογικά στοιχεία.....	100
5.5.6 Χλωρίδα-υπάρχουσα βλάστηση.....	102
5.5.7 Πανίδα.....	103
5.6 Πλημμυρικός κίνδυνος.....	103

5.6.1. Πλημμυρικό ιστορικό.....	103
5.6.2 Πλημμυρικός κίνδυνος (flood hazard).....	105
5.6.3 Τρωτότητα (vulnerability).....	107
5.6.4 Πλημμυρική επικινδυνότητα (flood risk).....	108
5. 7 Αρχική πρόταση διάσωσης Πάρκου Τρίτση.....	109
5.7.1 Γενική επισκόπηση της μελέτης.....	109
5.7.2 Διαχείριση των υδατικών πόρων-εναλλακτικές πηγές υδροδότησης.....	111
5.7.3 Δίκτυο τεχνητών λιμνών και καναλιού.....	111
5.7.4 Σύστημα βιολογικής επεξεργασίας (Περιστρεφόμενοι Βιολογικοί Δίσκοι).....	113
5.7.5 Αξιολόγηση της κατάστασης σήμερα.....	115
5.7.5.1 Γενική επισκόπηση.....	115
5.7.5.2 Τελικά συμπεράσματα και γενική επισκόπηση της διαχείρισης των υδατικών πόρων.....	116
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΥΔΡΟ-ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΡΚΟ ΤΡΙΤΣΗ.....	127
6.1 Δυνατά, αδύναμα σημεία και ευκαιρίες.....	127
6.2. Εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης των υδατικών πόρων.....	130
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	139
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	145
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	155
ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.....	157

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1, Διαφορές μεταξύ συμβατικής και ολοκληρωμένης διαχείρισης του αστικού νερού.	24
Πίνακας 2, Διαφορές μεταξύ συμβατικής και μη συμβατικής προσέγγισης του δικτύου ύδρευσης.....	31
Πίνακας 3, Διαφορές μεταξύ συμβατικής και ολοκληρωμένης διαχείρισης του αποχετευτικού δικτύου.....	35
Πίνακας 4, Βασικές διαφορές μεταξύ συμβατικών και βιώσιμων προσεγγίσεων για τη διαχείριση των ομβρίων υδάτων.....	36
Πίνακας 5, Τυπολογίες υδατοπερατών επιστρώσεων.....	67
Πίνακας 6, Αναμενόμενη απόδοση των συστημάτων πορώδους επίστρωσης.....	70
Πίνακας 7, Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιαστική χρήση και εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με γεωτρήσεις.....	79
Πίνακας 8, Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων/ Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα.....	80
Πίνακας 9, Εξέλιξη πληθυσμού των δήμων Δυτικής Αττικής.....	88
Πίνακας 10, Σημαντικά ρέματα των δήμων Ιλίου και Αγ.Αναργύρων-Καματερού.....	94
Πίνακας 11, Γεωγραφικά δεδομένα σταθμού Αχαρνών.....	101
Πίνακας 12, Ελάχιστη, μέση και μέγιστη θερμοκρασία κατά μήνα (σταθμός Αχαρνών).....	101
Πίνακας 13, Μέση μηνιαία υγρασία (σταθμός Αχαρνών).....	102
Πίνακας 14, Μέσος όρος βροχόπτωσης την υγρή περίοδο (σταθμός Αχαρνών).....	102
Πίνακας 15, Μέσος όρος βροχόπτωσης την ξηρή περίοδο (σταθμός Αχαρνών).....	102
Πίνακας 16, Πίνακας των βασικών δραστηριοτήτων μετά την ανάπλαση του Πάρκου Τρίτση..	110
Πίνακας 17, Κριτήρια εισροής-εκροής.....	114
Πίνακας 18, Πίνακας των υδροληπτικών σημείων εντός των ορίων του Πάρκου με στοιχεία παροχών και κατάσταση λειτουργίας.....	123
Πίνακας 19, Πίνακας των υδροληπτικών σημείων εκτός των ορίων του Πάρκου με στοιχεία παροχών και κατάσταση λειτουργίας.....	124
Πίνακας 20, Υδατικό ισοζύγιο και έλλειμμα την ξηρή περίοδο, σύμφωνα με τη μελέτη «Υδρογεωλογικών Εργασιών και Εκτίμησης του Υδατικού Ισοζυγίου στο Πάρκο «Αντώνης Τρίτση» το 2009 από τον γεωλόγο Μιχάλη Λιονή.....	126

Πίνακας 21, Υδατικό ισοζύγιο την υγρή περίοδο, πριν την εφαρμογή εναλλακτικών σεναρίων.	134
Πίνακας 22, Υδατικό ισοζύγιο την υγρή περίοδο για το σενάριο 1.....	135
Πίνακας 23, Υδατικό ισοζύγιο τη ξηρή περίοδο, πριν την εφαρμογή εναλλακτικών σεναρίων...	136
Πίνακας 24, Υδατικό ισοζύγιο τη ξηρή περίοδο για το σενάριο 1.....	136
Πίνακας 25, Υδατικό ισοζύγιο την ξηρή περίοδο για το σενάριο 2.....	137
Πίνακας 26, Υδατικό ισοζύγιο την ξηρή περίοδο για το σενάριο 3.....	137
Πίνακας 27, Υδατικό ισοζύγιο την ξηρή περίοδο για το σενάριο 4.....	138

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1, Σχέση νερού-αστικοποίησης.....	7
Σχήμα 2, Αστικός κύκλος του γλυκού νερού και των λυμάτων.....	8
Σχήμα 3, Διάγραμμα υδρολογικού κύκλου.....	9
Σχήμα 4, Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.....	14
Σχήμα 5, Αριστερά διαπερατές επιφάνειες στην ύπαιθρο, δεξιά αδιαπέρατες επιφάνειες στην πόλη.....	18
Σχήμα 6, Δίκτυα διαχείρισης αστικού νερού.....	22
Σχήμα 7, Στοιχεία διαχείρισης των αστικών συμβατικών δικτύων ύδρευσης νερού.....	25
Σχήμα 8, Συμβατική διαχείριση των λυμάτων.....	26
Σχήμα 9, Απλοποιημένο διάγραμμα της ροής των ομβρίων υδάτων στο αστικό περιβάλλον και πριν την τελική διάθεση σε κάποιο υδατικό αποδέκτη.....	29
Σχήμα 10, Βρόχινο νερό και αστικές υποδομές -αλληλοεξαρτήσεις.....	30
Σχήμα 11, Γραμμική και κυκλική επεξεργασία λυμάτων.....	33
Σχήμα 12, Διαφορετικά ρεύματα λυμάτων και δυνατότητες αξιοποίησης.....	34
Σχήμα 13, Αστικά δίκτυα νερού: Υδρο-κοινωνικό συμβόλαιο.....	37
Σχήμα 14, Αύξηση της πολυπλοκότητας των αστικών δικτύων αποστράγγισης.....	41
Σχήμα 15, Μετάβαση από γκρίζες σε πράσινες υποδομές.....	50
Σχήμα 16, Η εξέλιξη των Μπλε-πράσινων λύσεων (BG-S).....	51
Σχήμα 17, Οι πόλεις του μέλλοντος.....	53
Σχήμα 18, Τυπικές τομές υγρής (επάνω) και ξηρής (κάτω) τάφρου.....	58
Σχήμα 19, Σχηματική τομή λεκάνης διήθησης.....	60

Σχήμα 20, Ενδεικτική τομή ενός κήπου βροχής συλλογής βρόχινου νερού από στέγη.....	63
Σχήμα 21, Σχηματική τομή λεκάνης βιοκατακράτησης σε χώρο στάθμευσης.....	64
Σχήμα 22, Σχηματική τομή τεχνητού υγροτόπου κατακόρυφης υπόγειας ροής.....	65
Σχήμα 23, Σχηματική τομή τεχνητού υγροτόπου οριζόντιας υπο-επιφανειακής ροής.....	66
Σχήμα 24, Μεταβλητές υδατικού ισοζυγίου για υδατοπερατή επίστρωση.....	66
Σχήμα 25, Υδατοπερατή επίστρωση και πλήρης διήθηση.....	68
Σχήμα 26, Υδατοπερατή επίστρωση και μερική διήθηση.....	68
Σχήμα 27, Υδατοπερατή επίστρωση χωρίς διήθηση (μείωση όγκου απορροής).....	69
Σχήμα 28, Αριστερά μη πορώδες δάπεδο, δεξιά πορώδες δάπεδο.....	71
Σχήμα 29, Αρχή λειτουργίας μιας ηλιακής λίμνης.....	72
Σχήμα 30, Συστήματα τεχνητού εμπλουτισμού υδροφόρων σε διάφορα βάθη.....	78
Σχήμα 31, Περιγραφικό διάγραμμα τεχνολογίας sewer mining.....	82
Σχήμα 32, Μορφωτικό επίπεδο των δήμων και υπηκοότητα των κατοίκων.....	89
Σχήμα 33, Ασχολία του πληθυσμού.....	89
Σχήμα 34, Ηλικιακή σύνθεση πληθυσμού.....	89
Σχήμα 35, Ταξινόμηση γεωλογικών σχηματισμών σε υδρολιθολογικές ενότητες.....	100

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1, Εξέλιξη των όρων διαχείρισης των ομβρίων υδάτων.....	51
Διάγραμμα 2, Βιοκλιματικό διάγραμμα κατά EMBERGER για την Ελλάδα.....	101

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα1, Απλοποιημένο μοντέλο που απεικονίζει το ρόλο των οικοσυστημάτων στον κύκλο του νερού.....	20
Εικόνα 2, Μικρή τάφος διήθησης: το βρόχινο νερό απορρέει από περιοχή στάθμευσης/ λεκάνη διήθησης στην περιοχή Eglin AFB, Φλόριντα/ μεγάλου μήκους λεκάνη διήθησης στη North Carolina.....	61
Εικόνα 3, Άποψη κήπου βροχής.....	62
Εικόνα 4, Qunli stormwater park-Turenscape/τοποθεσία: Haerbin City, Heilongjiang Province, Κίνα/αρχιτεκτονική μελέτη: Kongjian Yu.....	65
Εικόνα 5, Υδατοπερατές επιστρώσεις.....	69

Εικόνα 6, Συμβατικό σκυρόδεμα καιυδατοπερατό σκυρόδεμα.....	70
Εικόνα 7, Solar pond , Pyramid Hill-Victoria - Αυστραλία.....	72
Εικόνα 8, MUSE Museum of Science, Renzo Piano Building Workshop , Trento, Ιταλία, 2012.....	73
Εικόνα 9, Κατακόρυφες επιφάνειες νερού, Heiner-Metzger-Platz στο Neu Ulm, Γερμανία, Atelier Dreiseitl/ανάγλυφες επιφάνειες νερού.....	74
Εικόνα 10, Πίδακες σε επιστρωμένους χώρους, Buga (German Urban Design Award 2012), Koblenz- Γερμανία, Atelier Dreiseitl.....	74
Εικόνα 11, Κανάλια στο Φράιμπουργκ/ Future Park Killesberg, Rainer Schmidt Landschaftsarchitektur, Στουτγκάρδη.....	75
Εικόνα 12, Σύστημα μικροψεκαστήρων ενσωματωμένο σε πέργκολα με αναρριχητικά φυτά, EXPO 92, Σεβίλλη / Σχεδιάγραμμα χρήσης μικροψεκαστήρων.....	75
Εικόνα 13, Τεχνητή ομίχλη, EXPO Culture Center and Celebration Square, Σανγκάη.....	76
Εικόνα 14, Τοπογραφικό διάγραμμα του κτήματος της “Επταλόφου” 1868 / άποψη του κτήματος.....	84
Εικόνα 15, Γραμμές τρένου που διασχίζουν το Πάρκο Τρίτση.....	116
Εικόνα 16, Το κεντρικό κανάλι, λήψη από βορρά προς νότο.....	119
Εικόνα 17, Το κεντρικό κανάλι, λήψη από νότο προς βορρά.....	119
Εικόνα 18, Άποψη του νότιου τμήματος του καναλιού.....	119
Εικόνα 19, Το κανάλι αδυνατεί να τροφοδοτήσει με νερό τη λίμνη 6.....	119
Εικόνα 20, Ικανοποιητικό το επίπεδο της τεχνητής λίμνης 4.....	119
Εικόνα 21, Ικανοποιητικό το επίπεδο της τεχνητής λίμνης 4.....	119
Εικόνα 22, Μη ικανοποιητικό το επίπεδο της τεχνητής λίμνης 5.....	120
Εικόνα 23, Μεγάλες απώλειες στις τεχνητές λίμνες λόγω της κακής στεγάνωσης και συντήρησης	120
Εικόνα 24, Μπροστά το κεντρικό συντριβάνι και αριστερά η λίμνη 4.....	120
Εικόνα 25,Το κεντρικό συντριβάνι είναι άδειο.....	120
Εικόνα 26, Η λίμνη 2 έχει μετατραπεί σε έλος με βλάστηση από καλάμιώνες και βούρλα.....	120
Εικόνα 27, Η λίμνη 2 έχει μετατραπεί σε έλος με βλάστηση από καλάμιώνες και βούρλα.....	120
Εικόνα 28, Το κανάλι αδυνατεί να τροφοδοτήσει με νερό τη λίμνη 6.....	121
Εικόνα 29, Η λίμνη 6 τροφοδοτείται με νερό από φρεάτιο.....	121
Εικόνα 30, Πηγάδια στο εσωτερικό του Πάρκου Τρίτση.....	123

Εικόνα 31, Είσοδος από την οδό Χασιάς και κατεύθυνση προς το κεντρικό κανάλι.....	129
Εικόνα 32, Χώρος στάσης κοντά στην βόρεια είσοδο από την οδό Χασιάς.....	129
Εικόνα 33, Διαδρομή παράλληλη με το κανάλι.....	129
Εικόνα 34, Υλικά επίστρωσης διαδρομής δίπλα στο κανάλι.....	129
Εικόνα 35, Διαδρομή που καταλήγει στο κεντρικό κανάλι.....	129
Εικόνα 36, Χώρος δίπλα στη λίμνη 4.....	129
Εικόνα 37, Χώρος γύρω από τη λίμνη 4.....	130
Εικόνα 38, Ξύλινη γέφυρα στη λίμνη 4.....	130
Εικόνα 39, Επίστρωση γύρω από το χώρο του κεντρικού συντριβανιού.....	130
Εικόνα 40, Λεπτομέρεια επίστρωσης γύρω από το χώρο του κεντρικού συντριβανιού.....	130
Εικόνα 41, Άποψη του Πάρκου από τους βόρειους λόφους.....	130
Εικόνα 42, Άποψη του Πάρκου προς τους βόρειους λόφους.....	130
Εικόνα 43, Ενδεικτικές πλακοστρώσεις στους χώρους στάθμευσης.....	134

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1, Δυτικό Λεκανοπέδιο Αττικής, Πάρκο Τρίτση, όμοροι δήμοι και γειτνιάσεις.....	83
Χάρτης 2, Χάρτης εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων.....	91
Χάρτης 3, Χάρτης βιομηχανικών και κτηνοτροφικών μονάδων.....	91
Χάρτης 4, Χάρτης υγειονομικής ταφής απορριμμάτων και χώροι ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων.....	91
Χάρτης 5, Χάρτης με εντάσεις πίεσης από διάχυτες πηγές ρύπανσης.....	91
Χάρτης 6, Η διαδρομή της ρύπανσης στην περιοχή του Δυτικού Λεκανοπεδίου.....	92
Χάρτης 7, Ευρύτερη περιοχή μελέτης, όρια και προσβάσεις.....	93
Χάρτης 8, Χάρτης κάλυψης υδρογραφικού δικτύου Δυτικής Αθήνας.....	95
Χάρτης 9, Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου των δήμων Αγίων Αναργύρων-Καματερού και Ιλίου...	96
Χάρτης 10, Τοπογραφικός χάρτης των δήμων Αγίων Αναργύρων-Καματερού και Ιλίου.....	96
Χάρτης 11, Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής της Δυτικής Αθήνας.....	98
Χάρτης 12, Χάρτης πλημμυρικών συμβάντων του παρελθόντος στη Δυτική Αθήνα.....	104
Χάρτης 13, Χάρτης προσομοίωσης της απορροής αιχμής μοναδιαίου υδρογραφήματος στην ευρύτερη περιοχή του δυτικού λεκανοπεδίου.....	105

Χάρτης 14, Χάρτης πλημμυρικού κινδύνου (flood hazard) του Δυτικού Λεκανοπεδίου της Αττικής.....	106
Χάρτης 15, Χάρτης τρωτότητας των δήμων Αγ.Αναργύρων-Καματερού και Ιλίου.....	107
Χάρτης 16, Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας των δήμων Αγ.Αναργύρων - Καματερού και Ιλίου.....	108
Χάρτης 17, Ρέμα Ρεματιάς.....	116
Χάρτης 18, Υπάρχουσα κατάσταση όσον αφορά τη στάθμη του νερού των 6 τεχνητών λιμνών και του καναλιού.....	116
Χάρτης 19, Υδροληπτικά σημεία εντός των ορίων του Πάρκου Τρίτση.....	122
Χάρτης 20, Υδροληπτικά σημεία εκτός των ορίων του Πάρκου.....	125

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΩΝ

Σχέδιο 1, Masterplan του Πάρκου Τρίτση, μελέτη Θύμιος Παπαγιάννης και συνεργάτες ΑΕΜ....	112
Σχέδιο 2, Τομή όπου διακρίνονται οι ζώνες διήθησης περιμετρικά του Πάρκου Τρίτση.....	133
Σχέδιο 3, Κάτοψη των ζωνών διήθησης περιμετρικά του Πάρκου Τρίτση.....	133

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Υδατικοί πόροι και πιέσεις

Σήμερα διαφαίνεται έντονα η τάση ενός ολοένα και περισσότερο αστικοποιημένου κόσμου. Ο πληθυσμός στις πόλεις αυξάνεται και αυτές εξελίσσονται σε πόλους έλξης, που καλούνται να αντιμετωπίσουν μια σειρά αναπτυξιακών προκλήσεων και ευκαιριών. Το 2014 περίπου 3,9 δισεκατομμύρια άνθρωποι ή διαφορετικά το 54% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε πόλεις και το 2050 αναμένεται ο αστικός πληθυσμός να αντιστοιχεί στα 2/3 του παγκόσμιου (UNDESA, 2014). Επιπλέον, τις πιο έντονες αναπτυξιακές προκλήσεις δέχονται οι αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες έχουν περιορισμένη ικανότητα να αντεπεξέλθουν στην ταχεία αυτή αλλαγή.

Η τάση για αστικοποίηση συνδέεται με αύξηση της κατανάλωσης των φυσικών πόρων, προκαλώντας σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα τελευταία 200 χρόνια η εκθετική αύξηση του πληθυσμού οδήγησε σε ανάλογη αύξηση στη ζήτηση νερού, ενέργειας και χρήσεων γης (Zimmerman et al, 2008). Πρόσφατα αποσαφηνίστηκε πως η πιο κρίσιμη αστική ροή είναι αυτή του νερού και ακολουθεί της ενέργειας και των υλικών.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες στις πόλεις επιδρούν και μεταβάλλουν τον υδρολογικό κύκλο του νερού με διάφορους τρόπους: αντλώντας μεγάλες ποσότητες νερού από επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, δημιουργώντας αδιαπέρατες επιφάνειες που αποτρέπουν την τροφοδοσία των υπόγειων υδροφορέων και επιδεινώνουν τον κίνδυνο έντονων πλημμυρικών φαινομένων, ρυπαίνοντας τους υδατικούς αποδέκτες με την απόρριψη ανεπεξέργαστων λυμάτων. Δεδομένου ότι το νερό που καταναλώνεται στις πόλεις σε γενικές γραμμές προέρχεται από υδατικούς πόρους και εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού εκτός των ορίων της πόλης, η ρύπανση τείνει να καταλήγει σε υδατικούς αποδέκτες και να μεταφέρεται κατάντη. Για το λόγο αυτό το υδατικό αποτύπωμα των πόλεων υπερβαίνει τα όρια αυτών. Συνακόλουθα οι πόλεις εισάγουν μεγάλες ποσότητες τροφίμων, καταναλωτικών αγαθών και ενέργειας εκτός των ορίων τους, γεγονός που απαιτεί την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων νερού στα σημεία παραγωγής, μεταφοράς και πώλησης. Αυτή η εικονική ζήτηση νερού (virtual water¹) από τις πόλεις, υπερβαίνει σε μεγάλο βαθμό την άμεση χρήση του νερού.

Το νερό όμως δεν αποτελεί ανεξάντλητο πόρο. Η διαθεσιμότητά του αποτελεί θέμα παγκόσμιας ανησυχίας. Καθώς η κατανάλωση νερού υπερβαίνει τα όρια βιωσιμότητας και ολοένα και μεγαλύτερες ποσότητες ρύπων καταλήγουν σε επιφανειακούς και υπόγειους αποδέκτες, κυριαρχεί ένας γενικότερος προβληματισμός τόσο για την ποιότητα όσο και για την ποσότητα του νερού. Κάθε χρόνο κατά μέσο όρο 3,3 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν από ασθένειες που σχετίζονται με την κακή ποιότητα των υδάτων, ενώ το 46% του παγκόσμιου πληθυσμού διαμένει σε περιοχές που

1 Ο όρος «εικονικό νερό» είναι η απόδοση στα ελληνικά του όρου «virtual water», που εισήγαγε στις αρχές της δεκαετίας του '90 για πρώτη φορά ο καθηγητής Tony Allan. Το εικονικό ή αόρατο ή κρυμμένο νερό αναφέρεται στην ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Ο ακριβής όγκος του νερού εξαρτάται βέβαια από τις κλιματικές συνθήκες και τις πρακτικές που εφαρμόζονται στην περιοχή παραγωγής των προϊόντων. Η ποσότητα αυτή του νερού αποκαλείται εικονική ή αόρατη, γιατί μετά την παραγωγή ενός προϊόντος, η πραγματική ή αλλιώς ορατή ποσότητα νερού που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του, δεν εμπεριέχεται πια στο προϊόν αυτό.

δεν διαθέτουν συστήματα υδροδότησης (Macedonio et al., 2012). Εάν οι τρέχουσες καταναλωτικές τάσεις συνεχιστούν με τους ίδιους ρυθμούς, το 2025 τα 2/3 του παγκόσμιου πληθυσμού θα αντιμετωπίσουν προβλήματα όσον αφορά στη διαθεσιμότητα του νερού (Macedonio et al., 2012). Σύμφωνα με τη Έκθεση των Ηνωμένων Εθνών (United Nations World Water Development Report, 2015b) η παγκόσμια ζήτηση νερού αναμένεται να αυξηθεί σε όλους τους παραγωγικούς τομείς και το 2030 θα σημειωθεί σημαντικό έλλειμμα στα αποθέματα του νερού, της τάξης του 40%.

Την κατάσταση επιδεινώνει η κλιματική αλλαγή που οδηγεί σε αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων, με μεγάλες ξηρασίες και αυξημένες πλημμύρες. Οι μεγάλες ξηρασίες με τις υψηλότερες θερμοκρασίες οδηγούν στη μεγαλύτερη κατανάλωση των υδατικών πόρων, με αποτέλεσμα η διαθεσιμότητα του νερού να γίνεται μικρότερη. Από τη άλλη οι αυξημένες πλημμύρες αυξάνουν την επιφανειακή ροή των ομβρίων, υποβαθμίζοντας την ποιότητα των αποδεκτών, λόγω ρύπανσης των νερών της βροχής που απορρέουν επιφανειακά. Στα παραπάνω προστίθεται και το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας² δηλαδή της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα³ και των επιφανειών στο εσωτερικό των πόλεων, σε σχέση με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες στα περίχωρα αυτών, με αποτέλεσμα την αυξημένη ζήτηση νερού. Η θερμοκρασία των επιφανειών του αστικού ιστού αυξάνεται και οι υψηλές θερμοκρασίες των πεζοδρομίων ή των δωματίων μπορούν να θερμάνουν τα όμβρια ύδατα και τελικά τους τελικούς υδατικούς αποδέκτες. Σύμφωνα με μελέτες τα πεζοδρόμια των οποίων η θερμοκρασία είναι 38 °C αυξάνουν την θερμοκρασία των όμβριων υδάτων από περίπου 21°C σε 35°C. Τα ζεστά όμβρια ύδατα απορρέοντας στο δίκτυο των ομβρίων και καταλήγοντας σε υδατορέματα, ποτάμια και λίμνες αυξάνουν τη θερμοκρασία των τελικών υδατικών αποδεκτών. Η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει όλες τις εκφάνσεις της υδρόβιας ζωής, ιδίως το μεταβολισμό και την αναπαραγωγή πολλών υδρόβιων ειδών. (U.S EPA, 2008)

Η συμβατική προσέγγιση διαχείρισης των υδατικών πόρων δίνει περισσότερη έμφαση σε θέματα υποδομών, με σκοπό να διασφαλίσει την επάρκεια των υδατικών πόρων προς κατανάλωση και με αυτόν τον τρόπο τα συμβατικά συστήματα υδροδότησης, αποχέτευσης και συλλογής των ομβρίων, δημιούργησαν ζητήματα τόσο ποιότητας όσο και ποσότητας των υδατικών πόρων στις πόλεις. Οι αστικές περιοχές σε σχέση με τα φυσικά συστήματα έχουν αυξημένη επιφανειακή απορροή, μείωση της ικανότητας τροφοδοσίας των υπογείων υδάτων και χαμηλότερο βαθμό εξάτμισης και εξατμισοδιαπνοής (λόγω έλλειψης πράσινων επιφανειών). Εντούτοις, η ανάδυση της έννοιας της «αστικής αειφορίας» οδηγεί αναπόφευκτα στη συζήτηση για στρατηγικά πλαίσια με μακροπρόθεσμο οικολογικό προσανατολισμό (Pearson, Newton & Roberts, 2013). Σήμερα κρίνεται επιτακτική

² Η πρώτη αναφορά του φαινομένου γίνεται το 1820 από τον Luke Howards, ο οποίος μετά από έρευνα, συνέκρινε τα δεδομένα της θερμοκρασίας εντός του Λονδίνου και της περιαστικής ζώνης και κατέληξε στο συμπέρασμα μιας «τεχνητής αύξησης θερμότητας» στην πόλη σε σχέση με τα περίχωρα. (Howards, 1833) Κατά τη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα, ο Renou (Renou 1855, 1862, 1868) κάνει όμοιες διαπιστώσεις για το Παρίσι και τον 20^ο αιώνα ο Wilhelm Schmidt για την Βιέννη (Schmidt, 1917, 1929). Οι μελέτες του φαινομένου στις ΗΠΑ ξεκίνησαν τον 20^ο αιώνα. (Mitchell, 1953, 1961).

³ Στην περιαστική ζώνη κατά τη διάρκεια της ημέρας η απορροφούμενη ηλιακή ενέργεια στο επίπεδο του εδάφους προκαλεί εξάτμιση του νερού του χώματος και της φύτευσης, προκαλώντας μείωση της θερμότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Στην πόλη η έλλειψη πρασίνου και η πληθώρα αδιαπέρατων επιφανειών, προκαλεί μείωση του δροσισμού από εξάτμιση και συμβάλει στις υψηλές ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες.

η ανάγκη να διαχειριστούν οι πόλεις με ορθολογιστικό τρόπο τους τοπικούς υδατικούς τους πόρους, αφενός την ποσότητα του νερού -αφού ο αστικός ιστός δέχεται σημαντικές πιέσεις με κίνδυνο τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα - και αφετέρου την ποιότητα που δημιουργεί κίνδυνο για τη δημόσια υγεία και τα υδατικά οικοσυστήματα.

Από τα παραπάνω διαφαίνεται η ανάγκη μετάβασης των προτύπων διαχείρισης του αστικού νερού από την παραδοσιακή και γραμμική μεθοδολογία προς ένα υπόδειγμα αειφόρου και ολοκληρωμένης διαχείρισης που προσανατολίζεται προς μια προσαρμοστική, συμμετοχική, αποκεντρωμένη και ολοκληρωμένη προσέγγιση που προϋποθέτει στοιχεία τόσο δομημένων κρατικών πολιτικών αστικού, χωρικού και κοινωνικού σχεδιασμού, όσο και κοινωνικής ευαισθητοποίησης και εμπλοκής από τους ίδιους τους χρήστες (Brown & Farrelly, 2009). Μια λύση είναι η στροφή προς μια ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτων που ακολουθεί τα πρότυπα ενός υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού (Water Sensitive Urban Design- WSUD) και εφαρμόζει εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισης των αστικών δικτύων νερού, διατηρώντας ως βασικό στόχο την εξασφάλιση επαρκούς ποσότητας και καλής ποιότητας νερού. Σε γενικές γραμμές η ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων εμπεριέχει τη διαχείριση του γλυκού νερού, των λυμάτων και του βρόχινου νερού. Ο στόχος μιας τέτοιας ολοκληρωμένης διαχείρισης είναι η ανάδειξη του πολυλειτουργικού χαρακτήρα των αστικών υδατικών υποδομών και των αλληλεξαρτήσεων με τις αστικές δομές, που τελικά οδηγεί σε βελτίωση της ποιότητας ζωής στην πόλη. Η προσέγγιση στοχεύει στην περιβαλλοντική, οικονομική, κοινωνική, πολιτική και τεχνολογική βιωσιμότητα.

Τελικά οι πόλεις ως πόλοι έλξης καινοτομιών θα πρέπει να ενσωματώσουν στον αστικό σχεδιασμό τη διαχείριση, προστασία και διατήρηση του φυσικού κύκλου του νερού και των αρχών διαχείρισης των υδάτων ως βασικού αναπτυξιακού εργαλείου. Η δημιουργία υδρο-ευαίσθητων πόλεων αποκλίνει σημαντικά από τις συμβατικές μεθόδους διαχείρισης των υδάτων συμπεριλαμβάνοντας πρακτικές όπως η συλλογή, η αξιοποίηση, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση του βρόχινου νερού (ανακύκλωση ημι-ακάθαρτων νερών -γκρίζα νερά, επαναχρησιμοποίηση νερού από βιολογικούς καθαρισμούς), τεχνητό εμπλουτισμό υπόγειων υδάτων για την αποθήκευση και επαναχρησιμοποίηση του νερού, αφαλάτωση θαλασσινού νερού ή υφάλμυρων υπόγειων νερών στις παράκτιες περιοχές. Ένα βήμα παραπάνω όσον αφορά στον αστικό σχεδιασμό των ανοιχτών χώρων, είναι ο συνδυασμός πράσινων και μπλε υποδομών (Green-Blue Infrastructure), δηλαδή βιώσιμων πρακτικών αξιοποίησης των υδατικών πόρων και δημιουργίας χώρων αστικού πρασίνου.

Σήμερα οι μελέτες για την κατασκευή ή ανάπλαση των υπαίθριων χώρων της πόλης, δε στοχεύουν στην επαναφορά της αστικής οικολογικής ισορροπίας, ούτε στην αποκατάσταση του τοπικού υδρολογικού κύκλου. Ο σχεδιασμός του τοπίου σε γενικές γραμμές, ξεχωρίζει τη μελέτη των χώρων πρασίνου, από τη μελέτη της τοπικής υδρογραφίας και της διαχείρισης των ομβρίων υδάτων. Αυτό σημαίνει πως ο αστικός σχεδιασμός υπαίθριων χώρων δεν στηρίζεται σε μια ολιστική προσέγγιση μελέτης του υδρολογικού κύκλου, δεν αντιμετωπίζει την απορροή των ομβρίων υδάτων και των ποσοτικών και πολύ περισσότερο των περιβαλλοντικών επιπτώσεών της.

1.2 Σκοπός της διπλωματικής

Η διπλωματική διερευνά τις δυνατότητες των μη συμβατικών συστημάτων να αντιμετωπίσουν προβλήματα διαχείρισης του αστικού κύκλου του νερού, σε περιοχές με έντονο αστικό περιβάλλον, χρησιμοποιώντας το Πάρκο Τρίτση ως μελέτη περίπτωσης. Στόχος της μελέτης είναι να δοθεί έμφαση σε εναλλακτικές τεχνολογίες διαχείρισης, στην καταναεμημένη διαχείριση και στις αποκεντρωμένες λύσεις, που επαναφέρουν ή διατηρούν την ισορροπία του υδατικού κύκλου, αποτυπώνοντας μέσα από τη μελέτη περίπτωσης μια προοπτική διερεύνησης συγκεκριμένων σεναρίων για τη διαχείριση των υδατικών πόρων στην πόλη, με βάση διεθνές πρακτικές και τεχνολογικές ή θεσμικές παραμέτρους.

Η έρευνα θέτει επιμέρους στόχους: (α) Τη βιβλιογραφική επισκόπηση του ευρύτερου θεωρητικού πλαισίου, αλλά και της διεθνούς πρακτικής με αναφορά κυρίως στις βασικές ορίζουσες που διέπουν τα νέα πρότυπα βιώσιμης διαχείρισης του υδρολογικού κύκλου στις πόλεις, (β) την έμφαση στις αναδυόμενες και κυρίαρχες σε ανεπτυγμένες χώρες πρακτικές (π.χ. Αυστραλία, Ηνωμένο Βασίλειο, ΗΠΑ, Καναδάς) αναφορικά με τη διαχείριση των αστικών υδατικών πόρων, όπως Πράσινες Υποδομές, Αειφορικά Συστήματα Αστικής Αποστράγγισης, Υδρο-ευαίσθητος Αστικός Σχεδιασμός, Έλεγχος στην Πηγή κτλ., (γ) την εστίαση στις πρακτικές του Υδρο-ευαίσθητου Αστικού Σχεδιασμού που ενσωματώνει στοιχεία ολοκληρωμένης διαχείρισης και αφορά σε όλες τις πτυχές του υδατικού κύκλου στον αστικό ιστό, καθώς και σε ποιές περιπτώσεις και με ποιόν τρόπο μπορούν να ενσωματωθούν στον αστικό σχεδιασμό, (δ) την ανάλυση της μελέτης περίπτωσης του Πάρκου Τρίτση και της διερεύνησης των πιέσεων που υφίσταται η περιοχή όσον αφορά στους υδατικούς πόρους, (ε) την ανασκόπηση μεθόδων ή παρεμβάσεων που έχουν προταθεί τα τελευταία χρόνια στην περιοχή, με στόχο την κριτική ανάλυση (στ) τη συγκρότηση μιας σειράς εναλλακτικών προτάσεων και εργαλείων που αφορούν σε στρατηγικές αστικής ανάπτυξης που ενσωματώνουν στοιχεία εφαρμοσμένων ή διαθέσιμων υδρο-ευαίσθητων τεχνολογικών προτύπων.

1.3 Διάρθρωση της διπλωματικής

- Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την παρούσα εισαγωγή, όπου περιγράφονται συνοπτικά οι πιέσεις που ασκούν οι πόλεις στον αστικό υδρολογικό κύκλο και καθορίζεται ο σκοπός και η διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται οι πιέσεις που ασκεί η ταχεία ανάπτυξη των πόλεων και η αστικοποίηση στους υδατικούς πόρους, όσον αφορά στη διαθεσιμότητα, στην ποσότητα και στην ποιότητα. Στις έντονες τάσεις αστικοποίησης που απειλούν την ισορροπία των υδατικών πόρων, προστίθεται η κλιματική αλλαγή και το Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Η κλιματική αλλαγή απειλεί την ασφάλεια των υδατικών πόρων, ενεργοποιώντας, επιταχύνοντας ή εντείνοντας μεταβολές στον κύκλο του νερού. Επιπλέον ο αστικός σχεδιασμός με την επιλογή υλικών με χαμηλές τιμές ανακλαστικότητας (με αποτέλεσμα τα υλικά να απορροφούν υψηλά ποσά ηλιακής ενέργειας) και υψηλές τιμές θερμοχωρητικότητας (η θερμότητα αποθηκεύ-

εται σε αυτές και εκλύεται όταν η περιβάλλουσα θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την επιφανειακή) καθώς και η έλλειψη φυσικών υποδομών και χώρων πρασίνου, οδηγεί στην αύξηση του Φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας στις πόλεις- με όλες τις συνέπειες που επιφέρει αυτό στους υδατικούς πόρους. Στη συνέχεια αναλύονται οι δυνατότητες μετριασμού του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας, χρησιμοποιώντας από τη μια το νερό και από την άλλη τα οικοσυστήματα. Τέλος παρουσιάζονται τα προβλήματα της συμβατικής διαχείρισης του αστικού νερού - δηλαδή των λυμάτων, του πόσιμου και βρόχινου νερού - και αναλύεται η μετάβαση σε μια μη συμβατική διαχείριση μέσω βιώσιμων αποκεντρωμένων και φυσικών υποδομών.

- Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ιστορική εξέλιξη των πόλεων με βάση τα αστικά δίκτυα νερού, ξεκινώντας από τη water supply city, με τη δημιουργία δικτύου ύδρευσης που παρείχε ασφαλές πόσιμο νερό καλής ποιότητας, μέχρι την υδρο-ευαίσθητη πόλη (water sensitive city) με μια σειρά πολυλειτουργικών και υδρο-ευαίσθητων δομών. Συνακόλουθα εξετάζονται βιώσιμα πρότυπα διαχείρισης του αστικού νερού, όπως: Αειφορικά Συστήματα Αστικής Αποστράγγισης, Ανάπτυξη Χαμηλών Επιπτώσεων, Υδρο-ευαίσθητος Αστικός Σχεδιασμός, Πρακτικές Βέλτιστης Διαχείρισης, Εναλλακτικές Τεχνικές, Έλεγχος στην πηγή, Πράσινες ή Μπλε-Πράσινες υποδομές και άλλα.

- Το τέταρτο κεφάλαιο εστιάζει στον υδρο-ευαίσθητο αστικό σχεδιασμό παρουσιάζοντας κάποιες πρωτοβουλίες σε παγκόσμιο επίπεδο για τις πόλεις του μέλλοντος. Τέλος η διπλωματική αναλύει τα εργαλεία του υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού στη διαμόρφωση υπαιθρίων χώρων, για τη μετάβαση σε υδρο-ευαίσθητες πόλεις.

- Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική επισκόπηση της υπάρχουσας κατάστασης στο Πάρκο Τρίτση, του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, καθώς και των πιέσεων που δέχεται η περιοχή όσον αφορά στους υδατικούς πόρους. Επιπλέον μελετάται και αναλύεται η αρχική πρόταση διάσωσης του Πάρκου Τρίτση με κριτική σκοπιά, παρουσιάζοντας τα δυνατά και αδύναμα σημεία αυτής. Τέλος διερευνώνται οι πηγές υδροδότησης του χώρου σήμερα και οι αιτίες του ελλειμματικού υδατικού ισοζυγίου κυρίως τους ξηρούς μήνες.

- Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τελικές προτάσεις και αναλύονται τα σενάρια που αφορούν στη μελέτη περίπτωσης και σχετίζονται με τη διαμόρφωση υδρο-ευαίσθητων καθεστώτων διαχείρισης με χωρικές επεμβάσεις και εναλλακτικές τεχνολογίες περιβαλλοντικά φιλικές, καθώς και μηχανισμούς προαγωγής των αειφόρων λειτουργιών του Πάρκου Τρίτση.

- Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικά συμπεράσματα της διπλωματικής και προτείνονται εναλλακτικά σενάρια επέκτασης και συνέχειας της έρευνας, που αφορά σε υδρο-ευαίσθητους αστικούς σχηματισμούς και εναλλακτικές υποδομές νερού στο Πάρκο Τρίτση και στην ευρύτερη περιοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΠΟΛΕΙΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

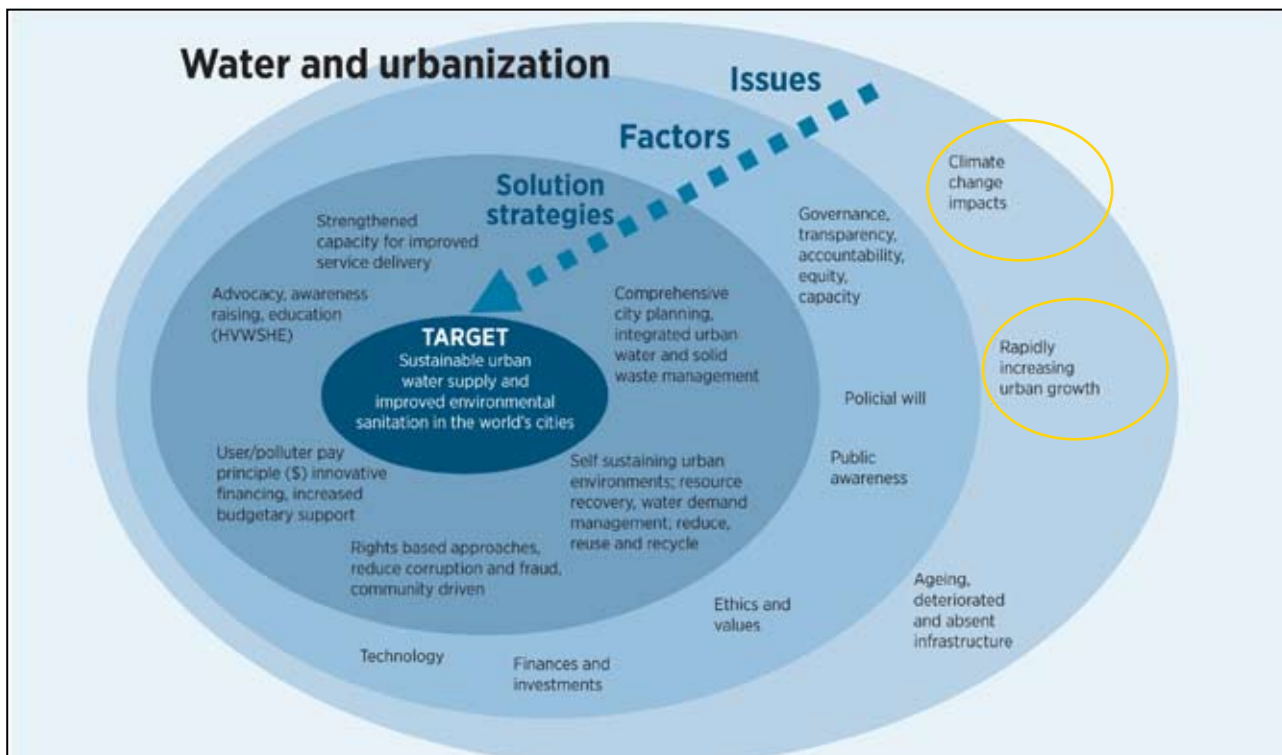
2.1 Τάσεις αστικοποίησης

Το 2008 για πρώτη φορά στην παγκόσμια ιστορία, καταγράφεται η συγκέντρωση περισσότερων ανθρώπων στα αστικά κέντρα και όχι πλέον στις αγροτικές περιοχές, μια νέα τάση που αναμένεται να συνεχιστεί. Οι υπάρχουσες πόλεις αναπτύσσονται με γρήγορους ρυθμούς, ενώ αναδύονται νέες - κυρίως σε χώρες με χαμηλό και μεσαίο εισόδημα. Το 1960, είναι αξιοσημείωτο πως επτά από τα δέκα μεγαλύτερα αστικά κέντρα, συγκεντρώνουν πληθυσμό υψηλού εισοδήματος και ανήκουν σε αναπτυγμένες χώρες. Μέχρι το 2000, μόνο δύο από τις δέκα μεγαλύτερες πόλεις στον κόσμο, ανήκουν σε αναπτυγμένες χώρες, ενώ έξι βρίσκονται στην Ασία και στη Λατινική Αμερική. Το 1950, μόνο δύο πόλεις η Νέα Υόρκη και το Τόκυο έχουν πληθυσμό πάνω από 10 εκατομμύρια κατοίκους (UN-DESA, 2005). Οι προβλέψεις αναφέρουν πως οι τάσεις αστικοποίησης θα συνεχιστούν κυρίως σε πόλεις χωρών με χαμηλό και μεσαίο εισόδημα. Το 2005 οι πιο αναπτυγμένες χώρες στον κόσμο φιλοξενούν το 29% του συνολικού αστικού πληθυσμού. Μεταξύ 2000 και 2030 οι αστικοί πληθυσμοί αναμένεται να επεκταθούν κατά 1,8% παγκοσμίως και κατά 2,3% (από 1,9 δισεκατομμύρια σε 3,9 δισεκατομμύρια) στις αναπτυσσόμενες χώρες (Cohen, 2006). Ο αστικός πληθυσμός των αναπτυγμένων χωρών, αναμένεται να αυξηθεί από 0,9 δισεκατομμύρια που υπολογίστηκε το 2000 σε 1 δισεκατομμύριο το 2030 (Brocknerhoff, 2000).

Παρόλο που η τάση αστικοποίησης - ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες- αποτελεί αντικείμενο προβληματισμού, ταυτόχρονα οι πόλεις παρέχουν τη δυνατότητα ευκαιριών, αφού παράγουν και προάγουν τον πλούτο, ενισχύουν την κοινωνική ανάπτυξη, αποτελούν πόλους καινοτομίας και δημιουργικότητας που δίνουν ώθηση στην παγκόσμια οικονομία. Σήμερα όμως οι ευκαιρίες και οι δυνατότητες που σχετίζονται από τη μια με την αύξηση των τάσεων αστικοποίησης και από την άλλη με βιώσιμα μοντέλα αστικού σχεδιασμού, δεν αντιμετωπίζονται συστηματικά, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται σοβαρές επιπτώσεις στις βασικές υποδομές ύδρευσης, αποχέτευσης, απορροής ομβρίων και να καταγράφονται μεγάλες ποσότητες επιφανειακής απορροής στον αστικό ιστό, γεγονός που οδηγεί σε υποβαθμισμένα αστικά περιβάλλοντα. Η ταχεία αστικοποίηση και η εξόρυξη φυσικών πόρων για να καλυφθούν οι ανάγκες του αυξανόμενου πληθυσμού, ασκεί τεράστια πίεση στους υδατικούς πόρους της πόλης, τόσο εντός όσο και εκτός των ορίων της, καθώς και στα οικοσυστήματα. Επιπλέον η επέκταση αδιαπέρατων επιφανειών (από υλικά που δεν διαπνέουν) όπως στέγες, πεζοδρόμια, χώροι στάθμευσης, επηρεάζει την τοπική υδρολογία και μειώνει τη φυσική ικανότητα διήθησης του νερού προς το υπέδαφος - με αποτέλεσμα την αύξηση του μεγέθους της αιχμής ροής κατά τη διάρκεια καταιγίδων.

Το 2008 αναλογικά με το 1990, ενώ η πρόσβαση σε πόσιμο νερό αυξήθηκε μόνο κατά 1%, το ποσοστό του αστικού πληθυσμού σε απόλυτες τιμές, με πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό έχει μειωθεί. Παρόμοια είναι και η κατάσταση του αποχετευτικού συστήματος και των συνθηκών υγιεινής. Κατά την διάρκεια των ετών 1990-2008, παρόλο που ο αριθμός των κατοίκων που ζουν σε πόλεις

και έχει πρόσβαση σε βελτιωμένες εγκαταστάσεις αποχέτευσης αυξάνεται κατά 813 εκατομμύρια κατοίκους, την ίδια περίοδο ο αστικός πληθυσμός αυξάνεται κατά ένα δισεκατομμύριο. Αυτό σημαίνει πως ο αστικός πληθυσμός τελικά που δεν έχει πρόσβαση σε υποδομές αποχέτευσης αυξήθηκε κατά 276 εκατομμύρια την ίδια περίοδο (WHO/ UNICEF, 2010).



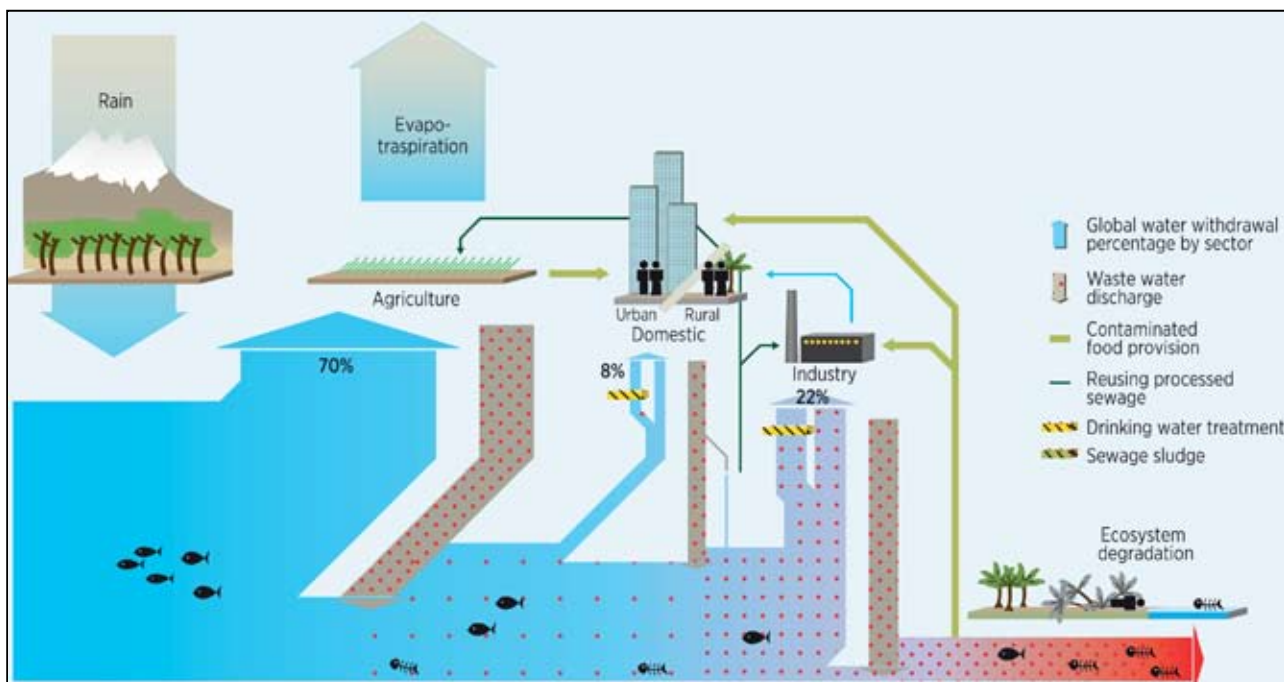
Σχήμα 1, Σχέση νερού-αστικοποίησης, *πηγή: WSS-II, WSIB, UN-HABITAT*

Οι κύριες πηγές νερού στις αστικές περιοχές είναι τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά (εντός και εκτός των ορίων της πόλης), όπως και το βρόχινο νερό των οποίων θα πρέπει να εξασφαλίζεται μακροπρόθεσμα η βιωσιμότητα. Διαχρονικά η αυξανόμενη ζήτηση αντιμετωπίστηκε κυρίως με την αύξηση των ρυθμών άντλησης του γλυκού νερού από επιφανειακούς και υπόγειους αποδέκτες. Στην περίπτωση των υπογείων υδροφορέων, όταν η άντληση αυτών ξεπέρασε το ρυθμό φυσικής αναπλήρωσής τους, το αποτέλεσμα ήταν η υπερεκμετάλλευση και η εξάντληση του πόρου. Ειδικότερα οι υπεραντλήσεις προκαλούν καθίζηση εδαφών, ενώ οι υπεραντλήσεις σε μεγάλα βάθη των παράκτιων υδροφορέων προκαλούν σημαντική πτώση της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας του υπόγειου ύδατος, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την εισροή θαλασσινού ύδατος και την ανάμιξη του με το ύδωρ του υδροφορέα (υφαλμύριση⁴ υπογείων υδάτων).

Επίσης ένα σημαντικό ζήτημα είναι, πως οι χρήστες αντλούν το νερό με μια αρχική ποιότητα, όμως δεν το διαθέτουν στους υδατικούς αποδέκτες με την ίδια αρχική ποιότητα. Σε παγκόσμιο επίπεδο το σύνολο των λυμάτων από διάφορες χρήσεις που απορρίπτεται σε υδατικά σώματα, ανέρχεται σε 2 εκατομμύρια τόνους ετησίως (Corcoran et al., 2010), εκ των οποίων μια μεγάλη ποσότητα

⁴ Στην Ευρώπη 53 από τις 126 περιοχές όπου γίνεται άντληση των υπογείων υδάτων εμφανίζουν προβλήματα υφαλμύρισης (Elimelech, 2006).

είναι και τα αστικά. Τα αστικά λύματα αποτελούν μια σοβαρή απειλή κυρίως όταν αναμειγνύονται με βιομηχανικά απόβλητα. Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων περιορίζεται κυρίως στις αναπτυγμένες χώρες, ενώ στις αναπτυσσόμενες το 90% των λυμάτων απορρίπτεται χωρίς καμιά επεξεργασία στους αποδέκτες⁵. Αντίθετα κάποιες αναπτυγμένες πόλεις έχουν εφαρμόσει πρώτες βιώσιμα πρότυπα διαχείρισης των υδατικών πόρων, όπως το Σίδνεϊ το οποίο έχοντας πληθυσμό πάνω από 4 εκατομμύρια, διαχειρίζεται 1,2 εκατομμύρια μ³ το χρόνο, δηλαδή σχεδόν όλα τα λύματα που παράγει (Corcoran et al., 2010).



Σχήμα 2, Αστικός κύκλος του γλυκού νερού και των λυμάτων, πηγή: UNEP/GRID-Arendal

Καθώς η ταχεία αστικοποίηση ασκεί πίεση στις υφιστάμενες υποδομές και υπηρεσίες που προσφέρουν τα υδατικά οικοσυστήματα, οι αστικές δομές θα πρέπει να αναζητήσουν νέους τρόπους μείωσης του υδατικού αποτυπώματος και να μεταβούν σε μια κυκλική οικονομία, όπου η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση αποτελούν πρωταρχικούς στόχους. Το κλασικό αστικό πρότυπο (είσοδος-χρήση-διάθεση), αδυνατεί να προσαρμοστεί στην αστική επέκταση και στις κεφαλαιουχικές δαπάνες, ενώ παρουσιάζει δυσκολίες ένταξης σε βιώσιμα αστικά πρότυπα. Τα αποκεντρωμένα συστήματα και τεχνολογίες αποτελούν μια εναλλακτική λύση, που δυστυχώς εφαρμόζεται πολύ σπάνια, αφού θεωρούνται σχετικά ημι-ώριμες ως προς την αποτελεσματικότητά τους σε σχέση με τις τεχνολογίες διαχείρισης νερού σε μεγαλύτερες χωρικές κλίμακες (π.χ. περιφερειακό) επίπεδο (Μακροπούλος & Butler, 2010). Το αποτέλεσμα είναι η κατασκευή ενός εκτεταμένου υπογείου δικτύου αποχέτευσης (αλλά και υδροδότησης και συλλογής του βρόχινου νερού) που διατρέχει τις πόλεις με σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Από τη άλλη όσον αφορά στη διαχείριση του αστικού κύκλου απαραίτητη κρίνεται η υιοθέτηση πρακτικών ενός υδρο-ευαίσθητου αστικού σχε-

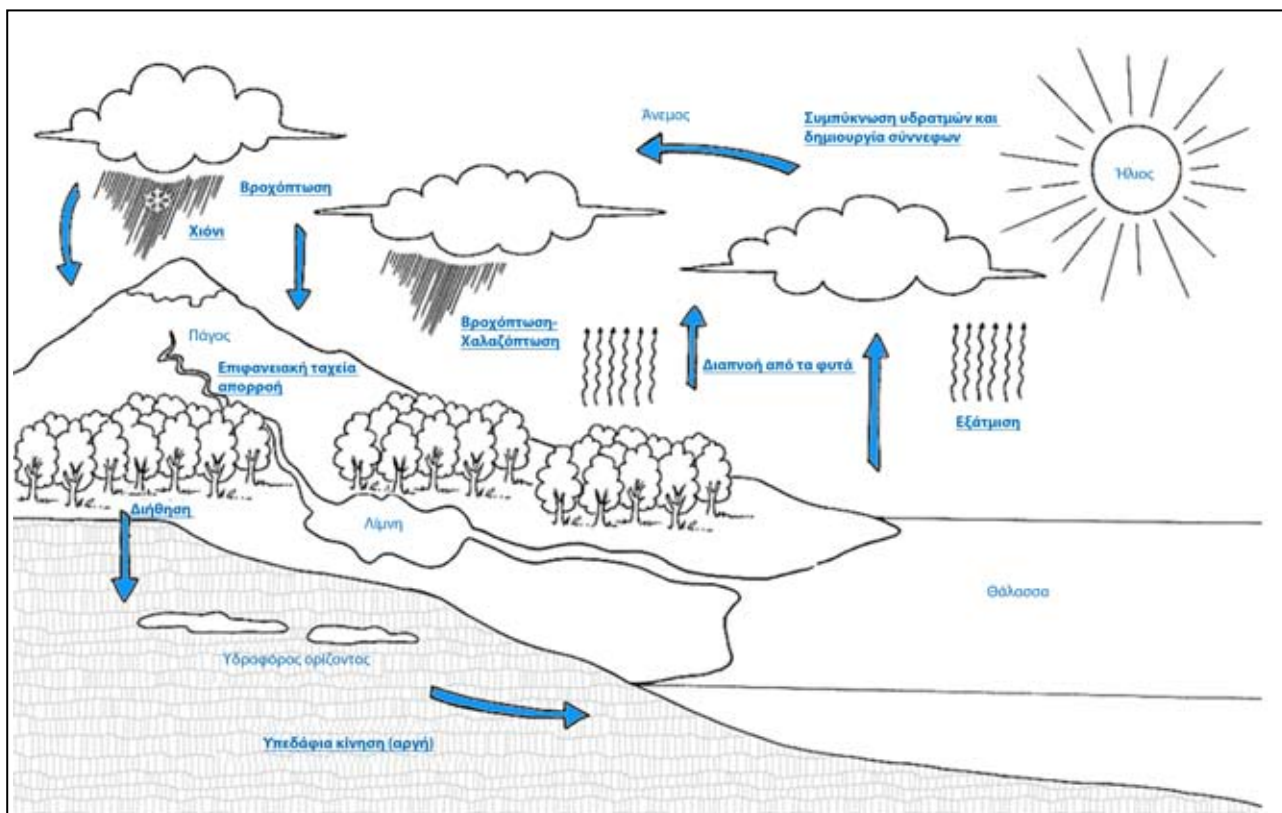
⁵ Εκτιμάται πως πάνω από 245.00 χλμ² υδατικών οικοσυστημάτων χαρακτηρίζονται από «νεκρές ζώνες», που προέρχονται από την απόρριψη ακατέργαστων λυμάτων, με βαριές επιπτώσεις στην αλιεία και στην τροφική αλυσίδα.

διασμού, που διαχειρίζεται τόσο θέματα ποιότητας όσο και ποσότητας των υδατικών πόρων.

Συμπερασματικά η αστικοποίηση επηρεάζει τον υδρολογικό κύκλο του νερού αρνητικά, επιφέροντας σημαντικές μεταβολές, όπως η δημιουργία εκτεταμένων αδιαπέρατων επιφανειών, ο περιορισμός του φυσικού δικτύου επιφανειακής απορροής των νερών της βροχής (όπως υδατορέματα), καθώς και η μεταφορά ρύπων μέσω της επιφανειακής απορροής. Οι παραπάνω μεταβολές επιφέρουν και μια σειρά έμμεσων επιπτώσεων στον αστικό χώρο όπως τη μείωση των υπογείων υδροφορέων, την αύξηση της επιφανειακής απορροής (με αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου πλημμυρών), την αύξηση του Φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας και της κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμιο επίπεδο.

2.1.1 Αστικοποίηση και υδρολογικές μεταβολές

Η αστική ανάπτυξη από τη μια και τα εγκατεστημένα στο αστικό περιβάλλον υδραυλικά συστήματα αποχέτευσης ομβρίων, προκαλούν έντονες αλλαγές στο φυσικό υδρολογικό κύκλο (Coombes et al., 2002). Η αστικοποίηση αυξάνει την κάλυψη του εδάφους με αδιαπέρατα υλικά, ενώ οι φυσικές κοίτες των υδατορεμάτων αντικαθίστανται με δίκτυα σωληνώσεων και τάφρους. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας είναι τελικά η αύξηση του όγκου των επιφανειακών απορροών και η μείωση του εμπλουτισμού τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων.



Σχήμα 3, Διάγραμμα υδρολογικού κύκλου

Αξίζει να σημειωθεί πως με τον όρο υδρολογικός κύκλος νοείται η κυκλική κίνηση την οποία εμφανίζει το νερό με τις διάφορες φάσεις του (υγρή, στερεή, αέρια) από την ατμόσφαιρα προς την

επιφάνεια και το εσωτερικό της γης και αντιστρόφως. Γενικά το νερό βρίσκεται σε μια διαρκή κίνηση και αλλαγή από την υγρή μορφή στην αέρια ή σε πάγο και αντίστροφα. Η γεωλογική υπηρεσία των ΗΠΑ (United States Geological Service - USGS) διακρίνει 16 μέρη του υδρολογικού κύκλου: (1) αποθήκευση στην θάλασσα, (2) εξάτμιση, (3) εξατμισοδιαπνοή, (4) εξάχνωση, (5) νερό στην ατμόσφαιρα, (6) συμπύκνωση, (7) κατακρημνίσματα, (8) αποθήκευση νερού σε πάγους και χιόνια, (9) απορροή από λιώσιμο του χιονιού, (10) επιφανειακή απορροή, (11) ροή σε υδατορέματα, (12) αποθήκευση γλυκού νερού, (13) διήθηση, (14) αποθήκευση υπογείου νερού, (15) εκφόρτιση υπογείου νερού, (16) πηγές.

Η σχέση κατακρημνισμάτων και επιφανειακής απορροής εξαρτάται από μετεωρολογικούς παράγοντες, από το ανάγλυφο και τη γεωλογία της περιοχής, ενώ μεταβάλλεται στο χρόνο και το χώρο. Οι Savani et al. (1961) αναφέρθηκαν στη σχέση μεταξύ υδρολογίας και τροποποίησης της φυτικής κάλυψης του εδάφους ανάλογα με το στάδιο αστικοποίησης. Καθόρισαν τέσσερα στάδια αστικοποίησης: (1) το αγροτικό, (2) το ελαφρώς αστικό, (3) το μετρίως αστικό και (4) το εντελώς αστικό, που συνδέονται με χαρακτηριστικές αλλαγές του υδρολογικού καθεστώτος. Στο αγροτικό στάδιο η διήθηση και η εξατμισοδιαπνοή αποτελούν τα βασικά στοιχεία του υδρολογικού κύκλου, αφού το φυσικό τοπίο είναι ακόμα αμετάβλητο, κυρίως από υδρολογικής πλευράς. Το ελαφρώς αστικό στάδιο χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη εκτεταμένων περιοχών, όπου ένα μεγάλο τμήμα της φυσικής βλάστησης διατηρείται, ενώ οι αδιαπέρατες επιφάνειες μόλις αρχίζουν να έχουν επιπτώσεις στην υδρολογία των λεκανών. Στο μετρίως αστικό στάδιο οι αδιαπέρατες επιφάνειες αρχίζουν να κυριαρχούν στο τοπίο, με τις οικιακές και τις εμπορικές χρήσεις γης να είναι οι πιο διαδεδομένες. Στο τελευταίο αστικό στάδιο, σχεδόν όλη η φυσική βλάστηση αφαιρείται και οι αδιαπέρατες επιφάνειες καλύπτουν τις λεκάνες απορροής. Τελικά διαπιστώνεται πως σε περιοχές με φυσική εδαφική κάλυψη μόνο το 10% του νερού της βροχής μετατρέπεται σε απορροή, ενώ σε περιοχές όπου το 75-100% της εδαφικής τους κάλυψης αποτελείται από αδιαπέρατες επιφάνειες, το 50% του νερού της βροχής μετατρέπεται σε απορροή.

Η αστικοποίηση μιας λεκάνης απορροής συνεπάγεται την αύξηση της παροχής αιχμής, τη μείωση του χρόνου συγκέντρωσης και την αύξηση του όγκου απορροής, λόγω των πολλών αδιαπέρατων επιφανειών των αστικών περιοχών (Campana and Tucci, 2001). Επιπλέον οι αστικές περιοχές διαμορφώνουν ένα δικό τους ιδιαίτερο μικροκλίμα και διαταράσσουν τον υδρολογικό κύκλο. Ειδικότερα η αστικοποίηση επιφέρει σημαντικές αλλαγές στα υδρογραφήματα απορροής. Το υδρογράφημα απορροής μιας περιοχής που έχει υποστεί αστικοποίηση κάποιου βαθμού, παρουσιάζει μεγαλύτερη παροχή αιχμής, μικρότερο χρόνο συγκέντρωσης και αυξημένο συνολικό όγκο πλημμύρας, σε σχέση με το υδρογράφημα της ίδιας περιοχής πριν οποιαδήποτε αστική ανάπτυξη, για δεδομένη βροχόπτωση (Μαραγκουδάκη και Τσακίρης, 2005).

Οι επιπτώσεις της αστικοποίησης στην υδρολογία μιας λεκάνης απορροής έχουν μελετηθεί διεθνώς εδώ και δεκαετίες. Ο Schueler (1994) σύγκρινε την ποιότητα νερού σε μια έκταση 1 έικρ (=4.046 m²) ενός χώρου στάθμευσης και ενός τμήματος λιβαδιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως

ο συντελεστής απορροής του χώρου στάθμευσης είναι περίπου 16 φορές μεγαλύτερος από το συντελεστή απορροής του λιβαδιού, ο χρόνος συγκέντρωσης μικρότερος κατά 33%, η παροχή αιχμής για περίοδο επαναφοράς 2 έτη είναι 11 φορές μεγαλύτερη, ενώ ο όγκος απορροής κατά 16 φορές μεγαλύτερος. Τέλος το ετήσιο φορτίο φωσφόρου είναι κατά 4 φορές μεγαλύτερο, ενώ του αζώτου κατά 8 φορές περίπου μεγαλύτερο.

Συμπερασματικά η μετατροπή του φυσικού υδρολογικού καθεστώτος από μια κατάσταση στην οποία κυριαρχεί η διήθηση, σε μια κατάσταση που κυριαρχεί η επιφανειακή απορροή που προέρχεται από μια αστικοποιημένη λεκάνη απορροής, μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις. Οι επιπτώσεις αφορούν σε: (1) μεγαλύτερο όγκο απορροών από τις αδιαπέρατες επιφάνειες, (2) μεγαλύτερη συχνότητα επανάληψης πλημμυρικών φαινομένων, (3) λιγότερη χρονική υστέρηση των βροχοπτώσεων, της απορροής και της ανταπόκρισης της ροής των υδατορεμάτων, (4) μεγαλύτερη εκροή αιχμής για ένα δεδομένου μεγέθους περιστατικό βροχόπτωσης (5) μεγαλύτερη διάρκεια των υψηλών εκροών κατά τη διάρκεια των περιστατικών βροχόπτωσης, (6) πιο γρήγορη ύφεση των εκροών αιχμής, (7) μείωση της βασικής ροής σε ξηρές και υγρές περιόδους, (8) μείωση εμπλουτισμού των υπόγειων υδάτων και (9) μεγαλύτερη διακύμανση της στάθμης των υδάτων των υγροτόπων.

2.1.2 Αστικές απορροές και ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στις αστικές απορροές περιέχονται ρύποι που επηρεάζουν την ποιότητα του νερού και προέρχονται από διάφορες πηγές. Οι σημαντικότερες πηγές ρύπανσης του αστικού χώρου είναι οι υπό κατασκευή περιοχές, η απευθείας διάθεση των λυμάτων, τα νοικοκυριά, οι δρόμοι, τα πρατήρια διανομής καυσίμων, οι χώροι στάθμευσης, τα γήπεδα γκολφ και τα πάρκα (Burton et al, 2002). Για την κατανόηση των λόγων της ύπαρξης ρύπων στις αστικές απορροές, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παράγοντες που δημιουργούν την αστική απορροή. Ειδικότερα την αστική απορροή δημιουργεί η απορροή των νερών της βροχής, το λιώσιμο των πάγων, η απορροή από τις υπό κατασκευή περιοχές και οι βασικές ροές ξηρών περιόδων (Burton et al, 2002). Ωστόσο κατά τη διάρκεια της μεταφοράς των ρύπων με την αστική απορροή, σημαντικός είναι ο ρόλος των ατμοσφαιρικών εναποθέσεων, των μηχανοκίνητων οχημάτων, των αδιαπέρατων επιφανειών (δρόμοι-στέγες-χώροι στάθμευσης), των εργοταξίων, αλλά και της χρήσης φυτοφαρμάκων στους χώρους πρασίνου και των αποπαγωτικών υλικών στις οδούς κατά τους χειμερινούς μήνες.

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι επικάθονται στο έδαφος και στο νερό με δύο τρόπους: μέσω της ξηρής και μέσω της υγρής εναπόθεσης. Η υγρή εναπόθεση αφορά στην προσρόφηση και στη συμπύκνωση των ρύπων στις σταγόνες του νερού και στις νιφάδες του χιονιού που ακολουθούνται από την απόθεση με την πτώση. Η ξηρά εναπόθεση είναι η άμεση μεταφορά των ρύπων στη γη ή στο νερό από τη βαρύτητα ή από τη διάχυση. Η ξηρά απόθεση εμφανίζεται όταν οι ατμοσφαιρικές αναταράξεις δεν είναι επαρκείς για να εξουδετερώσουν την τάση που έχουν τα μόρια να πέφτουν με ένα ρυθμό που εξαρτάται, αλλά όχι και αποκλειστικά από την βαρύτητα (Schueler, 1983/NRC

2008). Η ατμοσφαιρική εναπόθεση των ρύπων σε συστατικά υγρής και ξηρής περιόδου μπορεί να προέρχεται από τοπικές πηγές (π.χ. εξατμίσεις οχημάτων) ή από μακρινές πηγές (π.χ. εκπομπές εργοστασίων). Οι περιφερειακές βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες, μπορούν επίσης να συμμετέχουν στην ατμοσφαιρική εναπόθεση ως αποθέσεις ξηρής περιόδου. Η κατακρήμνιση είναι αυτή που παράγει τις αποθέσεις υγρής περιόδου.

Τα μηχανοκίνητα οχήματα αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή ρύπανσης του αστικού περιβάλλοντος και κατ' επέκταση των απορροών των ομβρίων υδάτων, αφού απελευθερώνουν πληθώρα ρύπων. Οι ρύποι προέρχονται από τα ελαστικά των οχημάτων, τις επενδύσεις των φρένων, τις εκπομπές εξατμίσης, τις απώλειες των καυσίμων, λαδιών και λιπαντικών. Οι βασικοί ρύποι που προέρχονται από τον κινητήρα των οχημάτων είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι υδρογονάνθρακες (HC), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), ο μόλυβδος (Pb), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), τα οξείδια του θείου (SO_x) και τα μικροσωματίδια, όπως καπνός και σκόνη. Τα καύσιμα περιέχουν μέταλλα, λόγω της παρουσίας τους στο αρχικό ανεπεξέργαστο πετρέλαιο, τα λιπαντικά περιέχουν ρυπογόνα συστατικά (π.χ. δισουλφίδιο μολυβδαινίου), οι επενδύσεις των φρένων αποτελούν πηγή ανόργανων ρύπων (σίδηρος, βάριο, χρώμιο, νικέλιο, ψευδάργυρος κ.α.).

Οι αδιαπέρατες επιφάνειες (δρόμοι, πεζόδρομοι, χώροι στάθμευσης) ως δομικά στοιχεία των μεταφορικών συστημάτων των πόλεων, αποτελούν βασική πηγή των ρύπων που εντοπίζονται στην αστική απορροή, αφού επάνω στις αδιαπέρατες επιφάνειες μέσω της ατμοσφαιρικής εναπόθεσης, επικάθονται οι ρύποι που προέρχονται από την ατμόσφαιρα και τα μηχανοκίνητα οχήματα. Η απορροή των αστικών οδών συνήθως εμπεριέχει σημαντικά φορτία από μέταλλα, μοριακά και διαλυμένα στερεά, οργανικές ενώσεις και ανόργανα συστατικά. Επιπλέον και οι στέγες των κτιρίων αποτελούν μη υδατοπερατές επιφάνειες και συμβάλλουν στην ποιότητα των αστικών απορροών. Η φθορά από τα υλικά κατασκευής των στεγών καθώς και η υγρή και η ξηρή ατμοσφαιρική εναπόθεση, αποτελούν διαδικασίες που συνεισφέρουν στην ποιότητα της απορροής, αφού μπορεί να περιέχει αιωρούμενα στερεά και ίχνη μετάλλων (η ποσότητα των ρύπων εξαρτάται από το βαθμό διάβρωσης των υλικών των στεγών, την ηλικία και το υλικό).

Το λιώσιμο του πάγου αποτελεί σημαντική πηγή ρύπων στις βόρειες χώρες, όπου ο χειμώνας είναι σκληρός με μεγάλη διάρκεια και οι ρύποι παγιδεύονται και συσσωρεύονται σταδιακά μέσα στο χιόνι όλο το χειμώνα μέχρι το λιώσιμο των πάγων, καταλήγοντας σε υδατικούς αποδέκτες. Οι ρύποι που αποθηκεύονται άμεσα στο χιόνι είναι τα υλικά φθοράς και αποσύνθεσης των οδοστρωμάτων που βρίσκονται σε άσχημη κατάσταση, τα πετρελαιοειδή και τα μέταλλα που προέρχονται από τα οχήματα και τα αποπαγωγικά υλικά που διαστρώνονται στις οδούς κατά τους χειμερινούς μήνες. Από την άλλη τα υδρολογικά χαρακτηριστικά των επιφανειών του αστικού χώρου περιέχουν ιδανικές συνθήκες για τη μεταφορά των ζιζανιοκτόνων στους υπονόμους και κατ' επέκταση στους υδάτινους αποδέκτες (Revitt et al 2002).

Τέλος τα εργοτάξια στις πόλεις συμβάλλουν στην επιβάρυνση των απορροών, καθώς είναι υπεύ-

θυνα για μεγάλο τμήμα του φορτίου των ιζημάτων που εντοπίζεται στις αστικές περιοχές. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ο,τι οι περιοχές των εργοταξίων παρουσιάζουν εξαιρετικά υψηλά ποσοστά διάβρωσης του εδάφους, επειδή είναι συνήθως γυμνές από βλάστηση.

2.2 Κλιματική αλλαγή

Μετά την αστικοποίηση, η κλιματική αλλαγή είναι ο δεύτερος παράγοντας που ασκεί πιέσεις στα υδατικά οικοσυστήματα. Καθώς οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα γίνονται πιο έντονες, τα κλιματικά μοντέλα προβλέπουν, πως θα συνεχιστεί η δραματική έλλειψη των αποθεμάτων νερού. Οι πόλεις όπου διαμένει ο μισός παγκόσμιος πληθυσμός, είναι υπεύθυνες για το 70% των εκπομπών των θερμοκηπιακών αερίων παγκοσμίως και οι αστικοί πληθυσμοί είναι πιο ευάλωτοι στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (UN-HABITAT, 2011). Παρόλο που η σχέση μεταξύ πόλεων και κλιματικής αλλαγής είναι στενή, οι πόλεις έχουν σημαντικές ευκαιρίες για να μετριάσουν την κλιματική αλλαγή, αφού αποτελούν σημαντικά κέντρα καινοτομίας και δράσης.

Το νερό αποτελεί συνδεδεμένο κρίκο μεταξύ κλιματικής αλλαγής και ανθρώπινων και φυσικών συστημάτων. Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μεταβάλλει τον υδρολογικό κύκλο του νερού, με αποτέλεσμα την καταγραφή ακραίων φαινομένων ξηρασίας και βροχοπτώσεων, ενώ παρατηρείται αύξηση της εξατμισοδιαπνοής, με αποτέλεσμα τη μείωση των υδατικών πόρων (Olsson, 2012). Ο Stern (2007) προβλέπει πως η αύξηση κατά 2 °C της θερμοκρασίας του πλανήτη μπορεί να σημαίνει, πως 1-4 δισεκατομμύρια άνθρωποι - κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες- θα έρθουν αντιμέτωποι με ζητήματα διαθεσιμότητας νερού.

Η κλιματική αλλαγή απειλεί την ασφάλεια των υδάτων σε διάφορες περιοχές του κόσμου, ενεργοποιώντας, επιταχύνοντας ή εντείνοντας μεταβολές στον κύκλο του νερού. Αυτές οι μεταβολές αρχικά παρατηρούνται σε επίπεδο οικοσυστήματος, στη συνέχεια μεταβάλλουν τη διαθεσιμότητα του νερού (ποσοτικά και ποιοτικά) για τα οικοσυστήματα, μειώνοντας τις υπηρεσίες που προσφέρουν τα τελευταία στον άνθρωπο. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC) στην τέταρτη έκθεση αξιολόγησης (2007), αναφέρει 32 παραδείγματα των προβλεπόμενων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε 8 περιοχές (καλύπτοντας όλο τον πλανήτη). Τα 25 από αυτά έχουν άμεση σχέση με τον υδρολογικό κύκλο, τα 7 έμμεση σχέση και τα 2 είναι γενικά⁶. Συνακόλουθα αναφέρει πως οι σημαντικότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην πόλη, είναι τα ακραία καιρικά φαινόμενα, η μεταβολή της υγρασίας του εδάφους και η επιφανειακή απορροή. Επιπλέον διαπιστώνει πως οι περιοχές με ξηρασία διπλασιάστηκαν από το 1970 και πως οι ημι-άνυδρες και άνυδρες εκτάσεις (όπως η Μεσόγειος) είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένες στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ενώ αναμένεται σημαντική μείωση των υδατικών αποθεμάτων. Οι πλημμύρες και οι ξηρασίες καθίστανται πιο απρόβλεπτες και καταστροφικές ιδιαίτερα στις περιοχές που διαφαίνονται τάσεις έντονης αστικοποίησης. Οι

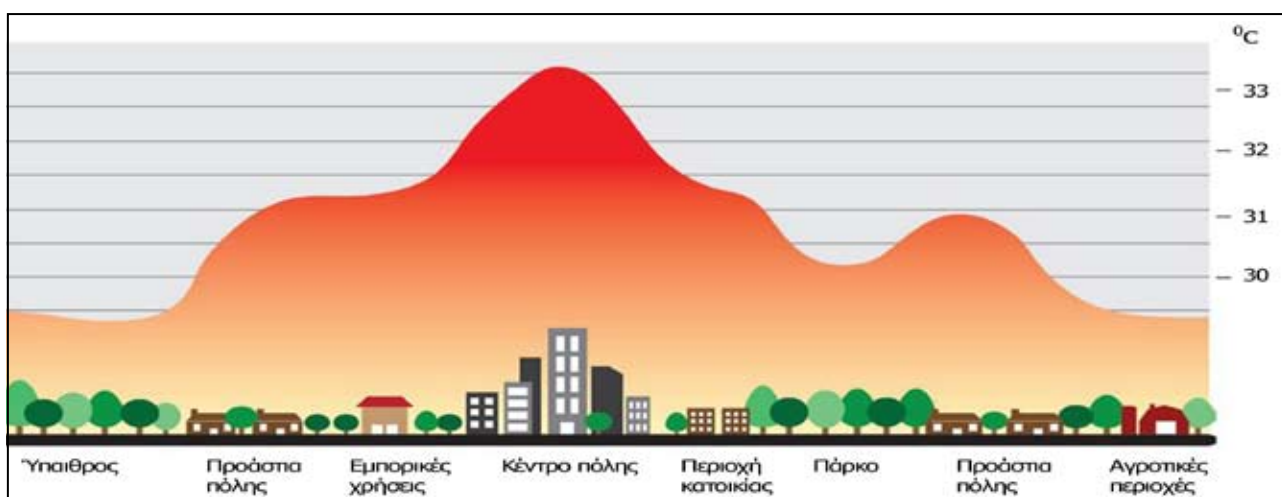
⁶ Μόνο ένα η λεύκανση του κοραλλίων δε συνδέεται με τον υδρολογικό κύκλο, αλλά με την πτώση του pH και την όξινη του νερού λόγω διαλύσης CO₂ στο νερό.

υπάρχουσες αστικές υποδομές (ύδρευση, αποχέτευση, διάθεση) αδυνατούν να αντιμετωπίσουν την κατάσταση και η δημόσια υγεία απειλείται, όπως για παράδειγμα από τη διασπορά των λυμάτων κατά τη διάρκεια ενός πλημμυρικού φαινομένου ή την αύξηση των παθογόνων οργανισμών στο γλυκό νερό με την άνοδο της θερμοκρασίας.

Επομένως κρίνεται αναγκαία η δημιουργία υποδομών βιώσιμων και ανθεκτικών στα έντονα καιρικά φαινόμενα, ενώ θα πρέπει να μελετηθούν ευέλικτες λύσεις προσαρμογής ή μετριασμού της κλιματικής αλλαγής. Σιγά σιγά οι πόλεις ξεκίνησαν να επεξεργάζονται σχέδια αξιολόγησης και προσαρμογής, ενώ προς αυτήν την κατεύθυνση σημαντικοί αρωγοί είναι οργανώσεις, όπως UN-HABITAT, το Διεθνές Συμβούλιο Τοπικών Πρωτοβουλιών για το Περιβάλλον (ICLEI) και το Εθνικό Συμβούλιο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή. Από το 2008 ο οργανισμός UN-HABITAT με την πρωτοβουλία «Πόλεις και Κλιματική Αλλαγή» (Cities and Climate Change Initiative) έχει στόχο την ενίσχυση της ικανότητας των πόλεων των αναπτυσσόμενων χωρών, να προσαρμοστούν στην κλιματική αλλαγή δημιουργώντας ένα δίκτυο συνεργασίας με άλλες πόλεις, ενθαρρύνοντας τη συμμετοχική διαδικασία, αξιολογώντας τους κινδύνους και σχεδιάζοντας πιλοτικά προγράμματα.

2.3 Το Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας και ο ρόλος του πρασίνου

Η αστική θερμική νησίδα είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ο αστικός ιστός χαρακτηρίζεται από υψηλότερες θερμοκρασίες, σε σχέση με τις περιαστικές περιοχές. Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι αποτέλεσμα ενός θερμικού πλεονάσματος, που προκαλεί διαταραχή στο θερμικό ισοζύγιο των πόλεων. Γενικά οι πόλεις σε σχέση με τον περιαστικό ή αγροτικό χώρο εμφανίζουν διαφορές, κυρίως ως προς τους παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταφορά θερμότητας και τις αλλοιώσεις που έχει υποστεί το δομημένο περιβάλλον.



Σχήμα 4, Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Διακυμάνσεις θερμοκρασιών μεταξύ των διαφορετικών χρήσεων γης, αναπροσαρμογή από πηγή: *LBNL Heat Island Group*, <http://heatisland.lbl.gov/>

Ειδικότερα τα υλικά του αστικού χώρου σε σχέση με τα υλικά του περιαστικού, έχουν διαφορετι-

κές τιμές των οπτικών και θερμικών τους ιδιοτήτων (ανακλαστικότητα, ικανότητα εκπομπής⁷, θερμοχωρητικότητα) και επιπλέον χαρακτηρίζονται από έλλειψη υλικών που διαπνέουν (βλάστηση, πορώδη υλικά). Η ταχύτητα ροής του ανέμου και ο σκιασμός επιφανειών επηρεάζονται από την αστική γεωμετρία (σε σχέση με μια αγροτική περιοχή με μεγάλες εκτάσεις καλλιεργειών). Επιπλέον η ανθρωπογενής παραγωγή θερμότητας (μεταφορές, συσκευές ψύξης-θέρμανσης) καθώς και η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζουν τη νέφωση στις πόλεις. Τα παραπάνω μεταβάλλουν τον τρόπο με τον οποίο η θερμότητα απορροφάται, αποθηκεύεται, εκλύεται και διανέμεται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα στον αστικό χώρο.

Ειδικότερα ο αστικός χώρος χαρακτηρίζεται από επιφάνειες με χαμηλότερες τιμές ανακλαστικότητας⁸ σε σχέση με τον περιεστικό χώρο, με αποτέλεσμα οι πόλεις να απορροφούν μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία του αέρα να αυξάνεται. Τελικά οι αστικές επιφάνειες εμφανίζουν επιφανειακές θερμοκρασίες κατά 30-40 °C υψηλότερες, σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα (Santamouris et al, 2001). Τα αστικά δομικά υλικά έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα και έτσι η θερμότητα αποθηκεύεται σε αυτές και εκλύεται όταν η περιβάλλουσα θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την επιφανειακή (τις νυχτερινές ώρες των θερινών μηνών) - αντίθετα οι επιφάνειες των φυτών δεν αποθηκεύουν τη θερμότητα. Επιπλέον η θερμότητα που αποθηκεύεται στις αστικές επιφάνειες εκλύεται κατά τη διάρκεια της νύχτας, εμποδίζοντας το νυχτερινό δροσίσιμο της πόλης.

Χαρακτηριστικό του αστικού χώρου είναι η απουσία φυσικών υποδομών και χώρων πρασίνου, που μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα τη νύχτα, μέσω της διαπνοής. Τα φυτά απορροφούν την ημέρα μεγάλο μέρος της ηλιακής ενέργειας, ενώ αντλούν από το έδαφος νερό, το οποίο αποδίδουν τη νύχτα στην ατμόσφαιρα ως υγρασία μέσω των φύλλων τους. Με τον τρόπο αυτό οι περιοχές αστικού πρασίνου, συμβάλλουν στη μείωση της έντασης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, αποθηκεύοντας θερμότητα και ψυχραίνοντας τον ατμοσφαιρικό αέρα τις νυχτερινές ώρες. Γενικά η ύπαρξη πρασίνου λόγω υψηλών επίπεδων υγρασίας, διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη ρύθμιση των επιφανειακών θερμοκρασιών, συγκρινόμενη με παραμέτρους θερμοχωρητικότητας και αντανάκλαστικότητας επιφανειών (Goward, Cruickshanks, and Hope 1985, / Voogt 1989).

⁷ Όσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα εκπομπής τόσο μεγαλύτερη θερμότητα εκπέμπεται από μια επιφάνεια στον περιβάλλοντα χώρο και είναι σημαντική ιδιότητα που καθορίζει τόσο την ανακατανομή της θερμότητας στον αστικό χώρο, όσο και τις ανταλλαγές θερμότητας από ακτινοβολία με τον ουρανό. Καθώς η θερμότητα από ακτινοβολία που εκπέμπεται μεταξύ σωμάτων είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης μεταξύ τους, ο ρόλος της ικανότητας εκπομπής στον σχηματισμό της θερμικής νήσου, εξαρτάται από την αστική γεωμετρία και τον συντελεστή θέασης των αστικών επιφανειών με τον ουρανό. Έχει αναφερθεί ότι διαφορές στην ικανότητα εκπομπής μεταξύ των αστικών και αγροτικών περιοχών μπορεί να έχει πιθανή επιρροή στον σχηματισμό της θερμικής νήσου (Akbari et al, 1997)

⁸ Η ανακλαστικότητα ενός υλικού ή μιας επιφάνειας προσδιορίζει την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια και απορροφάται από αυτή. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της, τόσο χαμηλότερη ενέργεια απορροφάται από το υλικό και τόσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία μιας επιφάνειας.

2.4 Δυνατότητες για μετρίασμό του Φαινομένου της Αστικής Θερμική Νησίδας αξιοποιώντας το νερό

Το νερό μπορεί να μετριάσει το φαινόμενο της θερμικής νησίδας, αξιοποιώντας τις τρεις φυσικές του καταστάσεις: στερεή, υγρή, αέρια, ενώ οι τεχνικές στηρίζονται τόσο στις ιδιότητες όσο και στα χαρακτηριστικά του νερού. Το νερό εμφανίζει μεγάλη θερμοχωρητικότητα, που σημαίνει πως μπορεί και αποθηκεύει μεγάλα ποσά θερμότητας, ενώ οι μεταβολές στη θερμοκρασία του συντελούνται με σχετικά αργούς ρυθμούς. Σε σχέση με άλλα υλικά, στο νερό αποθηκεύονται τεράστια ποσά θερμότητας, χωρίς να αυξάνεται σημαντικά η θερμοκρασία του⁹. Το νερό έχει και μεγάλη διαπερατότητα και επομένως η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να περάσει τη μάζα του και να απορροφηθεί σε μεγάλο βάθος. Η μάζα του θερμαίνεται σχετικά ομοιόμορφα και η θερμοκρασία της επιφάνειάς του διατηρείται κοντά στα επίπεδα της μέσης θερμοκρασίας του, λόγω της μεγάλης κινητικότητας των μορίων νερού που μπορούν να μεταφέρουν θερμότητα από την επιφάνεια σε πιο βαθιά και ψυχρά στρώματα. Λόγω της εξάτμισης¹⁰ η επιφάνειά του ψύχεται ακόμα περισσότερο. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα του υδρολογικού κύκλου παραπάνω (σχήμα 3), ο αστικός σχεδιασμός προκειμένου να μετριάσει το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, θα μπορούσε να αξιοποιήσει χαρακτηριστικά του νερού όπως: δημιουργία νεφών, ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, απορροή, ικανότητα αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας, ψύξη, συμπύκνωση και ώσμωση, χρήση του είτε ως διαλύτη¹¹ είτε ως διάλυμα, διήθηση, ψεκασμό, εξάτμιση, διαπνοή.

Η ύπαρξη υδάτινων επιφανειών επηρεάζει το αστικό μικροκλίμα και η εξάτμιση του νερού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βασικό εργαλείο για τον περιορισμό της επίδρασης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και στην αύξηση της θερμικής άνεσης (αφού το νερό έχει υψηλή λανθάνουσα θερμότητα¹² εξάτμισης-συμπύκνωσης) στο μεσογειακό χώρο. Κατά τη φυσική διαδικασία της εξάτμισης το νερό απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον (προκειμένου να αλλάξει κατάσταση και να μετατραπεί από υγρό σε αέριο), οπότε και μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα και των επιφανειακών θερμοκρασιών των υλικών. Η αποτελεσματικότητα του δροσισμού με εξάτμιση νερού, εξαρτάται από τις μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε έναν υπαίθριο χώρο, δηλαδή από τη θερμοκρασία του αέρα και τη σχετική υγρασία του. Η στρατηγική δροσισμού με εξάτμιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία ξηρού βολβού¹³ κυμαί-

9 Το νερό έχει υψηλή ειδική θερμότητα $4.1813 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$, δηλαδή τετραπλάσια τιμή σε σχέση με τα κοινά δομικά υλικά και ογκομετρική θερμοχωρητικότητα $4.1796 \text{ J/(m}^3\cdot\text{K)}$ που σημαίνει πως μπορεί να συγκρατήσει μεγάλα ποσά θερμότητας.

10 Το νερό έχει τη μεγαλύτερη λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης-συμπύκνωσης (θερμότητα που πρέπει να προστεθεί σε 1 g νερού για να μεταβεί από την υγρή στην αέρια φάση) και είναι 540 cal/g στους $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

11 Το νερό έχει υψηλή διαλυτική ικανότητα αφού μπορεί να διαλύει τις περισσότερες ενώσεις σε σχέση με άλλες ουσίες.

12 Λανθάνουσα θερμότητα ονομάζεται το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για την μετατροπή 1 Kg νερού θερμοκρασίας βρασμού σε ατμό ίδιας θερμοκρασίας.

13 Θερμοκρασία ξηρού βολβού (Dry bulb temperature) είναι η θερμοκρασία του υγρού αέρα που προσδιορίζεται με ένα κοινό θερμόμετρο.

νευται από 27 μέχρι 42 °C και η θερμοκρασία υγρού βολβού¹⁴ δεν ξεπερνά τους 22 °C. Τους θερινούς μήνες στις περισσότερες μεσογειακές χώρες, τις μεσημβρινές ώρες τα επίπεδα σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας ευνοούν τη χρήση μεθόδων δροσισμού με εξάτμιση.

Τα τεχνητά υδάτινα σώματα (λίμνες ή κανάλια διήθησης, τεχνητοί υγρότοποι, κανάλια νερού κτλ) ως εργαλεία σχεδιασμού (Coutts et al, 2013), αποτελούν εστίες δροσισμού σε μια πόλη, ενώ παράλληλα βελτιώνουν το μικροκλίμα των γύρω περιοχών. Ερευνητές προτίνουν το δροσισμό μέσω εξάτμισης υδατικών στοιχείων ή επιφανειών, ως μια από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους παθητικού δροσισμού, σε επίπεδο κτιρίου ή αστικό (Wong et al, 2012; Kruger and Pearlmutter, 2008). Η λογική πίσω από τη χρήση των υδάτινων επιφανειών, προέρχεται από την ενισχυμένη εξάτμιση κατά τη διάρκεια της ημέρας, υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η θερμοκρασία κοντά σε υδάτινες επιφάνειες εμφανίζεται μειωμένη κατά 1-2 °C σε σχέση με τις γειτονικές περιοχές, με τη μεγαλύτερη μείωση της θερμοκρασίας να παρατηρείται κατά τη διάρκεια της ημέρας (Coutts et al, 2012; Chen et al, 2009; Saaroni and Ziv, 2003 Nishimura et al, 1998). Μελετητές ερευνώντας το φαινόμενο του παθητικού δροσισμού, ανέλυσαν τη θερμοκρασία του εδάφους και των υλικών στον αστικό χώρο και παρατήρησαν μείωση της θερμοκρασίας κατά 5,63 °C κοντά σε αστικούς υγρότοπους, σε σύγκριση με αστικές περιοχές (P. Hou et al, 2009). Στο Ηνωμένο Βασίλειο μια μελέτη μικροκλίματος (N. Nishimura et al, 1998) κοντά σε ένα μικρό αστικό οικισμό σε ποτάμι, αποδεικνύει πως η ικανότητα δροσισμού είναι περίπου 1°C, σε συνθήκες με θερμοκρασία ατμοσφαιρικού αέρα πάνω από 20°C (όπως συνήθως συμβαίνει τους θερινούς μήνες στις μεσογειακές χώρες). Επιπλέον άλλη μελέτη σημειώνει τη μείωση κατά 1- 2°C της θερμοκρασίας του αέρα σε σχέση με ένα γειτονικό πάρκο και ακόμη μεγαλύτερη μείωση με τεχνικές ψεκασμού νερού (water spray) (E.A Hathway, 2012). Πρόσφατες τέλος έρευνες χρησιμοποιούν και αριθμητικά δεδομένα, που αποδεικνύουν την ικανότητα μείωσης της θερμοκρασίας του αέρα, μέσω υδάτινων επιφανειών που μειώνουν και την ενεργειακή κατανάλωση (M. Robitu et al, 2006), παράλληλα με τη δημιουργία πράσινων επιφανειών που βελτιώνουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης του εξωτερικού χώρου (M. Robitu et al, 2006).

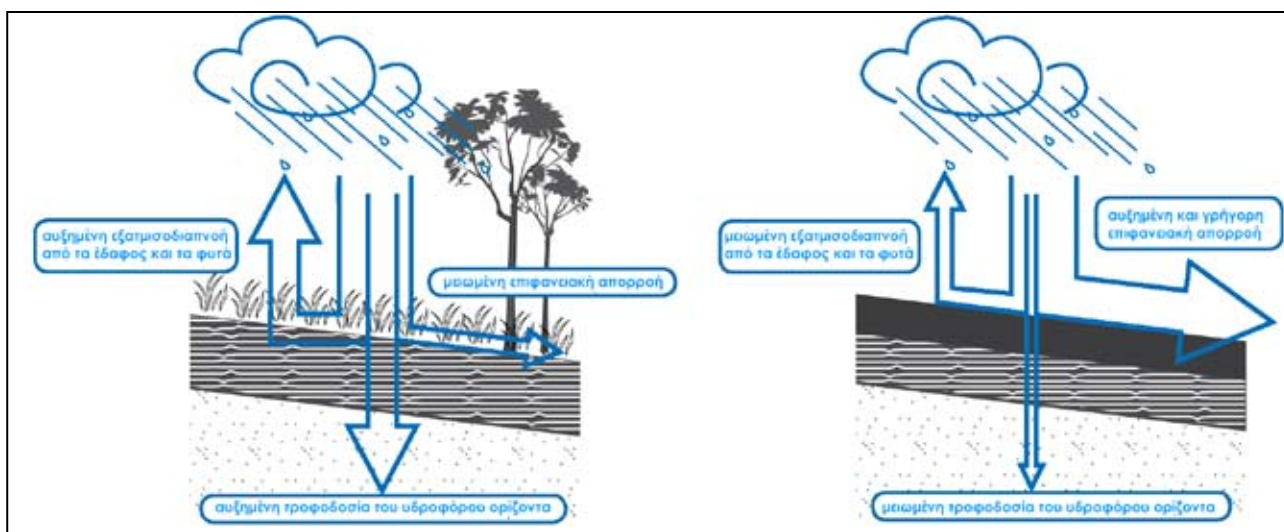
2.5 Οικοσυστήματα, χώροι πρασίνου, υδατικοί πόροι / Δυνατότητες για μετριασμό του Φαινομένου της Αστικής Θερμική Νησίδα

Η ύπαρξη οικοσυστημάτων καθορίζει από τη μια τη διαθεσιμότητα (συμπεριλαμβανομένων των ακραίων φαινομένων ξηρασίας και πλημμυρών) και από την άλλη την ποιότητα των υδατικών πόρων. Σύμφωνα με την Αξιολόγηση των Οικοσυστημάτων της Χιλιετίας (MEA, 2005b) οι υπηρεσίες των οικοσυστημάτων περιλαμβάνουν τέσσερις κύριες κατηγορίες: (1) προμήθεια με καθαρό νερό, (2) ρύθμιση της ροής και έλεγχο των πλημμυρών, (3) πολιτιστικές αξίες, όπως αναψυχή και (4) υποστηρικτικές, αφού αποτελούν σημαντικούς βιοτόπους για τα υδατικά οικοσυστήματα.

Οι παραγωγικοί τομείς, όπως και τα οικοσυστήματα, εξαρτώνται από την κατανάλωση υδατικών

¹⁴ Θερμοκρασία υγρού βολβού (Wet bulb temperature) είναι η θερμοκρασία του υγρού αέρα που προσδιορίζεται με ένα θερμόμετρο το οποίο έχει το βολβό μέτρησης της θερμότητας καλυμμένο με ένα λεπτό στρώμα νερού.

πόρων¹⁵. Ζητήματα όπως «άνθρωπος ή φυσικό περιβάλλον» ή «η ανάγκη των οικοσυστημάτων σε νερό», υπήρξαν αντικείμενο διαφωνιών για αρκετές δεκαετίες. Αρχικά επικρατούσε η αντίληψη πως ανθρώπινη δραστηριότητα και φυσικό περιβάλλον, αποτελούν δύο συγκρουόμενα ζητήματα, όσον αφορά από τη μια την ανάπτυξη και από την άλλη τη διατήρηση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Μόνο τα τελευταία χρόνια απαντάται μια γενικότερη σύγκλιση των απόψεων, πως τελικά το νερό είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της ισορροπίας του φυσικού περιβάλλοντος και της ακεραιότητας των οικοσυστημάτων, που υποστηρίζει και ενισχύει την ανάπτυξη, προσφέροντας υπηρεσίες στον άνθρωπο (υπηρεσίες των οικοσυστημάτων ή «ecosystem services»). Η ορθολογιστική διαχείριση του νερού θα πρέπει να εστιάζει σε τρόπους επίλυσης των ανταγωνιστικών τάσεων μεταξύ οικοσυστημάτων και κοινωνικο-οικονομικών παραγόντων.



Σχήμα 5, Αριστερά διαπερατές επιφάνειες στην ύπαιθρο, δεξιά αδιαπερατές επιφάνειες στην πόλη.

Τα οικοσυστήματα και οι χώροι πρασίνου σε μια πόλη, αποτελούν σημαντικό κομμάτι του υδρολογικού κύκλου. Για παράδειγμα η ποιότητα των επιφανειακών υδάτων του αστικού ιστού, εξαρτάται από την καλή λειτουργία των οικοσυστημάτων. Ιστορικά επικρατούσε η άποψη πως τα οικοσυστήματα απλά καταναλώνουν τους υδατικούς πόρους, αποτελώντας μη «παραγωγικούς χρήστες». Αυτή η άποψη είναι λανθασμένη, αφού τα οικοσυστήματα δεν χρησιμοποιούν νερό, αλλά το ανακυκλώνουν. Σχετικά πρόσφατα υιοθετείται μια διαφορετική αντίληψη όπου οι ανθρώπινες δραστηριότητες αντιμετωπίζονται συνολικά με το φυσικό περιβάλλον. Όλες οι υπηρεσίες που προσφέρουν τα χερσαία οικοσυστήματα, όπως η παραγωγή τροφίμων, η ρύθμιση του κλίματος, η γονιμότητα του εδάφους, η αποθήκευση άνθρακα και η ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών, υποκινούνται από το νερό και τα υδατικά οικοσυστήματα. Η διαθεσιμότητα του νερού και η ποιότητά του, όσον αφορά στην άμεση χρήση από τον άνθρωπο, αποτελούν «υπηρεσίες» που προσφέρουν τα οικοσυστήματα, όπως για παράδειγμα ο μετριασμός των ακραίων καιρικών φαινομένων (ξηρασία, πλημμύρα). Επιπλέον οι περισσότερες υπηρεσίες που προσφέρουν τα οικοσυστήματα είναι αλληλένδετες τόσο μεταξύ τους, όσο και με το νερό. Τέλος, η βιοποικιλότητα θεωρείται υπη-

¹⁵ Όσο μεγαλύτερη ποσότητα νερού απαιτεί ο παραγωγικός τομέας, τόσο μεγαλύτερη απαιτούν και τα οικοσυστήματα, προκειμένου να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους.

ρεσία που προσφέρουν τα οικοσυστήματα (πολιτιστική, αισθητική, ψυχαγωγική) που λειτουργεί υποστηρικτικά, ώστε τα οικοσυστήματα να συνεχίσουν να παρέχουν υπηρεσίες.

Τελικά οι πράσινες επιφάνειες σε μια πόλη ρυθμίζουν την επιφανειακή απορροή, ενώ παράλληλα προστατεύουν το έδαφος από τη διάβρωση. Η μορφολογία του φυλλώματος των φυτών επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο η βροχή φτάνει στο έδαφος και οι ρίζες βοηθούν στη διήθηση του νερού. Τα φυτά απορροφούν το νερό από το έδαφος και το απελευθερώνουν πίσω στην ατμόσφαιρα με τη μορφή υδρατμών (η λειτουργία της διαπνοής έχει σημαντική επίδραση στα τοπικά, περιφερειακά και παγκόσμια πρότυπα βροχοπτώσεων). Η απομάκρυνση των φυτών μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το μικροκλίμα στον αστικό χώρο. Η φύτευση μη ενδημικών φυτών συνήθως συνοδεύεται από μεγάλες απαιτήσεις σε νερό, ιδιαίτερα σε ξηρές περιοχές- γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των αποθεμάτων των υπόγειων υδάτων. Σημαντικές αλλαγές στη βλάστηση θα πρέπει να αποτελούν αντικείμενο αυστηρής αξιολόγησης των επιπτώσεων του υδρολογικού κύκλου.

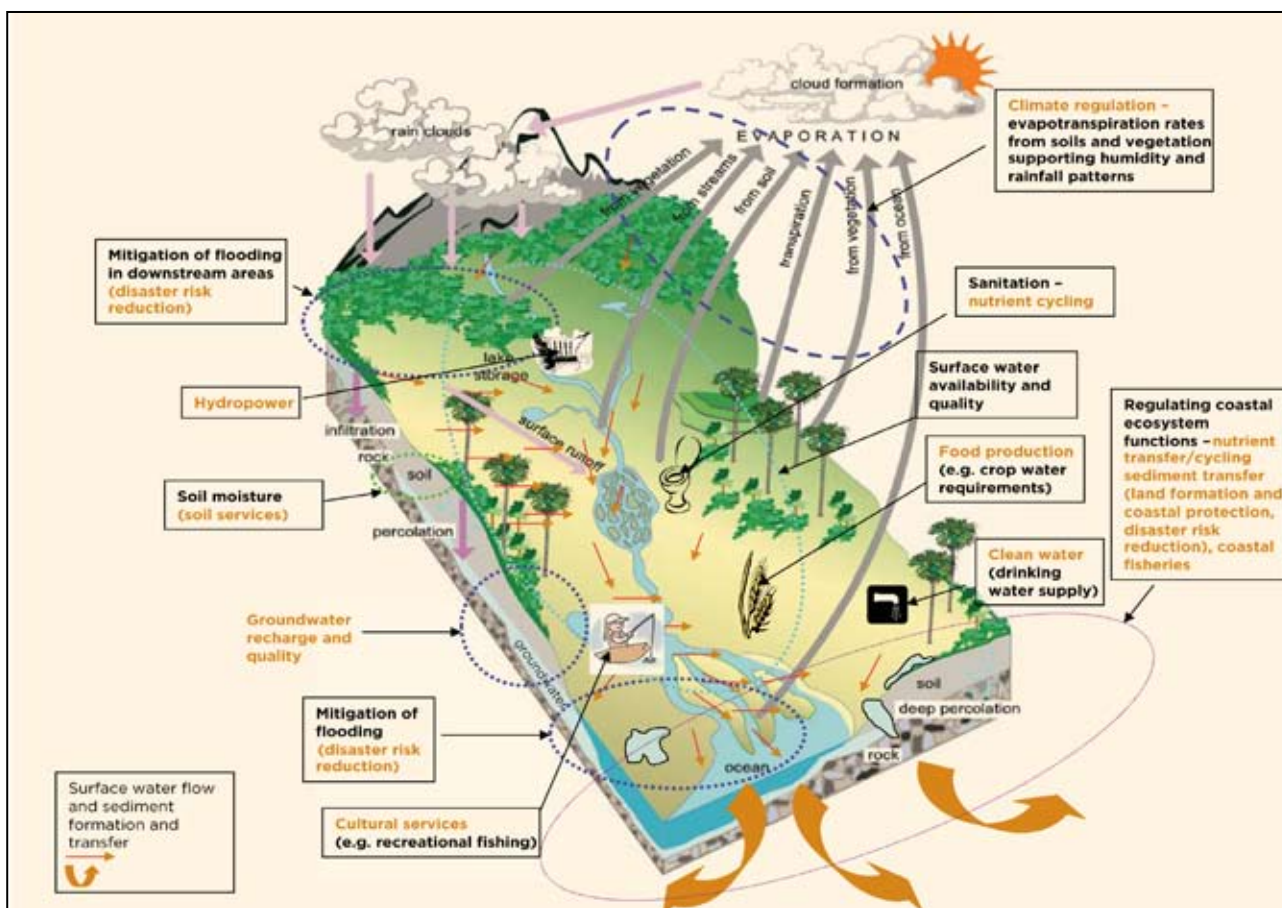
Γενικά η αστική ανάπτυξη μειώνει τους χώρους πρασίνου που παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών - συμπεριλαμβανομένου της αποθήκευσης, της διήθησης, του δροσισμού και της σκιάς, της μείωσης των θερμοκηπιακών αερίων- και τους αντικαθιστά με σκληρά υλικά, όπως άσφαλτο και σκυρόδεμα . Οι πράσινοι χώροι και η αξία τους¹⁶ στην προστασία του υδρολογικού κύκλου, οδήγησαν τις τοπικές κυβερνήσεις στη λύση των «πράσινων υποδομών» (Gill et al., 2007), ως μιας βιώσιμης λύσης διαχείρισης του αστικού νερού και ως μέσου καταπολέμησης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας¹⁷.

Ένα όρος που χρησιμοποιείται για την ποσότητα του νερού που απαιτείται για υγιή οικοσυστήματα είναι η «περιβαλλοντική ή η ελάχιστη ροή». Προήλθε από την εξέταση των ροών που απαιτούνται για τη διατήρηση του κύκλου ζωής της βιοποικιλότητας των ποταμών, αλλά χρησιμοποιείται συχνά στο σχεδιασμό και στη λειτουργία υποδομών ύδρευσης (π.χ. φράγματα). Την τελευταία όμως δεκαετία, η έννοια της περιβαλλοντικής ροής κινείται προς την κατεύθυνση των κοινωνικο-οικονομικών προσεγγίσεων, με την αξιολόγηση των απαιτήσεων για τη διατήρηση ή την αποκατάσταση των επιθυμητών επιπέδων των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων σε μια δεδομένη περιοχή.

16 Οι υγρότοποι (φυσικοί ή τεχνητοί) για παράδειγμα, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον υδρολογικό κύκλο, όπου φιλοξενούν μόνιμα ή κατά διαστήματα νερό. Όσον αφορά στο νερό της βροχής κατά τη διάρκεια μιας πλημμύρας αποθηκεύουν το νερό και στη συνέχεια το απομακρύνουν σιγά σιγά, βοηθώντας στη μείωση της πλημμύρας στα κατάντη. Επίσης οι υγρότοποι ρυθμίζουν τον κύκλο των θρεπτικών συστατικών των ιζημάτων και των ρύπων, λειτουργώντας ως μια φυσική υποδομή επεξεργασίας νερού.

17 Στη Ν. Υόρκη τα ανεπεξέργαστα βρόχινα νερά και τα λύματα πλημμύριζαν το οδόστρωμα, αφού το σύστημα αποχέτευσης ήταν παλιό και ανεπαρκές, ενώ μετά από έντονες βροχοπτώσεις, το νερό της βροχής έρεε σε ποτάμια και ρέματα, αντί να φτάνει στις ΕΕΛ. Η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ εκτίμησε ότι θα πρέπει να επενδυθούν 300 δισεκατομμύρια δολάρια για την αναβάθμιση του συστήματος αποχέτευσης σε όλη τη χώρα. Ειδικότερα στη Ν. Υόρκη εκτιμήθηκε πως ένα συμβατικό αποχετευτικό σύστημα θα κόστιζε 6,8 δισεκατομμύρια δολάρια. Όμως τελικά η πόλη επέλεξε να επενδύσει 5,3 δισεκατομμύρια σε πράσινες υποδομές (πράσινες στέγες, δρόμους και πεζοδρόμια). Γενικά το εναλλακτικό σύστημα διαχείρισης του αστικού κύκλου του νερού προωθεί τη δημιουργία πορώδων επιφανειών που απορροφούν το βρόχινο νερό, βελτιώνοντας την ποιότητα του αέρα και μειώνοντας το κόστος σε νερό και ενέργεια.

Η προσέγγιση αυτή αποτελεί ένα σημαντικό διαχειριστικό εργαλείο. Η πλήρης εφαρμογή της εξετάζει όχι μόνο τις ροές των επιφανειακών υδάτων, αλλά και τις ευρύτερες ροές των οικοσυστημάτων (λαμβάνοντας υπόψη τη διαχείριση της εξατμισοδιαπνοής, της υγρασίας του εδάφους και των υπογείων υδάτων) και επιπλέον χρησιμοποιείται ως ένα ποσοτικό εργαλείο ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων.



Εικόνα 1, Απλοποιημένο μοντέλο που απεικονίζει το ρόλο των οικοσυστημάτων στον κύκλο του νερού, πηγή : MRC, 2003

2.6 Διαχείριση των υδατικών πόρων

Η διαχείριση των υδατικών πόρων συνοδεύεται από μεγάλη αβεβαιότητα. Οι αλλαγές που συντελούνται παγκοσμίως όσον αφορά στα καταναλωτικά πρότυπα, στα δημογραφικά στοιχεία, στη μετακίνηση του πληθυσμού και στην κλιματική αλλαγή, αυξάνουν τα επίπεδα κινδύνου στις πόλεις. Η αναζήτηση πρακτικών και εναλλακτικών μεθόδων που μετριάζουν τους παραπάνω κινδύνους, αποτελεί λύση που θα οδηγήσει σε βιώσιμα (sustainable) και ανθεκτικά (resilient) μοντέλα πόλεων.

Η διαχείριση των υδάτων και η διατήρηση του υδρολογικού κύκλου του νερού αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία, που καλύπτει ένα ευρύ φάσμα πρακτικών και απαιτεί τη συναίνεση διαφόρων επιστημονικών κλάδων. Γενικεύοντας μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες: τη διαχείριση του πόρου, τη διαχείριση των υποδομών νερού και τη διαχείριση της ισορροπίας μεταξύ προσφοράς

και ζήτησης. Ιστορικά, μια από τις μεγαλύτερες αποτυχίες στον τομέα της διαχείρισης των υδάτων, υπήρξε η κατανομή της ζήτησης ανάλογα με τους παραγωγικούς τομείς και η παράβλεψη της βιώσιμης προσφοράς. Αυτό τελικά οδήγησε σε συγκρούσεις, κρίσεις, υπερβολική χρήση του νερού και περιβαλλοντική υποβάθμιση. Το κλασικό πρότυπο της διαχείρισης των εγκαταστάσεων υδροδότησης και αποχέτευσης ξεκινά από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού (EEN) (από την άντληση μέχρι τη διανομή) και επεκτείνεται στο σύνολο των αγωγών που ξεκινούν από τον προμηθευτή και καταλήγουν στον τελικό καταναλωτή. Στη συνέχεια ακολουθεί η συλλογή των ανεπεξέργαστων λυμάτων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας, στην επεξεργασία και στην διοχέτευση των επεξεργασμένων λυμάτων στον τελικό υδατικό αποδέκτη. Τέλος η διαχείριση προσφοράς-ζήτησης αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία, αφού εμπεριέχει ένα ευρύ φάσμα κοινωνικο-οικονομικών συμφερόντων.

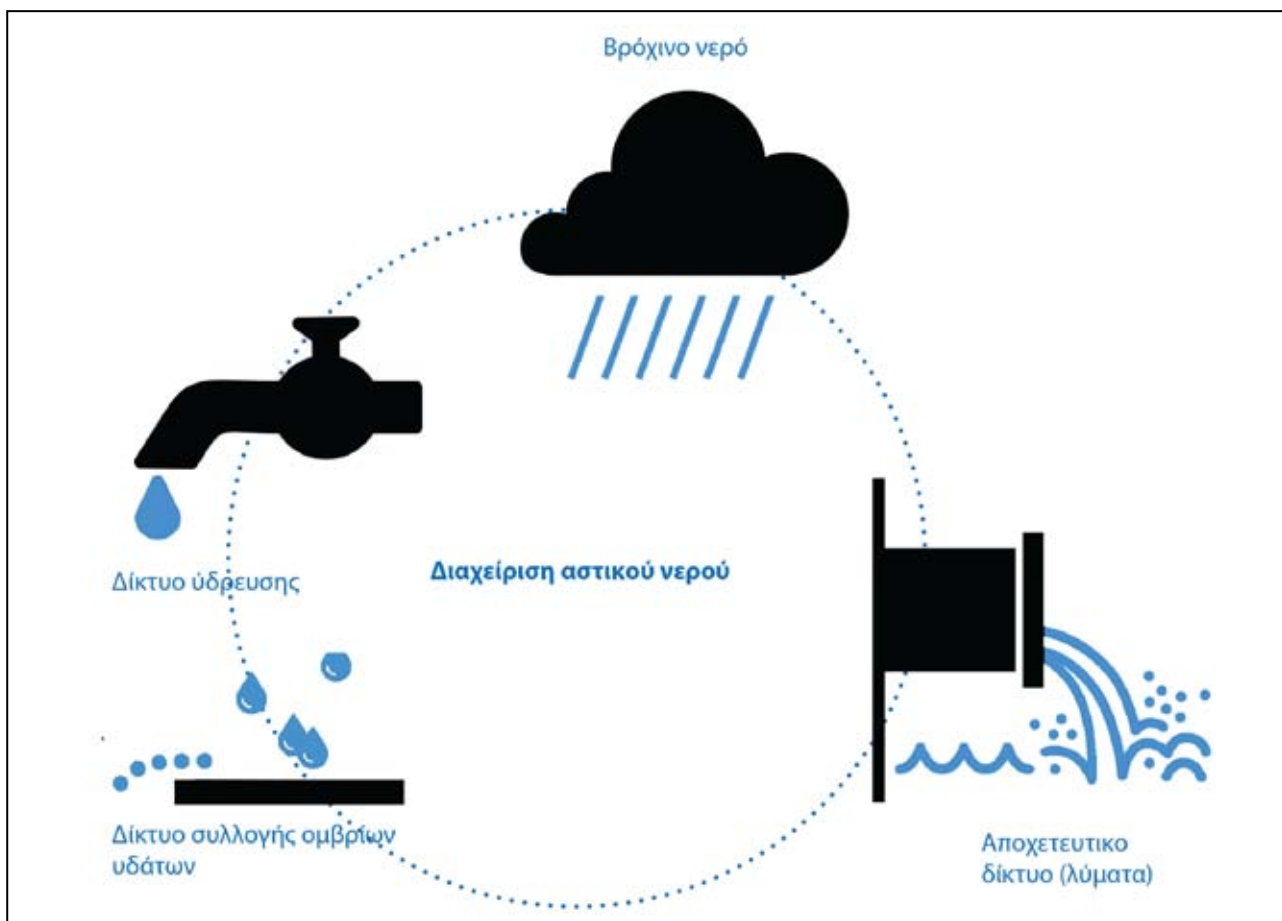
Η διαχείριση του νερού σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων και συνδέεται με την κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη, την ασφάλεια, την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον και τις πολιτιστικές και θρησκευτικές πεποιθήσεις (Dalcanele et al., 2011). Για παράδειγμα, πολλές πόλεις του κόσμου είναι ευάλωτες σε ακραία καιρικά φαινόμενα όπως πλημμύρες ή παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας, που θέτουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές. Ωστόσο η κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη των πόλεων εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων¹⁸. Επομένως καθώς αυξάνεται η ζήτησή του νερού, η βιώσιμη διαχείρισή του είναι ζωτικής σημασίας για τον άνθρωπο, αντιμετωπίζοντας το νερό ως πόρο που εξαντλείται. Η βιώσιμη διαχείριση του πόρου αφορά στη διαχείριση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και περιλαμβάνει τη καταγραφή της διαθεσιμότητας του νερού, την αξιολόγηση πιθανής ρύπανσής του, την προστασία της ποιότητάς του καθώς και των υδατικών οικοσυστημάτων, τις τεχνητές και φυσικές υποδομές για την διανομή και την αποθήκευση του πόρου, όπως και την τροφοδοσία των υπόγειων υδροφορέων. Η προσέγγιση της αξιοποίησης-επαναχρησιμοποίησης-ανακύκλωσης μπορεί να ανάγει το νερό σε ανανεώσιμο πόρο.

Τον 20ό αιώνα η διαχείριση των υδατικών πόρων αφορά σε έργα και κατασκευές «βαριάς υποδομής», (WCD, 2000) για τον έλεγχο της αυξομείωσης της ποσότητας του νερού και συνίσταται στην κατασκευή μεγάλης κλίμακας έργων που «δαμάζουν» και ελέγχουν» το νερό. Δυστυχώς σε γενικές γραμμές, η ανάπτυξη των πόλεων δεν ακολούθησε πρότυπα βιωσιμότητας και ειδικότερα η διαχείριση των υδατικών πόρων παρακάμφθηκε, ξεκινώντας από τη μεγάλη αναπτυξη των πόλεων (και συνεχίζοντας με τη γεωργική παραγωγή και τη βιομηχανία). Με τον καιρό οι περιορισμοί που θέτουν οι βαριές υποδομές γίνονται εμφανείς (Snaddon et al., 1999), γεγονός που οδηγεί σε μια νέα

¹⁸ Ενώ οι υδατικοί πόροι δέχονται έντονες πιέσεις σε παγκόσμια κλίμακα, σχετικά με τη διαχείριση των υπόγειων υδάτων κυριαρχεί έντονη ανησυχία. Η αύξηση της εκμετάλλευσης των υπόγειων υδροφορέων ως αποτέλεσμα των βελτιωμένων τεχνολογιών άντλησης και γεώτρησης, έχει οδηγήσει συχνά στην εξάντληση του πόρου. Τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει η μετάβαση σε μια νέα εποχή όπου έχουν τεθεί περιορισμοί. Το νερό δε θεωρείται ανεξάντλητος πόρος, ενώ τίθενται βιώσιμα κριτήρια οικονομικής ανάπτυξης. Είναι πλέον σαφές πως ακόμα και οι ανανεώσιμοι πόροι θα πρέπει να διαχειρίζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να απαιτούν ορθολογικές ποσότητες νερού (Patterson, 2009).

προσέγγιση μελέτης και παρακολούθησης του φυσικού υδρολογικού κύκλου (van Stokkom et al., 2005). Η διαχείριση των υδατικών πόρων αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία, που δε σχετίζεται απλά με τεχνολογικά επιτεύγματα, αλλά απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση για την επίτευξη στόχων.

Ο 21ός αιώνας επικεντρώνεται στις ήπιες υποδομές (soft infrastructure) και συνδέεται με τη διαχείριση προσφοράς και ζήτησης, υδρο-ευαίσθητων πρακτικών και φυσικών υποδομών νερού, που στη βιβλιογραφία απαντάται με τον όρο «Ήπια Προσέγγιση» (Soft Path Approach) (Brooks et al., 2009; Wolff and Gleick, 2002). Η πρόκληση για τις πόλεις είναι η ισορροπία μεταξύ βαριάς υπάρχουσας υποδομής και ήπιων πρακτικών, με σκοπό τη διατήρηση του υδρολογικού κύκλου και τη μεγιστοποίηση των πλεονεκτημάτων που απορρέουν από αυτή. Έτσι λοιπόν κάποιες πόλεις στον κόσμο που έχουν ένα αναπτυγμένο δίκτυο υποδομών νερού, έχουν ξεκινήσει να ερευνούν και να εφαρμόζουν αποτελεσματικά και βιώσιμα συστήματα διαχείρισης του αστικού νερού. Από την άλλη κάποιες άλλες πόλεις χρησιμοποιούν ακόμα συμβατικά, όμως μελλοντικά σίγουρα θα αναγκαστούν να αναθεωρήσουν το παραδοσιακό πρότυπο διαχείρισης.



Σχήμα 6, Δίκτυα διαχείρισης αστικού νερού

Τα συμβατικά συστήματα διαχείρισης τόσο στις αναπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες, τείνουν να αντιμετωπίσουν το ζήτημα της διαχείρισης των αστικών δικτύων νερού, μέσω μεγάλων επενδύσεων εφαρμόζοντας ένα περιορισμένο φάσμα καθιερωμένων και τυποποιημένων πρακτικών. Η διαχείριση των αστικών δικτύων νερού είναι κατακερματισμένη και ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η λειτουργία αυτών, δε λαμβάνει υπόψιν σημαντικούς παράγοντες και αλληλεπι-

δράσεις με τον υφιστάμενο αστικό ιστό, υιοθετώντας βραχυπρόθεσμες λύσεις.

Ειδικότερα η συμβατική διαχείριση των αστικών συστημάτων περιλαμβάνει τα ακόλουθα αδύναμα σημεία:

- **Κατακερματισμός:** Το κλασικό πρότυπο διαχείρισης αστικών δικτύων νερού υιοθετεί μια κατακερματισμένη προσέγγιση, όπου οι διάφορες πτυχές αντιμετωπίζονται μεμονωμένα, οδηγώντας σε «σημειακές» λύσεις που μετριάζουν τις επιπτώσεις τοπικά, αγνοώντας τις συνέπειες σε άλλα συστήματα και περιοχές. Έτσι για παράδειγμα δεν εφαρμόζονται μέτρα με συνδυασμένο και συντονισμένο τρόπο σε όλη τη λεκάνη απορροής και τα τοπικά μέτρα που λαμβάνονται για τις πλημμύρες, έχουν έμμεσο αντίκτυπο στις ανάντη και κατάντη περιοχές
- **Βραχυπρόθεσμες λύσεις:** Η διαχείριση των υδατικών πόρων τόσο σε ανεπτυγμένες όσο και σε υπό ανάπτυξη χώρες, επικεντρώνεται στα σημερινά προβλήματα, επιλέγοντας βραχυπρόθεσμες λύσεις, παρά τους κινδύνους πως τα εφαρμοζόμενα μέτρα δεν είναι οικονομικά αποδοτικά και βιώσιμα μακροπρόθεσμα.
- **Έλλειψη ευελιξίας:** Οι συμβατικές υποδομές τείνουν να χαρακτηρίζονται από μη ευελιξία σε μια σειρά μεταβαλλόμενων συνθηκών. Η παροχή πόσιμου νερού, η επεξεργασία των λυμάτων και το δίκτυο απορροής των ομβρίων, έχουν κατασκευαστεί με βάση παλιά δεδομένα, ώστε να ανταποκρίνονται σε δεδομένες συνθήκες και παροχές, που όταν αυτές ξεπεραστούν δημιουργούνται προβλήματα. Επομένως η διαχείριση των δικτύων γίνεται δυσλειτουργική, ειδικά όταν αντιμετωπίζεται συνδυαστικά με την κλιματική αλλαγή και την αυξανόμενη αστική ζήτηση.
- **Ενεργοβόρα συστήματα:** Οι συμβατικές υποδομές άντλησης, διανομής και επεξεργασίας νερού απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας. Το αυξημένο κόστος των συμβατικών ορυκτών καυσίμων και οι διακοπές ρεύματος διαταράσσουν την ομαλή λειτουργία τους. Η εντατική χρήση ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα υψηλά επίπεδα εκπομπών CO₂, σε μια εποχή που οι πόλεις προσπαθούν να μειώσουν τα ανθρακικό τους αποτύπωμα.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων εφαρμόζει καινοτόμες και ευέλικτες τεχνολογίες που επιλέγονται βασιζόμενες σε μια ολιστική αξιολόγηση του αστικού κύκλου του νερού, επιδιώκοντας τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του συστήματος ως συνόλου. Η βιώσιμη διαχείριση έχει σημαντικά οφέλη: (1) Αύξηση της διαθεσιμότητας του νερού και μείωση του όγκου των λυμάτων προς διάθεση, αξιοποιώντας τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης αυτών. (2) Πρακτική των υδατικών πόρων και των φυσικών υδατικών οικοσυστημάτων, επενδύοντας στον έλεγχο και στην πρόληψη της διάχυτης ρύπανσης των ομβρίων υδάτων, (3) Καλύτερη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας και βιωσιμότητας των παρεμβάσεων μέσω ενός διατομεακού συντονισμού και συμμετοχής των ενδιαφερόμενων.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση δεν αναζητά την επίλυση προβλημάτων στις αμφισβητήσιμες επεν-

δύσεις για την επέκταση των υφιστάμενων υποδομών και των τερματικών τεχνολογιών (end of-ribe technologies), αλλά επανεξετάζει τις υπάρχουσες ανάγκες, προτίνοντας - όπου χρειάζεται - θεμελιώδεις αλλαγές. Αυτό περιλαμβάνει την αναζήτηση νέων πολιτικών καθώς και την έρευνα και εξέταση εναλλακτικών και αναδυόμενων τεχνολογιών, ευέλικτων σε μακροπρόθεσμες μεταβολές του αστικού υδρολογικού κύκλου, όπως στο ευρύ φάσμα των χρηστών νερού που εξαρτώνται από αυτό.

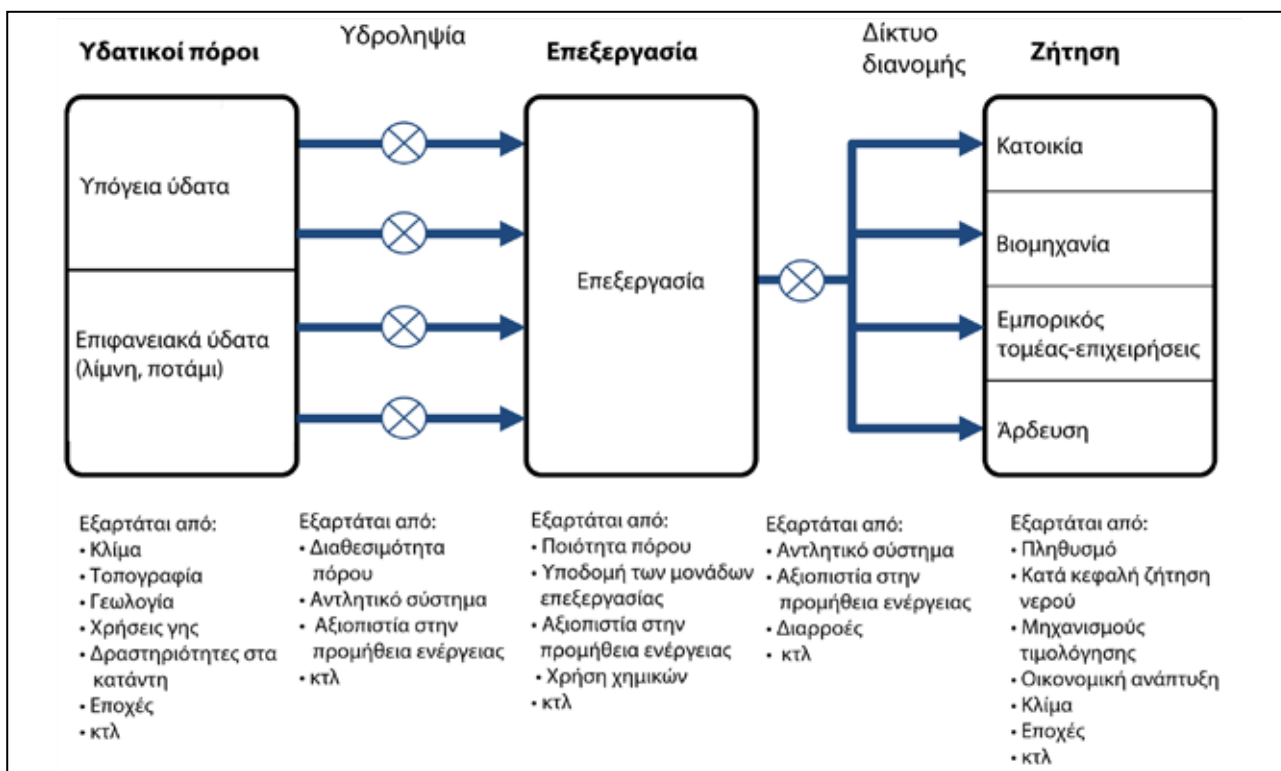
Παρακάτω συνοψίζονται οι βασικές διαφορές μεταξύ της παραδοσιακής και «γραμμικής» μεθοδολογίας και της ολοκληρωμένης διαχείρισης που προσανατολίζεται προς μια συμμετοχική, αποκεντρωμένη και κυκλική προσέγγιση της διαχείρισης του αστικού νερού.

Χαρακτηριστικά της διαχείρισης του αστικού νερού	Συμβατική προσέγγιση	Ολοκληρωμένη προσέγγιση
Συνολική προσέγγιση	Το δίκτυο πόσιμου νερού, τα λύματα και τα όμβρια παρόλο που διαχειριστικά ανήκουν στον ίδιο φορέα ως ιστορικό κατάλοιπο, πρακτικά λειτουργούν μεμονωμένα το ένα από το άλλο.	Το δίκτυο πόσιμου νερού, λυμάτων και ομβρίων αντιμετωπίζεται με ενιαίο τρόπο και συμπαρασούρει και άλλους τομείς της αστικής ανάπτυξης, μέσω μιας συντονισμένης διαχείρισης.
Συνεργασία με τους συμμετέχοντες	Συνεργασία = δημόσιες σχέσεις. Οργανισμοί, οργανώσεις, τοπικές κοινότητες, φορείς καλούνται να συμμετέχουν κατά την έγκριση μιας προεπιλεγμένης λύσης.	Συνεργασία=δέσμευση και συμμετοχικός σχεδιασμός. Οργανισμοί, οργανώσεις και τοπικές κοινότητες συνεργάζονται για τη εύρεση βιώσιμων λύσεων.
Επιλογή υποδομών	Γκριζες υποδομές: Οι υποδομές κατασκευάζονται από συμπαγές μέταλλο ή πλαστικό.	Πράσινες υποδομές: Οι υποδομές μπορούν να περιλαμβάνουν αγωγούς, μονάδες διαχείρισης, αλλά και ήπιες υποδομές διαχείρισης εδάφους και βλάστησης.
Διαχείριση των ομβρίων υδάτων	Το νερό της βροχής αποτελεί "πρόβλημα" και θα πρέπει να μεταφέρεται γρήγορα και μακριά από τις αστικές περιοχές	Το νερό της βροχής είναι ένας αξιοποιήσιμος "πόρος" που θα πρέπει να συλλέγεται για πόσιμη και μη χρήση (διατήρηση των υπόγειων υδροφορέων, των πλωτών οδών και της βιοποικιλότητας).
Διαχείριση των λυμάτων	Τα λύματα συλλέγονται, επεξεργάζονται και διατίθενται στο περιβάλλον.	Τα λύματα αποτελούν αξιοποιήσιμο "πόρο" που θα πρέπει να αξιοποιείται για παραγωγή ενέργειας και ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών.
Διαχείριση της ζήτησης νερού	Τα ζητήματα της αυξημένης ζήτησης νερού λύνεται μέσω επενδύσεων σε νέες πηγές νερού και υποδομές.	Λύσεις όπως η μείωση της ζήτησης, η συλλογή βρόχινου νερού και η ανάκτηση των λυμάτων, αποτελούν προτεραιότητα συγκριτικά με την αξιοποίηση νέων υδατικών πόρων.
Επιλογή τεχνολογικών λύσεων	Η πολυπλοκότητα περιορίζεται και εφαρμόζονται τυποποιημένες τεχνολογικές λύσεις σε μεμονωμένες πτυχές του υδρολογικού κύκλου.	Ενθάρρυνση διαφοροποιημένων λύσεων μέσα από την αξιοποίηση της διεπιστημονικότητας και τη χρήση νέων τεχνικών διαχείρισης, που ενθαρρύνουν το συντονισμό αποφάσεων - όσον αφορά στη διαχείριση των υδατικών πόρων, στον αστικό σχεδιασμό και στην αρχιτεκτονική τοπίου.

Πίνακας 1, Διαφορές μεταξύ συμβατικής και ολοκληρωμένης διαχείρισης του αστικού νερού, *αναπροσαρμογή από πηγή: <http://www.switchtraining.eu>*

2.6.1 Συμβατική διαχείριση του αστικού νερού (δίκτυα/κεντρικές υποδομές)

• Το συμβατικό δίκτυο ύδρευσης βασίζεται στην αναζήτηση υδατικών πόρων (επιφανειακών ή υπογείων) και στη δημιουργία κατάλληλων υποδομών για επεξεργασία και διανομή. Σε γενικές γραμμές η διαχείριση του δικτύου ύδρευσης περιλαμβάνει πέντε βασικές συνιστώσες, οι οποίες επηρεάζονται από ένα ευρύ φάσμα παραγόντων, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 7:

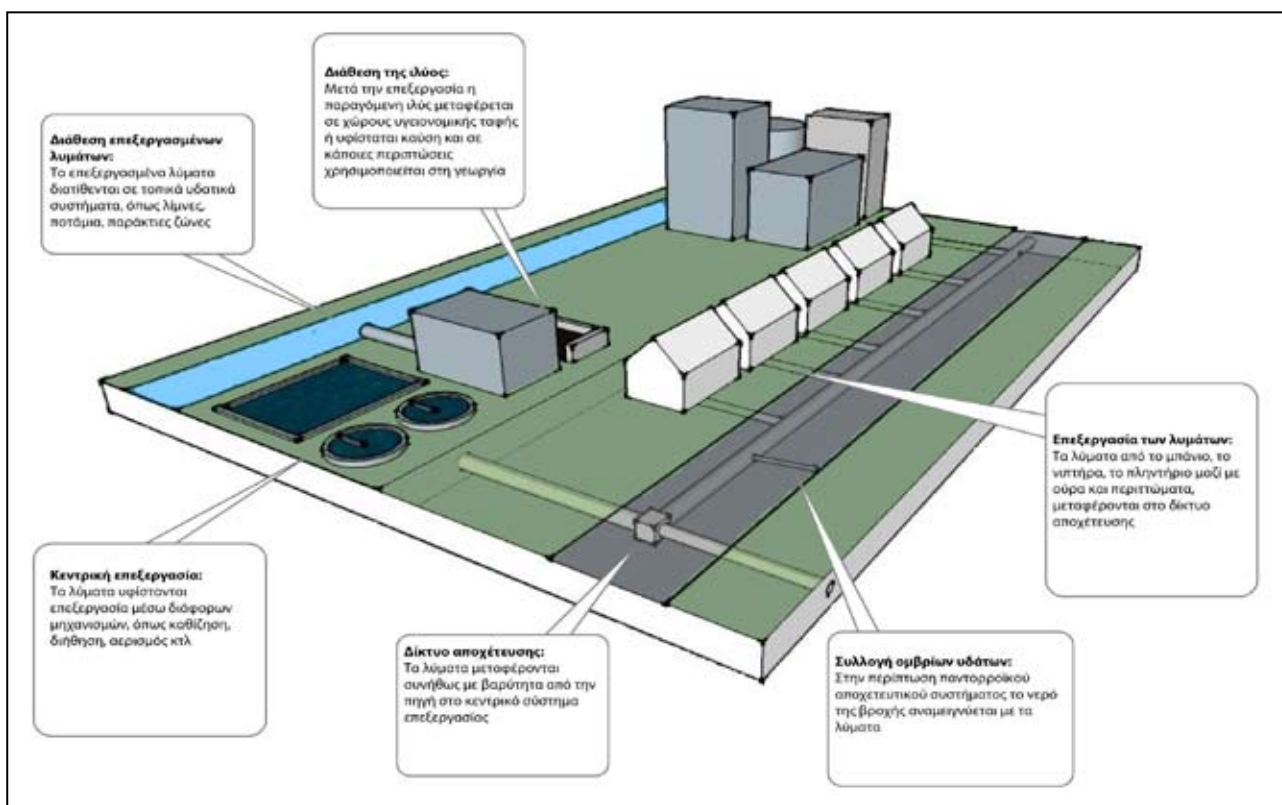


Σχήμα 7, Στοιχεία διαχείρισης των αστικών συμβατικών δικτύων ύδρευσης νερού, αναπροσαρμογή από πηγή <http://www.switchtraining.eu>

Το πρότυπο της συμβατικής διαχείρισης των δικτύων ύδρευσης στηρίζεται στην αξιόπιστη και ασφαλή παροχή νερού, αλλά απορρέει και ένας μεγάλος αριθμός ζητημάτων που αφορούν σε αναποτελεσματική λειτουργία, κακή εξυπηρέτηση του δικτύου και αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ένα πρώτο ζήτημα είναι η μη βιώσιμη διαχείριση των τοπικών πόρων, αφού για παράδειγμα η ανάγκη να ικανοποιηθεί η αυξημένη ζήτηση νερού, οδηγεί σε υπερβολική άντληση των τοπικών πόρων. Αυτό οδηγεί στην ταπείνωση της στάθμης των υπογείων υδάτων και στη χαμηλή ροή των ποτάμιων συστημάτων, με μελλοντικές συνέπειες στις κατάντη περιοχές και στους χρήστες, βλάπτοντας τελικά τα υδατικά οικοσυστήματα. Το παραδοσιακό δίκτυο νερού αυξάνει το ανθρακικό αποτύπωμα των πόλεων, αφού είναι ενεργοβόρο όσον αφορά στην επεξεργασία, στη διανομή και πολλές φορές στην εισαγωγή υδατικών πόρων από γειτονικές περιοχές. Αυτό το καθιστά ευάλωτο σε διακοπές ηλεκτρικού ρεύματος ή στη διακύμανση της τιμής των ορυκτών καυσίμων. Επιπλέον το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης των αντλητικών συστημάτων, όπως και των σταδίων επεξεργασίας και διανομής του νερού είναι υψηλό, ενώ η ρύπανση των υδάτων στα ανάντη αυξάνει το κόστος και μπορεί να προκαλέσει μείωση της χρήσης και εγκα-

τάλειψη της πηγής υδροληψίας. Συνακόλουθα μεγάλες ποσότητες επεξεργασμένου νερού καθώς εισέρχονται στο σύστημα διανομής χάνονται, λόγω διαρροών και παράνομων συνδέσεων. Επίσης κάποιες χρήσεις δεν απαιτούν υψηλής ποιότητας πόσιμο νερό, όπως πότισμα πάρκων ή βιομηχανία, που σημαίνει περιττές δαπάνες για επεξεργασία. Τέλος τα δίκτυα ύδρευσης είναι σχεδιασμένα για να αντεπεξέλθουν σε μια προβλεπόμενη ζήτηση νερού και δεν είναι ευέλικτα σε μελλοντικές μεγάλες αυξομειώσεις.

- Η συμβατική διαχείριση των αστικών λυμάτων βασίζεται σε ένα κεντρικό σύστημα που συλλέγει και επεξεργάζεται όλα τα ρεύματα των λυμάτων μαζί (γκρίζο, μαύρο και συνήθως και βρόχινο νερό), μια προσέγγιση που εφαρμόζεται πάνω από 150 χρόνια και παραμένει η πιο κοινή σε όλο τον κόσμο. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα 8 ένα δίκτυο αγωγών συλλέγει τα λύματα από κατοικίες, βιομηχανίες, εμπορικό τομέα κτλ και σε κάποιες περιπτώσεις και τα όμβρια ύδατα. Οι αγωγοί μεταφέρουν τα μικτά ρεύματα σε κεντρικές εγκαταστάσεις, όπου επεξεργάζονται και διατίθενται σε υδατικούς αποδέκτες.



Σχήμα 8, Συμβατική διαχείριση των λυμάτων, αναπροσαρμογή από πηγή: <http://www.switchtraining.eu>

Το συμβατικό πρότυπο διαχείρισης αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα, που αμφισβητούν τη βιωσιμότητά του. Αντιμετωπίζοντας συνολικά όλα τα ρεύματα των λυμάτων, η επεξεργασία εφαρμόζεται σε ένα τεράστιο όγκο αραιωμένων λυμάτων και αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολλές φορές τη μη αποτελεσματική επεξεργασία τους. Επιπλέον όταν το αποχετευτικό δίκτυο λειτουργεί ανεπαρκώς ή μεταφέρει και βρόχινο νερό, υπάρχει ο κίνδυνος διαρροών ή υπερχειλίσεων που προκαλεί διασπορά των ρύπων σε υδατικά οικοσυστήματα. Το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και

συντήρησης των κεντρικών συστημάτων μεταφοράς και επεξεργασίας, είναι υψηλό και απαιτεί τεράστια ποσά ενέργειας. Παράλληλα δεν αξιοποιούνται τα ρεύματα των λυμάτων όπως γκρίζο ή μαύρο νερό (που περιέχει θρεπτικά συστατικά και μπορεί να αποδώσει ενέργεια), ούτε και οι δυνατότητες για επαναχρησιμοποίηση του νερού. Τα δίκτυα είναι μη ευέλικτα σε αυξομειώσεις που μπορεί να οφείλονται για παράδειγμα σε δημογραφικές αλλαγές ή στην κλιματική αλλαγή. Τέλος δεν μπορούν να προσαρμοστούν στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, αφού η τεχνολογία και οι υποδομές αυτών στηρίζονται σε τυποποιημένες λύσεις, που δεν είναι κατάλληλες σε όλες τις περιπτώσεις.

- Η συμβατική διαχείριση των ομβρίων υδάτων έγκειται στη γρήγορη απομάκρυνσή τους από την πόλη, χρησιμοποιώντας κανάλια αποστράγγισης και υπόγειους αγωγούς. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου χρησιμοποιούνται δύο ειδών αποχετευτικά συστήματα: το παντοροϊκό και το χωριστικό. Το παντοροϊκό σύστημα λειτουργεί με κοινό αγωγό αποχέτευσης για τα ακάθαρτα και τα βρόχινα νερά, ενώ αντίθετα το χωριστικό λειτουργεί με ανεξάρτητους αγωγούς για τα ακάθαρτα και τα βρόχινα νερά. Το αποχετευτικό δίκτυο σχεδιάζεται με τη συλλογή τοπογραφικών, γεωτεχνικών, υδρολογικών, χωροταξικών ή οικονομικών δεδομένων, βασιζόμενο στα διαθέσιμα ιστορικά μετεωρολογικά δεδομένα και στα προβλεπόμενα πρότυπα αστικής ανάπτυξης. Ο πρωταρχικός στόχος της διαχείρισης των ομβρίων είναι η μείωση του κινδύνου των πλημμυρών τοπικά, χωρίς να λαμβάνονται (συνήθως) υπόψιν οι επιπτώσεις στα κατόντη.

Η συμβατική υποδομή που χρησιμοποιείται συνήθως για τη συλλογή και μεταφορά των ομβρίων, περιλαμβάνει τα εξής κρίσιμα σημεία ως προς : (1) την απορροή-αποστράγγιση: το νερό της βροχής απορρέει από στέγες, δρόμους και άλλες αδιαπέρατες επιφάνειες και συλλέγεται από υδρορρόες ή αποστραγγιστικούς σωλήνες σε ένα υπόγειο δίκτυο ή κανάλι, που εξασφαλίζει την ταχεία απομάκρυνσή του από τις αστικές επιφάνειες, (2) τους αγωγούς: οι αγωγοί εξασφαλίζουν γρήγορη και αποτελεσματική ροή των ομβρίων μέχρι το σημείο της διάθεσης, (3) τα κανάλια αποστράγγισης από σκυρόδεμα: τα κανάλια με μικρή υδραυλική αντίσταση μεταφέρουν γρήγορα το νερό της βροχής στα σημεία διάθεσης, (4) τις κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ): Σε αυτές τις εγκαταστάσεις όταν πρόκειται για παντοροϊκό σύστημα μεταφέρονται τα αστικά λύματα και τα όμβρια νερά για επεξεργασία, πριν διατεθούν στους τελικούς υδατικούς αποδέκτες, (5) τη διάθεση: όταν πρόκειται για χωριστικό σύστημα αποχέτευσης το νερό της βροχής (κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης) απορρίπτεται σε μεγάλες ποσότητες στους υδατικούς αποδέκτες, ενώ σε περίπτωση παντοροϊκού συστήματος τα όμβρια νερά μαζί με τα λύματα, υφίστανται επεξεργασία σε κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) (πριν διατεθούν σε τελικούς αποδέκτες).

Το συμβατικό σύστημα απομάκρυνσης των ομβρίων είναι το πιο κοινό σύστημα που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση των ομβρίων υδάτων στις πόλεις σήμερα, παρά το γενικό προβληματισμό για τη βιωσιμότητά του μακροπρόθεσμα - ιδιαίτερα την αδυναμία του να αποτρέψει την πλημμύρα, τη ρύπανση και τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μερικά από τα προβλήματα της συμβατικής διαχείρισης των ομβρίων είναι τα παρακάτω:

(1) Η υπερχειλίση των παντοροϊκών συστημάτων αποχέτευσης: οι ακραίες βροχοπτώσεις προκαλούν πιέσεις στο παντοροϊκό σύστημα αποχέτευσης και όταν η αθροιστική παροχή λυμάτων και ομβρίων ξεπεράσει ένα καθορισμένο ανώτατο όριο, παρατηρείται υπερχειλίση των ανεπεξέργαστων λυμάτων, αφενός στις ΕΕΛ και αφετέρου στους υδατικούς αποδέκτες.

(2) Η διάχυτη ρύπανση: Οι αστικοί ρύποι που απαντώνται στον αστικό ιστό όπως βαρεά μέταλλα, λίπη και έλαια - από τις στέγες, το οδόστρωμα και τους χώρους στάθμευσης - καθώς και τα θρεπτικά συστατικά (άζωτο, φώσφορο), φυτοφάρμακα και ζιζανιοκτόνα - από τους κήπους, τα πάρκα και τις πράσινες εκτάσεις στη πόλη- διασπείρονται με την απορροή και τελικά επηρεάζουν την υδατική ισορροπία των οικοσυστημάτων.

(3) Η μείωση της διηθητικής ικανότητας του εδάφους: η αύξηση των αδιαπέρατων επιφανειών¹⁹ δεν επιτρέπει στο νερό να απορροφηθεί από το έδαφος και έτσι αυξάνεται η συχνότητα και ο όγκος της απορροής και τελικά μειώνεται και εξαντλείται η φυσική ικανότητα επαναφόρτισης των υπογείων υδροφορέων.

(4) Η διάβρωση και καθίζηση: η υψηλή ταχύτητα της επιφανειακής απορροής προκαλεί διάβρωση και αυξημένη καθίζηση σε ποτάμια, λίμνες και γενικά στους υδατικούς αποδέκτες.

(5) Το κόστος: η τελική επεξεργασία του νερού της βροχής είναι δαπανηρή και χαρακτηρίζεται από υψηλή ενεργειακή κατανάλωση.

(6) Το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας: η ταχεία απομάκρυνση των ομβρίων από τον αστικό χώρο μειώνει την εξατμισοδιαπνοή. Όταν συνδυαστεί και με την υψηλή θερμοκρασία των αδιαπέρατων επιφανειών, επιδρά στο αστικό μικροκλίμα, μειώνοντας τα επίπεδα θερμικής άνεσης με αποτέλεσμα οι πόλεις να γίνονται πιο θερμές και ξηρές.

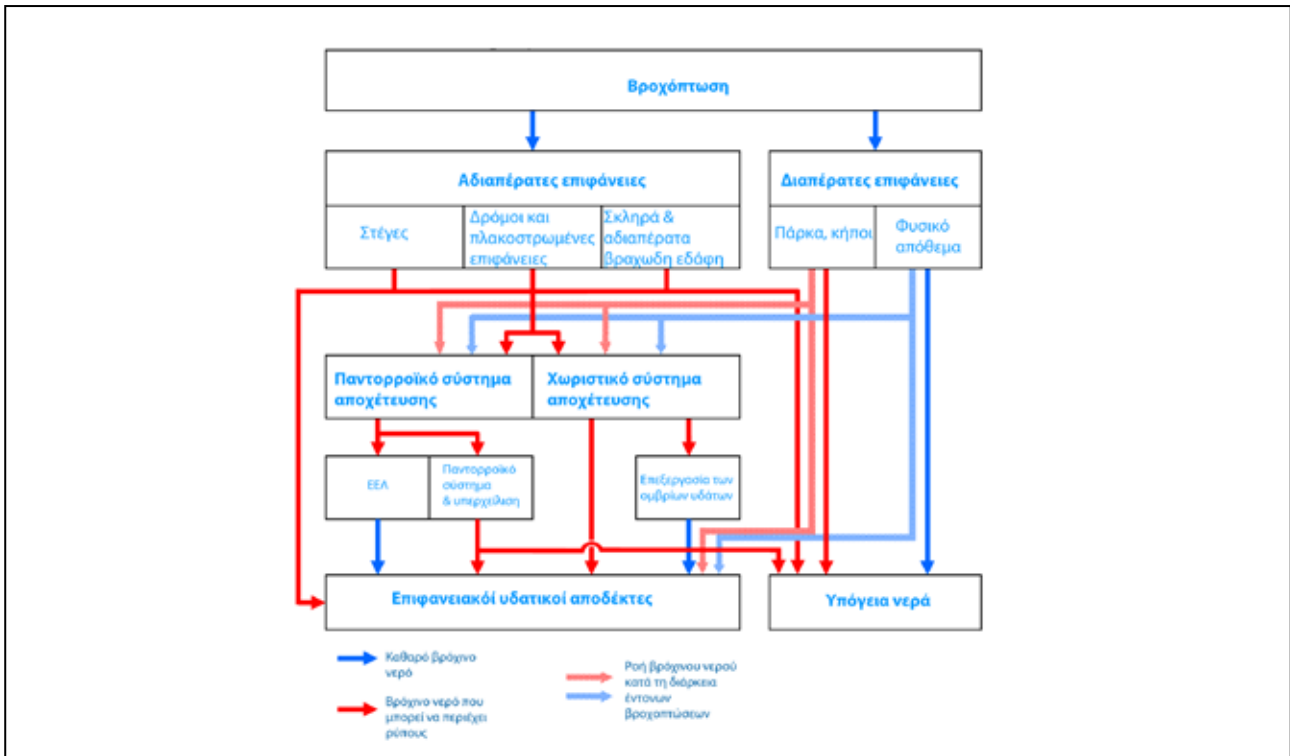
(7) Η μη αξιοποίηση ενός πολύτιμου πόρου: Η γρήγορη απομάκρυνση των ομβρίων υδάτων από τον αστικό χώρο, δεν επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση του βρόχινου νερού για μη πόσιμη χρήση, όπως για παράδειγμα άρδευση των χώρων δημοσίου πρασίνου.

(8) Οι πλημμύρες στα κατάντη: Η ταχεία συλλογή και διάθεση του νερού της βροχής σε υδατικούς αποδέκτες, όπως ποτάμια και υδατορέματα αυξάνει τον κίνδυνο πλημμυρών στα κατάντη.

Οι λύσεις για τη διαχείριση της αστικής απορροής συνήθως επιλέγονται με βάση τις προτεραιότητες σε τοπικό επίπεδο, για την απομάκρυνση του νερού της βροχής από μια δεδομένη περιοχή. Αυτές όμως οι λύσεις δε λαμβάνουν υπόψη τις επιπτώσεις σε μεγαλύτερη κλίμακα, όπως τα προβλήματα που μπορούν να δημιουργηθούν στη λειτουργία μιας ΕΕΛ, λόγω της αυξημένης παροχής κατά τη

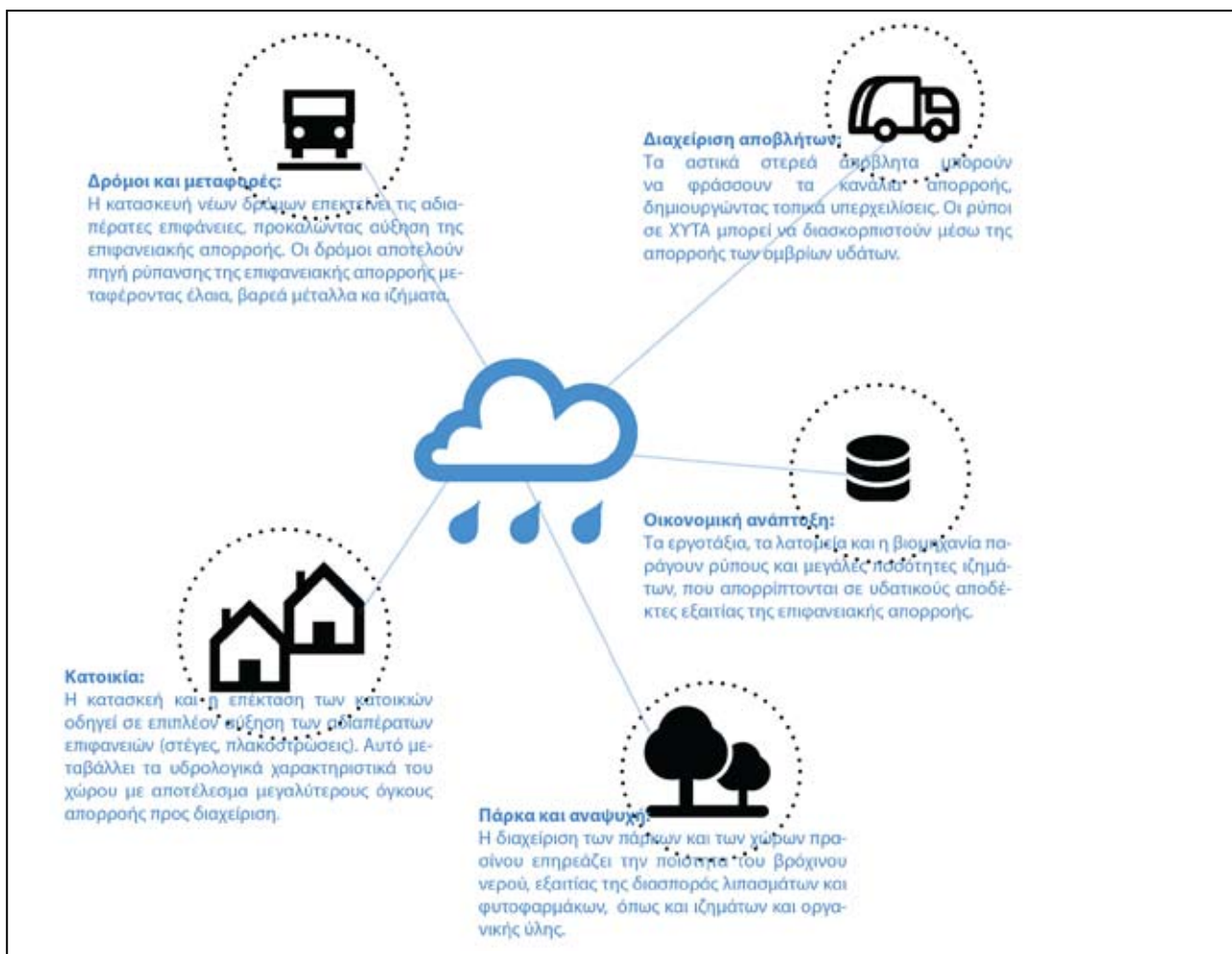
¹⁹ Σύμφωνα με τον Pelley (2004) οι λεκάνες απορροής με 10% αδιαβροχοποιημένη επιφάνεια επηρεάζουν σε μικρό βαθμό την ποιότητα και λειτουργία των υδατικών οικοσυστημάτων, ενώ αντίθετα οι λεκάνες απορροής με 25% αδιαβροχοποιημένη επιφάνεια επηρεάζουν σημαντικά τόσο την ποιότητα των υδατικών αποδεκτών, όσο και την ομαλή λειτουργία των υδατικών οικοσυστημάτων.

διάρκεια έντονων πλημμυρικών φαινομένων, αυξάνοντας το κόστος επεξεργασίας και άντλησης, ούτε και τη ρύπανση των υδατικών οικοσυστημάτων. Παράλληλα η συμβατική διαχείριση ενέχει τον κίνδυνο πλημμυρίσματος υπογείων σε περιπτώσεις έντονων καταιγίδων, τις αναδύσεις οσμών κατά τις ξηρές περιόδους από τα ανοιχτά φρεάτια συλλογής ομβρίων στους δρόμους, όπως και το αυξημένο κόστος των αντλήσεων (σε περιπτώσεις ύπαρξης αντλιοστασίων στο δίκτυο).



Σχήμα 9, Απλοποιημένο διάγραμμα της ροής των ομβρίων υδάτων στο αστικό περιβάλλον και πριν την τελική διάθεση σε κάποιο υδατικό αποδέκτη (η εξατμισοδιαπνοή δεν παρουσιάζεται στο διάγραμμα), προσαρμογή από πηγή <http://www.switchtraining.eu>

Η κλασική μέθοδος διαχείρισης των ομβρίων υδάτων τελικά, δεν είναι ούτε βιώσιμη, ούτε μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες επέκτασης των πόλεων, στα νέα αναπτυξιακά μοντέλα και στην κλιματική αλλαγή. Η δημιουργία ενός υπόγειου συστήματος συλλογής και διάθεσης του βρόχινου νερού, δε δίνει τη δυνατότητα στον άνθρωπο να αντιληφθεί, να εκτιμήσει και να κατανοήσει τον αστικό υδρολογικό κύκλο και τη σπουδαιότητα της διαχείρισης των ομβρίων υδάτων. «Η διαχείριση της επιφανειακής απορροής σε συμβατικά αστικά μοντέλα ανάπτυξης κατευθύνεται από μια οπτική πως η επιφανειακή απορροή είναι μη αξιοποιήσιμος πόρος, δεν προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και δεν αποτελεί σημαντικό στοιχείο υποδομών του αστικού περιβάλλοντος. Κατά συνέπεια η συμβατική διαχείριση του βρόχινου νερού επικεντρώθηκε στην παροχή υψηλής ποιότητας συστημάτων αποστράγγισης που συλλέγουν γρήγορα και απομακρύνουν το νερό της βροχής.....(…)Τα συστήματα αυτά καθιστούν την επιφανειακή απορροή «μη ορατή» και κατά συνέπεια μη αντιληπτή» (Wong 2008). Στο σχήμα 10 παρουσιάζεται η σχέση βρόχινου νερού και αστικών υποδομών.



Σχήμα 10, Βρόχινο νερό και αστικές υποδομές -αλληλοεξαρτήσεις

2.6.2 Μη συμβατική διαχείριση αστικού νερού (αποκεντρωμένα συστήματα, φυσικά συστήματα)

- Ένα βιώσιμο αστικό δίκτυο ύδρευσης θα πρέπει να μειώνει τη ζήτηση νερού, να συλλέγει το βρόχινο νερό και να το επαναχρησιμοποιεί, ώστε να διατηρείται μια ισορροπία μεταξύ προσφοράς-ζήτησης. Επιπλέον εναλλακτικά μέτρα και καινοτόμες τεχνολογίες φαίνεται να βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας και να μειώνουν τις απώλειες του δικτύου διανομής. Οι βασικές διαφορές μεταξύ συμβατικών και μη συμβατικών δικτύων ύδρευσης παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Ο έλεγχος των ρύπων στην πηγή και η χρήση φυσικών συστημάτων ως μέθοδος προεπεξεργασίας, μειώνει την επεξεργασία του νερού στις EEN. Η μείωση στη ζήτηση νερού, σημαίνει και μικρότερη ποσότητα νερού για άντληση, επεξεργασία και διανομή, όπως και μικρότερη ποσότητα χημικών και ενέργειας, γεγονός που συντελεί στη διατήρηση και ισορροπία των οικοσυστημάτων. Επιπλέον η χρήση εναλλακτικών πόρων μειώνει την πίεση στους υδατικούς πόρους (για παράδειγμα προστατεύεται ο υδροφόρος ορίζοντας που μπορεί να έχει χαμηλή στάθμη την ξηρή περίοδο). Ο έλεγχος της ζήτησης αλλά και της ρύπανσης (καταναλώνοντας λιγότερη ενέργεια για άντληση, επεξεργασία και διανομή) μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (σε περίπτωση που δεν

γίνεται χρήση ΑΠΕ). Η συλλογή του βρόχινου νερού για μη πόσιμη χρήση, μειώνει τον όγκο της απορροής που καταλήγει στο αποχετευτικό σύστημα, μειώνοντας τον κίνδυνο πλημμύρας και διάβρωσης. Η επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού για μη πόσιμη χρήση μειώνει τον όγκο των λυμάτων που πρέπει να συλλεχθούν και να επεξεργαστούν. Από τα παραπάνω προκύπτει πως το δίκτυο νερού εξαρτάται από τον αστικό υδρολογικό κύκλο (βρόχινο νερό, λύματα) και την αστική ανάπτυξη συνολικά (ενέργεια, περιβάλλον, οικονομική ανάπτυξη κτλ).

Χαρακτηριστικά του δικτύου ύδρευσης	Συμβατική προσέγγιση (με βάση τη προσφορά)	Μη συμβατική προσέγγιση (με βάση τη ζήτηση)
Ισορροπία προσφοράς-ζήτησης	Η αυξημένη ζήτηση επιτυγχάνεται μέσω επενδύσεων σε πόρους και υποδομές για να αυξηθεί η προσφορά	Δυνατότητες για μείωση της ζήτησης, συλλογή βρόχινου νερού και επαναχρησιμοποίηση
Επεξεργασία	Οι τεχνολογίες επεξεργασίας που εφαρμόζονται εξαρτώνται από τους ρύπους που πρέπει να αφαιρεθούν	Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στον έλεγχο της ρύπανσης στην πηγή και σε φυσικές τεχνικές προεπεξεργασίας, πριν γίνουν επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες
Περιορισμός των διαρροών	Η ανίχνευση των διαρροών και η επισκευή καθοδηγούνται από οικονομικά κριτήρια	Η ανίχνευση των διαρροών και η επισκευή καθοδηγούνται από οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες
Τιμολόγηση	Οι χρήστες χρεώνονται ανάλογα με τον όγκο κατανάλωσης νερού	Εφαρμόζεται διαφορετική τιμολογιακή πολιτική ανάλογα με τους διαφορετικούς όγκους χρήσης, το σκοπό χρήσης και την εποχικότητα
Σχεδιασμός των πόρων	Η προβλεπόμενη διαθεσιμότητα του πόρου εξαρτάται από ιστορικά υδρολογικά δεδομένα	Η προβλεπόμενη διαθεσιμότητα του πόρου περιλαμβάνει προσαρμογές σε διαφορετικά κλιματικά σενάρια
Προβλεπόμενη ζήτηση	Η μελλοντική ζήτηση νερού προβλέπεται χρησιμοποιώντας ιστορικές τάσεις, δημογραφικές εκτιμήσεις και προβλέψεις για οικονομική ανάπτυξη	Η μελλοντική ζήτηση νερού δεν μπορεί να προβλεπτεί με βεβαιότητα και τα δίκτυα παρουσιάζουν ευελιξία στην προσαρμογή σε νέα δεδομένα
Απαιτήσεις ποιότητας	Χρησιμοποιείται πόσιμο νερό για κάθε χρήση	Πόσιμο νερό χρησιμοποιείται μόνο για συγκεκριμένη χρήση, ενώ χρησιμοποιούνται και εναλλακτικές πηγές μη πόσιμου νερού

Πίνακας 2, Διαφορές μεταξύ συμβατικής και μη συμβατικής προσέγγισης του δικτύου ύδρευσης, *αναπροσαρμογή από πηγή :0http://www.switchtraining.eu*

- Η χρήση των επαρκώς επεξεργασμένων εκροών των αστικών υγρών αποβλήτων (λυμάτων)²⁰ συγκεντρώνει ολοένα και περισσότερο ενδιαφέρον ως μια βιώσιμη λύση μη συμβατικού υδατικού πόρου στη σύγχρονη εποχή και ιδιαίτερα σε περιοχές όπου παρατηρείται εξάντληση των υδατι-

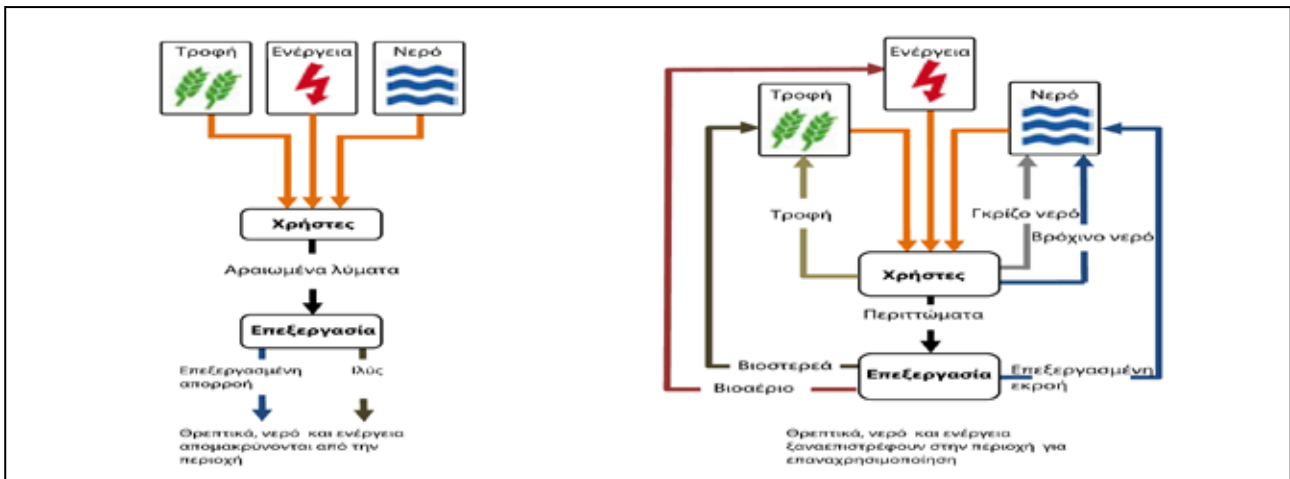
20 Λέγοντας λύματα εννοούμε το κλάσμα των υγρών αποβλήτων που προέρχεται από τους χώρους υγιεινής, μαγειρεία, πλυντήρια και γενικά από την καθαριότητα κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων, κλπ. Πρόκειται ουσιαστικά για τα λεγόμενα αστικά υγρά απόβλητα. Κύριο συστατικό τους είναι το νερό με ορισμένες ξένες προσμίξεις που το καθιστούν ακατάλληλο για διάθεση σε φυσικούς αποδέκτες (Μαρκαντωνάτος, 1990). Τα λύματα που καταλήγουν στην αποχέτευση είναι μίγμα «μαύρου νερού», το οποίο προέρχεται από την λεκάνη της τουαλέτας, και «γκρίζου νερού», το οποίο περιλαμβάνει τα λύματα από τον νιπτήρα, τη μπανιέρα, τη ντουζίερα, το πλυντήριο ρούχων και το πλυντήριο πιάτων. Σημειώνεται ότι, σε πολλές βιβλιογραφικές πηγές, τα λύματα που προέρχονται από τον νεροχύτη, δεν συμπεριλαμβάνονται στο γκρίζο, αλλά στο μαύρο νερό, λόγω του αυξημένου φορτίου τους σε οργανικές ενώσεις, λίπη και έλαια.

κών πόρων (Metcalf & Eddy, 2007a). Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει κάτι τέτοιο είναι οι εξής (Bouwer, 2000): (α) το κόστος της επεξεργασίας και διάθεσης²¹ των λυμάτων στις χώρες του ανεπτυγμένου κόσμου συνεχώς αυξάνει τα τελευταία χρόνια, για το λόγο ότι οι απαιτήσεις ποιότητας των εκροών γίνονται ολοένα και πιο αυστηρές. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, γίνεται περισσότερο ελκυστικό για μία μονάδα να επαναχρησιμοποιήσει τα λύματά της παρά να τα διαθέσει στο περιβάλλον, (β) οι εκροές από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων αποτελούν ένα σημαντικό υδατικό πόρο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές και διαφορετικές χρήσεις. Η περισσότερο λογική χρήση αναφέρεται σε μη πόσιμες εφαρμογές, όπως είναι η άρδευση αστικών εκτάσεων, η βιομηχανική χρήση, ο εμπλουτισμός φυσικών υγροτόπων και λιμνών που βρίσκονται σε κίνδυνο, οι αστικές χρήσεις που δεν περιλαμβάνουν πόση, όπως η πυρόσβεση και ο καθαρισμός τουαλετών. Η χρησιμοποίηση επίσης του ανακτημένου λύματος για εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα είναι σημαντική. Φυσικά η χρήση του επεξεργασμένου λύματος θα πρέπει να γίνεται με βάση συγκεκριμένους κανόνες ποιότητας.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 11, η συμβατική διαχείριση των λυμάτων είναι μια γραμμική διαδικασία με εισροές (συλλογή των διαφόρων ρευμάτων λυμάτων) από τη μια και εκροές (διάθεση στα κατάλυτα, επεξεργασμένων εκροών και ιλύος) από την άλλη. Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση αποτελεί μια κυκλική διαδικασία που ενθαρρύνει τη ξεχωριστή συλλογή, την επεξεργασία, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση του μαύρου, γκρίζου και βρόχινου νερού, θεωρώντας τους ως πόρους προς διαχείριση και όχι προς διάθεση. Οι βασικές διαφορές μεταξύ ενός συμβατικού συστήματος διαχείρισης των λυμάτων και ενός εναλλακτικού είναι: (α) η ανάμειξη σε αντίθεση με το διαχωρισμό, (β) η κεντρική σε αντίθεση με την αποκεντρωμένη συλλογή και επεξεργασία, (γ) η διάθεση σε αντίθεση με την επαναχρησιμοποίηση.

Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για: (1) άρδευση (καλλιεργειών, πάρκων, γηπέδων), (2) βιομηχανική χρήση (ψύξη μηχανών, τροφοδοσία λεβήτων), (3) μη πόσιμες αστικές χρήσεις (πυρόσβεση, καθαρισμός χώρων, κλιματισμός), (4) δημιουργία χώρων αναψυχής (τεχνητές λίμνες, αύξηση παροχής χειμάρρων) (5) αποκατάσταση απερημωμένων περιοχών (6) εμπλουτισμό υπόγειων υδροφόρων οριζόντων (7) απόρριψη στη θάλασσα (συνήθως κατά τους χειμερινούς μήνες όταν δεν υπάρχει ζήτηση και επάρκεια χώρου αποθήκευσης, μερικές ποσότητες απορρίπτονται στη θάλασσα). Ανάλογα με τον τρόπο διάθεσης του επεξεργασμένου νερού υπάρχουν περιορισμοί ως προς το βαθμό επεξεργασίας, ώστε να μην υπάρξουν αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον.

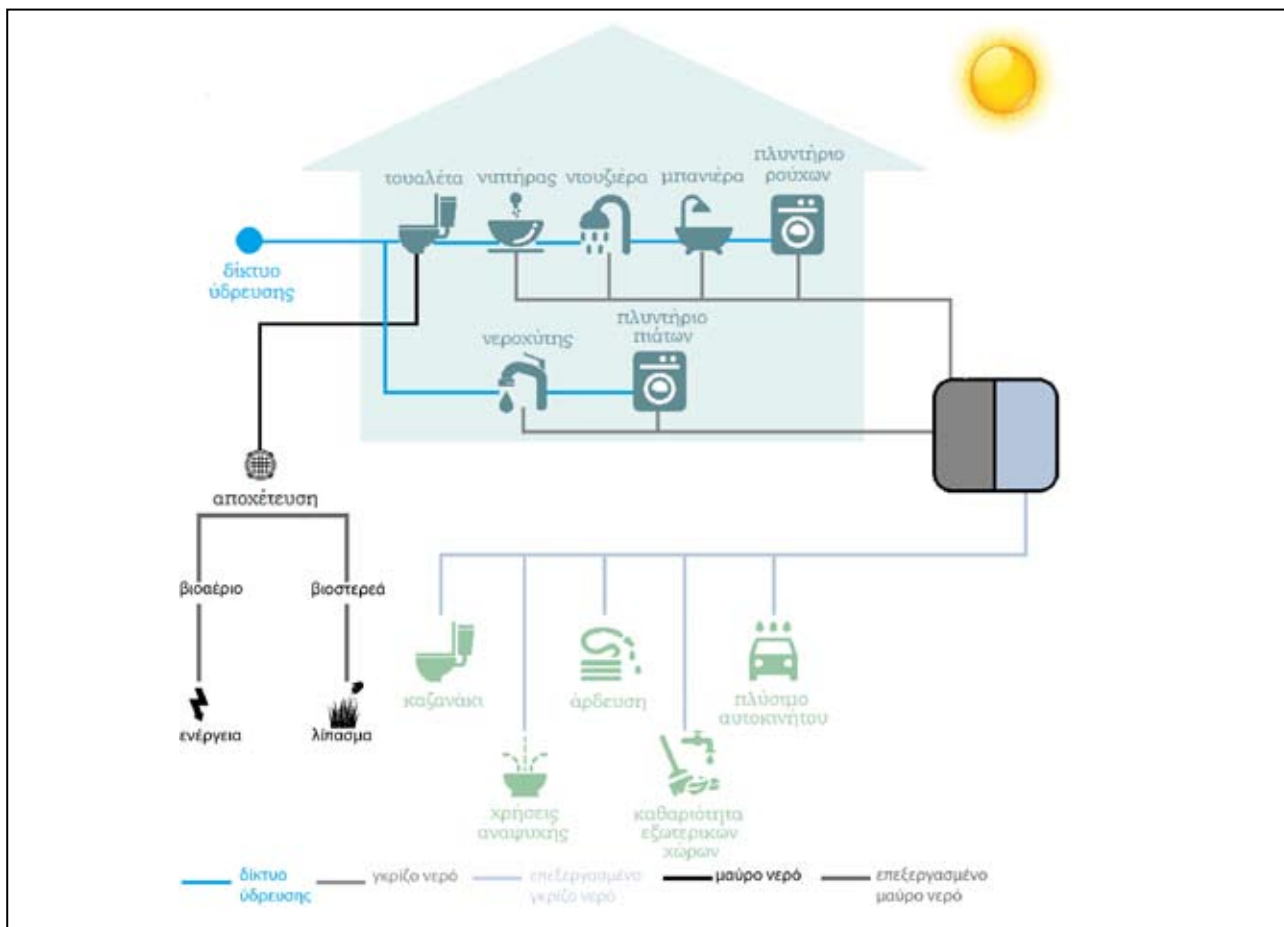
²¹ Για να μπορέσουν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να διατεθούν τα λύματα, θα πρέπει να αφαιρεθούν οι ρυπαντικές και μολυσματικές ουσίες που περιέχουν. Η διαδικασία αυτή γίνεται με τη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, σκοπός της οποίας είναι η επαναφορά του χρησιμοποιούμενου νερού στη φύση ή στο κύκλωμα παραγωγής με αποδεκτά ποιοτικά χαρακτηριστικά που θα είναι συμβατά με τις επιθυμητές χρήσεις, ώστε να προστατευθεί η δημόσια υγεία και τα φυσικά οικοσυστήματα, να διατηρηθεί το περιβάλλον και να μην υποβαθμισθούν οι υδατικοί πόροι του πλανήτη (Νταρακάς 2014; Τσουνίδης 2005; Χουρδάκης 2007). Τα κύρια στάδια της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι η προεπεξεργασία, η πρωτοβάθμια, η δευτεροβάθμια, η τριτοβάθμια επεξεργασία και η προχωρημένη επεξεργασία.



Σχήμα 11, Γραμμική και κυκλική επεξεργασία λυμάτων, προσαρμογή από πηγή <http://www.switchtraining.eu>

Τα αποκεντρωμένα συστήματα ανακύκλωσης του επεξεργασμένου μαύρου (ούρα και περιττώματα), του γκρίζου (νιπτήρας, μπανιέρα, ντουζιέρα, πλυντήριο ρούχων, νεροχύτης, πλυντήριο πιάτων) και του βρόχινου νερού για χρήσεις που δεν περιλαμβάνουν πόση, μειώνει τη ζήτηση των δικτύων ύδρευσης, αποτρέποντας την υπερφόρτωση του δικτύου αποχέτευσης, μέσω της διαχείρισης των λυμάτων σε πιο περιορισμένη κλίμακα, όπως αυτή της γειτονιάς ή της συνοικίας. Η επεξεργασία του μαύρου νερού της τουαλέτας με την παραγωγή βιοστερεών, αποτελεί μια περιβαλλοντικά αποδεκτή και οικονομική λύση λιπάσματος και εδαφοβελτιωτικού, για χρήση σε αστικές περιοχές πρασίνου, ενώ η αφαίρεση και η επαναχρησιμοποίηση αζώτου και φωσφόρου αποτρέπουν φαινόμενα ευτροφισμού στα υδατικά σώματα. Παράλληλα το μαύρο νερό μπορεί να υποστεί αναερόβια χώνευση και να παραχθεί βιοαέριο²² αποτελώντας μια οικονομική και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή ως καύσιμο. Το κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος ενός αποκεντρωμένου συστήματος αποχέτευσης είναι μικρό σε σχέση με το κεντρικό δίκτυο και αφορά στη μειωμένη απαίτηση σε ενέργεια ή χημικά, ενώ επιπλέον πλεονεκτήματα προκύπτουν από την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων, των θρεπτικών και της ενέργειας που περιέχουν. Ο διαχωρισμός των διαφορετικών ρευμάτων λυμάτων και ο περιορισμός συγκεκριμένων ρύπων, επιτρέπουν την πιο αποτελεσματική και οικονομικά αποδοτική επεξεργασία: για παράδειγμα τα παθογόνα, τα βαρέα μέταλλα ή τα φαρμακευτικά, μπορούν να απομονωθούν και να απομακρυνθούν ευκολότερα, σε σχέση με τις αραιωμένες εισροές των συμβατικών κεντρικών δικτύων. Η δημιουργία υγροτόπων και άλλων φυσικών συστημάτων επεξεργασίας των λυμάτων, αποτελούν οικοτόπους που αυξάνουν τις πράσινες εκτάσεις σε μια πόλη.

²² Το βιοαέριο που παράγεται κατά τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης αποβλήτων, εντάσσεται στην ευρύτερη οικογένεια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αποτελείται τυπικά από 65% μεθάνιο και 35% διοξείδιο του άνθρακα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί, εκτός από την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας και ως καύσιμο σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή κυψέλες καυσίμου: ένα κυβικό μέτρο βιοαερίου υποκαθιστά 0,66 λίτρα ντίζελ ή 0,75 λίτρα πετρελαίου.



Σχήμα 12, Διαφορετικά ρεύματα λυμάτων και δυνατότητες αξιοποίησης

Οι διαφορές μεταξύ συμβατικών και μη συστημάτων, περιγράφονται πιο αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα 3:

Χαρακτηριστικά της διαχείρισης των λυμάτων	Συμβατική προσέγγιση (διαχείριση των λυμάτων ως μια γραμμική διαδικασία)	Ολοκληρωμένη προσέγγιση (διαχείριση των λυμάτων ως μια κυκλική διαδικασία)
Συλλογή	Μαύρο, γκριζό και βρόχινο νερό αναμειγνύονται και μεταφέρονται μέσω των αγωγών αποχέτευσης, σε μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας (στάδια που χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος)	Μαύρο, γκριζό και βρόχινο νερό συλλέγονται ξεχωριστά και η διαχείριση γίνεται κοντά στην πηγή.
Επεξεργασία	Η κεντρική επεξεργασία όλων των ρευμάτων των λυμάτων στηρίζεται στην κατανάλωση ενέργειας και στη χημική ή βιολογική επεξεργασία	Τα διάφορα ρεύματα λυμάτων υφίστανται επεξεργασία μέσω καινοτόμων, αποκεντρωμένων τεχνολογιών και φυσικών υποδομών
Επεξεργασμένη εκροή	Η επεξεργασμένη εκροή διατίθεται στα κατόντη υδατικά σώματα	Η επεξεργασμένη εκροή χρησιμοποιείται τοπικά για μη πόσιμη χρήση
Θρεπτικά	Τα θρεπτικά συστατικά απορρίπτονται στο περιβάλλον μέσω της εκροής και της λύσης	Τα θρεπτικά συστατικά ανακυκλώνονται και επαναχρησιμοποιούνται τοπικά μέσω ανακύκλωσης των ούρων ή παραγωγής βιοστερεών από περιττώματα

Ιλύς	Η ιλύς διατίθεται σε ΧΥΤΑ ή σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης	Η ιλύς υπόκειται σε αναερόβια χώνευση, παράγεται βιοαέριο και βιοστερά που χρησιμοποιούνται ως εδαφοβελτιωτικό
Κατανάλωση ενέργειας	Μεγάλες ποσότητες ενέργειας χρησιμοποιούνται για επεξεργασία και άντληση	Η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται μέσω της χρήσης φυσικών διαδικασιών επεξεργασίας

Πίνακας 3, Διαφορές μεταξύ συμβατικής και ολοκληρωμένης διαχείρισης του αποχετευτικού δικτύου, προσαρμογή από πηγή <http://www.switchtraining.eu>

● Η συμβατική αντιμετώπιση της απορροής των ομβρίων απέτυχε να εκμεταλλευτεί τα οφέλη που επιφέρει στην πόλη η αξιοποίηση του βρόχινου νερού. Οι εναλλακτικές προσεγγίσεις δεν αντιμετωπίζουν το βρόχινο νερό ως «πρόβλημα» με άμεση επίδιωξη την απομάκρυνση από την πόλη, αλλά αντίθετα ως αξιοποιήσιμο πόρο. Η στροφή αυτή αποτελεί τον πυρήνα μιας βιώσιμης προσέγγισης, εντοπίζοντας λύσεις που επιτυγχάνουν κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Οι βασικές διαφορές μεταξύ μιας συμβατικής και μιας εναλλακτικής προσέγγισης διαχείρισης του αστικού βρόχινου νερού είναι: (α) η γρήγορη διάθεση σε αντίθεση με το μετριασμό της ροής και την επαναχρησιμοποίηση του νερού, (β) η βαριά υποδομή σε αντίθεση με την ήπια (π.χ. πράσινες υποδομές ή πράσινες-μπλε), (γ) τα κεντρικά συστήματα σε αντίθεση με τις αποκεντρωμένες λύσεις.

Ειδικότερα οι βιώσιμες λύσεις διαχείρισης των ομβρίων υδάτων επιτυγχάνουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

(1) Έλεγχο των πλημμυρών: Ο μετριασμός και η διήθηση του βρόχινου νερού κατά τη διάρκεια ισχυρών βροχοπτώσεων, μειώνει την ταχύτητα και την ποσότητα των παροχών αιχμής. Αυτό μειώνει την πίεση που ασκείται στο αποχετευτικό σύστημα και στους υδατικούς αποδέκτες, ελέγχοντας τον κίνδυνο υπερχειλίσης τοπικά και στα κατάντη.

(2) Έλεγχο της ρύπανσης: Το βρόχινο νερό μπορεί να περιέχει ρύπους, όπως έλαια, βαρέα μέταλλα και θρεπτικά που τα φυσικά συστήματα όπως το φυσικό έδαφος, η βλάστηση ή οι υγρότοποι, έχουν τη δυνατότητα επεξεργασίας και κατακράτησης. Η επεξεργασία του βρόχινου νερού αποτρέπει τη ρύπανση των υδατικών αποδεκτών, προστατεύοντας ταυτόχρονα και τα οικοσυστήματα.

(3) Προστασία από τη διάβρωση: Η υψηλή ταχύτητα της επιφανειακής απορροής μπορεί να διαβρώσει για παράδειγμα τις όχθες ποταμών και να εναποθέσει ιζήματα κατά μήκος της κοίτης, προκαλώντας σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μειώνοντας την επιφανειακή απορροή, μειώνεται η διάβρωση και προστατεύονται τα υδατικά οικοσυστήματα.

(4) Εναλλακτικές πηγές νερού: Σε περιοχές με προβλήματα λειψυδρίας η εκμετάλλευση των ομβρίων υδάτων για επαναχρησιμοποίηση, μπορεί να μειώσει την πίεση που δέχονται τα δίκτυα ύδρευσης. Το νερό της βροχής μπορεί να συλλεχθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί (άρδευση ή βιομηχανική χρήση ή σε επίπεδο κατοικίας), είτε άμεσα για μη πόσιμη χρήση ή κατόπιν επεξεργασίας για

πόση. Η έμμεση επαναχρησιμοποίηση είναι πιθανή μέσω της τροφοδοσίας των υπογείων υδροφορέων, όπου το νερό μπορεί να επαναντληθεί τη ξηρή περίοδο.

(5) Αναψυχή: Η δημιουργία υγροτόπων που επεξεργάζονται το βρόχινο νερό έχει το πλεονέκτημα της δημιουργίας φυσικών οικοτόπων, που αυξάνουν τη βιοποικιλότητα και προσφέρουν αναψυχή.

(6) Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή: τα αστικά δίκτυα αποχέτευσης σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι επαρκή, αφού έχουν σχεδιαστεί στηριζόμενα σε παλιά δεδομένα, ειδικά σε περιοχές που προβλέπονται ακραία πλημμυρικά φαινόμενα λόγω κλιματικής αλλαγής. Η χρήση φυσικών υποδομών που μετριάζουν την απορροή, μειώνοντας και καθυστερώντας την απορροή των ομβρίων, παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία για την αντιμετώπιση ροών από απρόσμενα έντονες βροχοπτώσεις.

(7) Οικονομική αποτελεσματικότητα: Σε γενικές γραμμές τα αποκεντρωμένα συστήματα διαχείρισης της απορροής είναι οικονομικά, τόσο στην κατασκευή όσο και στη συντήρηση συγκρινόμενα με τις συμβατικές υποδομές και τεχνολογίες. Ο διαχωρισμός της απορροής των ομβρίων από το δίκτυο των λυμάτων, μειώνει τελικά και το κόστος επεξεργασίας των λυμάτων.

Ο παρακάτω πίνακας 4 περιγράφει τις βασικές διαφορές συμβατικών και εναλλακτικών προσεγγίσεων, όσον αφορά στη διαχείριση του αστικού δικτύου των ομβρίων υδάτων.

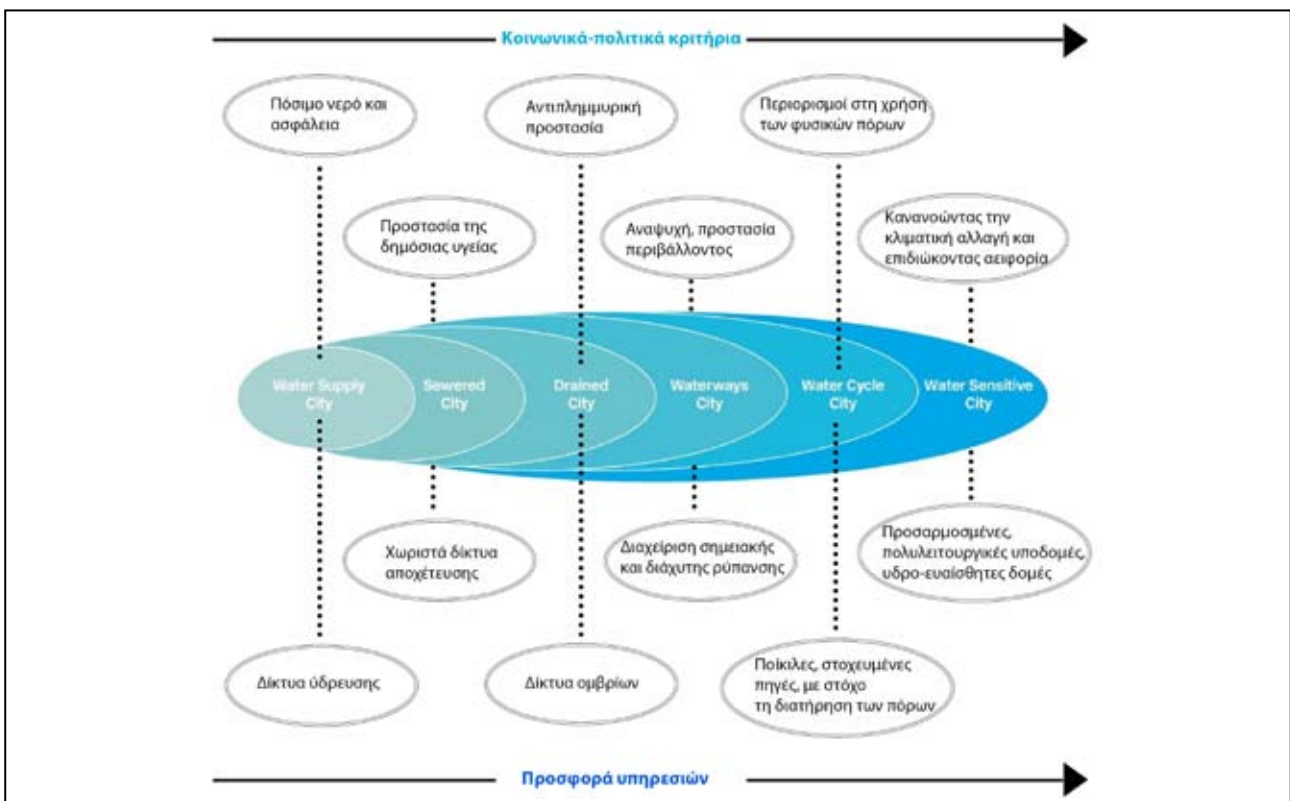
Χαρακτηριστικά του βρόχινου νερού	Συμβατική προσέγγιση-το βρόχινο νερό ως "όχληση"	Εναλλακτική προσέγγιση-το βρόχινο νερό ως "πόρος"
Ποσότητα	Το βρόχινο νερό συλλέγεται και μεταφέρεται μακριά από την πόλη όσο το δυνατόν πιο γρήγορα	Η ροή του βρόχινου νερού μετριάζεται και διατηρείται στην πηγή, επιτρέποντας να διεισδύσει σε υδροφόρους ορίζοντες και να ρέει σιγά σιγά προς τους υδατικούς αποδέκτες
Ποιότητα	Το βρόχινο νερό υπόκειται σε επεξεργασία μαζί με τα λύματα σε κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ή απορρίπτεται κατευθείαν σε υδατικούς αποδέκτες	Το βρόχινο νερό υπόκειται σε επεξεργασία μέσω αποκεντρωμένων φυσικών συστημάτων (κήποι βροχής, υγρότοποι, κανάλια διήθησης κτλ)
Αναψυχή και ψυχαγωγία	Δε λαμβάνεται υπόψη	Το βρόχινο νερό χρησιμοποιείται ως βασικό στοιχείο ενίσχυσης του αστικού τοπίου, έχοντας ψυχαγωγικό χαρακτήρα
Βιοποικιλότητα	Δε λαμβάνεται υπόψη	Τα αστικά οικοσυστήματα αποκαθίστανται και προστατεύονται μέσω της χρήσης του βρόχινου νερού, που διατηρεί και ενισχύει τους φυσικούς οικοτόπους
Το νερό ως πόρος	Δε λαμβάνεται υπόψη	Το βρόχινο νερό συλλέγεται για μη πόσιμη χρήση και κατακρατείται, ώστε να τροφοδοτεί υπόγειους υδροφορείς, πλωτές οδούς και χώρους πρασίνου

Πίνακας 4, Βασικές διαφορές μεταξύ συμβατικών και βιώσιμων προσεγγίσεων για τη διαχείριση των ομβρίων υδάτων, αναπροσαρμογή από πηγή <http://www.switchtraining.eu>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΑΣΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΝΕΡΟΥ -ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

3.1 Ιστορική εξέλιξη των πόλεων με βάση τα αστικά δίκτυα νερού

Σύμφωνα με τους Wong & Brown (2008) η εξέλιξη των αστικών δικτύων νερού, αποτυπώνει την προτεραιότητα κάθε φορά των κοινοτήτων, για τον τρόπο διαχείρισης των υδατικών πόρων. Αρχικά κυριαρχεί η ανάγκη δημιουργίας δικτύου ύδρευσης, ικανό να παρέχει ασφαλές πόσιμο νερό (water supply city). Στη συνέχεια κρίνεται απαραίτητη η κατασκευή ενός χωριστού αποχετευτικού δικτύου, που θα προστατεύει και θα διασφαλίζει τη δημόσια υγεία (sewered city). Η εξέλιξη των πόλεων και η έντονη αστικοποίηση επιβάλλει προστασία από τις πλημμύρες και έτσι κατασκευάζονται δίκτυα απομάκρυνσης των ομβρίων (drained city). Αρκετά χρόνια αργότερα η κατασκευή αστικών δικτύων επιβάλλει την περιβαλλοντική προστασία και τη διαχείριση της σημειακής και διάχυτης ρύπανσης (waterways city). Αργότερα η water cycle city θέτει περιορισμούς στη χρήση του πόρου, προτείνοντας νερό διαφορετικής ποιότητας από διάφορες πηγές (συμπεριλαμβανομένου και του βρόχινου νερού), με τελικό στόχο τη διατήρηση του πόρου. Τέλος, η υδρο-ευαίσθητη πόλη ή water sensitive city επιδιώκει τη βιωσιμότητα των υδατικών πόρων και στοχεύει στο μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, δημιουργώντας προσαρμοσμένες, πολυλειτουργικές υποδομές και λύσεις, στα πλαίσια ενός υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού.



Σχήμα 13, Αστικά δίκτυα νερού: Υδρο-κοινωνικό συμβόλαιο, πηγή: *Urban water management transition framework* (Wong, Keath & Brown, 2008)

Γενικά μέχρι τη δεκαετία του 1990 η αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων δεν αντιμετωπίζεται μεθοδικά και δίνεται προτεραιότητα στην προστασία της δημόσιας υγείας (Silveira, 2002).

Μέχρι τότε οι μεγάλες ποσότητες νερού που συγκεντρώνονται στον αστικό ιστό κατά τη διάρκεια πλημμυρών, αντιμετωπίζονται με την κατασκευή δικτύου για την απομάκρυνση του βρόχινου νερού²³, που τελικά αυξάνει την επιφανειακή ροή που καταλήγει στους επιφανειακούς αποδέκτες.

Φυσικά αυτή η προσέγγιση δε δίνει λύση στα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα, ενώ καθώς η πόλη αναπτύσσεται, οι αδιαπέρατες επιφάνειες αυξάνονται, ο υδρολογικός κύκλος μεταβάλλεται και το ζήτημα της διαχείρισης της ποσότητας του νερού γίνεται ολοένα και πιο έντονο. Επιπλέον το βρόχινο νερό εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις πόλεις, πριν έρθει σε επαφή με αστικές επιφάνειες περιέχει ρύπους, ενώ καθώς ρέει στον αστικό ιστό συμπαρασύρει και επιπλέον ρυπογόνα φορτία, όπως στερεά, BOD/COD, νιτρικά και φώσφορο, παθογόνους μικροοργανισμούς, υδρογονάνθρακες, μέταλλα, συνθετικά οργανικά, (Horner et al, 1994). Με τον τρόπο αυτό ρυπαίνεται τόσο το έδαφος, όσο και οι τελικοί υδατικοί αποδέκτες, γεγονός που θέτει σε κίνδυνο τη διαθεσιμότητα του νερού.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1990, το ζήτημα της μη ορθολογιστικής διαχείρισης των υδατικών πόρων γίνεται αισθητό και κάποιες χώρες ακολουθώντας το παράδειγμα των ΗΠΑ, της Αυστραλίας και της Γαλλίας προτείνουν πρακτικές για βιώσιμη διαχείριση του βρόχινου νερού, που εξασφαλίζει τα ποιοτικά και τα ποσοτικά χαρακτηριστικά του πόρου. Ο βασικός άξονας είναι η διαχείριση και επεξεργασία του βρόχινου νερού που διασφαλίζει τη διατήρηση των φυσικών μηχανισμών ροής ή η χρήση μηχανισμών που τείνουν να μιμηθούν το φυσικό υδρολογικό κύκλο που μεταβλήθηκε. Οι εναλλακτικές προσεγγίσεις χρησιμοποιούν δομές που στοχεύουν στην επαναφορά της διηθητικής ικανότητας του εδάφους - μέσω μείωσης των αδιαπέρατων επιφανειών - μετριάζοντας τον κίνδυνο πλημμυρών. Με τον τρόπο αυτό αποκαθίσταται η επαναφόρτιση των υπογείων υδάτων και βελτιώνεται η ποιότητα του νερού (Charlesworth 2010). Φυσικά οι εναλλακτικές πρακτικές δεν επαναφέρουν πλήρως το φυσικό υδρολογικό κύκλο, όμως παρατηρείται σαφώς βελτίωση της ποιότητας των υδατικών πόρων στην πόλη. Οι βασικοί στόχοι των εναλλακτικών συστημάτων είναι: (1) ο ποσοτικός έλεγχος της επιφανειακής απορροής, (2) η βελτίωση της ποιότητας της επιφανειακής απορροής, (3) η διατήρηση των φυσικών χαρακτηριστικών των υδατικών συστημάτων, (4) η ισορροπία των υδρολογικών μεταβλητών σε λεκάνες απορροής. Η αβεβαιότητα που επικρατούσε σχετικά με την μακροχρόνια συντήρηση των συμβατικών συστημάτων ύδρευσης-αποχέτευσης καθώς και μια σειρά λειτουργικών παραγόντων, καθυστέρησαν την ευρεία υιοθέτηση βιώσιμων μοντέλων, αλλά οι περιβαλλοντικές ρυθμιστικές και τοπικές αρχές και οργανισμοί, επιδίωξαν και επιδιώκουν την εφαρμογή εναλλακτικών συστημάτων, παράλληλα με το κλασικό σύστημα αστικής απορροής (Andoh & Iwugo, 2002).

23 Το δίκτυο αποχέτευσης διακρίνεται σε παντοροϊκό και σε χωριστικό. Το παντοροϊκό δίκτυο δέχεται τα λύματα μαζί με τα όμβρια ύδατα σε ένα κοινό σύστημα αγωγών μεγάλης διαμέτρου, όπου υπολογίζεται ξεχωριστά η παροχή των λυμάτων και των ομβρίων. Το χωριστικό σύστημα αποχέτευσης αποτελείται από δύο δίκτυα: το δίκτυο των λυμάτων και το δίκτυο των ομβρίων, με αγωγούς μικρότερης διαμέτρου σε σχέση με το παντοροϊκό.

3.2 Ιστορική εξέλιξη των συμβατικών αστικών δικτύων νερού

Προκειμένου να γίνουν βαθύτερα κατανοητές ιδέες, προτάσεις καθώς και οι ανάγκες εφαρμογής αιεφόρων αστικών δικτύων νερού, είναι σημαντικό να περιγραφεί η ιστορική εξέλιξή τους στον αστικό χώρο. Παρά το γεγονός πως ακόμα και σήμερα σε κάποιες χώρες, ο σχεδιασμός και η κατασκευή υποδομών για τη διαχείριση της αστικής απορροής, δε θεωρείται αναγκαία για την εξασφάλιση κατάλληλων προϋποθέσεων για την ανάπτυξη και την προστασία των αστικών κέντρων (Matos, 2003), τέτοιες υποδομές προστασίας έχουν ανακαλυφθεί στις περισσότερες αρχαίες πόλεις ή στα σημερινά ερείπια αυτών (την προχριστιανική εποχή από Πέρσες και Έλληνες, τον 8ο ~ 3ο αιώνα π.Χ από τους Ρωμαίους, ακόμα και από Προκολομβιανούς λαούς σε χώρες της Λατινικής Αμερικής) (TIM, 2008).

Σε πολλούς αρχαίους πολιτισμούς ήταν γνωστή η τεχνική της απομάκρυνσης των λυμάτων με υπονόμους. Στο Mohenjodaro μια πόλη που άκμασε την πρώιμη περίοδο του Ινδικού Πολιτισμού (5000 π.Χ), ανακαλύφθηκαν σε ανασκαφές πλινθόκτιστοι υπόνομοι που απομάκρυναν τα λύματα από τις κατοικίες με βαρύτητα. Επίσης στην Κνωσό (1950-1500 π.Χ) συναντάμε για πρώτη φορά τη χρήση σιφωνίου στην αποχέτευση, αφού όπως φαίνεται η ποιότητας της ζωής και η γνώση κανόνων υγιεινής δε μπορούσε να συμβιβαστεί με ανεπιθύμητες οσμές του δικτύου αποχέτευσης. Το δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων και ακαθάρτων της Κνωσού είχε δίκτυο με φρεάτια επίσκεψης για τη συντήρηση και κατέληγε στο χείμαρρο Καίρατο, ανατολικά της Κνωσού. Οι αγωγοί ήταν κατασκευασμένοι από πήλινα καναλέτα ανοιχτής ορθογώνιας διατομής (ύψους 12 εκ.) που σκεπάζονταν στην πάνω πλευρά, ενώ αξιοσημείωτο είναι πως το δίκτυο ομβρίων λειτουργεί ακόμη και σήμερα. Οργανωμένο αποχετευτικό δίκτυο ξανασυναντάμε και στη Θύρα.

Στην Ακρόπολη της Αθήνας έχουν βρεθεί κομμάτια αγωγών από ψημένο πηλό, στην αρχαία Ρώμη λειτουργούσαν δημόσια αποχωρητήρια και αγωγοί αποχέτευσης που απομάκρυναν τα λύματα (Martz, 1970) καθώς και αγωγοί ομβρίων όπως η cloaca maxima που εξυπηρετούσε τη Ρωμαϊκή αγορά και λειτουργεί έως σήμερα (Μαρκαντωνάτος, 1986). Η κατασκευή αποχετευτικού δικτύου-σχεδόν εγκαταλείπεται το Μεσαίωνα λόγω της πλήρους επικράτησης της θρησκείας σε όλους τους τομείς της ζωής και εξαφανίζεται η επιστήμη. Οι χώροι υγιεινής εγκαταλείπονται ή υποβαθμίζονται. Στους νεότερους χρόνους εξαιτίας της συγκέντρωσης του πληθυσμού στις πόλεις, η εξέλιξη της οικοδομικής δε συνοδεύεται από ανάλογη εξέλιξη των συνηθειών υγιεινής και των αποχετεύσεων. Για παράδειγμα στα ανάκτορα των Βερσαλιών ακόμα και την περίοδο επέκτασης αυτών (1661-18^{ος} αιώνας) δεν κατασκευάζεται αποχετευτικό δίκτυο.

Η Αρχαία Ρώμη αποτελεί παράδειγμα στην ιστορία ενός ασφαλούς αστικού δικτύου νερού, που προστάτευε τη δημόσια υγεία σε μεγάλη κλίμακα (Gikas, et. al. 2009). Περνώντας στη σύγχρονη εποχή στις αρχές του 19^{ου} αιώνα η ταχεία αστική ανάπτυξη και η πρώιμη εποχή της εκβιομηχάνισης υπονομεύουν την ασφάλεια των αστικών δικτύων νερού. Ξεκινά μια περίοδος ανησυχίας και προβληματισμού για τον τρόπο μετριασμού των αστικών υπερχειλισμένων με λύματα και νερό

πόλεων, θάφοντας σηπτικές δεξαμενές και αντικαθιστώντας αυτές αργότερα με υπόγεια κανάλια.

Ειδικότερα στα μέσα του 19^{ου} αιώνα ξεκινά η υγειονομική κρίση, που αποτελεί πρώιμο σημάδι ενός προϋπάρχοντος διλήμματος που αιωρείται στη βιομηχανική αγορά: δεν υπάρχει ένας αυτόματος, εσωτερικός μηχανισμός αποκατάστασης της υγιούς ισορροπίας των οικοσυστημάτων, που ρυπαίνονται από την ανεπιθύμητη παραγωγή υποπροϊόντων εξαιτίας της ανάπτυξης, παρόλο που η περιβαλλοντική βιωσιμότητα αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη των παραγωγικών διαδικασιών. Η Μεγάλη Δυσωδία²⁴ στην Αγγλία το 1858 και τα δύο κρούσματα χολέρας που στοίχισαν το θάνατο σε 25.000 Λονδρέζους, ήταν η αφορμή για τη δημιουργία αποχετευτικού δικτύου. Έτσι κατασκευάστηκε ένα σύνθετο υπόγειο δίκτυο κάτω από το Λονδίνο που μετέφερε τα λύματα μακριά από την πόλη. (Gikas, et. al. 2009). Η αφύπνιση των Λονδρέζων και η αποδοχή πως η κακή ποιότητα νερού σχετίζεται με την εμφάνιση ασθενειών, εξασφάλισε άφθονο και καθαρό νερό με αποτέλεσμα να μην ξαναεμφανιστούν στην πόλη κρούσματα χολέρας. Τη χρονική περίοδο 1850 - τέλος του 19^{ου} αιώνα σημαντικές πόλεις του κόσμου - κυρίως ευρωπαϊκές πρωτεύουσες - αποκτούν μεγάλα υπόγεια δίκτυα για τα ανεπεξέργαστα ύδατα (λύματα και όμβρια διοχετεύονται στους ίδιους αγωγούς) (Silveira, 2002). Σύμφωνα με τους Jones & MacDonald (2007) κατά τη Δεύτερη Γαλλική Αυτοκρατορία (υπό το Ναπολέοντα Γ') (1852-1870) στο Παρίσι χρησιμοποιείται ένα σύστημα, αποκλειστικά σχεδιασμένο για να απομακρύνει γρήγορα το νερό από την πόλη.

Γενικά η υγειονομική επανάσταση της Αγγλίας ώθησε και άλλες βιομηχανικές χώρες στη βελτίωση των αστικών δικτύων, διασφαλίζοντας τη δημόσια υγεία. Επιπλέον έχει ενδιαφέρον να σημειωθεί πως η απομάκρυνση των ομβρίων υδάτων από τις πόλεις ως δημόσιο μέτρο, δεν εξελίχθηκε ως αποτέλεσμα εκσυγχρονισμού των πρακτικών της σύγχρονης μηχανικής για την αναζήτηση καλύτερων συνθηκών διαβίωσης, αλλά ως σύσταση για την εξασφάλιση της δημόσιας υγείας και ασφάλειας. Έτσι τελικά θεωρείται πως οι πόλεις εξασφάλισαν ένα οργανωμένο σύστημα αποχέτευσης και απομάκρυνσης των ομβρίων υδάτων, που διέπεται από την αρχή της γρήγορης απομάκρυνσης των υδάτων από τις πόλεις, είτε πρόκειται για βρόχινο νερό, είτε για λύματα, δίνοντας προσωρινά την εντύπωση πως βρέθηκε λύση στο ζήτημα της διαχείρισης των υδατικών πόρων. Έτσι το 1920 οι αναπτυγμένες βιομηχανικές πόλεις σε Ευρώπη και Αμερική έχουν πρόσβαση σε άφθονο και καθαρό νερό. Η υγειονομική επανάσταση έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση των αστι-

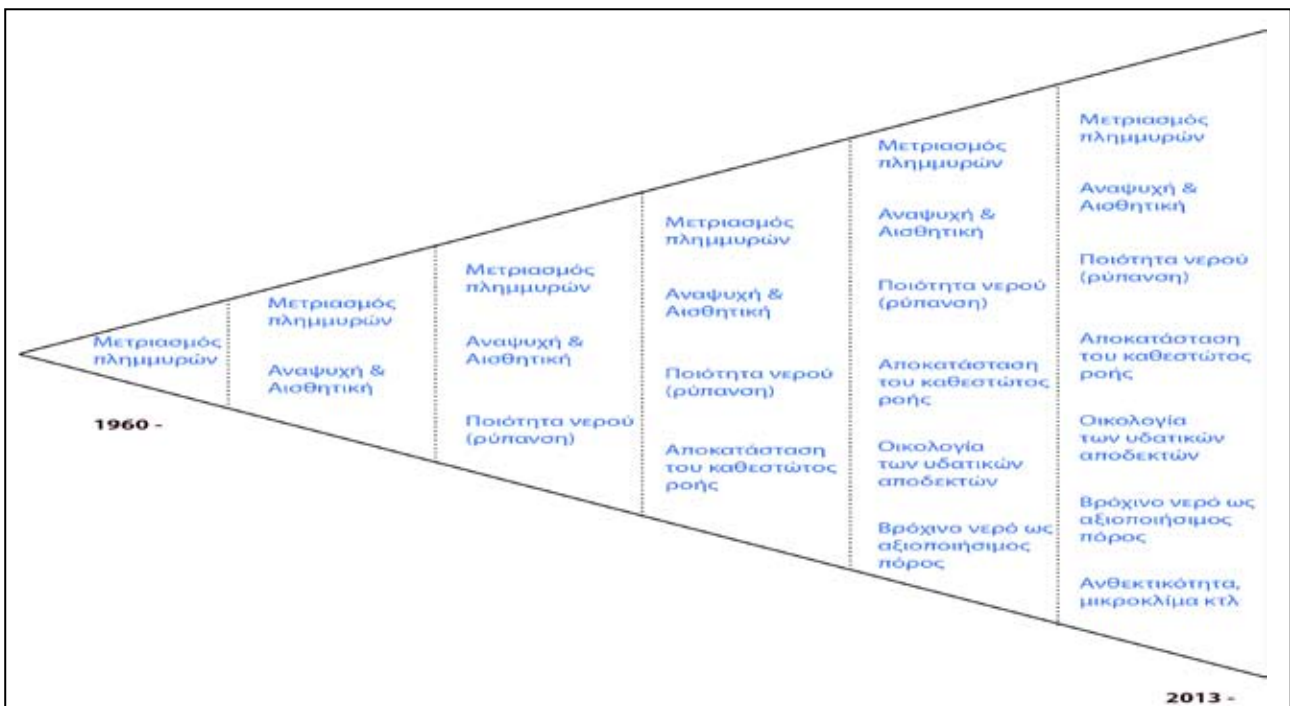
24 Η φράση Μεγάλη Δυσωδία (ή «The Great Stink») αναφέρεται στο καλοκαίρι του 1858 στο Λονδίνο, μια περίοδο που στιγματίστηκε από την έντονη οσμή ανθρώπινων περιττωμάτων στον ποταμό Τάμεση. Το καλοκαίρι του 1858 ήταν ασυνήθιστα ζεστό, που τα νερά του Τάμεση αποτέλεσαν πρόσφορο έδαφος για την έντονη ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών. Η ύδρευση του Λονδίνου είχε μέχρι τότε ως κύρια πηγή τον ποταμό Τάμεση και τα διάφορα παρακλάδια του, κάποια πηγάδια σε κοντινή απόσταση από τις όχθες, καθώς και ορισμένες φυσικές πηγές. Υπήρχε και ένας μολύβδινος αγωγός που κατέληγε σε υδραγωγείο, όμως η πρόσβασή του ήταν αποκλειστικά για εύπορους. Η κυριότερη μέθοδος απολύμανσης του νερού ήταν ο βρασμός του, κάτι που δεν ήταν προσβάσιμο σε όλους κατοίκους της εποχής. Επιπλέον τα αστικά λύματα της πόλης κατέληγαν κυρίως σε σηπτικούς βόθρους, με αντίτιμο για την εκκένωση ένα σελίνι. Έτσι το απαγορευτικό κόστος για τους περισσότερους κατοίκους της εποχής είχε ως αποτέλεσμα την διάθεση των λυμάτων κατευθείαν στο ποτάμι και οι παρόχθιες περιοχές κατακλύζονταν από δυσσομία. Μέρος του προβλήματος ήταν και οι καινοτόμες για την εποχή τουαλέτες με καζανάκι, οι οποίες αντικατέστησαν το ευρείας χρήσης δοχείο νυκτός. Ο όγκος πλέον των λυμάτων σε συνδυασμό με τα λύματα των εργοστασίων και σφαγείων καθώς και τα όμβρια ύδατα, υπερχειλίζαν συχνά τους βόθρους κάνοντας την κατάσταση εξαιρετικά κρίσιμη.

κών οικοσυστημάτων των βιομηχανικών πόλεων (Gikas, et. al. 2009), ενώ η δημιουργία κεντρικών αστικών δικτύων ήταν το αποτέλεσμα ισχυρών οικονομιών κλίμακας (National Research Council of the National Academies, 2006).

Η παραπάνω λύση της ταχείας απομάκρυνσης λυμάτων και βρόχινου νερού σε βάθος χρόνου αποδεικνύεται μη βιώσιμη, παρατηρώντας τις σημαντικές επιπτώσεις που επιφέρει στο φυσικό περιβάλλον. Παράδειγμα είναι η διάβρωση των εδαφών στα σημεία διάθεσης - ως συνέπεια των μεγάλων ποσοτήτων των φερτών υλικών που μεταφέρονται στο δίκτυο - οι μορφολογικές αλλαγές που υφίστανται οι υδατικοί αποδέκτες, η μεταφορά επικίνδυνων τοξικών ουσιών από τις αστικές δραστηριότητες, η μείωση της τροφοδοσίας των υπόγειων υδάτων, η μεταφορά του πλημμυρικού όγκου του νερού στα κατάντη, όπου εμφανίζεται αύξηση της πλημμυρικής αιχμής.

Τα συμβατικά αστικά δίκτυα υιοθετούνται παγκοσμίως μέχρι το 1960, όπου και γίνεται πλέον αποδεκτό πως επιλύοντας σημειακά το πρόβλημα της διαχείρισης του νερού, αυτό μεταφέρεται σε άλλα σημεία. Την περίοδο αυτή οι αναπτυγμένες χώρες αντιλαμβάνονται τη σύγκρουση μεταξύ του υπάρχοντος κλασικού αστικού δικτύου και των συνεπειών που προκαλεί στο περιβάλλον. Έτσι ξεκινά μια νέα περίοδος στη διαχείριση των αστικών δικτύων που δεν καλύπτει μόνο τη δημόσια υγεία, αλλά επιλύει και περιβαλλοντικά προβλήματα.

3.3 Βιώσιμα πρότυπα διαχείρισης του αστικού νερού



Σχήμα 14, Αύξηση της πολυπλοκότητα των αστικών δικτύων αποστράγγισης, *αναπροσαρμογή από πηγή: Whelans et al., 1994*

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν μελετηθεί νέες βιώσιμες προσεγγίσεις στη διαχείριση του αστικού

νερού χρησιμοποιώντας διάφορα ακρώνυμα όπως: Ανάπτυξη Χαμηλών Επιπτώσεων (Low Impact Development - LID) ή Χαμηλών Επιπτώσεων Αστικός Σχεδιασμός και Ανάπτυξη (Low Impact Urban Design and Development - LIUDD) κυρίως στις ΗΠΑ και στον Καναδά, Υδρο-ευαίσθητος Αστικός Σχεδιασμός (Water Sensitive Urban Design - WSUD) στην Αυστραλία ή Αειφορικά Συστήματα Αστικής Αποστράγγισης (Sustainable urban drainage systems - SUDS) στο Ηνωμένο Βασίλειο. Παρά τη χρήση πληθώρας ακρωνύμων, τα παραπάνω βιώσιμα συστήματα διέπονται από παρόμοιες αρχές και σε γενικές γραμμές αναφέρονται στην ισορροπία μεταξύ διάφορων μεταβλητών του υδρολογικού κύκλου και των επιπτώσεών τους στις λεκάνες απορροής. Τα συστήματα αυτά εμφανίζουν οφέλη που σχετίζονται με το τοπίο, το περιβάλλον, την οικονομία, και ενισχύουν τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η έννοια της επεξεργασίας της αστικής απορροής, ελέγχοντας όχι μόνο την αιχμή ροής, αλλά και τον όγκο, την συχνότητα, τη διάρκεια και την ποιότητα της απορροής και της διάθεσης (Souza, 2005).

3.3.1 Ανάπτυξη Χαμηλών Επιπτώσεων (Low Impact Development - LID) και Χαμηλών Επιπτώσεων Αστικός Σχεδιασμός και Ανάπτυξη (Impact Urban Design and Development - LIUDD)

Ο όρος «Ανάπτυξη Χαμηλών Επιπτώσεων (LID)» χρησιμοποιήθηκε αρχικά στη Βόρεια Αμερική και στη Νέα Ζηλανδία. Για πρώτη φορά φαίνεται πως χρησιμοποιείται από τον Barlow et al. (1977) σε μια έκθεση για τον σχεδιασμό χρήσεων γης, στο Βερμόντ των Η.Π.Α. Η νέα προσέγγιση προσπαθεί να μειώσει το κόστος τη διαχείρισης των ομβρίων υδάτων, ακολουθώντας ένα «σχεδιαστικό πρότυπο που μιμείται τη φύση» (Barlow et al., 1977). Το 1981 ο Eagles χρησιμοποιεί τον όρο για να περιγράψει την κεντρική πολιτική του σχεδιασμού των «Περιβαλλοντικά Ευαίσθητων Περιοχών» (Environmentally Sensitive Area-ESA), ώστε να επιτρέπεται μόνο η ανάπτυξη χαμηλών επιπτώσεων, προστατεύοντας περιοχές όπως «υπόγεια ύδατα και πηγές ποταμών». Αυτό έδωσε νέα ώθηση όσον αφορά στον τρόπο διαχείρισης της απορροή των αστικών ομβρίων και στην ποιότητα των υδάτων, συμβάλλοντας εν μέρει στην ανάπτυξη του Εθνικού Προγράμματος Αστικής Απορροής (National Urban Runoff Program -Torno, 1984).

Η αρχική πρόθεση ήταν να επιτευχθεί μια «φυσική» υδρολογία χρησιμοποιώντας ολοκληρωμένα μέτρα ελέγχου. Η φυσική υδρολογία (natural hydrology) αναφέρεται στην ισορροπία που υπήρχε στο χώρο, πριν την ανάπτυξη και αφορά σε όγκους απορροής, διήθησης, εξατμισοδιαπνοής (US Environmental Protection Agency, 2000). Πιθανότατα η πιο σημαντική χρήση του όρου γίνεται στο Prince George's County στο Μέριλαντ των ΗΠΑ, στις αρχές το 1990 (Prince George's County Department of Environmental Resources, 1993), για να συμπεριλάβει τα αστικά δίκτυα νερού στο σχεδιασμό του αστικού χώρου και ολόκληρης της λεκάνης απορροής. Η LID χαρακτηρίζεται από μικρής κλίμακας κατασκευές για την επεξεργασία του βρόχινου νερού, όπως συστήματα βιοκατακράτησης, πράσινες στέγες, υγροτόπους, που κατασκευάζονται κοντά στην πηγή της επιφανειακής απορροής. Παρόμοιες προσεγγίσεις υιοθετούνται και σε άλλες χώρες, κυρίως στη Νέα Ζηλανδία, μαζί με τη δημοσίευση του εγχειριδίου για τον Χαμηλών Επιπτώσεων Σχεδιασμό (Shaver, 2000) από το τότε Περιφερειακό Συμβούλιο του Όκλαντ.

Όταν το 1998 ιδρύεται το Low Impact Development Center, η LID είναι πλέον γνωστή και την ίδια περίπου περίοδο το Prince George County εκδίδει το εγχειρίδιο «Χαμηλής Επίπτωσης Αστικού Σχεδιασμού και Ανάπτυξης» (Coffman, 1997). Αυτό σύντομα αναδημοσιεύεται και διανέμεται σε μια εθνική ακρόαση (Coffman, 2000) και αναπτύσσεται περισσότερο ή λιγότερο ανεξάρτητα στη Βόρεια Καρολίνα, στη Φλόριντα και αλλού. Ο αρχικός στόχος της LID ήταν να αποτελέσει ένα σχεδιαστικό εργαλείο, που ελαχιστοποιεί την παρουσία αδιαπέρατων επιφανειών και διατηρεί το φυσικό περιβάλλον. Στο τέλος της δεκαετίας του 1990 η έννοια της LID μεταβάλλεται και περιλαμβάνει οποιαδήποτε πρακτική επεξεργασίας του βρόχινου νερού (συνήθως σε περιορισμένες εκτάσεις μέχρι 1 εκταρίου). Μεταξύ 2005-2010 οι ερευνητές στις ΗΠΑ προσπαθούν να επαναφέρουν την αρχική της έννοια (Davis et al., 2012; DeBusk et al., 2011; Dietz, 2007; Shuster et al., 2008) και έτσι εκδίδεται το εγχειρίδιο «Ανάπτυξη Χαμηλών Επιπτώσεων» (NC State University, 2009). Τελικά η LID αποτέλεσε μέρος της νομοθεσίας της Β.Αμερικής (Toronto Region Conservation Authority, 2010; United States of America, 2007). Καθώς ο όρος εξελίσσεται και διευρύνεται, χρησιμοποιείται και από διάφορες χώρες: για παράδειγμα στη Νέα Ζηλανδία μεγαλύτερο βάρος δίνεται στο σχεδιασμό του χώρου, ώστε να αποφευχθεί η ρύπανση (και όχι η διαχείριση του καθεστώτος ροής) (Shaver, 2003), αφού η «πράσινη» εικόνα που προβάλλει η χώρα εστιάζει σε υγιή οικοσυστήματα (van Roon, 2011).

3.3.2 Υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός (Water sensitive urban design - WSUD)

Ο όρος υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός χρησιμοποιείται για πρώτη φορά το 1990 στην Αυστραλία, λίγο αργότερα μνημονεύεται από τον Mouritz (1992) και αμέσως μετά αναφέρεται σε έκθεση της Δυτικής Αυστραλιανής Κυβέρνησης από τους Whelans et al. (1994). Οι στόχοι του υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού όπως απαριθμούνται από τον Whelans et al. είναι: (1) η διατήρηση του υδατικού ισοζυγίου (λαμβάνοντας υπόψιν τα υπόγεια νερά και τα υδατορέματα με τις πλημμύρες και τη διάβρωση των εδαφών), (2) η διατήρηση και όπου είναι εφικτό η βελτίωση της ποιότητας του νερού, (συμπεριλαμβανομένων των ιζημάτων, της προστασίας της παράκτιας βλάστησης και της ελαχιστοποίησης της μεταφοράς των ρύπων σε επιφανειακά και υπόγεια νερά), (3) η εξασφάλιση νερού με την εύρεση μιας ισορροπίας μεταξύ διαφορετικών ποιοτήτων νερού (μείωση της ζήτησης σε πόσιμο νερό, συλλογή βρόχινου νερού και ανακύκλωση των λυμάτων, μείωση των απαιτήσεων για άρδευση) και (4) η διατήρηση των περιβαλλοντικών και ψυχαγωγικών δυνατοτήτων που σχετίζονται με την ποσότητα και ποιότητα νερού.

Στα χρόνια που ακολουθούν οι έννοιες που εμπεριέχονται στον WSUD εξελίσσονται μέσα από μια σειρά ερευνών (Lloyd, 2001; Wong, 2000, 2001, 2002). Ο Lloyd παρουσιάζει τον WSUD σαν μια «φιλοσοφική προσέγγιση πολεοδομικού σχεδιασμού που αποσκοπεί στη μείωση των υδρολογικών επιπτώσεων της αστικής ανάπτυξης στο γύρω περιβάλλον. Η διαχείριση των ομβρίων υδάτων αποτελεί υποενότητα του WSUD που ελέγχει την πλημμύρα, τη διαχείριση της ροής, την ποιότητα του νερού και τη δυνατότητα για συλλογή του βρόχινου νερού για μη πόσιμη χρήση». Παράλληλα

ορίζονται το 1999 (από τη Victorian Stormwater Committee) οι στόχοι του WSUD που περιλαμβάνουν: (1) την προστασία και ενίσχυση των φυσικών συστημάτων νερού από την αστική ανάπτυξη, (2) την ενσωμάτωση της επεξεργασίας των ομβρίων υδάτων στο σχεδιασμό του τοπίου, ενσωματώνοντας τη χρήση πολλαπλών «διαδρόμων» που μεγιστοποιούν την οπτική και χωρική επαφή, (3) την προστασία της ποιότητας του νερού που απορρέει από τον αστικό χώρο, (4) τη μείωση των επιφανειακών ροών και των ροών αιχμής από τον αστικό ιστό, προτείνοντας μέτρα τοπικής κατακράτησης και ελαχιστοποιώντας τις αδιαπέρατες επιφάνειες και (5) τη δημιουργία πρόσθετης αξίας μειώνοντας το κόστος των υποδομών απορροής του νερού. Ο Lloyd et al. (2002) διακρίνει το ευρύτερο πλαίσιο των αρχών και των στόχων του WSUD και τα μέσα για την επίτευξη αυτών, χρησιμοποιώντας Πρακτικές Βέλτιστης Διαχείρισης (Best Management Practices -BMPs) και Πρακτικές Βέλτιστου Σχεδιασμού (Best Planning Practices (BPPs).

Παρά το γεγονός πως ο ορισμός του υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού είναι ευρύς, αρχικά η βασική εφαρμογή του φαίνεται να περιστρέφεται γύρω από τη διαχείριση των ομβρίων υδάτων. Η πρόσφατη βιβλιογραφία αναφέρει (Mouritz et al., 2006; Wong, 2007) πως η διαχείριση της αστικής απορροής θα πρέπει να ενταχθεί σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο διαχείρισης που λαμβάνει υπόψιν ολόκληρο τον υδρολογικό κύκλο. Ειδικότερα ο Mouritz et al. (2006) υποστηρίζει πως «ο υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός περιλαμβάνει όλες τις πτυχές μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης του αστικού κύκλου του νερού, συμπεριλαμβανομένων του πόσιμου νερού, των λυμάτων και του νερού της βροχής. Αντιπροσωπεύει μια σημαντική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο το νερό και οι περιβαλλοντικοί πόροι που σχετίζονται με αυτό, καθώς και οι υποδομές του νερού εξετάζονται στο σχεδιασμό των πόλεων, σε όλες τις κλίμακες και πυκνότητες».

Στην Αυστραλία ο όρος χρησιμοποιείται παράλληλα με τον όρο water sensitive cities. Ωστόσο υπάρχει μια λεπτή αλλά σημαντική διαφορά των δύο όρων: η υδρο-ευαίσθητη πόλη περιγράφει τον στόχο) και ο υδρο-ευαίσθητος σχεδιασμός τη διαδικασία (Brown & Clarke, 2007). Εκτός από τη Αυστραλία ο WSUD χρησιμοποιείται σήμερα και σε άλλες χώρες κυρίως στο Ηνωμένο Βασίλειο και στη Νέα Ζηλανδία (Ashley et al., 2013).

3.3.3. Αειφορικά συστήματα αστικής αποστράγγισης (Sustainable urban drainage systems - SUDS) ή αειφορικά συστήματα αποστράγγισης (sustainable drainage systems - SuDS)

Η αλλαγή του τρόπου διαχείρισης των ομβρίων υδάτων στο Ηνωμένο Βασίλειο ξεκίνησε ως μια συντονισμένη προσπάθεια στα τέλη της δεκαετίας του 1980, με «στόχο τον έλεγχο της αστικής απορροής» (CIRIA, 2001), ενώ παράλληλα δημοσιεύεται και μια σειρά κατευθυντήριων γραμμών. Τη δεκαετία του 1990 η αποδοχή της διαχείρισης των ομβρίων υδάτων προχωρά με πιο γρήγορους ρυθμούς στη Σκωτία, σε σχέση με την Αγγλία και την Ουαλία και διέπεται από ένα σκληρό νομοθετικό πλαίσιο, που θεσπίζεται από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος της Σκωτίας (Scottish Environmental Protection Agency) και περιλαμβάνει την υλοποίηση Πρακτικών Βέλτιστης Διαχείρισης (BMPs) για τη δημιουργία νέων αστικών δομών. Το τρίπτυχο της βιώσιμης διαχεί-

ρισης των ομβρίων υδάτων (ποσότητα, ποιότητα, διατήρηση βιοτόπων-υπηρεσιών) αναφέρεται από τον D'Arcy (1998) και θεωρείται πως πρώτος ο Jim Conlin (Οκτώβριος 1997) - στέλεχος της Scottish Water - επινόησε τον όρο βιώσιμα αστικά συστήματα αποστράγγισης (SuDS), για να περιγράψει την τεχνολογία διαχείρισης των ομβρίων υδάτων.

Το 2000 δημοσιεύεται μια σειρά κατευθυντήριων γραμμών, στη Σκωτία, Βόρεια Ιρλανδία, Αγγλία και Ουαλία (CIRIA, 2000) και την περίοδο αυτή ο όρος βιώσιμα αστικά αποστραγγιστικά συστήματα (SUDS) αποσαφηνίζεται και εδραιώνεται. Ο πιο έγκυρος οδηγός των SuDS σήμερα είναι το «The SuDS Manual» (CIRIA, 2007) που επιδιώκει να προσφέρει «περιεκτικές κατευθύνσεις για την εφαρμογή των SuDS στο Ηνωμένο Βασίλειο». Συχνά στην βιβλιογραφία αναφέρονται ως βιώσιμα συστήματα αποστράγγισης (ή SuDS) και εξαλείφεται η λέξη «αστικός» από τον όρο, αλλά το νόημα παραμένει το ίδιο και χρησιμοποιείται περισσότερο από το νομοθετικό καθεστώς της Αγγλίας. Αυτό εκφράζει περισσότερο την ανάγκη η διαχείριση της αποστράγγισης να συμπεριλάβει, τόσο αγροτικές όσο και αστικές χρήσεις.

Το Ηνωμένο Βασίλειο θεωρεί τα SUDS ως μια σειρά τεχνολογιών και πρακτικών που χρησιμοποιούνται για την αποστράγγιση των ομβρίων υδάτων, που είναι αναμφισβήτητα πιο βιώσιμες σε σχέση με τις συμβατικές λύσεις. Βασίζονται στην φιλοσοφία της αναπαραγωγής συστημάτων που μιμούνται τη φύση και τείνουν να επαναφέρουν τον αστικό χώρο στην προϋπάρχουσα μορφή και κατάσταση (δηλαδή όπως ήταν πριν την ανάπτυξη), έχοντας τις ίδιες αρχές που αναπτύχθηκαν παραπάνω για το LID. Από την άλλη στη Σκωτία από το 2003 η εφαρμογή των SuDS, είναι υποχρεωτική στις περισσότερες περιπτώσεις δημιουργίας νέων αστικών δομών (WEWS, 2003) και εστιάζουν κυρίως στην ποιότητα της επιφανειακής απορροής που διατίθεται στα υδατικά σώματα. Στην Αγγλία και Ουαλία τα SuDS στοχεύουν περισσότερο στον έλεγχο της ποσότητας παρά της ποιότητας του νερού (Defra, 2011), εάν και γενικά σε τελική ανάλυση ανταποκρίνονται και στα ποιοτικά κριτήρια που θέτει η νομοθεσία.

3.3.4. Πρακτικές Βέλτιστης Διαχείρισης (Best Management Practices -BMPs) - Μέτρα Ελέγχου της Απορροής (Stormwater Control Measure - SCM)

Στη Βόρεια Αμερική (κυρίως στις ΗΠΑ και στον Καναδά) οι πρακτικές βέλτιστης διαχείρισης (BMPs), χρησιμοποιούνται για την αποφυγή της ρύπανσης. Στις Ηνωμένες Πολιτείες ο όρος επινοείται - χωρίς να έχει πριν ορισθεί σαφώς- στο διάταγμα για το καθαρό νερό (Clean Water Act (CWA)) που συντάσσεται το 1972. Σύμφωνα με τον Ice (2004) ο όρος απαντάται για πρώτη φορά το 1949 και αφορά στη διαχείριση της γεωργικής γης «για την αποκατάσταση επαρκούς φυτικής κάλυψης και υποδομής εδάφους, εάν θέλουμε να διατηρήσουμε τις συνθήκες εδάφους και ροής, ώστε να καλύπτουν τις σημερινές και μελλοντικές ανάγκες για νερό». Ειδικότερα όσον αφορά στο δίκτυο αποστράγγισης των ομβρίων, ο όρος ιστορικά σχετίζεται με τη διαχείριση της επεξεργασίας των λυμάτων, επικεντρώνεται στη λειτουργία κεντρικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων και περιλαμβάνει μη δομικές πρακτικές που αφορούν στην εισαγωγή μιας νέας πρακτικής διαχείρισης ή στην τροποποίηση μιας υπάρχουσας. Αργότερα ο προσδιορισμός των πρακτικών βέλτιστης

διαχείρισης εδραιώνεται σε ένα παγκόσμιο πλαίσιο που στρέφεται προς την πρόληψη δραστηριοτήτων ρύπανσης και συμβαδίζει με τη Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης (Pollution Prevention Act, ΗΠΑ, 1990). Έτσι ο όρος περιλαμβάνει πρακτικές με μη διαρθρωτικό (όπως μείωση της χρήσης χημικών ουσιών και φυτοφαρμάκων) και διαρθρωτικό (υποδομές) χαρακτήρα και θα πρέπει να συμπεριλάβει «.....χρονοδιαγράμματα δραστηριοτήτων, απαγορεύσεις πρακτικών, διαδικασίες συντήρησης συμπεριλαμβανομένων και των διαδικασιών και πρακτικών για την επιφανειακή απορροή, την διαρροή, την ιλύ ή τη διάθεση των αποβλήτων» (Environmental Protection Agency, 2011a). Ο Οργανισμός Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) στη συνέχεια καθορίζει πως οι πρακτικές βέλτιστης διαχείρισης θα πρέπει να περιλαμβάνουν τεχνικές, διαδικασίες, δραστηριότητες ή δομές που θα μειώνουν το ρυπογόνο φορτίο κατά τη διάθεση της απορροής, που θα μπορούσαν να εφαρμόζονται ξεχωριστά ή σε συνδυασμό, με επιδίωξη τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας. Σε αυτό το πλαίσιο τα BMPs συνδυάζουν και δομικές μεθόδους (όπως συστήματα κατακράτησης ή πράσινες υποδομές) για την επίτευξη του γενικού στόχου της πρόληψης της ρύπανσης.

Σε γενικές γραμμές ο όρος Πρακτικές Βέλτιστης Διαχείρισης χρησιμοποιείται για να περιγράψει πρακτικές διαχείρισης που αποσκοπούν στην αντιμετώπιση των πιέσεων που υφίστανται τα υδατικά σώματα όσον αφορά στην ποιότητα και στην ποσότητα της απορροής, μέσω δύο τύπων BMPs των δομικών και των μη δομικών. Σκοπός των δομικών BMPs είναι η παγίδευση των απορροών με φυσικό τρόπο μέχρι οι ρύποι να κατακαθίσουν ή να φιλτραριστούν από τις υφιστάμενες εδαφικές διαστρώσεις. Τα μη δομικά BMPs δεν περιλαμβάνουν μόνιμες εγκαταστάσεις και λειτουργούν συνήθως μέσω εθνικών κανονισμών (π.χ. προγραμματισμός και περιβαλλοντικοί όροι (Taylor and Wong, 2002)).

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ο όρος BMPs υιοθετείται σχεδόν από κάθε σχεδιαστικό εγχειρίδιο που αφορά σε δίκτυα απορροής και οι πρακτικές του εφαρμόζονται ευρέως πλέον στη Β. Αμερική. Στις ΗΠΑ δημιουργείται μια βάση δεδομένων των BMP (Clary et al., 2002) για την απόδοσή τους που χρησιμοποιείται σε παγκόσμιο επίπεδο και βοηθά στην διάδοση των πρακτικών. Τα δεδομένα απόδοσης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την βελτίωση των ήδη υπαρχόντων BMPs (π.χ. χρήση δεδομένων για να καθοριστούν μακροπρόθεσμες διορθώσεις που βελτιώνουν την απόδοση πεδίου) και για να αναθεωρήσουν το σχεδιαστικό οδηγό συγκεκριμένων πρακτικών-κυρίως καινοτομιών όπως η βιοκατακράτηση (Hunt et al., 2011) και τα διαπερατά πεζοδρόμια ή οδοστρώματα, των οποίων οι βασικές έννοιες μπορούν να προσαρμοστούν σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες και τυπολογίες εδαφών. Ωστόσο για πολύ λίγα BMP έχουν δημιουργηθεί σχεδιαστικά πρότυπα που είναι αποδεκτά σε εθνικό επίπεδο. Αυτό οφείλεται κυρίως στις διαφορές των υδρολογικών χαρακτηριστικών του εδάφους και του τοπίου που εμποδίζουν τη γενίκευση των σχεδιαστικών προδιαγραφών.

Με τον καιρό φαίνεται πως τα BMPs που κατασκευάζονται δεν αποτελούν τη βέλτιστη πρακτική και πως τελικά ο όρος είναι ασαφής. Μπροστά στην έλλειψη αντικειμενικής προσέγγισης στη διαχείρι-

ση των ομβρίων υδάτων, το National Research Council of the National Academies of Engineering and Science το 2008, αποφασίζει να εγκαταλειφθεί ο όρος BMP και να αντικατασταθεί με τον όρο «μέτρα ελέγχου της απορροής» (stormwater control measure ή SCM). Ο νέος όρος χρησιμοποιείται από το 2008 σε ακαδημαϊκές δημοσιεύσεις, αλλά δεν καταφέρνει να αντικαταστήσει πλήρως τον BMP, αφού ο τελευταίος εάν και θεωρείται ξεπερασμένος, χρησιμοποιείται ακόμα από πολλά κράτη ως σχεδιαστικό εργαλείο.

3.3.5 Εναλλακτικές τεχνικές (Alternative techniques - ATs) ή Ανταποδοτικές Τεχνικές (compensatory techniques - CTs)

Ο όρος εναλλακτικές τεχνικές χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 1980 στις γαλλόφωνες χώρες, προκειμένου να περιγράψει ένα νέο πρότυπο αστικού δικτύου αποστράγγισης (STU, 1981, 1982), που ξεφεύγει από την κλασική προσέγγιση της «γρήγορης διάθεσης». Η έννοια «εναλλακτικές» προσεγγίζεται με την έννοια των «αντισυμβατικών» λύσεων και κατά κάποιο τρόπο στρέφεται κατά των συντηρητικών μέχρι τότε λύσεων. Η επέκταση των πόλεων και των προαστίων ιδίως στο Παρίσι και το κόστος της συντήρησης, κατασκευής και επέκτασης των συμβατικών δικτύων (IAURIF, 1981) καθώς και ο προβληματισμός για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ώθησαν στην εύρεση λύσεων με βάση τη φύση. Η νέα οπτική υπόσχεται την επίλυση όχι μόνο προβλημάτων απορροής και ρύπανσης, αλλά και βελτίωση της ποιότητας ζωής. Μια από τις πρώτες κατευθυντήριες γραμμές στη Γαλλία αποτελεί το εγχειρίδιο: «έλεγχος της απορροής των ομβρίων υδάτων: λύσεις για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής» (STU, 1982).

Οι εναλλακτικές τεχνικές στοχεύουν στην εξουδετέρωση των επιπτώσεων της αστικής επέκτασης, βελτιώνοντας τη χρήση της αστικής γης και περιορίζοντας τις επενδυτικές δαπάνες. Ο όρος εναλλακτικές τεχνικές απαντάται και ως ανταποδοτικές τεχνικές (compensatory techniques), αφού αντισταθμίζουν τις επιπτώσεις της αστικοποίησης. Χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στο Μπορντό της Γαλλίας, τη δεκαετία του 1980 και στη συνέχεια σε άλλες χώρες, όπως η Βραζιλία (Baptista et al., 2005). Βασικός στόχος είναι η μείωση του όγκου της απορροής, των ροών αιχμής και γενικά η μείωση της ευπάθειας των αστικών περιοχών στις πλημμύρες, ώστε να διατηρηθεί η ποιότητα του φυσικού περιβάλλοντος. Αρχικά οι λύσεις εστιάζουν στα πλεονεκτήματα που οι εναλλακτικές τεχνικές μπορούν να επιφέρουν στον άνθρωπο και λιγότερα στα οφέλη προς τα οικοσυστήματα. Μια από τις βασικές αρχές είναι πως οι τεχνικές θα πρέπει να διατηρούν τους ρυθμούς ροής όπως συμβαίνει υπό φυσικές συνθήκες. Από αυτή την άποψη η έννοια παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες με την Ανάπτυξη Χαμηλών Επιπτώσεων (LID).

Ειδικότερα οι εναλλακτικές τεχνικές περιλαμβάνουν τη διαχείριση της ροής του νερού (συγκράτηση του νερού, καθυστέρηση και αποφυγή των φαινομένων πλημμύρας) σε κάθε έργο καθώς και τη χρήση πολυλειτουργικών «διαδρόμων» για τη διαχείριση της απορροής (Azzout et al., 1994). Η ιδέα αρχικά αποτελεί ένα νέο υπόδειγμα αστικού σχεδιασμού, που προσεγγίζει την έννοια του υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού (WSUD), χωρίς να επικεντρώνεται στη ζήτηση νερού. Ωστό-

σο η αρχική ιδέα δεν γίνεται πάντα κατανοητή στην πράξη και σιγά σιγά αρχίζει να διαστρεβλώνεται (μεγάλη σημασία έχει το πολιτιστικό πλαίσιο στο οποίο εφαρμόζεται). Ουσιαστικά ο όρος «τεχνικές» οδηγεί σε διαφορές στον τρόπο ερμηνείας του όρου, από τη μια περιορίζεται η χρήση του σε κατασκευαστικές λύσεις και από τη άλλη ανάγεται σε ένα ευρύτερο σχεδιαστικό φιλοσοφικό πλαίσιο (Alfakih, 1990; Azzout et al., 1994; Azzout et al., 1995; Balade's & Raimbault, 1990; Herin, 2000; Piel & Maytraud, 2004; Sibeud, 2001). Έχει ενδιαφέρον να σημειωθεί πως στη Γαλλία, οι κανόνες σχεδιασμού για τις ATs περιορίζονται σε υδραυλικά μέτρα - ειδικότερα στη μείωση των πλημμυρών (Petrucci, 2012) - χωρίς να λαμβάνονται σημαντικά υπόψιν οι οικολογικές προεκτάσεις. Οι τοπικές αρχές παρόλο που ορίζουν ολοένα και πιο αυστηρά κριτήρια εκροής (π.χ. 2 L/s/ha σε μια δεδομένη περιοχή), η αρχή της επαναφοράς του χώρου στην κατάσταση πριν την ανάπτυξη δεν διατηρείται, εξαιτίας της επιθυμίας να καθοριστούν πρότυπα δίκαια και εύκολα επιτεύξιμα για όλους (Petrucci et al., 2012). Τελικά εμφανίζεται μια νέα κίνηση κυρίως από αρχιτέκτονες τοπίου που θεωρούν περισσότερο σημαντικούς του όρους «έλεγχος στην πηγή» (source control) και «ολοκληρωμένη διαχείριση του νερού» (integrated urban water management).

3.3.6 Έλεγχος στην πηγή (Source control)

Ο όρος «έλεγχος στην πηγή» χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να ξεχωρίσει τις καταναμημένες τεχνολογίες εξοικονόμησης νερού που αντιμετωπίζουν το ζήτημα της απορροής στην πηγή, σε αντίθεση με τα κεντρικά συστήματα διαχείρισης που αντιμετωπίζουν την απορροή στο τελικό στάδιο της διάθεσης. Οι πρακτικές ελέγχου στην πηγή σχετίζονται με τη μείωση της ποσότητας της απορροής και τον περιορισμό των ρύπων στην πηγή τους (Kellagher, 2004). Στην πρώιμη βιβλιογραφία η διαχείριση των ομβρίων υδάτων (American Public Works Association, 1981; Whipple et al., 1983) επικεντρώνεται στη συγκράτηση του νερού για το μετριασμό της απορροής και σε τεχνικές διαχείρισης σε αποκεντρωμένη κλίμακα, για τον έλεγχο αποκλειστικά της ποσότητας του νερού. Ο όρος «έλεγχος στην πηγή» χρησιμοποιείται στο Urban Drainage Design Guidelines που δημοσιεύεται στον Καναδά (MetroVancouver, 2012; Ontario Ministry of Natural Resources, 1987).

Με την εδραίωση της Ανάπτυξης Χαμηλών Επιπτώσεων (LID) στις αρχές της δεκαετίας του 1990, ο όρος Έλεγχος στην Πηγή συνδυάζεται με τη χρήση πρακτικών μικρής κλίμακας, που αναπαράγουν ή διατηρούν τις προϋπάρχουσες (πριν την ανάπτυξη) υδρολογικές συνθήκες του αστικού χώρου. Στον Καναδά το πλέον ενημερωμένο Stormwater Management Practices Planning and Design Manual για το Οντάριο (Ontario Ministry of Environment and Energy, 1994) παρουσιάζει μια ιεραρχία πρακτικών διαχείρισης των ομβρίων υδάτων, για τον έλεγχο, τη μεταφορά και την διάθεση των υποδομών νερού (ARMCANZ & ANZECC, 2000). Άλλες κατευθυντήριες γραμμές (Ontario Ministry of the Environment, 2003) χρησιμοποιούν τις ίδιες τεχνικές, τόσο για τον έλεγχο στην πηγή όσο και για τον έλεγχο κατά τη διάθεση, αλλά στον τίτλο τους χρησιμοποιούν τον όρο LID (παρά το γεγονός πως επικεντρώνονται σε τεχνικές ελέγχου στην πηγή). Στον Γαλλόφωνο Καναδά και ειδικότερα στο Κεμπέκ χρησιμοποιείται ο όρος «Optimal Management Practices» για να προσεγγίσει με ολιστικό τρόπο ένα ευρύ φάσμα πρακτικών (MDDEP, 2011).

Όπως περιγράφει ο Rivard et al. (2005) η τάση να συμπεριληφθούν οι αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης, οδήγησε στην εξέταση των επιπτώσεων της απορροής με έναν πιο ολιστικό και ολοκληρωμένο τρόπο. Ο έλεγχος στην πηγή θεωρείται πως συνέβαλε στο μετριασμό των επιπτώσεων της απορροής στους υδάτινους αποδέκτες, προωθώντας τον έλεγχο της ροής, την εξατμισοδιαπνοή και τη διήθηση όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην πηγή, ελαχιστοποιώντας τις επιπτώσεις που επιφέρει η ανάπτυξη στην ποιότητα του νερού και στον υδρολογικό κύκλο στα ανάντη και κατόντη. Γενικά στην βιβλιογραφία ο όρος αναφέρεται είτε σε τεχνικές επεξεργασίας, είτε στην πρόληψη της ρύπανσης.

3.3.7 Πράσινες υποδομές (Green infrastructure)

Ο όρος πράσινες υποδομές πρωτοεμφανίζεται στις ΗΠΑ τη δεκαετία του 1990, ως μια ιδέα που δεν περιορίζεται στην απλή διαχείριση των ομβρίων υδάτων και υιοθετείται περισσότερο στην αρχιτεκτονική τοπίου - όπου προωθείται ένα δίκτυο πράσινων χώρων (Benedict & McMahon, 2006) - καθώς και στην οικολογία τοπίου (Forman, 1999). Οι Benedict και McMahon (2006) παρατηρούν πως οι φυσικές υποδομές συγκροτούν από τη μια, μια ιδέα και από την άλλη μια διαδικασία. Ο πολεοδομικός σχεδιασμός χρησιμοποιεί την ιδέα των πράσινων υποδομών ως σχεδιαστικό εργαλείο (χώροι πρασίνου και διάδρομοι), αλλά σαν διαδικασία επιδιώκει να μεγιστοποιήσει τα οφέλη της δημιουργίας αστικών χώρων πρασίνου, διακρίνοντας τη σπουδαιότητα της συμβολής τους στη διαφύλαξη πολύτιμων οικοσυστηματικών υπηρεσιών (Center for Neighborhood Technology, 2010). Η σημασία των πράσινων υποδομών όσον αφορά στη διαχείριση των ομβρίων αναγνωρίζεται αρχικά από τον Οργανισμό Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) (2012) και στη συνέχεια και από άλλους φορείς, ενώ χρησιμοποιείται εναλλακτικά με τους όρους Πρακτικές Βέλτιστης Διαχείρισης (BMPs) και Ανάπτυξη Χαμηλών Επιπτώσεων (LID) (Struck et al., 2010).

Στη βιβλιογραφία των ΗΠΑ οι πράσινες υποδομές ορίζονται ως «πρακτικές αποκεντρωμένης διαχείρισης της απορροής, όπως πράσινες στέγες, κήποι βροχής, υδατοπερατά πεζοδρόμια, που συλλέγουν και απορροφούν τη βροχή, μειώνοντας την απορροή και βελτιώνοντας την ποιότητα των υδατικών σωμάτων» και πλέον «σχετίζονται όλο και πιο συχνά με περιβαλλοντικούς ή βιώσιμους στόχους που οι πόλεις προσπαθούν να επιτύχουν, μέσα από ένα συνδυασμό προσεγγίσεων με βάση τη φύση» (Foster et al., 2011). Ο τρόπος χρήσης του όρου «Πράσινες Υποδομές» στη βιβλιογραφία εμφανίζεται συνώνυμος με τον όρο «Ανάπτυξη Χαμηλών Επιπτώσεων - LID», όπως φάνηκε στις διασκέψεις για το LID το 2008 και 2010 στο Σιάτλ και Σαν Φρανσίσκο αντίστοιχα, όπου παρουσιάστηκε ένας μεγάλος αριθμός ερευνητικών παρουσιάσεων, κάνοντας χρήση του όρου «Πράσινες Υποδομές». Σχετικά πρόσφατα αναγνωρίζεται και από τον Οργανισμό Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) (2012) πως: «οι πράσινες υποδομές είναι μια προσέγγιση που οι κοινότητες επιλέγουν για τη διατήρηση υγιών υδατικών οικοσυστημάτων, παρέχοντας πολλαπλά περιβαλλοντικά οφέλη και υποστηρίζοντας βιώσιμες κοινότητες. Σε αντίθεση με το κεντρικό δίκτυο διαχείρισης του γκρίζου νερού που χρησιμοποιεί αγωγούς για τη διάθεση του βρόχινου νερού,

οι πράσινες υποδομές χρησιμοποιούν φυτικούς οργανισμούς και έδαφος για να διαχειριστούν το νερό της βροχής. Εισάγοντας φυσικούς μηχανισμούς στο δομημένο περιβάλλον, οι πράσινες υποδομές εξασφαλίζουν όχι μόνο τη διαχείριση των ομβρίων, αλλά και το μετριασμό των πλημμυρών, τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα και πολλά ακόμα».

Βασικός άξονας των πράσινων υποδομών είναι η δημιουργία χώρων πρασίνου, που διασφαλίζουν πολύτιμες υπηρεσίες των οικοσυστημάτων, ενώ γίνεται και χρήση τεχνολογιών που συχνά αναφέρονται ως φυτοτεχνολογίες (Tsao, 2003; Zalewski, 2002), διευρύνοντας και δημιουργώντας ένα νέο πεδίο ορολογίας και έρευνας. Οι πράσινες υποδομές υιοθετούνται ευρέως από φορείς σε όλο τον κόσμο (Amati & Taylor, 2010; Carter & Fowler, 2008; Kambites & Owen, 2006) και επιλέγονται όχι μόνο για τα οφέλη στη διαχείριση των ομβρίων, αλλά για τον ευρύτερο ρόλο στην ενίσχυση της αστικής ευημερίας, της ανθρώπινης υγείας και την εξασφάλιση κοινωνικής ισότητας (Tzoulas et al., 2007).



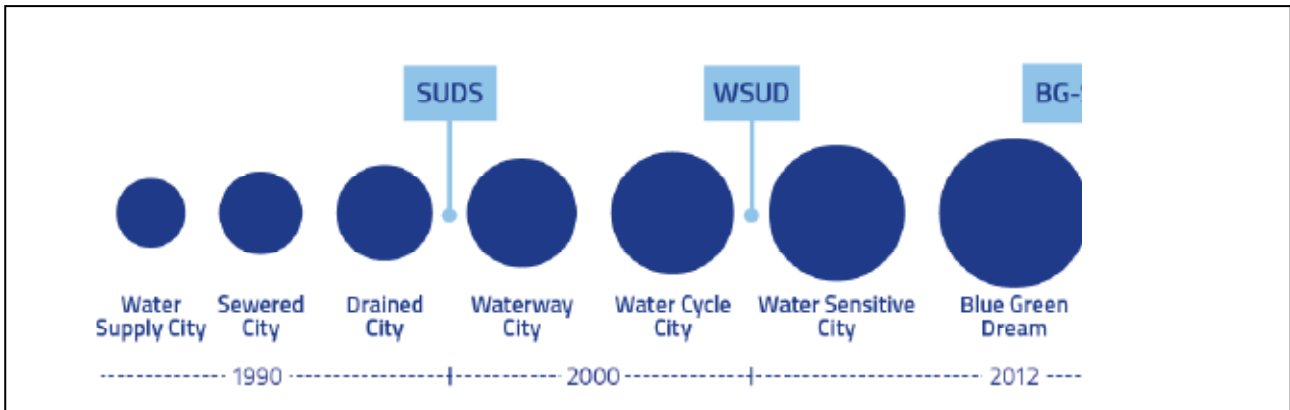
Σχήμα 15, Μετάβαση από γκριζες σε πράσινες υποδομές

3.3.8 Μπλε/πράσινες λύσεις (Blue-Green solutions)

Στα πλαίσια της επίτευξης υδρο-ευαίσθητων πόλεων, πιο πρόσφατη είναι η χρήση του όρου μπλε-πράσινες πόλεις (Blue-Green cities) όπου προτείνονται μπλε - πράσινες λύσεις (Blue-Green solutions). Την περίοδο 2013-2016 διεξάγεται στο πανεπιστήμιο του Nottingham το ερευνητικό πρόγραμμα Blue-Green Cities με στόχο την επαναφορά του φυσικού κύκλου του νερού, συμβάλλοντας στην αστική ευημερία και συνδυάζοντας τη διαχείριση των υδάτων με τις πράσινες υποδομές. Αυτό επιτυγχάνεται προστατεύοντας τις υδρολογικές και οικολογικές αξίες του αστικού τοπίου, εξασφαλίζοντας ανθεκτικότητα και υιοθετώντας προσαρμοστικά μέτρα για την αντιμετώπιση των πλημμυρών. Ουσιαστικά ο όρος Μπλε-Πράσινες λύσεις αποτελεί εξέλιξη των υδρο-ευαίσθητων λύσεων.

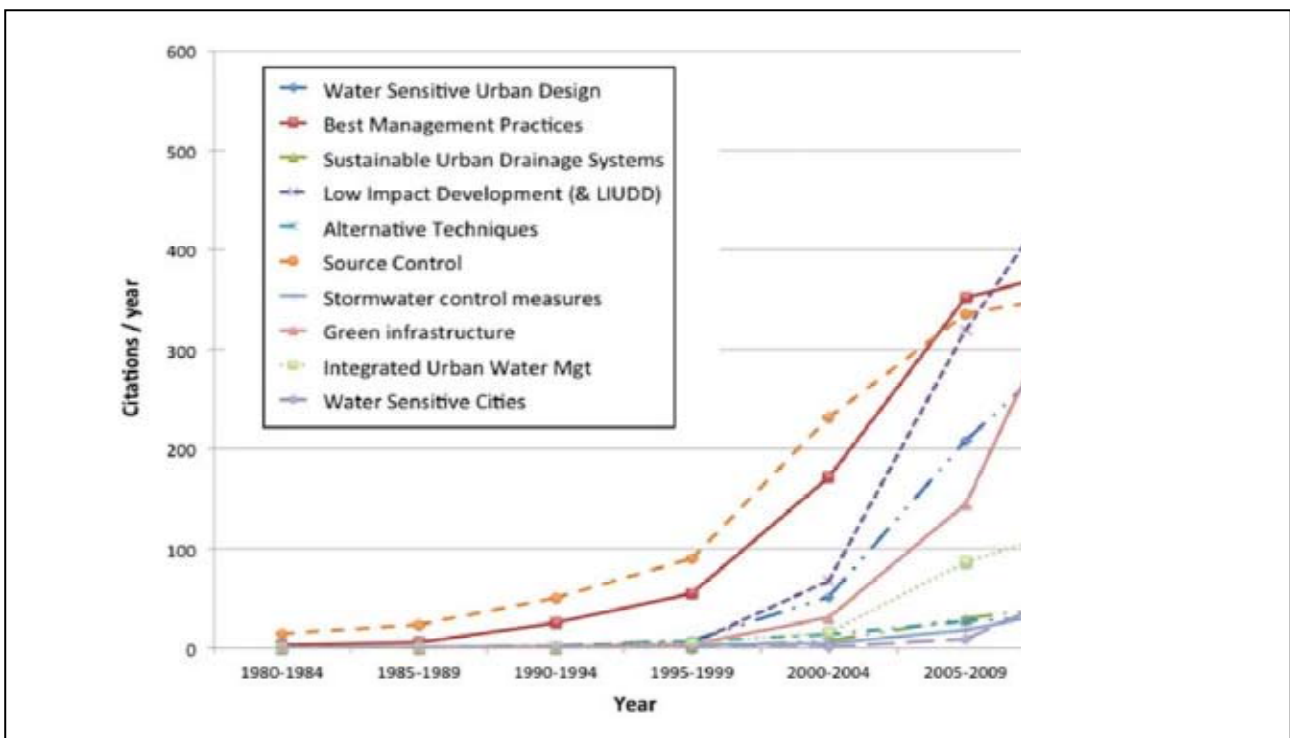
Το Μάρτιο του 2017 δημοσιεύτηκε από το Imperial College στο Λονδίνο, ένα Οδηγός Μπλε-Πράσινων Λύσεων. Το μπλε-πράσινο όραμα επιδιώκει την επανεξέταση των υφιστάμενων τρόπων

σχεδιασμού, κατασκευής, λειτουργίας και διατήρησης των αστικών συστημάτων νερού (μπλε) και των αστικών χώρων πρασίνου, θεωρώντας αυτά αλληλοεξαρτώμενα συστήματα.



Σχήμα 16, Η εξέλιξη των Μπλε-πράσινων λύσεων (BG-S), πηγή: *A System Approach to Sustainable, Resilient and Cost-Efficient Urban Development*

3.3.9 Συμπεράσματα για την εξέλιξη των βιώσιμων προτύπων



Διάγραμμα 1, Εξέλιξη των όρων διαχείρισης των ομβρίων υδάτων, πηγή: *Fletcher et al.*

Στη βιβλιογραφία έχει παρατηρηθεί περίπου εκθετική αύξηση στη χρήση ορολογίας που αφορά στην αστική απορροή, γεγονός που αποτελεί σαφή ένδειξη ενός συνεχώς αυξανόμενου καταρχήν κοινωνικού ενδιαφέροντος, για τη διαχείριση των ομβρίων τις τελευταίες δεκαετίες. Επίσης διαφαίνεται η ολοκληρωμένη φύση της αστικής απορροής ως πεδίου έρευνας και εφαρμογής, που ξεπερνά εφαρμογές και τεχνολογίες μηχανικής και επεκτείνεται για να συμπεριλάβει την οικολογία των υδατικών πόρων (με βασικό οδηγό την ποιότητα και τη διατήρηση των καθεστώτων ροής)

και την παροχή σημαντικών οφελών (EPA, 2013). Αυτό αντικατοπτρίζει τη συνεργασία μιας σειράς επιστημονικών κλάδων όπως αρχιτεκτονικής, αρχιτεκτονικής τοπίου, οικολογίας, κοινωνικών επιστημών.

Στην παρούσα έρευνα θα χρησιμοποιηθούν οι όροι υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός, φυσικές υποδομές νερού καθώς και ο πρόσφατος όρος μπλε-πράσινες λύσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΥΔΡΟ-ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΣ ΑΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ

4.1 Οι πόλεις του μέλλοντος- Υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός και ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες

Μια σειρά πρωτοβουλιών αναδύεται παγκοσμίως για το σχεδιασμό υδρο-ευαίσθητων πόλεων. Η Διεθνής Ένωση Νερού (IWA), μέσα από το πρόγραμμα «οι πόλεις του μέλλοντος» («cities of the future»), δίνει έμφαση στην ασφάλεια των πόλεων και στον τρόπο που ο αστικός σχεδιασμός (που περιλαμβάνει τη διαχείριση του νερού, τη συλλογή, την επεξεργασία και διάθεση) θα μπορούσε να αναθεωρήσει, να επαναπροσδιορίσει και να επαναδιατυπώσει βασικές αρχές, ώστε να μειωθεί η χρήση σπάνιων φυσικών πόρων και να αυξηθεί η απόδοση των συστημάτων ύδρευσης και αποχέτευσης, καθώς και τις συνθήκες υγιεινής σε πόλεις χωρών με χαμηλό και μεσαίο εισόδημα.



Σχήμα 17, Οι πόλεις του μέλλοντος, πηγή IWA

Έτσι για την πόλη του μέλλοντος ορίζονται τέσσερα επίπεδα δράσης: (1) η αναβάθμιση των υπηρεσιών νερού, (2) ο υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός, (3) οι πόλεις ως συνδεδεμένες λεκάνες απορροής και (4) οι υδρο-ευαίσθητες κοινότητες που εμπεριέχουν συνολικά 17 αρχές.

1. Αναβάθμιση των υπηρεσιών νερού

-Επαναφορά της ισορροπίας των υδατικών σωμάτων και των οικοσυστημάτων αυτών, που βρίσκονται εντός των ορίων των λεκανών απορροής, αντλώντας από αυτά ή απορρίπτοντας σε αυτά, μόνο τις ποσότητες που μπορεί να αναπληρώσει το φυσικό περιβάλλον. Στόχος είναι η μείωση των ποσοτήτων των υδατικών πόρων σε ανεκτά επίπεδα, έτσι ώστε το φυσικό περιβάλλον να μπορεί να τους ανανεώνει, καθώς και η προστασία της ποιότητας των οικοσυστημάτων από λύματα ή αστική επιφανειακή απορροή, ώστε οι υδατικοί πόροι να έχουν κατάλληλη ποιότητα χωρίς να υποβαθμίζονται τα οικοσυστήματα αυτών (αφού έχει προηγηθεί η ελάχιστη δυνατή επεξεργασία).

-Μείωση της χρησιμοποιούμενης ποσότητας νερού και ενέργειας για την μεταφορά και την επεξεργασία του αστικού νερού, συμπεριλαμβανομένου και του βρόχινου.

-Επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση, ανακύκλωση

-Χρήση μιας **συστηματικής προσέγγισης** που εμπεριέχει και άλλες αστικές υποδομές (υποδομές ενέργειας ή αποβλητών) οδηγώντας σε οικονομική βιωσιμότητα.

-Αύξηση της αρθρωτότητας (Modularity) των συστημάτων και διασφάλιση πολλαπλών επιλογών όσον αναφορά στον πόρο, στην επεξεργασία, στην αποθήκευση και στη μεταφορά, διασφαλίζοντας την ανθεκτικότητα των υδατικών υποδομών σε ξαφνικές ή σταδιακές αλλαγές

2. Υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός

-Ενεργοποίηση μηχανισμών που συμβάλλουν στην ανανέωση των υδατικών υπηρεσιών. Ο αστικός σχεδιασμός θα πρέπει να μειώνει τη ζήτηση νερού, ενέργειας και ανθρακικού αποτυπώματος των κατασκευών, οδηγώντας και σε οικονομικά οφέλη. Αυτό θα οδηγήσει σε καθαρότερα υδατικά σώματα, ωφελώντας τα οικοσυστήματα και βελτιώνοντας τις αστικές υποδομές. Για παράδειγμα η προώθηση πράσινων υποδομών που συλλέγουν και επεξεργάζονται το βρόχινο νερό, αποτελεί μια βιώσιμη πρακτική στα πλαίσια των Μπλε-Πράσινων υποδομών.

-Σχεδιασμό του αστικού χώρου ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος πλημμύρων και η πόλη να μπορεί να «απορροφήσει» την ποσότητα του νερού, αξιοποιώντας τον πόρο.

-Βελτίωση της ποιότητας ζωής χρησιμοποιώντας το νερό στον αστικό σχεδιασμό (μπλε-πράσινοι διάδρομοι, τεχνητές λίμνες, υγροβιότοποι, κήποι βροχής), που μετριάζουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

-Τροποποίηση και προσαρμογή των αστικών υλικών ώστε να ελαχιστοποιούνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

3. Οι πόλεις ως συνδεδεμένες λεκάνες απορροής

-Προγραμματισμός για την εξασφάλιση των υδατικών πόρων και μετριασμού φαινομένων ξηρασίας. Είναι απαραίτητη η χάραξη στρατηγικών για την εξισορροπημένη χρήση του νερού μεταξύ χρηστών μιας κοινής λεκάνης απορροής, όπως γεωργία, βιομηχανία και ενεργειακός τομέας.

-Προστασία των υδατικών πόρων μέσω μιας συνολικής συνεργασίας των φορέων των γειτονικών λεκανών απορροής.

-Ετοιμότητα σε ακραία καιρικά φαινόμενα όπως καταιγίδες και ισχυρές βροχές, διατηρώντας το υδρολογικό καθεστώς των ποταμών, εξασφαλίζοντας επαρκή βλάστηση στη λεκάνη απορροής και προβλέποντας συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για την πρόβλεψη πλημμυρών.

4. Υδρο-ευαίσθητοποιημένες κοινότητες

-Πολίτες που εμπλέκονται στο όραμα για βιώσιμη διαχείριση του αστικού νερού, μέσω του συμμετοχικού σχεδιασμού, έτοιμοι να κατανοήσουν τους κινδύνους (πλημμύρες, λειψυνδρία) και τις δυνατότητες εναλλακτικών πρακτικών (ανάκτηση πόρων, μείωση της εξάρτησης από αβέβαιες μελλοντικές πηγές, αύξηση της ευημερίας).

-Επιστήμονες με γνώση του αντικειμένου και των συμπληρωματικών οφελών

Η επιστήμη των υδατικών πόρων απαιτεί τη συνεργασία μιας σειράς επιστημονικών κλάδων: πολεοδομίας, αρχιτεκτονικής, αρχιτεκτονικής τοπίου, ενέργειας, λύματων, μεταφορών. Οι υδατικές υποδομές για να λειτουργήσουν απαιτούν ενέργεια, αλλά αντίστροφα το αστικό νερό σε τοπική κλίμακα μπορεί να παράγει ενέργεια. Οι πράσινοι ανοιχτοί χώροι απαιτούν νερό που μπορεί να προέρχεται από τη συλλογή του βρόχινου νερού ή επαναχρησιμοποιημένου νερού που προέρχεται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ανακυκλώνοντας και τα θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα από τους φυτικούς οργανισμούς).

-Η δημιουργία διεπιστημονικών ομάδων σχεδιασμού, διότι οι υδατικοί πόροι και οι διάφορες μορφές τους (γλυκό νερό, θαλασσινό νερό, βροχή) συνδέονται μεταξύ τους, όπως και με άλλα αστικά συστήματα (πάρκα, δρόμοι, ενέργεια, απόβλητα).

-Ενεργοποίηση των πολιτικών φορέων που θα νομοθετήσουν και θα εφαρμόσουν τις αρχές της αναβάθμισης των υπηρεσιών νερού, του υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού και των συνδεδεμένων λεκανών απορροής, προτίνοντας καινοτόμες λύσεις, εξαλείφοντας επιδοτήσεις και φορολογικές απαλλαγές, που δημιουργούν μεγάλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

-Ηγέτες σε τοπικό και εθνικό επίπεδο που θα υποστηρίξουν την αρχή της βιωσιμότητας του αστικού νερού, μέσω μιας αποτελεσματικής διακυβέρνησης

Στο 5^ο Παγκόσμιο Φόρουμ για το Νερό στην Κωνσταντινούπολη, τον Μάρτιο του 2009, οι τοπικές αρχές υιοθέτησαν το Σύμφωνο της Κωνσταντινούπολης, με το οποίο δεσμεύονται να βελτιστοποιήσουν τα συστήματα διαχείρισης των υδάτων και να τα προσαρμόσουν στις παγκόσμιες προκλήσεις (αστικοποίηση, κλιματική αλλαγή), να αναπτύξουν σχέδια προσαρμογής, να εντοπίσουν και να θέσουν συγκεκριμένους στόχους. Η Αυστραλία που χαρακτηρίζεται από ένα έντονα αστικοποιημένο περιβάλλον, αποτελεί ένα ιδιαίτερο παράδειγμα χώρας, που επενδύει στην ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων. Η κυβέρνηση επανεξετάζοντας την διαχείριση των αστικών υδάτων στα πλαίσια της Εθνικής Πρωτοβουλίας για το νερό (National Water Initiative), πρότεινε μεταρρυθμίσεις και αλλαγές στο θεσμικό της πλαίσιο (National Water Commission, 2011), ικανές να υποστηρίξουν την βιώσιμη ανάπτυξη των υδατικών πόρων.

4.2 Υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός και διαμόρφωση υπαίθριων χώρων

Οι μελέτες ανάπλασης των υπαίθριων χώρων της πόλης συνήθως δεν αποσκοπούν στην επαναφορά της αστικής οικολογικής ισορροπίας, πόσο μάλλον στην αποκατάσταση του υδρολογικού κύκλου τοπικά. Κατά κύριο λόγο οι αρχιτεκτονικές και πολεοδομικές λύσεις διαχωρίζουν τη λειτουργία των ανοιχτών χώρων δημόσιου πρασίνου, από τη μελέτη της τοπικής υδρογραφίας και το σχεδιασμό συστημάτων απορροής των υδάτων. Συνήθως ο σχεδιασμός υδάτινων στοιχείων δεν στηρίζεται σε μια ολιστική προσέγγιση μελέτης του υδρολογικού κύκλου, δεν αντιμετωπίζει την

απορροή των ομβρίων και των ποσοτικών και πολύ περισσότερο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της, καθιστώντας το σχεδιασμό τεχνικά προβληματικό, υδραυλικά αδιέξοδο, περιβαλλοντικά επιβαρυντικό, διαχειριστικά λανθασμένο και οικονομικά μη βιώσιμο. Το ελληνικό αστικό τοπίο περιλαμβάνει υδάτινα στοιχεία, όπως συντριβάνια ή τεχνητές λίμνες που διακοσμούν πάρκα, πλατείες ή κυκλικούς κόμβους, κατασκευασμένα ως επί το πλείστον από τσιμέντο ή πέτρα, χωρίς καμία σύνδεση με το πράσινο και την αστική βιοποικιλότητα, αποτελώντας τελικά καθαρά διακοσμητικά στοιχεία. Τα συντριβάνια για παράδειγμα, παρά την υψηλή ποιότητα νερού λόγω των μηχανικών φίλτρων και των χημικών πρόσθετων, καθιστούν το νερό ακατάλληλο για δημόσια χρήση (π.χ. άρδευση) και επομένως δεν ανταποκρίνονται στις σημερινές ανάγκες των πόλεων.

Ο ρόλος του βιώσιμου σχεδιασμού όσον αφορά στην αξιοποίηση του βρόχινου νερού είναι καθοριστικός για την πόλη. Εκτός από την οικολογική αξία αποτυπώνει τις αξίες της αειφόρου αστικής ανάπτυξης, δημιουργώντας ένα αστικό τοπίο που μεταμορφώνεται ανάλογα με τις εποχές του έτους, αποτυπώνοντας το κλιματικό πλαίσιο του τόπου. Ο υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός δημιουργεί ένα δυναμικό αστικό περιβάλλον από στοιχεία της φυσικής υδρογραφίας που αντιπροσωπεύουν το σύγχρονο σχεδιασμό μιας πόλης. Η διαχείριση του νερού στην πόλη είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη μορφολογία του αστικού ιστού, ενώ μία σχεδιαστική προσέγγιση του χώρου με άξονα την αξιοποίηση του νερού και την ισορροπία του αστικού υδατικού κύκλου, είναι παρόμοια με αυτή της μείωσης της αστικής θερμικής νησίδας²⁵.

4.3 Υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός και συστήματα

Ο υδρο-ευαίσθητος αστικός σχεδιασμός και οι μπλε - πράσινες λύσεις περιλαμβάνουν μηχανισμούς λειτουργίας, που μπορούν να συνοψιστούν σε επτά βασικές αρχές: συλλογή, κατακράτηση, διήθηση, αποθήκευση, εξάτμιση, καθαρισμός, επαναχρησιμοποίηση. Σε γενικές γραμμές αποτελούν σχεδιαστικά εργαλεία που επιβραδύνουν, κατακρατούν ή απορροφούν τους ρύπους, που παρασύρονται και μεταφέρονται με τις απορροές των ομβρίων. Χρησιμοποιούνται όχι μόνο σε περίπτωση έκτακτων φαινομένων, αλλά και ως διαχειριστικά εργαλεία ισορροπίας του αστικού υδατικού ισοζυγίου. Οι τεχνικές του υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού αποτελούν εναλλακτική λύση για τη διαχείριση των ομβρίων υδάτων και περιλαμβάνουν πρακτικές πρόληψης που αποσκοπούν στη διαχείριση του όγκου, των παροχών και της ποιότητας του νερού των απορροών ομβρίων και που εφαρμόζονται για τη μείωση του κινδύνου από τις πλημμύρες, τη μείωση της ρύπανσης των υδατικών σωμάτων, τη βελτίωση του περιβάλλοντος και τη συλλογή και επαναχρησιμοποίηση του βρόχινου νερού. Έτσι για παράδειγμα περιοχές και εκτάσεις συγκράτησης του βρόχινου νερού, μπορούν να μετατραπούν μέσα σε λίγες ώρες από ποτάμια, σε πράσινους διαδρόμους μέσα στην πόλη. Σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιούνται τεχνολογίες και συστήματα που διαφοροποιούνται ανάλογα με τη δυνατότητα εφαρμογής και την αποτελεσματικότητα (είτε όσον αφορά στη μείωση της υδρολογικής επικινδυνότητας, είτε της ατμοσφαιρικής ρύπανσης).

²⁵ βλ. για παράδειγμα αποτελέσματα ερευνών: Demel, Robert (2011) Comparative study on morphological design approaches for designing sustainable buildings. In: blue in architecture09 _ symposium proceedings. Università luav di Venezia.

Στη συνέχεια θα περιγραφούν συστήματα που κατασκευάζονται στα πλαίσια του υδροευαίσθητου αστικού σχεδιασμού και αφορούν σε: (1) έργα με βλάστηση (τάφροι με φυτική βλάστηση), (2) έργα διήθησης -βιοδιήθησης (κήποι βροχής, τάφροι διήθησης, λεκάνες διήθησης), (3) έργα αποθήκευσης (λεκάνες κατακράτησης, μικρές λίμνες-τεχνητοί υγρότοποι), (4) εναλλακτικές επιστρώσεις πεζοδρομίων και οδοστρωμάτων (πορώδης επίστρωση, πορώδης άσφαλτος, ψυχρά δάπεδα) και (5) εναλλακτικές πρακτικές (μικροψεκαστήρες, τεχνητή ομίχλη κτλ).

4.3.1 Συστήματα με βλάστηση

Τα συστήματα με βλάστηση αναφέρονται συχνά και ως βιοφίλτρα (biofilters) και χρησιμοποιούνται για να μειώσουν την απορροή, αλλά και για να μεταφέρουν και να καθαρίζουν τις απορροές των ομβρίων (από TSS, TP, TN, NO₃, μέταλλα, βακτήρια, κτλ). Ουσιαστικά αποτελούν ένα ανοιχτό σύστημα καναλιών με βλάστηση και αποτελούν εναλλακτική λύση έναντι των συμβατικών συστημάτων αποχέτευσης των ομβρίων υδάτων.

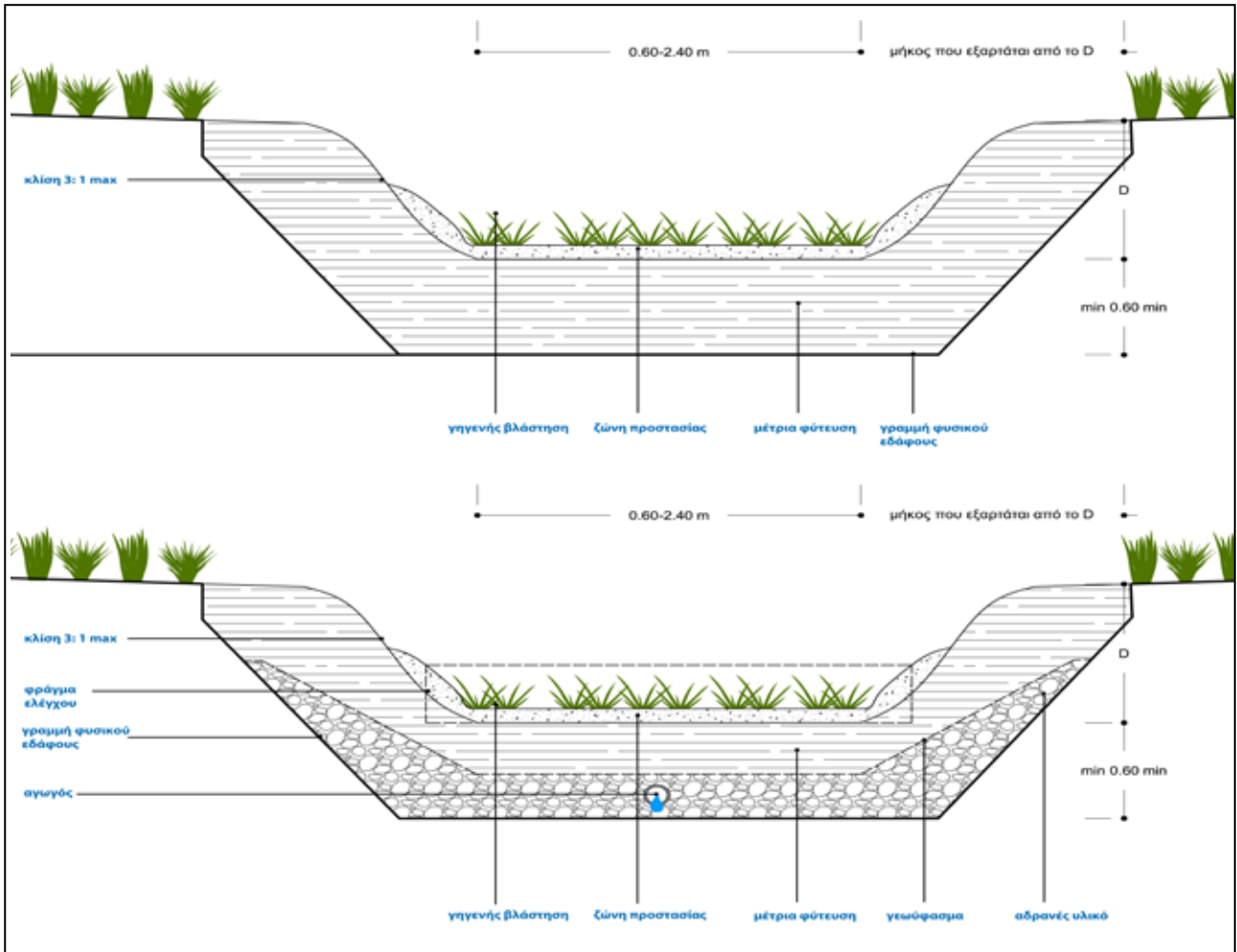
4.3.1.1 Τάφροι με βλάστηση

Οι τάφροι με βλάστηση αποτελούν ρηχά κανάλια με αρκετό πλάτος, τα οποία καλύπτονται με βλάστηση τόσο στα πρανή όσο και στον πυθμένα και διαχωρίζονται σε υγρές και ξηρές τάφρους (EPA, 1999). Οι ξηρές τάφροι με βλάστηση σχεδιάζονται με μια διηθητική στρώση από αδρανή υλικά, μέσα στην οποία τοποθετείται αποστραγγιστικός αγωγός, ενώ οι υγρές τάφροι με βλάστηση σχεδιάζονται για να διατηρούν υγρές και ελώδεις συνθήκες, ώστε να ενισχύεται η διαδικασία καθαρισμού των απορροών (Woods et al., 2007b). Τόσο οι ξηρές όσο και οι υγρές τάφροι κατασκευάζονται με σκοπό τη μεταφορά των απορροών και την προώθηση των διαδικασιών διήθησης και μείωσης της ταχύτητας της απορροής. Στους μηχανισμούς απομάκρυνσης ρύπων των τάφρων με βλάστηση, συμπεριλαμβάνεται το φιλτράρισμα από τη βλάστηση των πρανών και του πυθμένα, το φιλτράρισμα από το υλικό της υπόβασης και η διήθηση στα κατώτερα στρώματα του εδάφους. Οι τάφροι με βλάστηση μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε πολλές περιοχές και κατά κανόνα τοποθετούνται δίπλα σε δρόμους, αλλά εφαρμόζονται και σε αναπλάσεις περιοχών, σε χώρους στάθμευσης και γενικότερα σε ανοιχτούς χώρους.

Μια τυπική ξηρή τάφρος με βλάστηση αποτελείται από μια ζώνη πυκνής βλάστησης κάτω από την οποία υπάρχει διαπερατό χώμα τουλάχιστον 0,60 m. Ακολουθεί μια στρώση με αδρανή υλικά πάχους 0,30-0,60 cm, ενώ το υλικό που χρησιμοποιείται θα πρέπει να έχει ελάχιστη ταχύτητα διήθησης 1,3 cm/h και να περιέχει υψηλό επίπεδο οργανικής ύλης. Η στρώση με τα αδρανή θα πρέπει να επενδύεται με μη υφαντό γεώφρασμα, ενώ στη στρώση των αδρανών τοποθετείται αγωγός.

Ο σχεδιασμός των τάφρων με βλάστηση καθορίζεται από τις τοπικές συνθήκες ή βασίζεται στο 85% του ετήσιου όγκου των απορροών. Οι τάφροι με βλάστηση έχουν καλύτερη απόδοση όταν έχουν μικρές κατά μήκος κλίσεις, αλλά και μικρές κλίσεις πρανών (3:1 ή 5:1), ενώ η απόδοσή τους μπορεί να αυξηθεί με την τοποθέτηση φραγμάτων ελέγχου για την ελάττωση, αφενός της ταχύ-

τητας ροής και αφετέρου του κινδύνου διάβρωσης. Τα φράγματα ελέγχου κατασκευάζονται από πέτρες, χώμα ξύλο ή σκυρόδεμα και τοποθετούνται ανά 10-20 cm κατά μήκος της τάφρου. Επίσης το βάθος ροής στις τάφρους δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 2/3 του ύψους των φυτών (συνιστάται ύψος φυτών 15 cm), ενώ το θα πρέπει να έχει ικανό μήκος ώστε ο χρόνος υδραυλικής συγκράτησης να είναι ο ελάχιστος δυνατός (τουλάχιστον 10 min).



Σχήμα 18, Τυπικές τομές υγρής (επάνω) και ξηρής (κάτω) τάφρου.

Οι τάφροι διήθησης θα πρέπει να επιθεωρούνται για διάβρωση, βλάβες στα φυτά και συσσώρευση ιζημάτων και σκουπιδιών (τουλάχιστον δυο φορές το χρόνο) και για λόγους ασφαλείας και αισθητικής ή για λόγους καταστολής των ζιζανίων θα πρέπει να κόβονται οι παρασιτικοί φυτικοί οργανισμοί που αναπτύσσονται. Η συσσώρευση ιζημάτων θα πρέπει να αφαιρείται, όταν το ύψος φθάσει τα 75 mm ή όταν καλύπτει τη βλάστηση. Τέλος οι τάφροι μπορεί να δημιουργούν οχλήσεις εξαιτίας της παραγωγής κουνουπιών στα στάσιμα νερά, εάν δεν εφαρμόζονται κατάλληλες κλίσεις, για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνεται τακτική επιθεώρηση.

4.3.2 Συστήματα διήθησης και βιοδιήθησης

Τα συστήματα διήθησης παγιδεύουν τον όγκο της απορροής, τον συγκρατούν και στη συνέχεια

τον διηθούν στο έδαφος. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται τόσο ο έλεγχος της ποσότητας όσο και ο έλεγχος της ποιότητας των ρύπων. Η διαδικασία της διήθησης μειώνει τον όγκο του νερού που καταλήγει στους υδατικούς αποδέκτες, ενώ παράλληλα απομακρύνονται και ρύποι καθώς το νερό κινείται και διαπερνά τα διάφορα εδαφικά στρώματα. Όμως η εφαρμογή της διήθησης δεν είναι κατάλληλη σε περιοχές, όπου το υπόγειο νερό είναι η κύρια πηγή πόσιμου νερού. Συνακόλουθα δεν ενδείκνυται σε περιοχές που το έδαφος έχει μικρή διαπερατότητα.

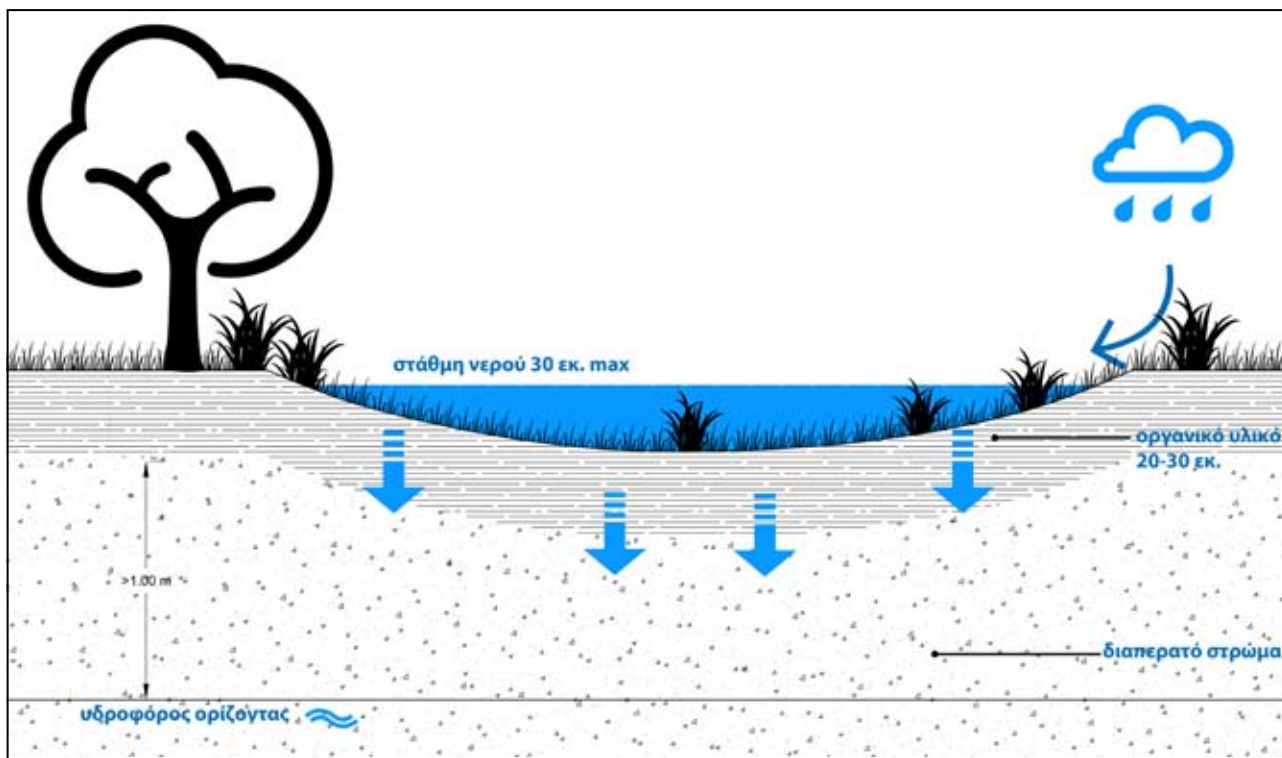
Τα συστήματα βιοδιήθησης χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση διαφόρων ρύπων από τις απορροές (αιωρούμενα στερεά, θρεπτικά, μέταλλα, υδρογονάνθρακες, παθογόνα), τη μείωση της απορροής αιχμής και την αύξηση της διήθησης, όταν χρησιμοποιούνται με άλλες τεχνικές υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού. Σε γενικές γραμμές περιλαμβάνουν μια στρώση με φυτικά φίλτρα, μια στρώση με οργανικά υλικά, μια στρώση εδάφους φύτευσης και μια λεκάνη όπου λιμνάζει το νερό και η βλάστηση. Κάτω από τη στρώση φύτευσης μπορεί και να τοποθετηθεί και μια στρώση άμμου. Κάτω από την κατασκευή τοποθετούνται αγωγοί αποστράγγισης εγκιβωτισμένοι με αδρανή υλικά. Η λωρίδα με φυτικά φίλτρα μειώνει την ταχύτητα της εισερχόμενης απορροής και φιλτράρει τα στερεά σωματίδια. Η λεκάνη παρέχει προσωρινή αποθήκευση της απορροής και ενισχύει τη διαδικασία καθίζησης. Η στρώση από οργανικά υλικά επιταχύνει τη διήθηση και την αύξηση των μικροοργανισμών που βοηθούν στη μείωση των υδρογονανθράκων και των θρεπτικών. Η στρώση φύτευσης ενεργεί ως σύστημα διήθησης και η άργιλος που περιέχει ενισχύει την προσρόφηση υδρογονανθράκων, βαρέων μετάλλων, θρεπτικών ουσιών και άλλων ρύπων. Η βλάστηση βοηθά στη λήψη της απορροής από τα φυτά, στην κατακράτηση των ρύπων και στη σταθεροποίηση του εδάφους. Τέλος η στρώση άμμου συντελεί στην αποστράγγιση και στον αερισμό της στρώσης φύτευσης (Debo et al., 2003)

4.3.2.1 Λεκάνες-λίμνες διήθησης

Πρόκειται για τεχνητές εδαφικές κοιλότητες προσωρινής αποθήκευσης της απορροής, που στοχεύουν στη συγκέντρωση και στη συνέχεια στη διήθηση του βρόχινου νερού, το οποίο συλλέγεται από εκτεταμένες επιφάνειες. Η λεκάνη λειτουργεί σαν ένα φυτεμένο κανάλι, αλλά έχει μεγαλύτερη έκταση και βάθος, ενώ το κατώτερο τμήμα είναι διαπερατό. Αυτές οι επιφάνειες διαφέρουν από τις τεχνητές λίμνες, αφού δεν σχεδιάζονται για μόνιμη παραμονή νερού. Η περιοχή εμφανίζεται σαν μια πράσινη έκταση, ενώ κατά τη διάρκεια της βροχόπτωσης αδειάζει μέσα στις επόμενες ώρες ή το πολύ στις δύο επόμενες μέρες, ανάλογα με την ένταση του φαινομένου.

Πρωταρχικός στόχος είναι ο έλεγχος του όγκου νερού - σχεδιάζονται δηλαδή με σκοπό να ελέγξουν τον όγκο απορροής κατά τη διάρκεια μιας βροχόπτωσης - και δευτερεύον η βελτίωση της ποιότητας του νερού. Οι λεκάνες θα πρέπει να διαμορφώνονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται το μέγιστο δυνατό μήκος ροής και να αποφεύγονται ζώνες με στάσιμο νερό, για την αποφυγή δημιουργίας εστιών ανάπτυξης κουνουπιών (για την αποφυγή οσμών και εντόμων, δεν θα πρέπει να παραμένει περισσότερο από 2-3 ημέρες νερό στη λεκάνη). Οι λεκάνες διήθησης θα

πρέπει να διαθέτουν διάταξη υπερχείλισης για την αντιμετώπιση ακραίων φαινομένων και να μη συμπιέζεται το χώμα κάτω από την λεκάνη.



Σχήμα 19, Σχηματική τομή λεκάνης διήθησης

Η φύτευση της λεκάνης πρέπει να είναι ανθεκτική σε υγρές και ξηρές περιόδους και προτιμάται η χαμηλή βλάστηση με μεγάλες ρίζες, που αυξάνουν τη διαπερατότητα του εδάφους και την εξατμισοδιαπνοή. Ενδείκνυται η χρήση γηγενών φυτών. Το έδαφος θα πρέπει να έχει μεγάλη διαπερατότητα προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητική διήθηση (περιεκτικότητα σε άργιλο < 20%), ενώ θα πρέπει να εξασφαλίζεται σημαντική απόσταση (1,00μ. τουλάχιστον) από το κατώτατο σημείο της λεκάνης ως την ανώτατη στάθμη του υπόγειου νερού, για να μειωθεί ο κίνδυνος ρύπανσης. Για τη σωστή διατήρησή τους απαιτείται συντήρηση, όπως η αφαίρεση ιζημάτων ή η φροντίδα της βλάστησης (στην είσοδο της λεκάνης μπορεί να τοποθετηθεί παγίδα ιζημάτων ή κατάλληλη κατασκευή για την αποτροπή απόφραξης από μεγάλων διαστάσεων ρύπους). Μια λεκάνη διήθησης στις συνήθεις περιπτώσεις δεν έχει έξοδο και η εκροή πραγματοποιείται προς το περιβάλλον με διήθηση (NJDEP). Σε κάποιες περιπτώσεις είναι σκόπιμη η χρήση εφεδρικού σωλήνα, στις περιπτώσεις που η λεκάνη διήθησης δε στραγγίζει σε 72 ώρες. Οι λεκάνες διήθησης με κατάλληλο σχεδιασμό και κατάλληλη ένταξη στην ευρύτερη περιοχή μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως εργαλεία αισθητικής αναβάθμισης.

4.3.2.2 Κανάλια ή τάφροι διήθησης

Το κανάλι διήθησης είναι μία ανοικτή ήπιας κλίσης γραμμική τάφρος με βλάστηση (ή χαλικόστρωτη), η οποία καλύπτει τα πρανή και τον πυθμένα αυτής. Συμβάλλει από τη μια στη μείωση των πλημμυρών μέσω διήθησης του βρόχινου νερού στο έδαφος και από την άλλη στην απομάκρυν-

ση ρύπων από οριζόντιες επιφάνειες κατασκευασμένες από μη διαπερατά υλικά (όπως στέγες, χώροι στάθμευσης, γήπεδα, μεγάλες αυλές, οδοστρώματα, πλακοστρωμένες επιφάνειες κτλ). Οι τάφροι διήθησης έχουν μικρό βάθος, συλλέγουν νερό μέγιστου ύψους 30 εκ., το οποίο παραμένει για μικρό χρονικό διάστημα και μετά απορροφάται σταδιακά από το έδαφος. Επιτυγχάνουν απομάκρυνση των ρύπων με φυσικές διεργασίες, αποθήκευσης, καθίζησης, διήθησης. Τα κανάλια διήθησης μπορούν και αποθηκεύουν μόνο μια μικρή ποσότητα της απορροής, οπότε σχεδιάζονται κυρίως για την πρώτη απορροή (first flush) ενός επεισοδίου βροχής. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται συχνά συνδυαστικά και με άλλες πρακτικές υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού, όπως για παράδειγμα οι λεκάνες κατακράτησης. Συχνά αποτελούν τμήμα ενός κεντρικού συστήματος συλλογής των ομβρίων, ενώ σχεδιάζονται με ένα σύστημα υπερχείλισης.



Εικόνα 2, Αριστερά: μικρή τάφρος διήθησης: το βρόχινο νερό απορρέει από περιοχή στάθμευσης, φωτογραφία *Katie McKain*

Κέντρο: λεκάνη διήθησης στην περιοχή Eglin AFB, Φλόριντα, πηγή <http://adcengineering.com/>

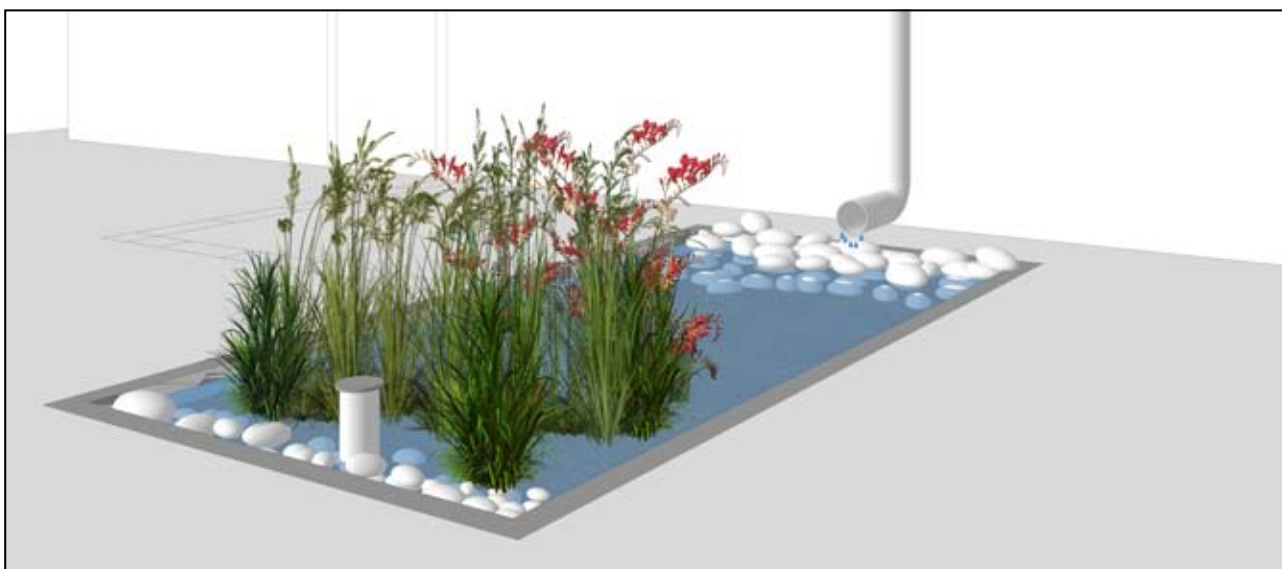
Δεξιά: μεγάλου μήκους λεκάνη διήθησης στη North Carolina, πηγή <http://www.okeefes.org/>

Οι τάφροι διήθησης έχουν καλή απόδοση στην απομάκρυνση των ιζημάτων, αλλά και άλλων ρύπων. Η προεπεξεργασία με τάφρους βλάστησης ή λεκάνες κατακράτησης είναι σημαντική για τη μείωση του μεγαλύτερου μεγέθους ιζημάτων, τα οποία όταν συσσωρεύονται στις τάφρους μπορούν να προκαλέσουν αποφράξεις και να καταστήσουν τη λειτουργία τους αναποτελεσματική (CSQA, 2003). Υπάρχει μια σειρά περιοριστικών παραγόντων για την κατασκευή τάφρων διήθησης, όπως οι μεγάλες κλίσεις της λεκάνης απορροής, το λεπτόκοκκο έδαφος, η υψηλή στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα ή το βραχώδες έδαφος. Τα κριτήρια και οι τρόποι σχεδιασμού για την κατασκευή τάφρων διήθησης είναι ανάλογα με αυτά που ακολουθούνται για τις λεκάνες διήθησης.

4.3.2.3 Κήποι βροχής (rain gardens)

Οι κήποι βροχής είναι μικροί αστικοί κήποι που σχεδιάζονται για να συλλέγουν το πλημμυρικό

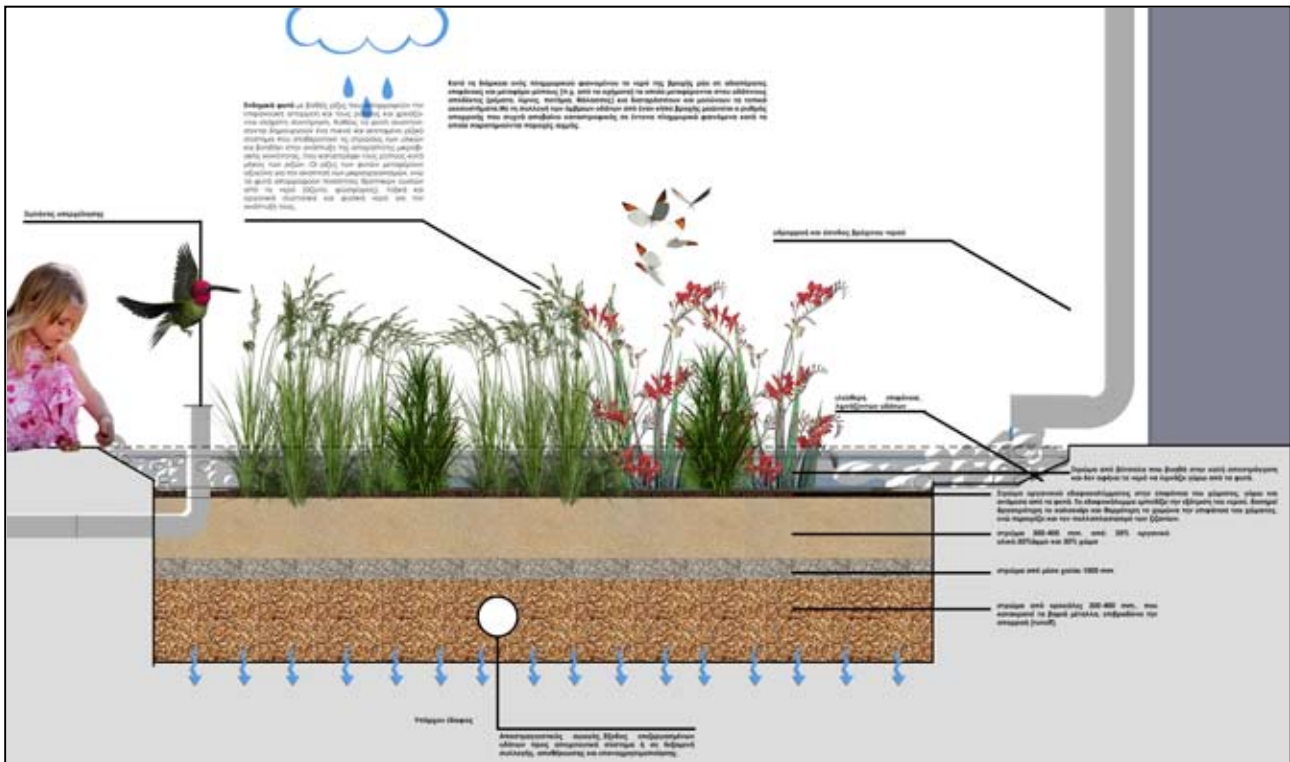
νερό από δρόμους, πεζοδρόμια, χώρους στάθμευσης, πλακόστρωτες μη υδατοπερατές επιφάνειες, αλλά ακόμα και από στέγες ή δώματα κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου βροχής, όπου παρατηρούνται παροχές αιχμής. Οι κήποι βροχής φιλτράρουν και καθαρίζουν με φυσικό τρόπο το βρόχινο νερό, μειώνουν το φαινόμενο της απορροής και της επιφανειακής διάβρωσης, ενώ η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται σε μια φυσική μέθοδο καθαρισμού του νερού. Η γενική σχεδιαστική αρχή των κήπων βροχής προβλέπει αντί της συλλογής της επιφανειακής απορροής των υδάτων και της διοχέτευσης κατευθείαν στο αποχετευτικό δίκτυο, την υιοθέτηση αρχών αποκεντρωμένης διαχείρισης. Ένα τέτοιο σύστημα χαρακτηρίζεται από την κατακόρυφη ροή των προς επεξεργασία υδάτων μέσα από μια σειρά εδαφικών στρώσεων. Η λειτουργία τους προσομοιάζει αρκετά με το περιοδικό πότισμα μιας γλάστρας στην οποία το νερό ρέει κατακόρυφα και εν συνέχεια απορρέει από τον πυθμένα. Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στο συνδυασμό της δράσης του εδάφους, των ριζών των φυτικών ειδών και των μικροοργανισμών και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον όσον αφορά στη μείωση του μικροβιακού φορτίου που το βρόχινο νερό μεταφέρει καθώς πέφτει στις οριζόντιες επιφάνειες (π.χ. πεζοδρόμια ή δρόμοι) της πόλης.



Εικόνα 3, Άποψη κήπου βροχής

Αρχικά δημιουργείται στο έδαφος σκάμμα βάθους 1,00 μ., ο πυθμένας του οποίου επικαλύπτεται από μια αδιαπέρατη μεμβράνη (γεωύφασμα) για την αποφυγή διαφυγής στραγγισμάτων προς τον υδροφόρο. Η πλήρωση του σκάμματος πραγματοποιείται με τη διάστρωση επάλληλων στρώσεων από ειδικά γαιώδη υλικά ορισμένης διαπερατότητας. Ο καθαρισμός του βρόχινου νερού συντελείται καθώς αυτό διηθείται αργά μέσω των διαφόρων στρώσεων που λειτουργούν ως φίλτρο. Στην ανώτερη στρώση τοποθετούνται ενδημικά φυτικά είδη, ένα στρώμα οργανικού εδαφοκαλύμματος που απλώνεται γύρω και ανάμεσα από τα φυτά (όπως θρυμματισμένα κηπευτικά και κλαδευτικά απορρίμματα, ή σχεδόν οποιοδήποτε υλικό φυτικής προέλευσης) ή ακόμα και ένα στρώμα από βότσαλα (ανόργανο εδαφοκάλυμμα). Εν συνέχεια το επεξεργασμένο νερό συλλέγεται με αγωγούς και στη συνέχεια διοχετεύεται σε υδάτινους αποδέκτες (θάλασσα, ποτάμι, λίμνη, ρέμα) ή στο έδαφος χωρίς να επιβαρύνει το περιβάλλον. Εναλλακτικά μπορεί να συλλεγεί και να αποθηκευτεί σε δεξαμενή για μια σειρά αναγκών που δεν απαιτούν ποιότητα ισοδύναμη με αυτή του πόσιμου

νερού, όπως οι βιομηχανικές χρήσεις, η τουαλέτα, η καθαριότητα των δρόμων, η άρδευση χώρων πράσινου, η ανάγκη πυρόσβεσης ανοιχτών δημοσίων χώρων κτλ.



Σχήμα 20, Ενδεικτική τομή ενός κήπου βροχής συλλογής βρόχινου νερού από στέγη

4.3.3 Συστήματα αποθήκευσης

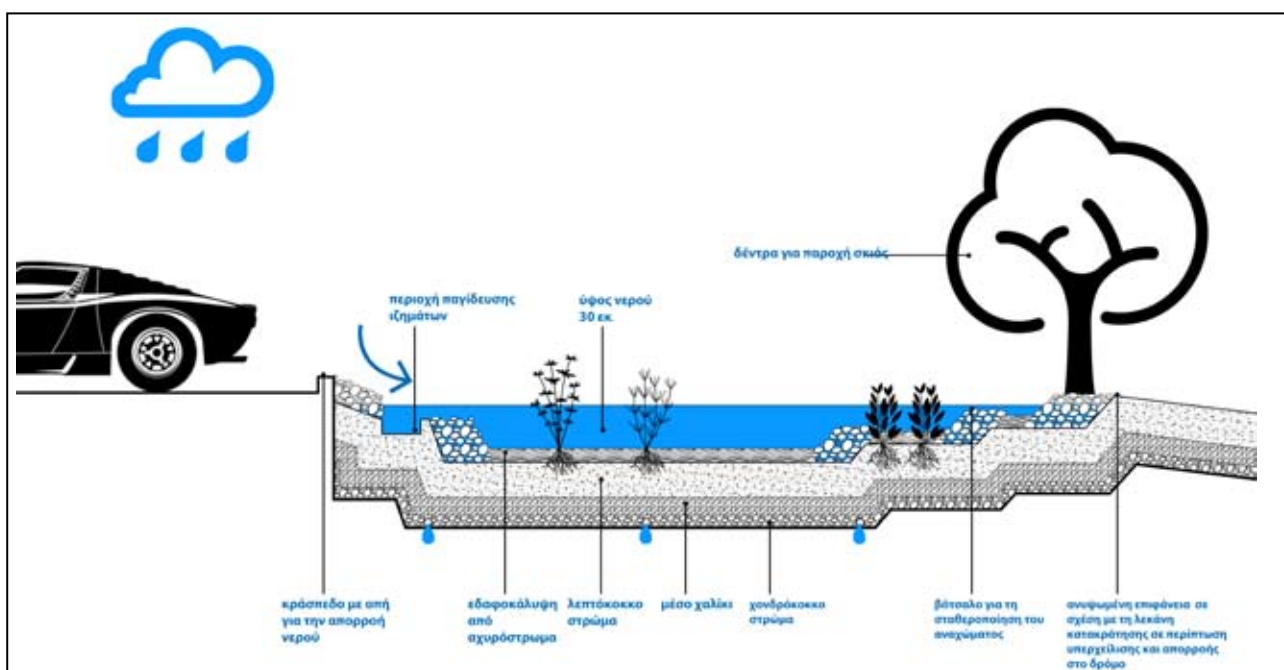
Τα συστήματα αποθήκευσης ή συγκράτησης, συγκρατούν κάποια ποσότητα της απορροής των ομβρίων και συλλέγουν προσωρινά (για να το απελευθερώσουν σταδιακά σε κάποιο υδατικό αποδέκτη ή σε σύστημα αποχέτευσης ομβρίων) ή μόνιμα το νερό. Σχεδιάζονται για να αποθηκεύουν ένα τμήμα του όγκου της απορροής και να τον συγκρατούν μέχρι την ολική ή την μερική αντικατάστασή του από το επόμενο επεισόδιο βροχής. Τα συστήματα παρέχουν ποιοτικό και ποσοτικό έλεγχο της απορροής των ομβρίων. Ο κύριος μηχανισμός απομάκρυνσης των ρύπων είναι η καθίζηση. Με τη διατήρηση μιας μόνιμης λίμνης νερού, τα συστήματα συγκράτησης μιμούνται τα φυσικά οικοσυστήματα και επωφελούνται από τους βιολογικούς και βιοχημικούς μηχανισμούς απομάκρυνσης ρύπων, οι οποίοι αναπτύσσονται από υδρόβια φυτά και μικροοργανισμούς.

4.3.3.1 Λεκάνες βιοκατακράτησης

Πρόκειται για περιοχές με βλάστηση και κατακόρυφα στρώματα από υλικά διαφορετικής κοκκομετρικής διαβάθμισης, που επιτρέπουν στην απορροή να διηθείται στο έδαφος και να αποβάλλει ρυπογόνα φορτία που παρασύρονται μαζί με το νερό της βροχής. Στη συνέχεια το νερό μεταφέρεται μέσω ενός αποστραγγιστικού συστήματος στα κατάντη, είτε αποθηκεύεται για επαναχρησιμοποίηση. Στο κατώτατο τμήμα τοποθετείται ένα αδιαπέρατο στρώμα από άργιλο ή στεγανοποιητικό υλικό, ενώ για την κατασκευή τους γίνεται εκσκαφή του εδάφους και χρησιμοποιείται αδρανές

υλικό κατάλληλο για τη παραμονή υδρόβιων φυτικών οργανισμών που καθαρίζουν με φυσικό τρόπο το νερό.

Ο βασικός σκοπός τέτοιου είδους λεκανών είναι ο ποσοτικός κυρίως έλεγχος του νερού, η μείωση δηλαδή του μεγέθους της πλημμυρικής αιχμής και της μεγάλης έντασης των ροών, που είτε εκτρέπονται, είτε απορρίπτονται μέσω ενός συστήματος υπερχείλισης. Παρέχουν αποτελεσματική αντιμετώπιση των πλημμυρών μέσω των μηχανισμών απορρόφησης των ρύπων και διήθησης και κατακράτησης του νερού. Το σύστημα έχει τη δυνατότητα εφαρμογής σε ένα ευρύ φάσμα ανοιχτών χώρων: για παράδειγμα μπορεί να τοποθετηθεί κατά μήκος του δρόμου, πριν από ένα υπόγειο σύστημα αποχέτευσης ώστε να παρέχει κατάλληλη διαχείριση της δεδομένης απορροής (αφορά συνήθως μεγάλες εκτάσεις όπως πάρκα). Οι λεκάνες κατακράτησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές κατοικίας, ακόμη και σε εμπορικές και βιομηχανικές περιοχές. Συνήθως λόγω των μεγάλων απαιτήσεων σε γη είναι δύσκολο να κατασκευαστούν σε πυκνοδομημένες αστικές περιοχές. Για την καλύτερη απόδοση οι λεκάνες θα πρέπει να σχεδιάζονται ρηχές και μεγάλης επιφάνειας, δεδομένου ότι ο βασικός μηχανισμός είναι η καθίζηση. Ο βαθμός καθαρισμού του νερού μπορεί να βελτιωθεί, εισάγοντας μια περιοχή πρωτογενούς καθίζησης πριν την είσοδο του νερού στη λεκάνη, που ευνοεί τη συσσώρευση του πιο χοντρόκοκκου υλικού.

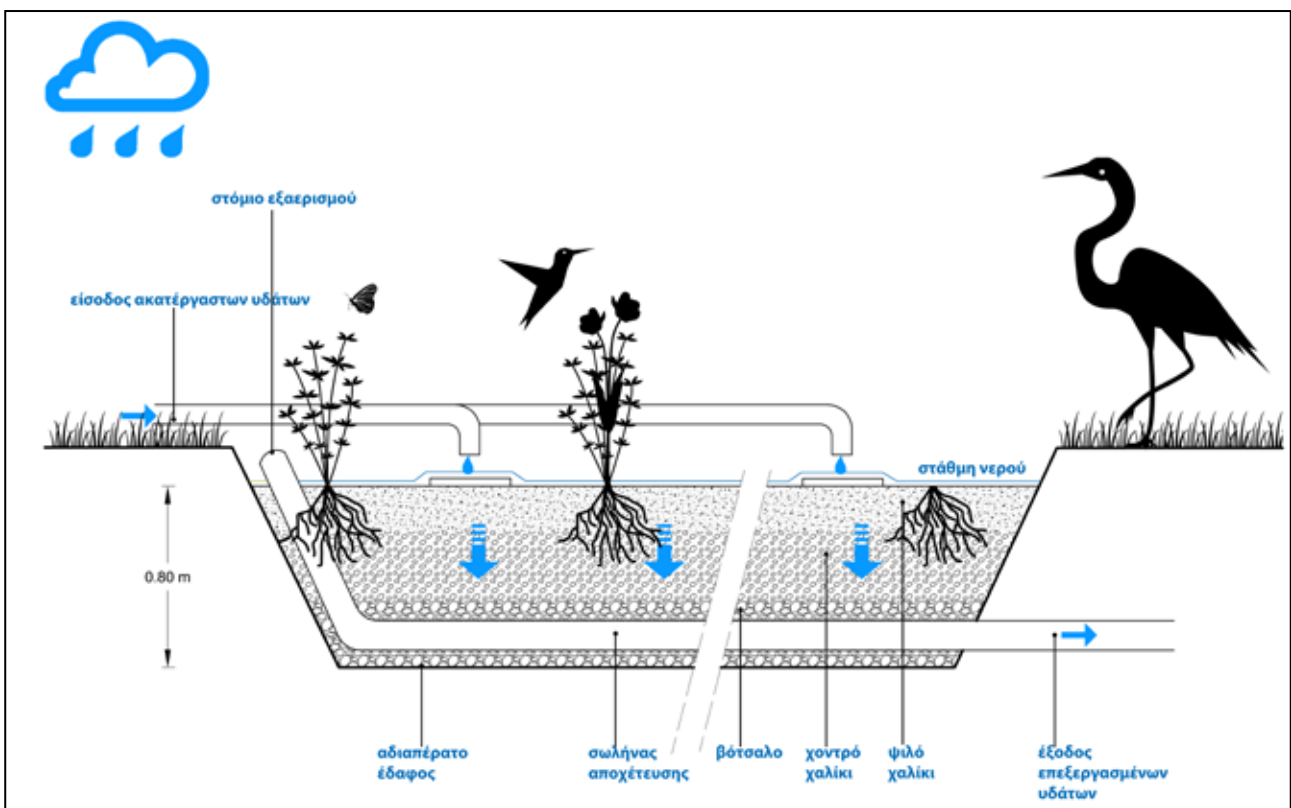


Σχήμα 21, Σχηματική τομή λεκάνης βιοκατακράτησης σε χώρο στάθμευσης

4.3.3.2 Τεχνητοί υγρότοποι

Οι τεχνητοί υγρότοποι αναπαράγουν τις διαδικασίες καθαρισμού των οικοσυστημάτων, αποτελούμενοι από μία ρηχή λεκάνη με μόνιμη παραμονή νερού, ενώ παράλληλα εμφανίζουν πλούσια βλάστηση (συντά πάνω από το 50% της επιφάνειάς τους). Σε αντιδιαστολή με τους φυσικούς υγροτόπους έχουν βασικό στόχο την επεξεργασία των ρύπων των ομβρίων υδάτων, τη διαχείρι-

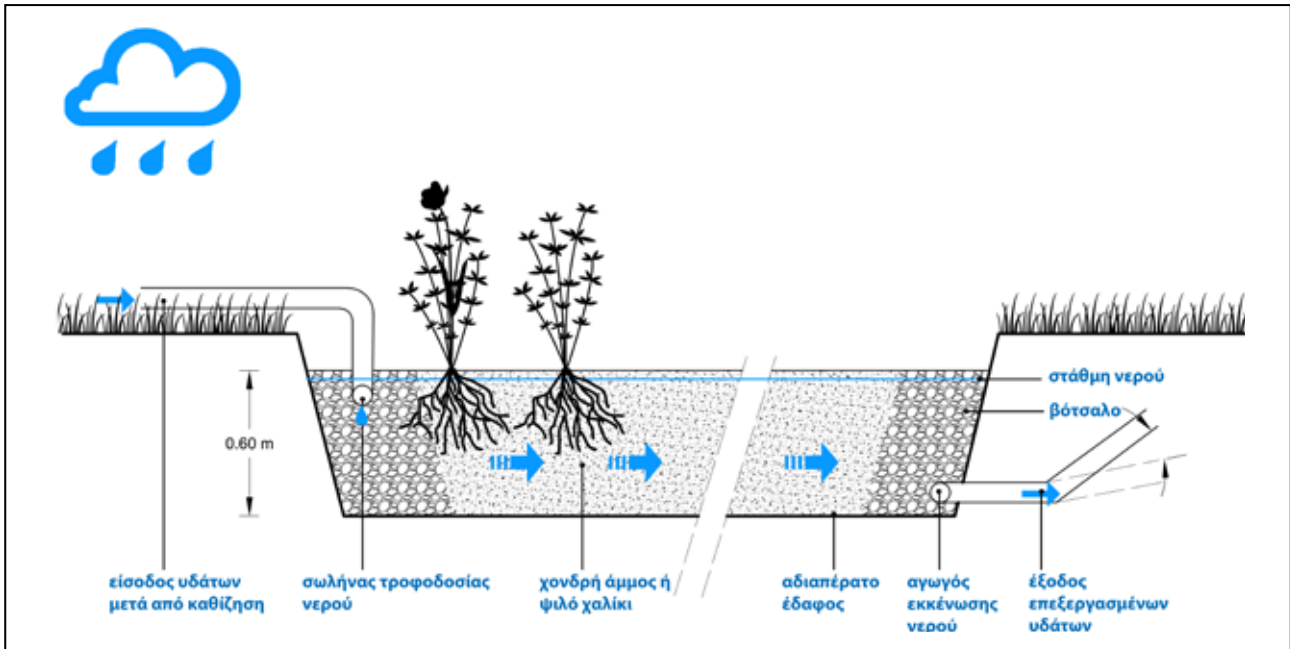
ση της απορροής και τη βιοποικιλότητα. Συνήθως απαιτείται προεπεξεργασία του νερού για την αφαίρεση του ιζήματος, με μια αρχική μικρότερη λεκάνη μικρού βάθους. Η παρουσία βλάστησης (υδροχαρή φυτά) μεγιστοποιεί την απομάκρυνση των ρύπων και παίζει καθοριστικό ρόλο σε έναν τεχνητό υδροβιότοπο. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει διάφορους τύπους τεχνητών υγροτόπων όπως: ρηχούς υγροτόπους, εκτεταμένους ρηχούς υγροτόπους κατακράτησης, συνδυασμένο σύστημα λίμνης-υγροτόπου, υγροτόπους-φίλτρα κτλ. Οι υγρότοποι είναι κατάλληλοι για μεγάλες βιομηχανικές και εμπορικές περιοχές, όπου υπάρχει επαρκής χώρος ή και για ανοιχτούς μεγάλους χώρους, όπως περιοχές πάρκων και μεγάλης έκτασης υπαίθριες διαμορφώσεις. Μπορούν να δεχτούν απορροή με εξαιρετικά μεγάλο ρυπαντικό φορτίο, αλλά με σωστό σχεδιασμό, κατασκευή και συντήρηση μπορούν να προσφέρουν στην περιοχή ένα σημαντικό βιότοπο με μεγάλη αισθητική, ψυχαγωγική και οικολογική αξία, έχοντας σχετικά χαμηλό κόστος συντήρησης.



Σχήμα 22, Σχηματική τομή τεχνητού υγροτόπου κατακόρυφης υπόγειας ροής



Εικόνα 4, Qunli stormwater park-Turenscape/τοποθεσία: Haerbin City, Heilongjiang Province, Κίνα/αρχιτεκτονική μελέτη: Kongjian Yu



Σχήμα 23, Σχηματική τομή τεχνητού υγροτόπου οριζόντιας υπο-επιφανειακής ροής

4.3.4 Συστήματα επιστρώσεων

4.3.4.1 Υδατοπερατές επιφάνειες (υδατοπερατά πεζοδρόμια, υδατοπερατά οδοστρώματα)



Σχήμα 24, Μεταβλητές υδατικού ισοζυγίου για υδατοπερατή επίστρωση, αναπροσαρμογή από πηγή VHB/Vanasse Hangen Brustlin, Inc. 2013

Οι υδατοπερατές επιφάνειες αποτελούν εναλλακτικούς τρόπους επίστρωσης που παράγουν μικρότερη επιφανειακή απορροή ομβρίων σε σχέση με τις συμβατικές επιστρώσεις, λόγω της ικανότητάς τους να επιτρέπουν τη διήθηση του νερού. Η διήθηση εξασφαλίζεται διαμέσου του ίδιου του υλικού ή διαμέσου κενών των υλικών της επίστρωσης. Γενικά οι υδατοπερατές επιφάνειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πεζοδρόμους, οδούς και χώρους στάθμευσης. Ένα σύστημα με υδατοπερατή επιφάνεια συμπεριλαμβάνει κατά το σχεδιασμό την αποθήκευση και τον καθαρισμό της απορροής. Οι υδατοπερατές επιστρώσεις ταξινομούνται σε τρεις γενικούς τύπους: (1) την

πορώδη επίστρωση, (2) την υδατοπερατή επίστρωση με κλίνη αποθήκευσης και (3) την υδατοπερατή επίστρωση χωρίς κλίνη αποθήκευσης. Ο κάθε τύπος καθορίζεται κυρίως από τη φύση της επιφανειακής επίστρωσης και την παρουσία ή την απουσία μιας κλίνης αποθήκευσης κάτω από την επιφανειακή στρώση. Οι πορώδεις επιστρώσεις και οι υδατοπερατές επιστρώσεις με κλίνη αποθήκευσης, επεξεργάζονται την απορροή διαμέσου της διήθησης και της αποθήκευσης και επιτυγχάνουν σημαντικό βαθμό απομάκρυνσης των στερεών (TSS). Ο τρόπος λειτουργίας τους είναι ανάλογος με τις παραπάνω πρακτικές υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού, όπως για παράδειγμα τις λεκάνες ή τα κανάλια διήθησης. Επομένως τόσο ο σχεδιασμός όσο και οι συντήρηση των πορώδων επιστρώσεων και των υδατοπερατών επιστρώσεων με κλίνη αποθήκευσης, βασίζεται στις ίδιες απαιτήσεις λειτουργίας και συντήρησης με τα υπόλοιπα συστήματα διήθησης.

- Ειδικότερα, τα συστήματα πορώδους επίστρωσης αποτελούνται από μια επιφανειακή στρώση από υδατοπερατή άσφαλο ή σκυρόδεμα, που τοποθετείται πάνω από μια κλίνη από ομοιόμορφα διαβαθμισμένα αδρανή. Η στρώση των αδρανών τοποθετείται πάνω από μια υπόβαση ασυμπίεστου χώματος και χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευση της απορροής, που κινείται καθέτως διαπερνώντας την επιφανειακή επίστρωση (από υδατοπερατή άσφαλο ή σκυρόδεμα).
- Τα συστήματα υδατοπερατής επίστρωσης με κλίνη αποθήκευσης αποτελούνται από μια επιφανειακή στρώση από αδιαπέρατους οπτόπλινθους με κενά διαστήματα, τα οποία επιτρέπουν στην απορροή να διαπερνά την επίστρωση. Επιπλέον περιλαμβάνουν και μια κλίνη αποθήκευσης που λειτουργεί ομοίως με την κλίνη αποθήκευσης των συστημάτων πορώδους επίστρωσης.
- Τέλος τα συστήματα υδατοπερατής επίστρωσης χωρίς κλίνη αποθήκευσης, δε συμπεριλαμβάνουν στρώση αποθήκευσης, αλλά μια στρώση από υλικά που παρέχουν μόνο δομική υποστήριξη της επιφανειακής στρώσης.

Τυπολογία υδατοπερατής επίστρωσης	Γενική περιγραφή	Βαθμός απομάκρυνσης TSS
Πορώδης επίστρωση	Πορώδης άσφαλος ή σκυρόδεμα που τοποθετείται πάνω από κλίνη αποθήκευσης ή από ομοιόμορφα διαβαθμισμένο αδρανές υλικό	80%
Υδατοπερατή επίστρωση με κλίνη αποθήκευσης	Μη υδατοπερατοί οπτόπλινθοι από σκυρόδεμα με κενά, που τοποθετούνται πάνω από κλίνη αποθήκευσης ή από ομοιόμορφα διαβαθμισμένο αδρανές υλικό	80%
Υδατοπερατή επίστρωση χωρίς κλίνη αποθήκευσης	Μη υδατοπερατοί οπτόπλινθοι από σκυρόδεμα με κενά, που τοποθετούνται πάνω από κλίνη άμμου ή από αδρανές υλικό	Μείωση όγκου επιφανειακής απορροής μόνο

Πίνακας 5, Τυπολογία υδατοπερατών επιστρώσεων, αναπροσαρμογή από πηγή (NJDEP, 2004)

Τα συστήματα υδατοπερατών επιστρώσεων μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να επιτρέπουν την πλήρη διήθηση της επιφανειακής απορροής, τη μερική ή και μηδενική διήθηση προς το υπέδαφος (σχήματα 25-27). Η μερική και η πλήρης διήθηση της απορροής οδηγεί αφενός σε εμπλουτισμό με νερό του υπεδάφους και τελικά του υδροφόρου ορίζοντα και αφετέρου αποτελεί σημαντικό εργαλείο διαχείρισης της απορροής σε σχέση με τη συλλογή και την ταχεία απομάκρυνση του νερού

μέσω του δικτύου ομβρίων. Στην περίπτωση πλήρους διήθησης δεν χρησιμοποιούνται αγωγοί απομάκρυνσης των ομβρίων υδάτων, ενώ επιλέγονται αμμώδη εδάφη με υψηλή διαπερατότητα. Τα συστήματα υδατοπερατών επιστρώσεων μερικής διήθησης χρησιμοποιούνται σε εδάφη με χαμηλότερη διαπερατότητα, ενώ ένα μέρος των ομβρίων υδάτων συλλέγεται και απομακρύνεται από αγωγό. Στην περίπτωση συστημάτων μηδενικής διήθησης κάτω από την κλίση αποθήκευσης τοποθετείται στεγανωτικό υλικό, όπως γεωύφασμα ώστε να δημιουργηθεί μια μη υδατοπερατή μεμβράνη. Στην περίπτωση αυτή επιτυγχάνεται αποθήκευση του νερού στην κλίση αποθήκευσης και συλλογή και απομάκρυνση από αγωγό. Οι υδατοπερατές επιστρώσεις ακόμα και εάν συνδέονται με το δίκτυο ομβρίων, μειώνουν σημαντικά τον όγκο απορροής και βελτιώνουν την ποιότητα του νερού. Επιπλέον τα συστήματα υδατοπερατής επίστρωσης θα μπορούσαν να συνδυαστούν και με άλλες πρακτικές υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού, ώστε το νερό να μπορεί εναλλακτικά ή να αποθηκεύεται ή να οδηγείται για διήθηση (για παράδειγμα σε λεκάνες βιοκατακράτησης ή σε κανάλια διήθησης κτλ.) Οι μηχανισμοί βάσει των οποίων τα συστήματα υδατοπερατών επιστρώσεων βελτιώνουν την ποιότητα του νερού είναι η διήθηση, η ενδεχόμενη βιολογική δραστηριότητα και η μείωση των ρύπων ως αποτέλεσμα των μειούμενων όγκων απορροής.



Σχήμα 25, Υδατοπερατή επίστρωση και πλήρης διήθηση, αναπροσαρμογή από πηγή VHB/Vanasse Hangen Brustlin, Inc. 2013



Σχήμα 26, Υδατοπερατή επίστρωση και μερική διήθηση, αναπροσαρμογή από πηγή VHB/Vanasse Hangen Brustlin, Inc. 2013



Σχήμα 27, Υδατοπερατή επίστρωση χωρίς διήθηση (μείωση όγκου απορροής), αναπροσαρμογή από πηγή VHB/ Vanasse Hangen Brustlin, Inc. 2013

Όσον αφορά στα κριτήρια σχεδιασμού τα συστήματα υδατοπερατών επιστρώσεων πρέπει να σχεδιάζονται, ώστε να μπορούν να αποστραγγίζονται σε 72 ώρες. Σε περίπτωση που η απορροή αποθηκεύεται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, το σύστημα μπορεί να καταστεί αναποτελεσματικό και να οδηγήσει στη δημιουργία αναερόβιων συνθηκών, αλλά και προβλημάτων ποιότητας νερού. Από την άλλη ο πυθμένας της κατασκευής θα πρέπει να απέχει τουλάχιστον 0,60 μ. από τον εποχιακό υδροφόρο ορίζοντα και το τελικό εδαφικό υπόστρωμα δε θα πρέπει να συμπιέζεται (για το λόγο αυτό τα μηχανήματα κατά τη διάρκεια των εκσκαφών θα πρέπει να τοποθετούνται έξω από το σύστημα.) Για τα συστήματα με κλίση αποθήκευσης ο ελάχιστος βαθμός διαπερατότητας του εδάφους είναι 1,3 cm/h. Τα κενά διαστήματα του υλικού της κλίνης αποθήκευσης θα πρέπει να αποτελούν τουλάχιστον το 20% του όγκου της κλίνης. Επιπλέον η μέγιστη κλίση της επιφανειακής στρώσης των συστημάτων δε θα πρέπει να υπερβαίνει το 5% ώστε να επιτυγχάνεται ο ρυθμός διήθησης σχεδιασμού. Παράλληλα με τις υδατοπερατές επιστρώσεις θα μπορούσε να προβλεφθεί στα ανάντη, σύστημα προεπεξεργασίας που μειώνει την ταχύτητα της εισερχόμενης απορροής και το ποσοστό των ιζημάτων και κατ' επέκταση αυξάνει το χρόνο ζωής των συστημάτων. Σε συστήματα με κλίση αποθήκευσης θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα, που επιτρέπουν στην απορροή (κατά την εκτίμηση πλημμύρας σχεδιασμού) να εισέρχεται στην κλίση αποθήκευσης, σε περίπτωση που η επιφανειακή στρώση έχει υποστεί απόφραξη. Τέλος συστήματα που δεν είναι επενδυμένα με γεωύφασμα δε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε περιοχές όπου το διηθούμενο νερό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα ευστάθειας ή θεμελίωσης. Σε γενικές γραμμές τα συστήματα υδατοπερατών επιστρώσεων, όπως και άλλες πρακτικές διήθησης δε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε περιοχές με υψηλό φορτίο ρύπων ή ιζημάτων εξαιτίας του ενδεχόμενου της ρύπανσης των υπογείων νερών (NJDEP, 2004). Στον πίνακα 6 παρουσιάζεται η μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων σε συστήματα πορώδους επίστρωσης.



Εικόνα 5, Υδατοπερατές επιστρώσεις / από αριστερά προς τα δεξιά υδατοπερατή άσφαλτος, υδατοπερατό σκυρόδεμα, μη υδατοπερατοί οπτόπλινθοι με κενά, πλακόστρωση με κάνναβο από πλαστικό ή σκυρόδεμα

Ρύπος	Αναμενόμενη μείωση της συγκέντρωσης	Σχόλια
TSS	80 (70-100)	
TN	65 (60-80)	Μειώνεται όταν είναι διαλυμένο
TP	60 (40-80)	Μειώνεται όταν είναι διαλυμένο
Υδρογονάνθρακες, λίπη, έλαια	85(80-99)	Εξαρτάται από τη μικροβιακή δραστηριότητα
BOD	-	Ανεπαρκή δεδομένα
Μόλυβδος, χαλκός, κάδμιο, ψευδάργυρος και νικέλιο	75(40-90)	Μειώνεται όταν είναι διαλυμένο

Πίνακας 6. Αναμενόμενη απόδοση των συστημάτων πορώδους επίστρωσης, *αναπροσαρμογή από πηγή EPA VICTORIA, 2005.*



Εικόνα 6. Αριστερά συμβατικό σκυρόδεμα, δεξιά υδατοπερατό σκυρόδεμα, *πηγή Iowa State University, Ames, IA*

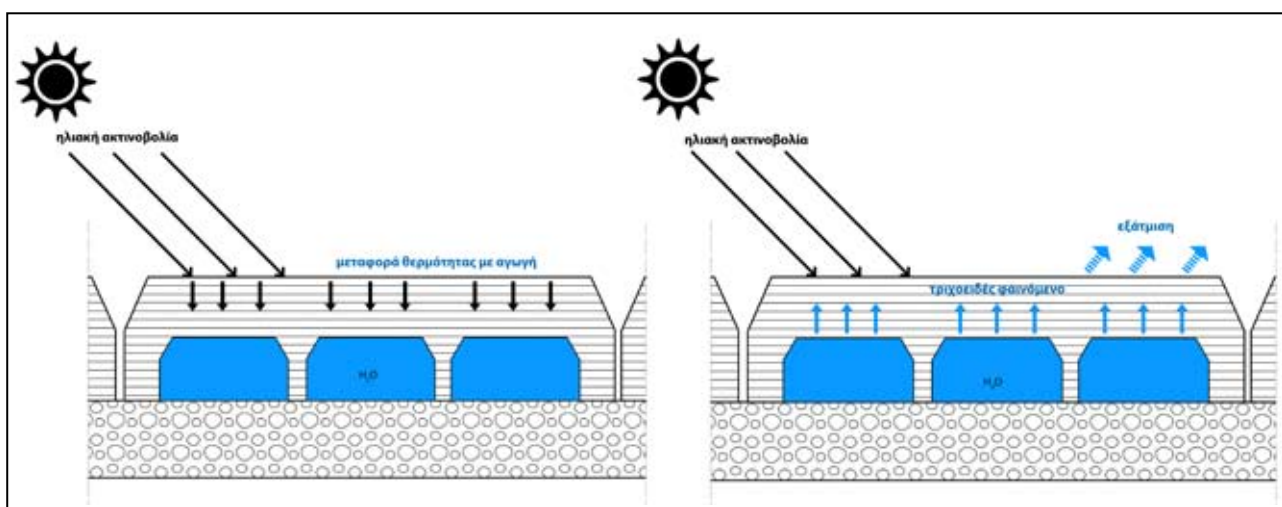
4.3.4.2 Ψυχρά δάπεδα

Η θερμοκρασία των οριζόντιων επιφανειών του αστικού ιστού μπορεί να μειωθεί, αυξάνοντας τη μετάδοση της θερμότητας με αγωγή προς το εσωτερικό του υλικού επίστρωσης και ευνοώντας την εξάτμιση του νερού. Η χρήση ψυχρών οριζόντιων επιφανειών είναι ιδιαίτερα επιτυχημένη σε υπαίθριους χώρους κυρίως τις μεσημβρινές ώρες (μετά τη δύση του ηλίου) ή σε χώρους με σκιά όπου κρίνεται απαραίτητη η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα. Διακρίνονται τρεις κυρίως τύποι ψυχρών δαπέδων: δάπεδα με ψύξη μέσω πιδάκων, πορώδη και μη πορώδη δάπεδα.

Στην περίπτωση ψύξης με πίδακες το νερό που εκτοξεύεται, είτε ρέει στην επιφάνεια του δαπέδου και μειώνει τις επιφανειακές θερμοκρασίες, είτε απορρέει και απομακρύνεται μέσω μιας μεταλλικής σχάρας στη βάση του πίδακα. Στα πορώδη ψυχρά δάπεδα το νερό ανέρχεται λόγω του τριχοειδούς φαινομένου, ενώ η επιφανειακή θερμοκρασία του υλικού επίστρωσης μειώνεται, αφενός εξαιτίας της εξάτμισης του νερού και αφετέρου εξαιτίας της μεταφοράς θερμότητας με αγωγή από την επιφάνεια του νερού. Όταν τέλος πρόκειται για μη πορώδη ψυχρά δάπεδα η επιφανειακή θερμοκρασία μειώνεται αποκλειστικά με μεταφορά θερμότητας με αγωγή: καθώς το νερό κυκλο-

φορεί στο εσωτερικό του υλικού επίστρωσης, η θερμότητα μεταφέρεται στο νερό με αγωγή και εν συνεχεία το νερό αργότερα απελευθερώνει θερμότητα στο περιβάλλον. Σε υπαίθριους χώρους με έντονη ηλιακή ακτινοβολία τα πορώδη ψυχρά δάπεδα είναι πιο αποτελεσματικά λόγω της ικανότητας εξάτμισης του νερού από την επιφάνειά τους.

Η συμπεριφορά του ψυχρού δαπέδου εξαρτάται από τον τύπο του χρησιμοποιούμενου υλικού και κυρίως από το χρώμα της επιφάνειας (ενδείκνυται η χρήση ανοιχτόχρωμων υλικών). Τα ψυχρά δάπεδα είναι απλά στην κατασκευή και θα ήταν σκόπιμο να ενσωματώνονται κοντά σε πηγές νερού. Η βελτίωση της θερμικής άνεσης εξαρτάται από τη διάσταση του υπαίθριου χώρου, αφού η μέθοδος είναι ιδιαίτερα αποδοτική σε μεγάλες επιφάνειες εκτεθειμένες στον ήλιο, που έχουν σχεδιαστεί για κίνηση και για στάση τις μεσημβρινές ώρες (πορώδη δάπεδα) ή για ζώνες με σκιά (μη πορώδη δάπεδα).



Σχήμα 28, Αριστερά μη πορώδες δάπεδο, δεξιά πορώδες δάπεδο

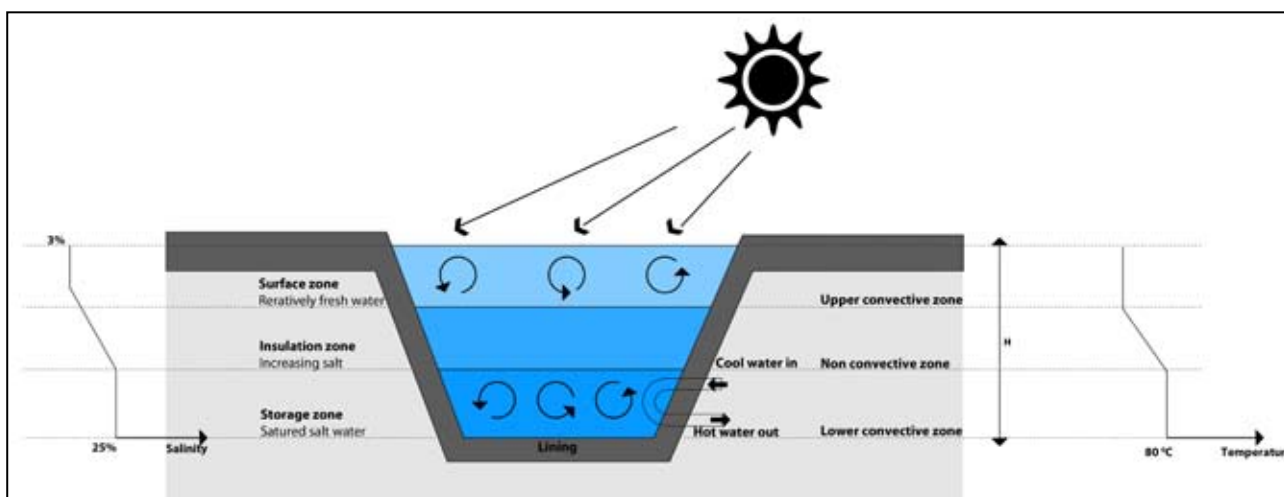
4.3.5 Ηλιακή λίμνη (solar pond)

Μια solar pond ή ηλιακή λίμνη είναι ένας ιδιαίτερος τύπος λίμνης με αλμυρό, αντί για γλυκό νερό²⁶. Η συγκέντρωση της σε αλάτι αυξάνεται με το βάθος, δηλαδή η αλατότητα κυμαίνεται από χαμηλές τιμές στην επιφάνεια μέχρι και τιμές κορεσμού στον πυθμένα. Η μεγάλη διαφορά πυκνότητας, που οφείλεται τόσο στο βαθμό αλατότητας όσο και στη θερμοκρασία, επιτρέπει τη δημιουργία τριών διακριτών στρωμάτων. Στην επιφάνεια η συγκέντρωση του άλατος φτάνει περίπου στο μηδέν, επειδή η επιφάνεια ξεπλένεται με το νερό της βροχής. Σε ενδιάμεσο βάθος η συγκέντρωση παίρνει μεσαίες τιμές και τελικά η συγκέντρωση του άλατος κοντά στον πυθμένα αντιστοιχεί σε αυτή του κορεσμένου διαλύματος. Η αύξηση της πυκνότητας με το βάθος είναι αρκετή, ώστε και αν ακόμα θερμανθούν τα κατώτερα στρώματά της (προσρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας), να εξακολουθούν

²⁶ Η ιδέα των ηλιακών λιμνών ξεκίνησε από τη μελέτη ενός φυσικού φαινομένου. Ειδικότερα βρέθηκε μια ομάδα Ουγγρικών λιμνών με υψηλές θερμοκρασίες στον πυθμένα (περίπου 70 °C σε βάθος 1,3 m.), ενώ η θερμοκρασία του νερού στην επιφάνειά τους ήταν περίπου ίση με αυτή του περιβάλλοντος. Παρά το γεγονός πως το φαινόμενο κατανοήθηκε ήδη από την εποχή αυτή (1905) πέρασαν αρκετά χρόνια μέχρι την πρώτη πρόταση για τη δημιουργία τεχνητών λιμνών από τον R. Blogh (1954). Η πρώτη σοβαρή ερευνητική προσπάθεια άρχισε το 1958 από τον H. Tabor στο Ισραήλ.

να παραμένουν πυκνότερα από τα υπερκείμενα στρώματα. Έτσι δεν είναι εφικτή η φυσική κυκλοφορία του νερού και η μεταφορά θερμότητας προς τα επάνω γίνεται με αγωγή.

Στην περίπτωση μιας συμβατικής λίμνης, καθώς ο ήλιος θερμαίνει το νερό του πυθμένα, αυτό αποκτά μικρότερη πυκνότητα γίνεται πιο ελαφρύ σε σχέση με τα υπερκείμενα στρώματα, ανεβαίνει στην επιφάνεια και επανεκπέμπεται θερμική ακτινοβολία προς τον ουρανό, οπότε η λίμνη έχει σχεδόν θερμοκρασία ατμόσφαιρας. Η τεχνολογία μιας solar pond αναστέλλει το παραπάνω φαινόμενο, χάρη στο διαφορετικό βαθμό αλατότητας που παγιδεύει τη θερμότητα στο κατώτερο στρώμα, αποφεύγοντας την επανεκπομπή της πίσω στην ατμόσφαιρα και δημιουργώντας τις κατάλληλες συνθήκες για τη συσσώρευση και αποθήκευση αυτής. Η ενεργειακή εφαρμογή μιας solar pond έγκειται στην εκμετάλλευση της θερμότητας που αποθηκεύεται με τη μορφή θερμικής ενέργειας ή που μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική. Η τεχνολογία έχει χαμηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, δυνατότητα αποθήκευσης της ενέργειας που συλλέγεται, ενώ η κατασκευή μπορεί να επεκταθεί σε μεγάλη κλίμακα.



Σχήμα 29, Αρχή λειτουργίας μιας ηλιακής λίμνης



Εικόνα 7, Solar pond, Pyramid Hill-Victoria - Αυστραλία

Σχετικά με τις εργασίες εκσκαφής, η διαδικασία είναι ίδια με αυτή της κατασκευής τεχνητών λιμνών ή λεκανών γλυκού νερού με τη διαφορά πως δίνεται έμφαση στο σχεδιασμό του χώρου

των αντλιών και του μηχανικού εξοπλισμού, για τον έλεγχο, παρακολούθηση και καταγραφή των δεδομένων. Σε περίπτωση που το φυσικό έδαφος δεν παρουσιάζει την κατάλληλη στεγανότητα, εφαρμόζεται στον πυθμένα της λίμνης μια μεμβράνη στεγανοποίησης (π.χ. liner), για την αντιμετώπιση απωλειών νερού, άλατος και θερμότητας. Για την τοποθέτηση της απαιτείται αρχικά ο καθαρισμός του πυθμένα από πέτρες ή ρίζες φυτών και η χρήση ζιζανιοκτόνων, ώστε να αποφευχθεί η ανάπτυξη παρασιτικών μορφών χλωρίδας και πανίδας. Η διήθηση κορεσμένου αλατούχου νερού στο υπέδαφος, μπορεί να θέσει σε κίνδυνο υπόγεια ύδατα ή πηγές γλυκού νερού που βρίσκονται κοντά σε μία ηλιακή λίμνη. Για το σκοπό αυτό ένας βασικός κανόνας επιλογής του σημείου κατασκευής της solar pond είναι η απουσία επιφανειακών ή υπογείων υδάτων.

4.3.6 Άλλα συστήματα

4.3.6.1 Τεχνητές λίμνες και κανάλια νερού



Εικόνα 8, MUSE Museum of Science, Renzo Piano Building Workshop , Trento, Ιταλία, 2012

Η τεχνητή λίμνη μικρού βάθους αποτελεί αποτελεσματική στρατηγική δροσισμού τους θερινούς μήνες για τους υπαίθριους χώρους των μεσογειακών πόλεων. Δεδομένου ότι το νερό έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα, μπορεί να αποθηκεύσει μεγάλες ποσότητες θερμότητας, ενώ κατά τη διάρκεια της ημέρας εμφανίζει μικρή αλλαγή στην επιφανειακή του θερμοκρασία. Όμως η εξάτμιση είναι ο πρωταρχικός μηχανισμός με τον οποίο το νερό βελτιώνει το μικροκλίμα μιας αστικής περιοχής και σε δεύτερο επίπεδο η ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας στη μάζα του. Γενικά μία ρηχή τεχνητή λίμνη, βάθους 25-30 εκ. χωρίς να αυξηθεί σημαντικά η θερμοκρασία επιφάνειας της, το καλοκαίρι απορροφά μέχρι και 80% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Κατά τη διάρκεια της ημέρας το νερό αποθηκεύει θερμότητα και τη νύχτα την επανεκπέμπει πίσω στην ατμόσφαιρα

(με σημαντικό επομένως ψυκτικό ρόλο τις μεσημβρινές ώρες). Μετρήσεις σε αστικό περιβάλλον το καλοκαίρι, έδειξαν μείωση της θερμοκρασίας του αέρα πάνω από λίμνες μέχρι και 3 °C, σε σχέση με την ευρύτερη περιοχή (Littlefair et al, 2010).



Εικόνα 9, Αριστερά: κατακόρυφες επιφάνειες νερού, Heiner-Metzger-Platz στο Neu Ulm, Γερμανία, Atelier Dreiseitl Κέντρο και δεξιά: ανάγλυφες επιφάνειες νερού, πηγή: *New waterscapes : planning, building, and designing with water*, Herbert Dreiseitl, Dieter Grau



Εικόνα 10, Πίδακες σε επιστρωμένους χώρους, Buga (German Urban Design Award 2012), Koblenz- Γερμανία, Atelier Dreiseitl

Ο τεχνητές λίμνες με τρεχούμενο νερό αποτελούν μία πιο αποδοτική λύση στην αντιμετώπιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και επομένως στην επίτευξη δροσισμού. Αυτό γιατί στην περίπτωση που η επιφάνεια ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ αέρα και νερού είναι μεγάλη και το νερό κινείται, τότε το επιφανειακό στρώμα βρίσκεται σε κατάσταση πίεσης λιγότερο κοντά στην κατάσταση κορεσμού και επομένως ευνοείται η εξάτμιση. Στην περίπτωση αυτή η παρουσία νερού μειώνει τόσο τη μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία όσο και τη θερμοκρασία αέρα.

Οι τεχνητές λίμνες μπορούν να λειτουργήσουν με νερό χαμηλής ποιότητας, νερό από γεωτρήσεις, βρόχινο ή γκρίζο νερό ή να χρησιμοποιούν το νερό του δικτύου ύδρευσης συμπληρωματικά. Για τη σωστή ψηκτική λειτουργία τους απαιτείται αποτελεσματικός σκιασμός από φυλλοβόλα δέντρα ή άλλα στοιχεία φυτεύσεων. Σε περίπτωση που κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό και προκειμένου να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του νερού, οι οριζόντιες υδάτινες επιφάνειες μπορούν να συνδυάζονται με κατακόρυφες επιφάνειες νερού, καταρράκτες, τοίχους νερού, συντριβάνια και πίδακες σε επιστρωμένους χώρους. Τα στοιχεία αυτά δημιουργούν μία διαρκή κίνηση του νερού και συ-

ντελούν στο δροσισμό του περιβάλλοντος αέρα από τα σταγονίδια. Μια λύση επίσης αύξησης της θερμικής άνεσης είναι η παρουσία ανάγλυφων ή γενικά μη ομαλών επιφανειών στον πυθμένα της τεχνητής λίμνης όπως και η παρουσία διαφορετικών επιπέδων.

Τα κανάλια νερού έχουν τον ίδιο ρόλο και αξία με τις τεχνητές λίμνες, μόνο που πρόκειται για στενόμακρες επιφάνειες ιδιαίτερα σημαντικές για τη βελτίωση του μικροκλίματος στον πυκνοδομημένο ιστό της πόλης. Το κανάλια δε με το τρεχούμενο νερό υπερκαλύπτουν το θόρυβο της πόλης και διαμορφώνουν ένα φιλικό περιβάλλον για τον άνθρωπο.



Εικόνα 11, Αριστερά: μία ιδιαιτερότητα της πόλης Φράιμπουργκ είναι τα μικρά κανάλια που μεταφέρουν νερό (τα λεγόμενα Baechle) και διασχίζουν τους δρόμους και τις πλατείες της παλιάς πόλης με ένα πυκνό δίκτυο 12 χλμ. / κέντρο και δεξιά το Future Park Killesberg, Rainer Schmidt Landschaftsarchitektur, Στουτγκάρδη

4.3.6.2 Μικροψεκαστήρες δροσισμού



Εικόνα 12, Αριστερά σύστημα μικροψεκαστήρων ενσωματωμένο σε πέργκολα με αναρριχητικά φυτά, EXPO 92, Σεβίλλη / Δεξιά: σχεδιάγραμμα χρήσης μικροψεκαστήρων, πηγή Sistemas de enfriamiento pasivo, casos de estudio, Espacio abiertos Exposición Universal 1992, J.Pérez de Lama, Arquitectura y Medio Ambiente ETSA Universidad de Sevilla, 2008

Οι μικροψεκαστήρες δροσισμού αποτελούν συστήματα τα οποία εκτοξεύουν πολύ μικρά σταγονίδια νερού διαμέτρου 1 χιλ. ή και λιγότερο από ακροφύσια. Ενσωματώνονται στο φύλλωμα δέντρων ή σε πέργκολες με αναρριχητικά φυτά και αποτελούν ένα είδος παθητικού δροσισμού, δημιουργώντας ένα καθοδικό ρεύμα ψυχρού αέρα. Όταν τα σταγονίδια έρχονται σε επαφή με τον θερμό αέρα του περιβάλλοντος εξατμίζονται²⁷ και ο αέρας γίνεται δροσερότερος και βαρύτερος. Η

²⁷ Όταν τα ποσοστά σχετικής υγρασίας είναι υψηλά η χρήση μικροψεκαστήρων περιορίζεται, αφού δεν πραγματοποιείται πλήρης εξάτμιση των σταγονιδίων στον αέρα.

εφαρμογή αυτή χρησιμοποιείται για το δροσισμό υπαίθριων σκιασμένων διαδρομών ή και χώρων στάσης πεζών.

Με μικροψεκαστήρες λειτουργούν και τα συστήματα τεχνητής ομίχλης τα οποία τοποθετούνται συνήθως στο έδαφος, γραμμικά και κάθετα στην ένταση των επικρατούντων ανέμων, ρυθμίζοντας το μικροκλίμα σε υπαίθριους χώρους και συμβάλλοντας στη μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών των υλικών, μέσω της εξάτμισης. Στην περίπτωση αυτή κατάλληλο είναι και το επαναχρησιμοποιούμενο νερό, χαμηλής περιεκτικότητας σε μεταλλικά ιόντα, έτσι ώστε να μη φράσσονται και καταστρέφονται από άλατα τα ακροφύσια.



Εικόνα 13, Αριστερά: τεχνητή ομίχλη, EXPO Culture Center and Celebration Square, Σανγκάη, φωτογραφία Markus Bahlmann / Δεξιά: Buhl Community Park, Andrea Cochran Landscape Architecture (Smithsonian Cooper-Hewitt National Design Award 2014), Pittsburgh-Pennsylvania

4.4 Τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα

Ο όρος τεχνητός εμπλουτισμός περιγράφει την επαναφόρτιση με νερό του υπόγειου υδροφορέα για μετέπειτα ανάκτηση (του νερού) ή για περιβαλλοντικά οφέλη. Επιπλέον η μέθοδος χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και την επεξεργασία του νερού σε κατάλληλο υδροφόρο ορίζοντα από διάφορες πηγές, όπως επιφανειακά νερά (λίμνες, ποτάμια), ανακυκλωμένο νερό, νερό από αφαλάτωση, βρόχινο νερό ή υπόγειο νερό από άλλους παρακείμενους υπόγειους υδροφορείς, αλλά ακόμα και επεξεργασμένα λύματα (Government of Western Australia, Department of Water and Environmental Regulation). Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται αύξηση με τεχνητό τρόπο των ποσοτήτων του υπόγειου νερού με στόχο τον έλεγχο του υδρολογικού συστήματος (σε τοπική ή διαχειριστική κλίμακα) και τον έλεγχο της ποιότητας του νερού (σε πλαίσια που αυτό είναι εφικτό). Αποτελεί μια σημαντική διαδικασία ενίσχυσης του υπόγειου υδατικού δυναμικού, συμβάλλοντας σημαντικά στην ενίσχυση της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων. Με μια κατάλληλη προεπεξεργασία πριν την τροφοδοσία και με μετεπεξεργασία πριν την ανάκτηση (εάν είναι απαραίτητο), ο υδατικός πόρος που προέρχεται από τον τεχνητό εμπλουτισμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πόσιμο νερό, ως νερό επεξεργασίας για τη βιομηχανία, για άρδευση, για περιαστική και αστική χρήση και για τη διατήρηση της υδατικής ισορροπίας των υπογείων υδροφορέων.

Ο τεχνητός εμπλουτισμός χρησιμοποιείται τα 200 τελευταία χρόνια (με ελάχιστες εφαρμογές στην Ελλάδα) για να καλύψει ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων στον αστικό χώρο: (α) τη συνδυασμένη

διαχείριση υπογείων και επιφανειακών νερών, (β) τη διατήρηση ή αύξηση του φυσικού υπογείου νερού, (γ) την αντιμετώπιση προβλημάτων καθίζησης του εδάφους, (δ) την επεξεργασία και την αποθήκευση χρησιμοποιούμενων υδάτων προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν, (ε) τη δημιουργία υπόγειας αποθήκευσης για τα εισαγόμενα στην κατά περίπτωση περιοχή νερά (ζ) τον έλεγχο των πλημμυρών, (η) την άντληση νερού για άρδευση και για περιαισθητική ή αστική χρήση.

Οι βασικές μέθοδοι τεχνητού εμπλουτισμού είναι δύο: (1) η μέθοδος επιφανειακής κατάκλυσης-διήθησης, όπου χρησιμοποιούνται πλημμυριζόμενες κοίτες και λεκάνες, φράγματα ανάσχεσης της ροής των χειμάρρων, ορύγματα, λάκκοι, τάφροι, τροποποιημένες κοίτες υδατορέματος και (2) η μέθοδος της υπόγειας διήθησης όπου γίνεται άμεση έκχυση μέσω γεωτρήσεων και πηγαδιών (Bouwer 1996).

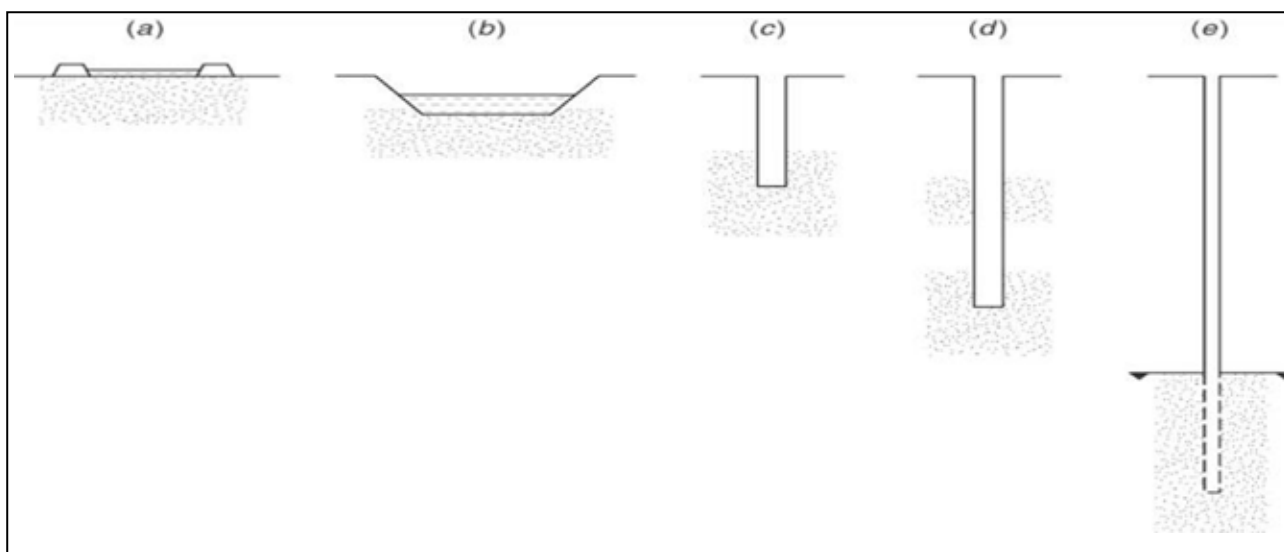
Στην πρώτη περίπτωση που αφορά στη μέθοδο επιφανειακής κατάκλυσης ο τεχνητός εμπλουτισμός επιτυγχάνεται με τη αύξηση της διαβρεχόμενης επιφάνειας του εδάφους και την αύξηση της χρονικής διάρκειας της διήθησης των επιφανειακών νερών προς τα υδροφόρα στρώματα (πέραν αυτής που συμβαίνει με τον φυσικό εμπλουτισμό²⁸). Σε γενικές γραμμές αφορά στη διάθεση υδάτων μέσα στο έδαφος σε ρηχές επιφάνειες, όπου ακολουθεί η διήθηση προς τον υπόγειο υδροφόρο. Εμπεριέχει και μηχανισμούς επεξεργασίας, όπου ρύποι και παθογόνοι παράγοντες απομακρύνονται μέσω της διαδικασίας του φυσικού καθαρισμού, αφού το κάθε ποιότητας νερό διαπερνά και φιλτράρεται από το έδαφος, διεισδύοντας στους διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε εδάφη με μέτρια έως μεγάλη διαπερατότητα (αμμώδη εδάφη ή μίγμα αργίλου με άμμο). Ένα βασικό ζήτημα που δημιουργείται με αυτή τη μέθοδο είναι το φράξιμο των πόρων του εδάφους με το χρόνο, γνωστό και ως «clogging», που είναι η συσσώρευση αργιλοϊλύων που προέρχονται από το νερό εμπλουτισμού, καθώς και η ανάπτυξη βακτηριακών αποικιών που φράζουν τους πόρους του εδάφους.

Στη δεύτερη περίπτωση της υπόγειας διήθησης το νερό διατίθεται απευθείας στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω φρεατίων και γεωτρήσεων. Η μέθοδος εφαρμόζεται όταν ο υπόγειος υδροφόρος βρίσκεται σε μεγάλο βάθος και όταν οι γενικότερες υδρογεωλογικές συνθήκες δεν ευνοούν την εφαρμογή της επιφανειακής διάχυσης, όπως οι περιοχές με ανώμαλη τοπογραφία ή η παρουσία εδαφών με μικρή διαπερατότητα. Η επιλογή της κατάλληλης κάθε φορά μεθόδου αποτελεί συνάρτηση υδρογεωλογικών, γεωλογικών ή μορφολογικών συνθηκών στην ευρύτερη περιοχή, τη διαθεσιμότητα της περιοχής για εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού, της προέλευσης, διαθεσιμότητας, φυσικής και χημικής ποιότητας του νερού εμπλουτισμού, καθώς και του κόστους χρήσης και συντήρησης και τέλος διάφορων οικονομικών και θεσμικών κριτηρίων (Pettyjohn et al, 1981).

Η μέθοδος του τεχνητού εμπλουτισμού έχει σημαντικά πλεονεκτήματα. Το κόστος της αποθήκευ-

²⁸ Σε μια λεκάνη ή περιοχή υπό φυσικές συνθήκες χωρίς επέμβαση του ανθρώπου, το νερό των κατακρημνισμάτων που φθάνει στα υδροφόρα στρώματα και τα τροφοδοτεί, είτε άμεσα με την κατείδυση, είτε έμμεσα με τη διήθηση από τις κοίτες του υδρογραφικού δικτύου, αποτελεί το φυσικό εμπλουτισμό. Το ύψος του είναι ορισμένο κάθε υδρολογικό έτος και εξαρτάται από τη γεωλογική σύσταση, από το βροχομετρικό ύψος και το βραχομετρικό σύστημα (ετήσια κατανομή βροχής).

σης του νερού σε υπόγειους υδροφορείς είναι γενικά μικρότερο από το αντίστοιχο αποθήκευσης σε επιφανειακούς ταμιευτήρες. Οι υπόγειοι υδροφορείς μπορούν να συνεισφέρουν και στην τελική διανομή του αποθηκευμένου νερού και έτσι να ελαττώσουν την επιφανειακή μεταφορά του με σωλήνες ή κανάλια. Το νερό που αποθηκεύεται σε επιφανειακές εγκαταστάσεις υπόκεινται συνήθως σε εξάτμιση και ρύπανση, ενώ μπορούν να δημιουργηθούν και προβλήματα γεύσης και οσμών από την ανάπτυξη αλγών και υδροχαρών φυτών. Περιβαλλοντικά επιφέρει μια σειρά θετικών επιπτώσεων, αφού βελτιώνει την ποιότητα του υπόγειου νερού, προστατεύει την ύπαρξη και τη λειτουργία πηγών και υγροτόπων, αποτρέπει υποβάθμιση των υδροφορέων, ενώ επιπλέον η αποθήκευση νερού μειώνει τις απώλειες νερού από εξατμίσεις.



Σχήμα 30, Συστήματα τεχνητού εμπλουτισμού υδροφόρων σε διάφορα βάθη

- (a) επιφανειακή λεκάνη κατάκλυσης
- (b) λεκάνη κατάκλυσης μετά από εκσκαφή
- (c) τάφος εμπλουτισμού
- (d) φρεάτιο εμπλουτισμού στην ακόρεστη ζώνη
- (e) γεώτρηση εμπλουτισμού

Πηγή: Bouwer 1999/ Tod & Mays 2005)

4.4.1 Τεχνητός εμπλουτισμός με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική για την εξοικονόμηση υδατικών πόρων, ιδιαίτερα σε περιοχές που αντιμετωπίζουν προβλήματα λειψυδρίας ή ξηρασίας, σε περιοχές με έντονη ταπείνωση και υφαλμύριση των υπογείων υδροφορέων από υπεράντληση, καθώς και για την προστασία χειμάρρων ή επιφανειακών νερών. Τα αστικά επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εμπλουτισμό των υδροφορέων και στη συνέχεια για περιαισθητική ή αστική χρήση, όπως άρδευση υπαίθριων χώρων (πάρκων και χώρων αναψυχής), δασών, αλσών, νεκροταφείων, πρανών και νησίδων αυτοκινητοδρόμων, γηπέδων γκόλφ, για την κατάσβεση πυρκαγιών, για τη συμπύκνωση εδαφών, για τον καθαρισμό οδών και πεζοδρομίων, σε συντριβάνια, για τη δημιουργία τεχνητών ή τη διατήρηση φυσικών λιμνών ή υγροβιότοπων, για την ενίσχυση της παροχής επιφανειακών ρεμάτων και άλλες χρήσεις. Στην

πολιτεία της Καλιφόρνια ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων με εκροές προεπεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων, αποτελεί το 14% των συνολικών επαναχρησιμοποιούμενων εκροών. Σε αυτή την πολιτεία λειτουργούν πάνω από 200 μονάδες ανάκτησης που διανέμουν σε 850 περιοχές περίπου 300 Mm³/yr ανακτημένων εκροών (Asano et al, 1992).

Γενικά τα επεξεργασμένα λύματα εμπλουτίζουν τους υπόγειους υδροφορείς μέσω της κατασκευής λεκανών διήθησης ή με γεωτρήσεις εισαγωγής. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται φυσικές υποδομές (π.χ. λεκάνες διήθησης) συνήθως λύματα πριν εμπλουτίσουν υπόγειους υδροφορείς θα πρέπει να υφίστανται πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία (σε περίπτωση που δεν κατακρατούνται οργανικά από το έδαφος και προχωρημένες μέθοδοι επεξεργασίας). Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται προχωρημένες μέθοδοι (για παράδειγμα χρήση μεμβρανών ή ισοδύναμης αποτελεσματικότητας προχωρημένες μέθοδοι επεξεργασίας - Advanced Wastewater Treatment - AWT), το κόστος επεξεργασίας των αποβλήτων είναι αρκετά υψηλό, ώστε η ποιότητα να φτάσει τα επιτρεπόμενα όρια ποιότητας χρήσης νερού που απαιτείται. Επιπλέον το εδαφικό υλικό στην ακόρεστη ζώνη και οι εδαφικές στρώσεις, επενεργούν ως φυσικά φίλτρα που μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω τα ήδη επεξεργασμένα λύματα και να τα καθαρίσουν.

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Ολικά κολοβακτηριδία (TC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ'ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p>Αστική χρήση Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητόδρομων, γήπεδα γκόλφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις αναψυχής, κατάσβεση πυρκαϊών, συμπίκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρόμων, διακοσμητικά σιντριβάνια Γόψισμα με καταιονισμό απαγορεύεται.</p> <p>Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων που δεν emπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007 (ΦΕΚ54Α/8-3-2007), με γεωτρήσεις</p> <p>Περισσικό πράσινο συμπεριλαμβανομένων των αλαών και δασών⁽¹⁾</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 20 για το 95% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία⁽²⁾</p> <p>ακολουθούμενη από Προχωρημένη επεξεργασία⁽³⁾ και Απολύμανση⁽⁴⁾</p>	<p>BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>TC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους επτά ανά εβδομάδα και τρεις ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις Κατ'εξίρεση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής δύο ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl₂ συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Πίνακας 7, Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ'ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιαιστική χρήση και εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με γεωτρήσεις. πηγή : ΦΕΚ 5229/8-3-2011

Τα συστήματα εμπλουτισμού με λύματα απαιτούν διαπερατά εδάφη με υψηλή διηθητικότητα, ακόρεστη ζώνη χωρίς περιοριστικές στρώσεις και προβλήματα όπως ρυπασμένες ζώνες ή ανεπιθύμητες χημικές ουσίες, που είναι δυνατόν να υποστούν έκπλυση με καλή ποιότητα νερού στην ανώτερη στάθμη. Μια ιδανική επιφανειακή στρώση εδάφους θα πρέπει να είναι ομοιόμορφη με

βάθος μεγαλύτερο των 3 μ., που χαρακτηρίζεται από χοντρόκοκκη δομή, ώστε να έχει υψηλή διηθητικότητα (τιμές διηθητικότητας από 25 mm/h και υψηλότερες), αλλά παράλληλα με λεπτόκοκκα συστατικά για να έχει ικανοποιητική φίλτραση (αμμώδης ιλύς, ιλύς ή λεπτόκοκκη άμμος και χαλίκια). Η πολύ χοντρόκοκκη άμμος και τα χαλίκια δεν κρίνονται κατάλληλα, διότι επιτρέπουν στα λύματα να διέρχονται γρήγορα από το επιφανειακό στρώμα του εδάφους, στο οποίο συντελείται η κύρια βιολογική και χημική δραστηριότητα.

Μέταλλο	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)	Παράμετρος	CAS	Μέγιστη συγκέντρωση (μg/l)
Al (αργίλιο)	5	Alachlor	15972-60-8	0.7
As (αρσενικό)	0.1	Ανθρακένιο	120-12-7	1
Be (βηρύλλιο)	0.1	Ατραζίνη	1912-24-9	2
Cd (κάδμιο)	0.01	Βενζόλιο	71-43-2	5
Co (κοβάλτιο)	0.05	Βρωμιούχος διφαινυλαιθέρας	32534-81-9	0.025
Cr (χρώμιο)	0.1	Ανθρακο-τετραχλωρίδιο	56-23-5	MA
Cu (χαλκός)	0.2	C10-13 Χλωροαλκάνια	85535-84-8	1.4
F (φθόριο)	1.0	Chlorfenvinphos	470-90-6	0.3
Fe (σίδηρος)	3.0	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)	2921-88-2	0.1
Li (λίθιο)	2.5	Aldrin	309-00-2	MA
Mn (μαγγάνιο)	0.2	Dieldrin	60-57-1	MA
Mo (μολυβδαίνιο)	0.01	Endrin ¹	72-20-8	MA
Ni (νικέλιο)	0.2	Isodrin	465-73-6	0.01
Pb (μόλυβδος)	0.1	DDT ολικό	Δεν	MA
Se (σελήνιο)	0.02	para-para-DDT	50-29-3	MA
V (βανάδιο)	0.1	1,2 Διχλωροαιθάνιο	107-06-2	20
Zn (ψευδάργυρος)	2.0	Διχλωρομεθάνιο	75-09-2	50
Hg (υδράργυρος)	0.002	Φθαλικό δι(2-αιθυλεξίλιο) – (ΦΔΕΕ-DEHP)	117-81-7	10
B (Βόριο)	2	Diuron	330-54-1	1.0
		Ενδοσουλφάνιο	115-29-7	0.01
		Φλουορανθένιο	206-44-0	1
		Εξαχλωροβενζόλιο	118-74-1	MA
		Εξαχλωροβουταδιένιο	87-68-3	0.6
		Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	608-73-1	MA
		Isoproturon	34123-59-6	1
		Ναφθαλένιο	91-20-3	2.4
		Εννεύλοφαινόλη [4-εννεύλοφαινόλη]	104-40-5	2

Πίνακας 8, Αριστερά: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων, Δεξιά: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα.

Παρατήρηση: Αριθμός μητρώου CAS (CAS registry number number): ένας μοναδικός αριθμός καταγραφής και ταυτοποίησης χημικών στοιχείων, χημικών ενώσεων πολυμερών, βιολογικών σκευασμάτων, μιγμάτων και κραμάτων. Η Υπηρεσία Χημικής Ταυτοποίησης Chemical Abstracts Service , (CAS) τμήμα της Αμερικάνικης Χημικής Εταιρείας αποδίδει αυτούς τους αριθμούς μητρώου σε κάθε χημική ουσία που έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία, πηγή : ΦΕΚ 5229/8-3-2011

Κρίσιμα θέματα σε εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων αποτελούν η προστασία της δημόσιας υγείας από τους παθογόνους μικροοργανισμούς που περιέχονται στα απόβλητα και ο περιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Για την επίτευξη των στόχων αυ-

τών διαφορετικές προσεγγίσεις υιοθετούνται μεταξύ των χωρών. Η σχετική νομοθεσία που διέπει την ανάπτυξη κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης διακρίνεται σε: (α) κανονισμούς οι οποίοι αποτελούν νόμο και (β) οδηγίες οι οποίες έχουν προαιρετικό χαρακτήρα. Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων όσον αφορά στην ευρωπαϊκή νομοθεσία διέπεται από την οδηγία 91/271/ΕΕC. Στην Ελλάδα οι προδιαγραφές για τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων καθορίζονται από την ΚΥΑ 145116/2011 (ΦΕΚ 5229/8-3-2011) που αφορά στον «Καθορισμό μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις», με τη τροποποίηση δύο χρόνια αργότερα με την ΚΥΑ 191002/2013 (ΦΕΚ 31219/2-9-2013). Η νομοθεσία όσον αφορά στην αστική και περιαστική χρήση καθώς και τον τεχνητό εμπλουτισμό των υπογείων υδροφορέων με γεωτρήσεις ορίζει τα κριτήρια που φαίνονται στους παραπάνω πίνακες 7 και 8.

4.5 Ανάκτηση λυμάτων απευθείας από το δίκτυο αποχέτευσης (sewer mining)

Η βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων σχετίζεται με την διαθεσιμότητα, την αξιοπιστία και την οικονομική βιωσιμότητα των αποθεμάτων νερού και αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει σήμερα η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα στον τομέα των υδατικών πόρων, ενώ η επαναχρησιμοποίηση αποτελεί βασική πρακτική των εναλλακτικών λύσεων των αστικών δικτύων νερού. Παρά το γεγονός πως οι πόλεις κινούνται προς τη κατεύθυνση του σχεδιασμού κεντρικών αστικών δικτύων, τα αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας σε πολλές περιπτώσεις είναι ιδιαίτερα επωφελή, όπως στην περίπτωση ενός περιορισμένου προϋπολογισμού, με μικρότερες και διάσπαρτες χωρικά απαιτήσεις για ζήτηση νερού. Τα αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας προωθούν την επαναχρησιμοποίηση σε μικρότερη αποκεντρωμένη κλίμακα, όπως για παράδειγμα σε επίπεδο συνοικίας ή σε ένα υπαίθριο δημόσιο χώρο στην πόλη.

Το sewer mining έχει περιγραφεί ως «μια διαδικασία απευθείας άντλησης των υγρών αστικών λυμάτων από το κεντρικό αποχετευτικό δίκτυο, επεξεργασίας και αξιοποίησής τους ως ανακυκλωμένου νερό» (Sydney Water 2006). Εξασφαλίζει υψηλή αποτελεσματικότητα στην επεξεργασία των λυμάτων και απαιτεί μικρό χώρο για την εγκατάστασή του. Μια τυπική μονάδα sewer mining αποτελείται από τρία στάδια: (1) την ανάκτηση των λυμάτων από το δίκτυο αποχέτευσης, (2) την επεξεργασία των λυμάτων και την παραγωγή ανακυκλωμένου νερού και (3) την επιστροφή των παραπροϊόντων πίσω στο αρχικό σύστημα αποχέτευσης.

Το sewer mining έχει αρκετά πλεονεκτήματα όπως:

- (1) Μειώνει τη ζήτηση νέων πηγών και δικτύων νερού, γεγονός σημαντικό σε αστικοποιημένες περιοχές.
- (2) Μια βλάβη στο σύστημα επεξεργασίας δεν οδηγεί σε διακοπή της λειτουργίας του κεντρικού αποχετευτικού δικτύου.
- (3) Ο βαθμός επεξεργασίας και η τελική ποιότητα του νερού, εξαρτώνται από τις απαιτήσεις του τελικού χρήστη.

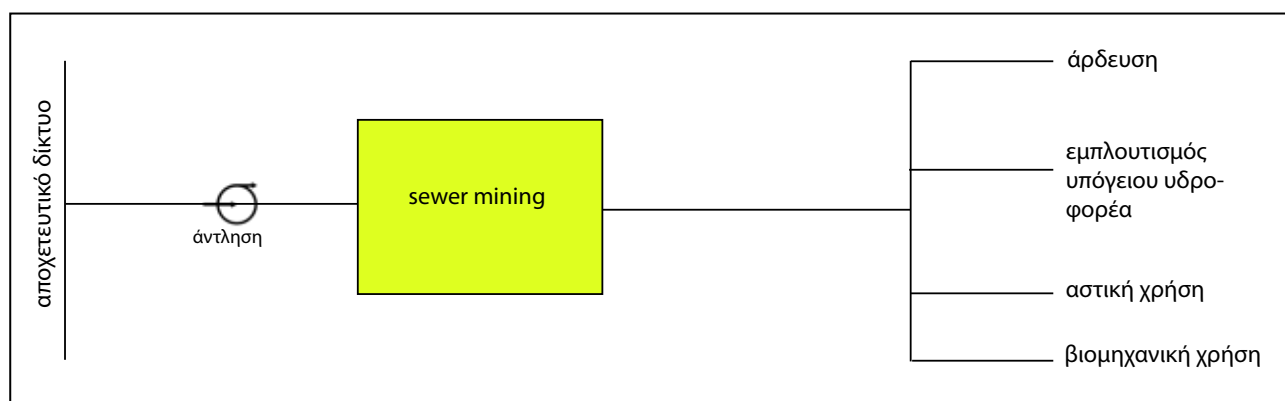
(4) Έχει χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα, εξαιτίας των περιορισμένων διαστάσεών του και της απουσίας οσμών.

(5) Παρουσιάζει περισσότερη ευελιξία σε σχέση με τεχνολογικές μεταβολές εξαιτίας των διαστάσεών του.

(6) Εμφανίζει ένα ευρύ φάσμα αστικών εφαρμογών, από έργα οικιστικής ανάπτυξης μέχρι αθλητικές εγκαταστάσεις και πάρκα.

(7) Τελικά μειώνεται ο όγκος των υγρών αστικών αποβλήτων που φτάνει στις κεντρικές μονάδες για επεξεργασία και μειώνεται και το κόστος, αφού το χρησιμοποιούμενο νερό παράγεται απευθείας στο σημείο ζήτησης, αντί να διανεμηθεί μέσω των κεντρικών αγωγών του δικτύου.

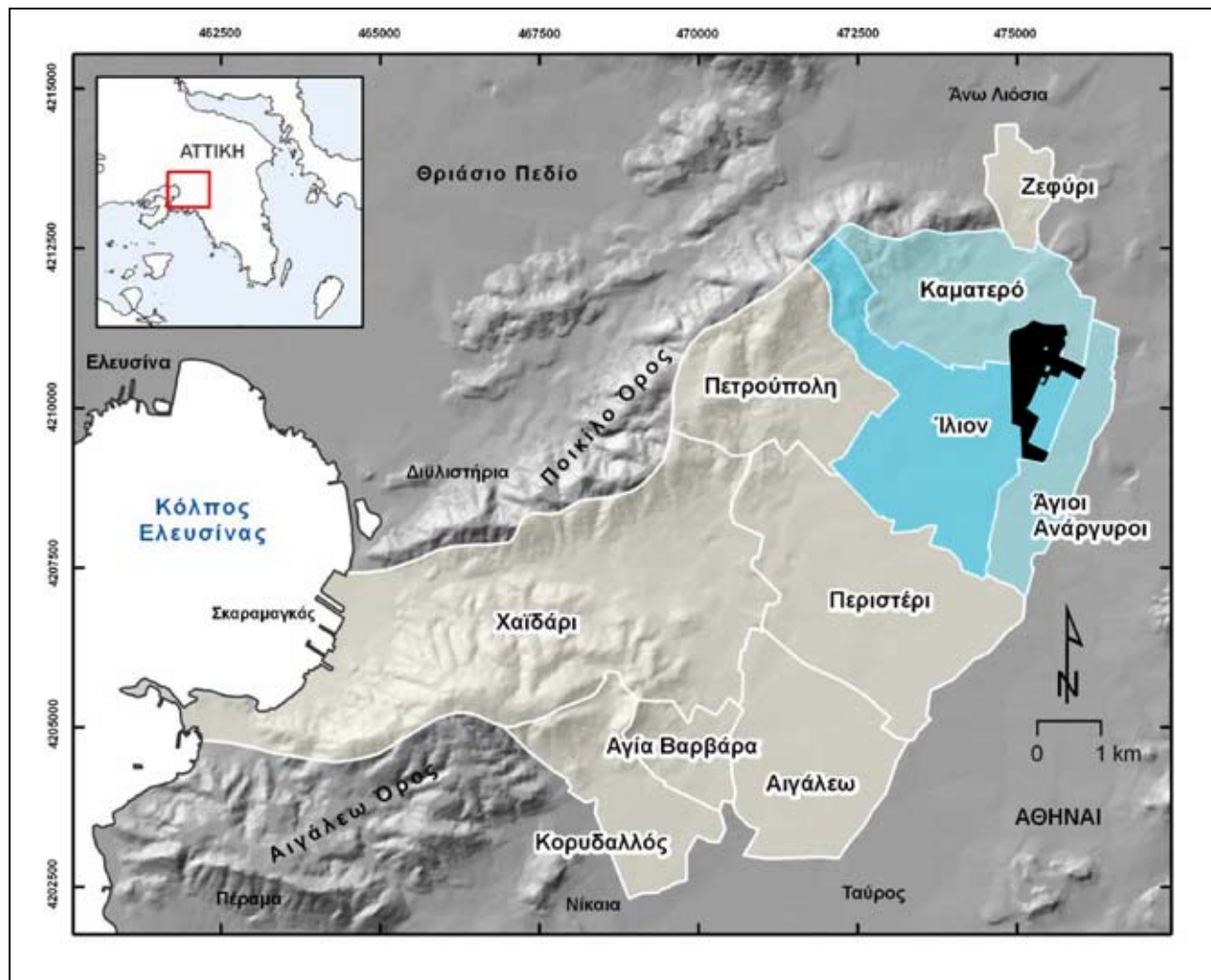
(8) Επίσης μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο ευαισθητοποίησης και εκπαίδευσης των πολιτών μιας κοινότητας.



Σχήμα 31, Περιγραφικό διάγραμμα τεχνολογίας sewer mining

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΤ.ΤΡΙΤΣΗ

5.1 Γεωγραφική επισκόπηση της περιοχής μελέτης

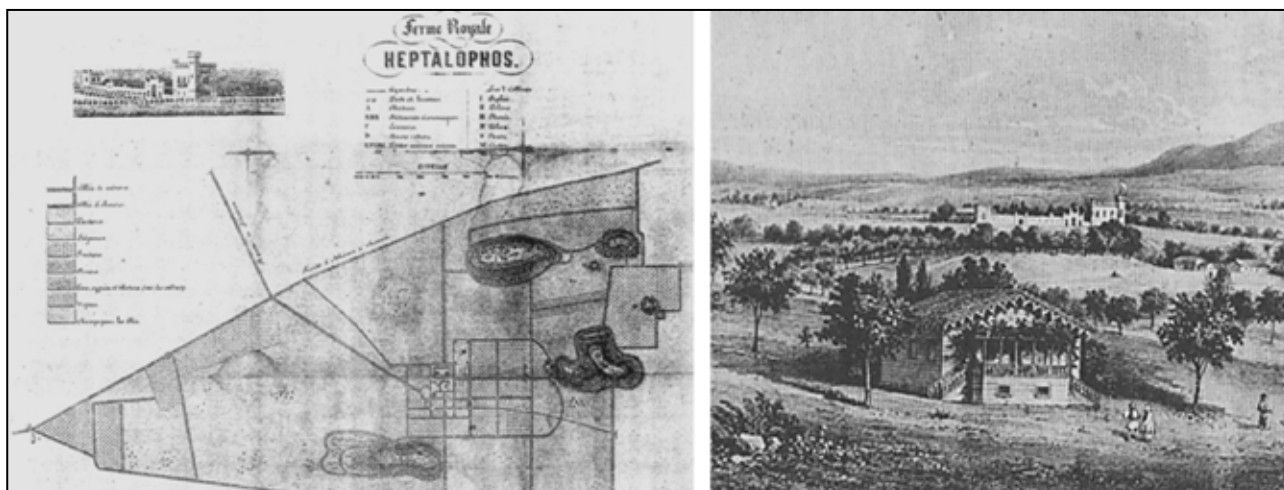


Χάρτης 1, Δυτικό Λεκανοπέδιο Αττικής, Πάρκο Τρίτση, όμοροι δήμοι και γειτονιάσεις, Πηγή: Επιχειρησιακή οργάνωση των δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων(Α' Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου) Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος, 2010.

Το Πάρκο Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντώνης Τρίτση βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου της Αττικής. Διοικητικά ανήκει στο δήμο Ιλίου, ενώ συνορεύει με τον Καλλικρατικό δήμο Αγίων Αναργύρων-Καματερού. Καταλαμβάνει έκταση περίπου 1.200 στρεμμάτων, βρίσκεται περίπου 3 χλμ από το κέντρο της Αθήνας και σε κοντινή απόσταση από βασικές αρτηρίες της πόλης, όπως Αττική και Εθνική Οδό. Δυτικά και βορειοδυτικά οριοθετείται από το όρος Αιγάλεω, βόρεια από το Ποικίλο Όρος, ενώ ανατολικά και βορειοδυτικά ορίζεται από λόφους μικρότερου υψομέτρου. Η περιοχή μελέτης περιορίζεται από τις σιδηροδρομικές γραμμές του τρένου προς Λαμία και Πελοπόννησο και από τους οδικούς άξονες προς Μενίδι και Φυλή. Στη συνέχεια περιβάλλεται από συνεχή και πυκνό οικιστικό ιστό (Χάρτης 1 και Χάρτης 7).

5.2 Ιστορικά στοιχεία εξέλιξης της περιοχής-Ιδιοκτησιακό καθεστώς

Το Πάρκο Τρίτση αποτελούσε τμήμα ενός βασιλικού κτήματος 2.500 στρεμμάτων (γνωστό ως «Πύργος Βασιλίσσης») που δημιουργήθηκε γύρω στο 1848, από τη βασίλισσα Αμαλία με σκοπό να εξελιχθεί σε Πρότυπο Κέντρο Γεωργίας και Κτηνοτροφίας. Η ευρύτερη περιοχή ήταν καθαρά γεωργική και κάλυπτε τις ανάγκες σε αγροτικά προϊόντα της τότε μικρής πόλης των Αθηνών και των διάσπαρτων οικισμών του λεκανοπεδίου. Ειδικότερα η περιοχή γνωστή και ως «Επτάλοφος» (το κτήμα περιλάμβανε επτά λόφους) αποτελούνταν από 2.200 στρέμματα επιπέδου καλλιεργήσιμου εδάφους και 300 στρέμματα λοφώδους εδάφους. Τις καλλιέργειες αποτελούσαν οπωροφόρα δέντρα, αμπέλια, ελιές, μουριές και φιστικιές, ενώ αναπτύχθηκε υποδειγματικά η κτηνοτροφία (αγελάδες, χοίροι, πρόβατα, όρνιθες, χήνες, πάπιες, περιστέρια, άλογα). Την ίδια περίοδο προκειμένου να εξασφαλιστεί ικανής και καλής ποιότητας νερό για τις ανάγκες του αγροκτήματος, ανοίχτηκε αρτεσιανό φρέαρ.



Εικόνα 14, Αριστερά: τοπογραφικό διάγραμμα του κτήματος της “Επτάλοφου” 1868, δεξιά: άποψη του κτήματος, Πηγή: www.parkotritsi.gr/parko-istoria.htm

Το 1863 με την κατάργηση της βασιλείας η έκταση κηρύσσεται εθνική ιδιοκτησία, αλλά η βασίλισσα Αμαλία μεταβιβάζει το κτήμα σε ιδιώτη, χωρίς το κράτος να διεκδικήσει τα δικαιώματά του επί της ιδιοκτησίας. Η οικογένεια Σερπιέρη στην κατοχή της οποίας περιέρχεται το κτήμα, το 1931 συστήνει την «Αγροτική εταιρεία Πύργος Βασιλίσσης ΑΕ» και μεταβιβάζει στην εταιρεία την έκταση. Μέχρι την περίοδο αυτή το αγρόκτημα και η περιοχή, διατηρούν το χαρακτήρα τους, αφού η νεοσύστατη τότε εταιρεία σκοπεύει να καταστήσει το άλλοτε εγκαταλειμμένο κτήμα, πρότυπο γεωργίας και κτηνοτροφίας - αυτό δηλαδή που είχε πετύχει η βασίλισσα Αμαλία πριν από 80 χρόνια.

Η ευρύτερη περιοχή που στην εποχή της βασίλισσας Αμαλίας ονομάζεται «Ιλίου Τρώας», από το 1925 αποτελεί την ανεξάρτητη Κοινότητα Νέων Λιοσίων που δέχεται κύματα προσφύγων, με εμφανή σημάδια αστυφιλίας. Την περίοδο 1940-50 η Κατοχή και ο εμφύλιος πόλεμος διχάζουν το λαό και αποτελούν τροχοπέδη στην ανάπτυξη της περιοχής, όπως και της χώρας γενικότερα. Ειδικότερα στο αγρόκτημα εγκαθίστανται γερμανική φρουρά και στην Κατοχή πολλοί κάτοικοι της περιοχής, καταφέρνουν να επιζήσουν χάρη στα δένδρα και στις ελιές του κτήματος.

Τα πρώτα χρόνια μετά τον πόλεμο, στην ευρύτερη περιοχή επικρατούν προβλήματα ύδρευσης, άρδευσης και ηλεκτρισμού, ενώ συνδυαστικά η έκρηξη της οικιστικής ανάπτυξης, οδηγούν στην σταδιακή συρρίκνωση του αγροκτηνοτροφικού χαρακτήρα της περιοχής. Το ίδιο το κτήμα του Πύργου Βασιλίσσης αρχίζει και αυτό να συρρικνώνεται. Μετά τις καταστροφές που υπέστη από τον πόλεμο, φιλοξενεί τις «Σχολές Μηχανικής Καλλιέργειας Πύργου Βασιλίσσης», τη λειτουργία των οποίων στηρίζει οικονομικά και η Κοινότητα Νέων Λιοσίων.

Το 1963 η Κοινότητα των Νέων Λιοσίων με το Βασιλικό Διάταγμα 212 προάγεται σε Δήμο με έκταση περίπου τη σημερινή. Ο δήμος ακολουθεί την ίδια πορεία με τους άλλους δήμους του λεκανοπεδίου: αύξηση του πληθυσμού, οικοπεδοποίηση, εντάξεις στο Σχέδιο Πόλης, έργα υποδομής. Το Κτήμα Πύργου Βασιλίσσης «ακρωτηριάζεται» ως επακόλουθο του σύγχρονου μοντέλου ανάπτυξης. Ένα μεγάλο του μέρος περνά στο Εθνικό Ίδρυμα Επαγγελματικής Προστασίας του Λαού, στο Ίδρυμα Αποκατάστασης Αναπήρων, στο Ίδρυμα Μητέρα, στο Ίδρυμα Απροσάρμοστων Παίδων Θεοτόκο. Μέχρι το 1987 η περιοχή δεν έχει ενιαίο χαρακτήρα και η έκταση συνεχώς συρρικνώνεται. Όσον αφορά στην προστασία της δημόσιας έκτασης, οι πρώτες προσπάθειες της πολιτείας ξεκινούν το 1985, όταν ο τότε υπουργός ΥΠΕΧΩΔΕ Αντώνης Τρίτσης αποφασίζει να μεταβιβάσει τις αρμοδιότητες στο νεοσύστατο τότε Οργανισμό Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος Αθήνας (ΟΡΣΑ). Ο ΟΡΣΑ αναλαμβάνει να επαναπροσδιορίσει τον ενιαίο χαρακτήρα του Πάρκου και να εκπονήσει τις πρώτες μελέτες, σε έναν χώρο που βρίσκονταν υπό τον κίνδυνο διαμελισμού. Παρόλα αυτά, μια έκταση περίπου 360 στρεμμάτων που κατέχουν οι απόγονοι του Σερπιέρη, μένει εκτός πάρκου καθώς καμία κρατική υπηρεσία δεν κινητοποιήθηκε ώστε να την απαλλοτριώσει. Σύμφωνα με το Ρυθμιστικό Σχέδιο της Αθήνας (Ν.1515/85,2052/92) και τις ειδικές μελέτες του ΟΡΣΑ, η έκταση του νέου πάρκου, προορίζεται να διαμορφωθεί σε υπερτοπικό πόλο αναψυχής «οικολογικό πάρκο περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και κέντρο εκπαίδευσης». Τα έργα στο χώρο ξεκινούν το 1993 και χρηματοδοτούνται κατά 75% από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα urban. Το Σεπτέμβριο του 1994 ο Δήμος Νέων Λιοσίων μετονομάζεται σε Δήμο Ιλίου. Για τα επόμενα σχεδόν 10 χρόνια ο χώρος παραμένει εργοτάξιο (κακοτεχνίες και ελλείψεις σταματούν τη χρηματοδότηση) και τελικά το 2002 το πάρκο ανοίγει επίσημα τις πόρτες του ύστερα από πολλές δυσκολίες.

Με τα Π.Δ. 27.12.95 (ΦΕΚ 20Δ/96) και 19.02.96 (ΦΕΚ 221Δ/96) πολεοδομούνται 366.366 τ.μ. ιδιοκτησίας της «Αγροτικής Εταιρείας Πύργος Βασιλίσσης Α.Ε.» και συντελούνται οι ακόλουθες ρυθμίσεις: α) τμήμα 246.291 τ.μ. χαρακτηρίζεται ως ζώνη οικιστικού ελέγχου β) τμήμα 49.089 τ.μ. χαρακτηρίστηκε οικοδομήσιμος χώρος εντός σχεδίου πόλεως και γ) τμήμα 70.984,30 τ.μ. παραχωρήθηκε στο Δήμο Ιλίου σαν εισφορά σε γη. Έτσι η δημόσια πλέον έκταση έχει την τύχη των υπόλοιπων δημόσιων εκτάσεων της Αττικής, λειτουργώντας ως Τράπεζα Γης, που κατά καιρούς τμήματά της έχουν διατεθεί κατά χρήση ή κυριότητα για να καλυφθούν ανάγκες, στεγαστικές ή κοινωνικών εξυπηρετήσεων του Ελληνικού Δημοσίου.

Μετά την ολοκλήρωση των έργων (2002) και την ίδια χρονιά, συστήνεται φορέας με τη μορφή ΝΠΙΔ, ο «Οργανισμός Ανάπτυξης και Διαχείρισης Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης

Αντώνης Τρίτσης» (ΦΕΚ 172Α/26.07.02), με πλήρη διοικητική και οικονομική αυτοτέλεια, δίχως κερδοσκοπικό χαρακτήρα που βρίσκεται υπό την εποπτεία του ΥΠΕΚΑ. Αρχικά διοικητικά αποτελούνταν από 9μελές Συμβούλιο στο οποίο συμμετείχαν όμοροι δήμοι, εκπρόσωποι του ΥΠΕΚΑ, της Νομαρχίας, του ΠΡΣΑ, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου και περιβαλλοντικών οργανώσεων (πρόεδροι του φορέα διατέλεσαν αρκετές χρονιές οι δήμαρχοι όμορων δήμων). Τελικά το 2011 λόγω συρρίκνωσης του ευρύτερου δημοσίου τομέα, ο φορέας συγχωνεύτηκε με τους φορείς του Ελαιώνα και του Κηφισού δημιουργώντας το «Μητροπολιτικό Φορέα Ανάπλασης και Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Αττικής» (άρθρο 59 ΦΕΚ 180/Α/22.8.2011).

5.3 Ισχύοντες Όροι-Κανονισμοί-Νομοθεσία στο Πάρκο Τρίτση

Η σχετική νομοθεσία που αφορά στο Πάρκο Τρίτση περιλαμβάνει τα εξής:

(1). Αποφ.75154/4275/23.06.1993, (ΦΕΚ 891Δ/09.08.93)

Αφορά στον χαρακτηρισμό ως διατηρητέων του κτιρίου Πύργου Βασιλίσσης, των αγροτικών συγκροτημάτων, του περιβάλλοντα χώρου αυτών, καθώς και των δύο δενδροστοιχιών, που βρίσκονται στην περιοχή των Αγ. Αναργύρων καθώς και τον καθορισμό ειδικών όρων και περιορισμών δόμησης αυτών.

(2). Δ/γμα 27.12.95 (άρθρο 1), ΦΕΚ 20Δ/19.01.1996

Αναφέρεται στον Καθορισμό Ζώνης Οικιστικού Ελέγχου χρήσεων γης και περιορισμών δόμησης (Οικολογικό Πάρκο Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης) στις εκτός σχεδίου και εκτός ορίων οικισμών προ του έτους 1923 περιοχές των δήμων Ιλίου (Ν. Λιοσίων), Αγ. Αναργύρων και Καματερού (Ν. Αττικής) σύμφωνα με το οποίο καθορίζονται χρήσεις γης και όροι και περιορισμοί δόμησης κατά περιοχές (Α, Β και Γ).

(3). Α.π.4007/13.11.2001

Αφορά στην παραχώρηση της χρήσης του Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντώνη Τρίτση στον ΑΣΔΑ (Αναπτυξιακός Σύνδεσμος Δυτικής Αθήνας) από την ΚΕΔ.

(4). Π.Δ.184, ΦΕΚ 172Α/26.07.2002)

Αφορά στη σύσταση, οργάνωση και λειτουργία νομικού προσώπου ιδιωτικού δικαίου με την επωνυμία «Οργανισμός Διοίκησης και Διαχείρισης Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντώνη Τρίτση» στη θέση Πύργος Βασιλίσσης.

(5). Απόφ. Δ 3076, ΦΕΚ 1394Β/01.11.2002

Προσδιορίζει τη συγκρότηση Διοικητικού Συμβουλίου του Οργανισμού Διοίκησης και Διαχείρισης Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντώνη Τρίτση.

(6). Π.Δ.55/27.02.03, (ΦΕΚ 59Α/07.03.2003)

Αποτελεί τροποποίηση του 184/2002 π.δ/τος και αφορά σε σύσταση, οργάνωση και λειτουργία νομικού προσώπου ιδιωτικού δικαίου με την επωνυμία «Οργανισμός Διοίκησης και Διαχείρισης

Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντώνη Τρίτση» στη θέση Πύργος Βασιλίσσης (Α' 172).

(7). Απόφ. 47936/14.11.2005 (ΦΕΚ 1687B/01.12.2005)

Αναφέρεται στη Συγκρότηση Διοικητικού Συμβουλίου του Οργανισμού Διοίκησης και Διαχείρισης Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντώνη Τρίτση.

(7). Απόφ.ΥΠΠΟ/ΔΝΣΑΚ/22762/670/28.03.'06, (ΦΕΚ 456B/13.04.2006)

Αφορά στον χαρακτηρισμό ως μνημείου του Συγκροτήματος του «Πύργου Βασιλίσσης» στο Ίλιον Αττικής, φερόμενης ιδιοκτησίας Ιωάννη Σερπιέρη.

(8). Απόφ. 18068/02.05.2006, ΦΕΚ 560B/05.05.2006

Αποτελεί τροποποίηση και συμπλήρωση της υπ' αριθμ. 47936/14.11.2005 απόφασης του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων «Συγκρότηση Διοικητικού Συμβουλίου του Οργανισμού Διοίκησης και Διαχείρισης Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντώνη Τρίτση».(Β' 1687)

(9). Επιπλέον ο χώρος του Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντώνη Τρίτση στη θέση Πύργος Βασιλίσσης περιλαμβάνεται και στο Ρυθμιστικό Σχέδιο και Πρόγραμμα Προστασίας Περιβάλλοντος της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας (Ρ.Σ.Α.) σύμφωνα με την παρ.2.3δ, του άρθρου 15 του Ν.1515/85, ΦΕΚ 18Α/18.02.1985, όπως συμπληρώθηκε με το άρθρο 11 του ΦΕΚ 94Α/1992.

(10).Τέλος η περιοχή του Πάρκου περιλαμβάνεται και στις περιοχές των Γενικών Πολεοδομικών Σχεδίων των όμορων Δήμων και τα οποία είναι τα εξής: (α) Έγκριση Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (Γ.Π.Σ.) του Δήμου Αγ. Αναργύρων και του Δήμου Νέων Λιοσίων (ν.Αττικής) (Απόφ. 51959/3336/11.07.1989, ΦΕΚ 518Δ/24.08.1989), (β) Έγκριση Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (Γ.Π.Σ.) του Δήμου Νέων Λιοσίων (ν.Αττικής) (Απόφ. 9800/1393/12.03.1991, ΦΕΚ 226Δ/08.05.1991), (γ) Έγκριση Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (Γ.Π.Σ.) του Δήμου Αγ. Αναργύρων και τμήματος του Δήμου Νέων Λιοσίων (ν.Αττικής) (Απόφ. 79711/5153/06.08.1992, ΦΕΚ 1374Δ/31.12.1992), (δ) Συμπλήρωση του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (Γ.Π.Σ.) του Δήμου Νέων Λιοσίων (Ιλίου – Ν. Αττικής). (Απόφ. 3477/725/01.02.1995, ΦΕΚ 79Δ/17.02.1995), (ε) Έγκριση Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (Γ.Π.Σ.) του Δήμου Καματερού (Ν. Αττικής) (Απόφ. 92174/05.10.1996, ΦΕΚ 1365Δ/22.11.1996).

5.4 Ανθρωπογενές περιβάλλον

5.4.1 Κοινωνικο-οικονομικά στοιχεία

Η ευρύτερη περιοχή του Πάρκου Τρίτση βρίσκεται στο δυτικό μέρος του λεκανοπεδίου της Αττικής, που διακρίνεται από το υπόλοιπο αστικό συγκρότημα με τον ποταμό Κηφισό. Οι όμοροι δήμοι του Πάρκου Τρίτση είναι ο Καλλικρατικός δήμος Αγίων Αναργύρων-Καματερού.. Η περιοχή μελέτης όμως δεν έχει μόνο τοπική εμβέλεια, αλλά υπερτοπική και για το λόγο αυτό παρουσιάζο-

νται τα κοινωνικο-οικονομικά στοιχεία που σχετίζονται με την ευρύτερη ενότητα αναφοράς της Δυτικής Αττικής.

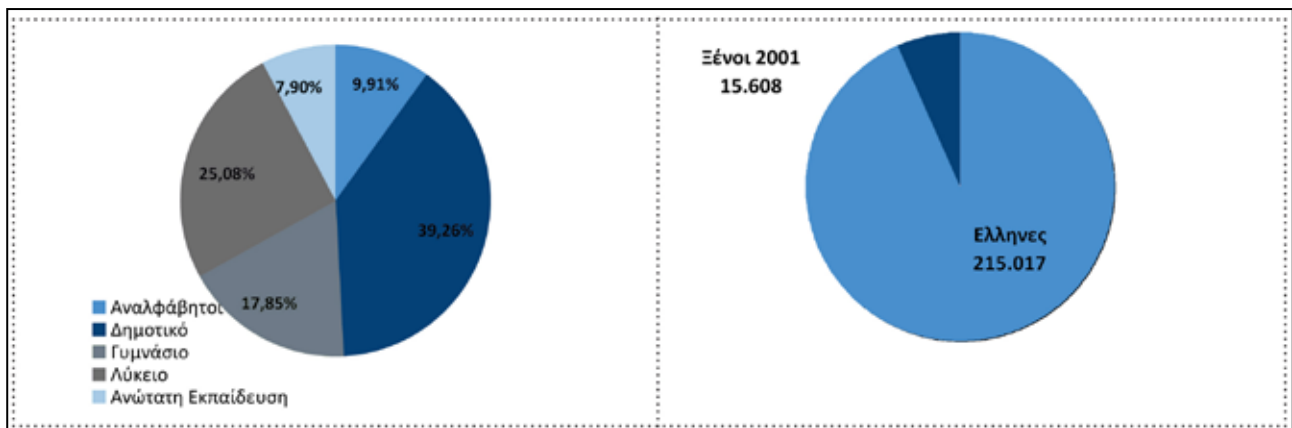
Προκειμένου λοιπόν να ερευνηθεί η εικόνα της τοπικής κοινωνίας και να προσδιοριστεί η ταυτότητα των δήμων, συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν στοιχεία που αφορούν σε κοινωνικά δεδομένα. Στον πίνακα 8 φαίνεται η εξέλιξη του πληθυσμού στους δήμους της Δυτικής Αττικής σύμφωνα με στοιχεία της ΕΣΥΕ, από την απογραφή του 1971 μέχρι την τελευταία, το 2011.

	Πληθυσμός 1971	Πληθυσμός 1981	Πληθυσμός 1991	Πληθυσμός 2001	Πληθυσμός 2011	
Αγ. Αναργούροι	26.094	30.032	30.062	35.072	33.578	
Ίλιον	52.217	72.427	78.029	85.572	83.241	
Καματερό	11.382	15.593	18.759	23.172	27.734	
Συνολικά	89.693	118.052	126.850	143.816	144.553	▲
Πετρούπολη	18.631	27.902	38.154	51.559	57.709	
Αγ.Βαρβάρα	26.409	29.259	28.447	31.354	26.203	
Χαϊδάρι	38.121	47.396	47.882	48.494	46.634	
Αιγάλεω	79.961	81.744	79.056	77.917	68.623	
Συνολικά	252.815	304.353	320.389	353.140	343.722	▼

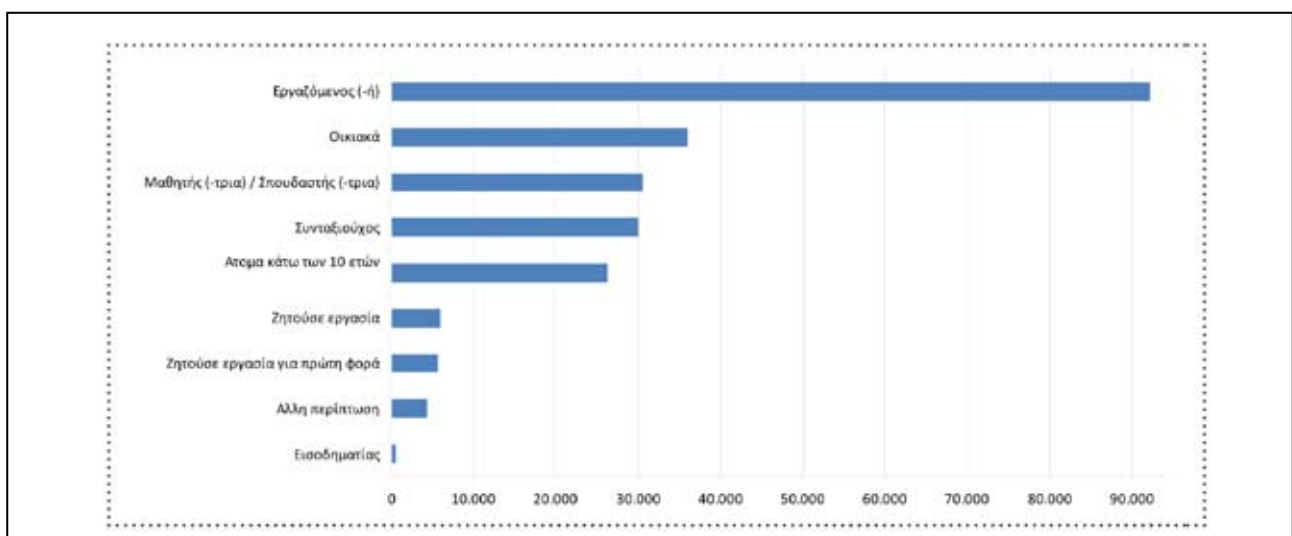
Πίνακας 9, Εξέλιξη πληθυσμού των δήμων Δυτικής Αττικής, Πηγή: ΕΣΥΕ

Ο πληθυσμός των δήμων Ιλίου, Αγ.Αναργύρων-Καματερού παρουσιάζει μέχρι την τελευταία απογραφή μια γενική αύξηση, ενώ συνολικά οι δήμοι της Δυτικής Αττικής παρουσιάζουν μέχρι την απογραφή του 2001 αύξηση, ενώ σημειώνεται μια μικρή πτώση στην απογραφή του 2011. Συνακόλουθα από τα στοιχεία της απογραφής του 2001 σύμφωνα με την ΕΣΥΕ προκύπτει πως η πλειοψηφία των απασχολούμενων απορροφάται από τον τριτογενή τομέα παραγωγής με ποσοστό 62,8% και ακολουθεί ο δευτερογενής τομέας με ποσοστό απασχόλησης 26,5%.

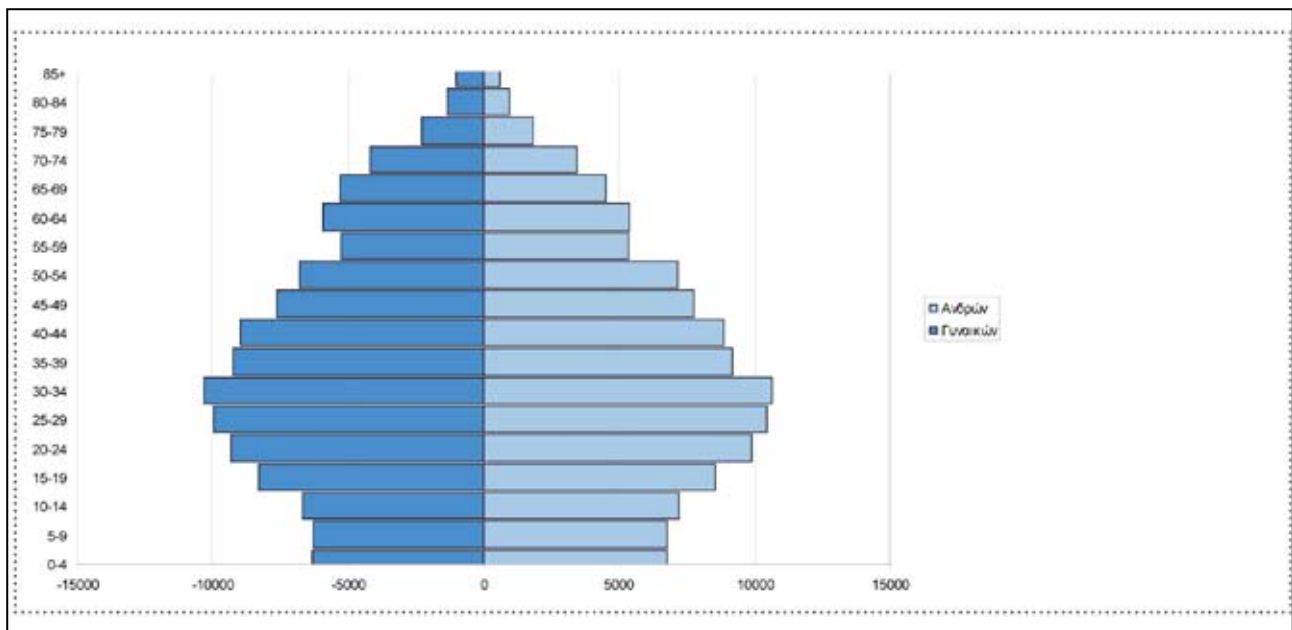
Στη συνέχεια συλλέχθηκαν δημογραφικά δεδομένα που αφορούν σε κοινωνικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού όπως το μορφωτικό επίπεδο, η υπηκοότητα, η ασχολία του πληθυσμού και οι ηλικιακή σύνθεση. Ορισμένοι δείκτες επειδή προκύπτουν από τα στατιστικά δεδομένα του 2001 όπως π.χ. η ανεργία ή ο αριθμός των μεταναστών, δεν αποτελούν σαφείς ενδείξεις για την εικόνα σήμερα (Σχήματα 32,33). Συμπερασματικά η κοινωνική σύνθεση των περιοχών που γειτνιάζουν με το Πάρκο Τρίτση χαρακτηρίζεται από πληθυσμό με χαμηλό εισόδημα και μορφωτικό επίπεδο, καθώς και από αυξημένο αριθμό οικονομικών μεταναστών που εγκαταστάθηκαν στην περιοχή κυρίως στο τέλος της δεκαετίας του 1990.



Σχήμα 32, Αριστερά: Μορφωτικό επίπεδο των δήμων, δεξιά: Υπηκοότητα των κατοίκων, Πηγή: ΕΣΥΕ (2001), Επεξεργασία: Σ. Χαλδέζου



Σχήμα 33, Ασχολία του πληθυσμού, Πηγή: ΕΣΥΕ (2001), Επεξεργασία: Σ. Χαλδέζου



Σχήμα 34, Ηλικιακή σύνθεση πληθυσμού, Πηγή: ΕΣΥΕ (2001), Επεξεργασία: Σ. Χαλδέζου

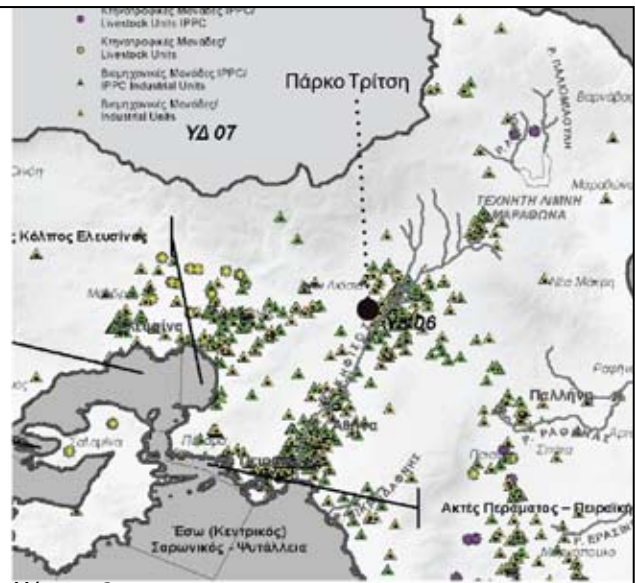
5.4.2 Προβλήματα της ευρύτερης περιοχής μελέτης (Δυτική Αττική) - Πιέσεις στα υδατικά οικοσυστήματα

Σε γενικές γραμμές το εύρος των πιθανών ρυπαντικών πιέσεων στα υδατικά συστήματα είναι μεγάλο και η κατηγοριοποίησή τους απαραίτητη και ιδιαίτερα δύσκολη, αφού ο ίδιος ο ρύπος μπορεί να προκύψει από διαφορετικές πηγές, να βρεθεί σε διαφορετικές μορφές ή να προκαλέσει ποικιλία επιπτώσεων. Η συνηθέστερη διάκριση κατηγοριοποιεί τους ρύπους ανάλογα με τη πηγή προέλευσης σε σημειακές και μη σημειακές πηγές. Οι σημειακές πηγές ρύπανσης σχετίζονται με: (1) τα αστικά υγρά απόβλητα από οικισμούς, (2) τη βιομηχανική δραστηριότητα, (3) τα στραγγίδια από Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων, (4) τα μεταλλεία-λατομεία, (5) τη σταβλισμένη κτηνοτροφία. Οι μη σημειακές πηγές ρύπανσης σχετίζονται με: (1) τα αστικά υγρά απόβλητα από οικισμούς που δεν εξυπηρετούνται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, (2) απορροές από την αγροτική δραστηριότητα, (3) τη μη σταβλισμένη κτηνοτροφία, (4) τα στραγγίδια από Χώρους Ανεξέλεγκτης διάθεσης Απορριμμάτων (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής, 2013).

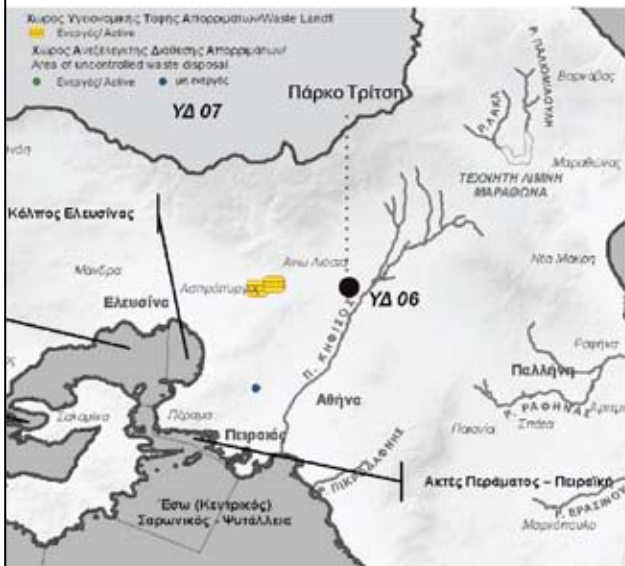
Η Δυτική Αττική θεωρείται υποβαθμισμένη περιβαλλοντικά. Στο υπόγειο υδατικό σύστημα της Λεκάνης του Κηφισού παρατηρείται συγκέντρωση βιομηχανιών, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται το επιφανειακό σύστημα του ποταμού Κηφισού. Αυτό γιατί κατά μήκος του άξονα Αθήνα-Πειραιάς, στο Αιγάλεω και στο Περιστέρι, συγκεντρώνεται η βιομηχανία του Ελαιώνα, αλλά και σε μικρή σχετικά απόσταση βρίσκεται η ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη του Περάματος και οι βιομηχανικές περιοχές του Πειραιά, του Κερατσινίου, της Δραπετσώνας, του Ασπροπύργου και της Ελευσίνας. Επιπλέον στην περιοχή της Δυτικής Αττικής λειτουργεί ο ΧΥΤΑ Φυλής, στη θέση «Σκαλιστήρι» έκτασης περίπου 1.000 στρεμμάτων που βρίσκεται μεταξύ των ορέων Πάρνηθα και Αιγάλεω. Ο ΧΥΤΑ Φυλής γειτνιάζει με τους μη λειτουργούντες πλέον ΧΥΤΑ I και II Άνω Λιοσίων και των ΧΔΑ Άνω Λιοσίων. Η πίεση που προκύπτει για τα υδατικά συστήματα από τη λειτουργία τους θεωρείται σημαντική, ειδικά όταν δεν εφαρμόζονται τα έργα αντιρρύπανσης που προβλέπονται στους Περιβαλλοντικούς Όρους. Επιπλέον ο ΧΑΔΑ που λειτουργούσε στη θέση Σχιστό Περάματος μέχρι το 2003, έχει αφήσει μια βαριά «τοξική» κληρονομιά στη Δυτικό Λεκανοπέδιο. Επί 20 χρόνια τα ραδιενεργά απόβλητα του εργοστασίου Λιπασμάτων Δραπετσώνας, απορρίπτονταν στην περιοχή (10.000.000 τόνοι ραδιενεργού φωσφογύψου απορρίφθηκαν στο διάστημα 1979 έως 1999 χωρίς ουσιαστικό έλεγχο από καμιά κρατική υπηρεσία) και σε πλαγιά του όρους Αιγάλεω, ρυπαίνοντας τον υδροφόρο ορίζοντα. Η αποκατάσταση του ΧΑΔΑ έχει ξεκινήσει εδώ και χρόνια, αφού χαρακτηρίστηκε ως η πλέον επικίνδυνη ανοιχτή χωματερή της Αθήνας. Συνακόλουθα στη Μεταμόρφωση λειτουργεί Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων (ΚΕΛΜ) που επεξεργάζεται και οικιακά βοθρολύματα του Νομού Αττικής.



Χάρτης 2



Χάρτης 3



Χάρτης 4



Χάρτης 5

Χάρτης 2, Χάρτης εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων (επάνω αριστερά)

Χάρτης 3, Χάρτης βιομηχανικών και κτηνοτροφικών μονάδων (επάνω δεξιά)

Χάρτης 4, Χάρτης υγειονομικής ταφής απορριμμάτων και χώροι ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων (κάτω αριστερά)

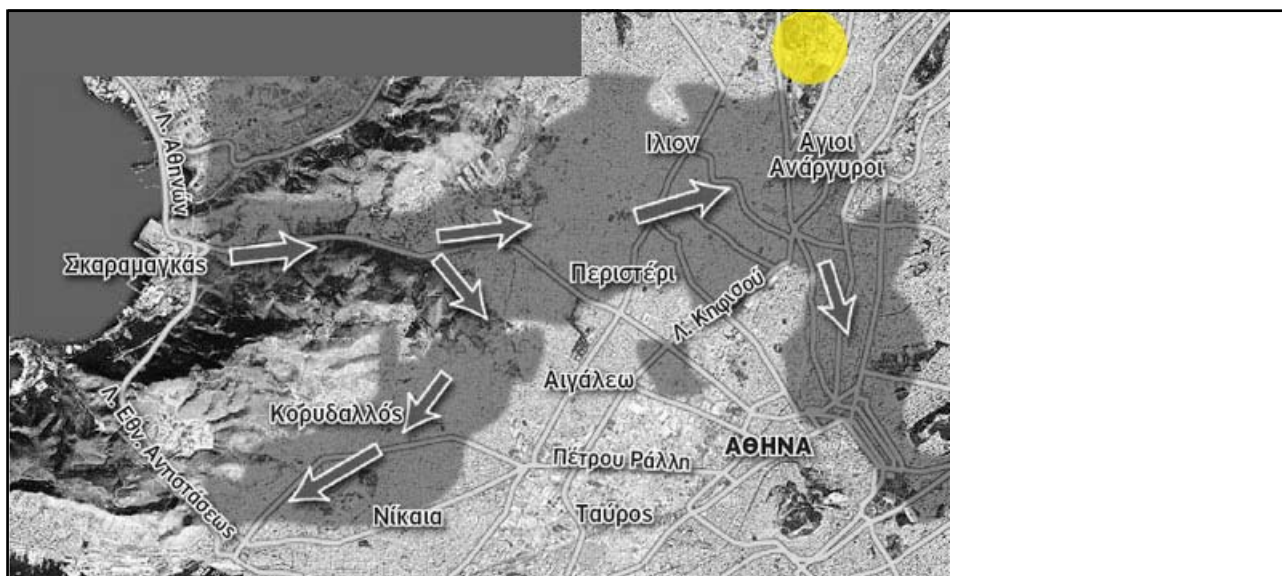
Χάρτης 5, Χάρτης με εντάσεις πίεσης από διάχυτες πηγές ρύπανσης (κάτω δεξιά),

Πηγή: Επιχειρησιακή οργάνωση των δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων (Α' Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου), Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος, 2010.

Επιπλέον η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από έντονη κυκλοφοριακή φόρτιση από υπεραστικές και προαστιακές συγκοινωνίες και μεταφορές. Ο δυτικός τομέας του Λεκανοπεδίου φιλοξενεί δυο τερματικούς σταθμούς υπεραστικών λεωφορείων στον Κηφισό και στη Λιοσίων. Στη διέλευση από τις υπεραστικές οδικές αρτηρίες των δυτικών συνοικιών πρέπει να προστεθούν και τα δρομολόγια των προαστιακών γραμμών Δυτικής Αττικής, όπως και τα φορτηγά και τροχοφόρα που εισέρχονται στην Αθήνα και κατευθύνονται είτε στις βιομηχανίες της περιοχής, είτε μέσω Κηφισού στον Πειραιά. Η άμεση γειτνίαση της Δυτικής Αττικής με το ρυπογόνο κέντρο της Αθήνας, τα ΧΥΤΑ

και το ΚΕΛΜ, επιβαρύνουν την ήδη φορτισμένη με ρύπους ατμόσφαιρα της περιοχής.

Τέλος η Δυτική Αθήνα είναι μια περιοχή πολεοδομικά κορεσμένη. Στη μεγαλύτερη έκτασή της η κατοικία αποτελεί τη βασική χρήση, αφού καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του αστικού ιστού. Οι χώροι με εγκατεστημένες χρήσεις εμπορίου, διοίκησης, υπηρεσιών, αναψυχής, παραγωγικών δραστηριοτήτων είναι ουσιαστικά ενσωματωμένοι στον ιστό της κατοικίας. Η κατοικία όσον αφορά στη χωροθέτησή της στη Δυτική Αθήνα, καθορίστηκε ιστορικά από την παραγωγική δραστηριότητα της βιομηχανίας, βιοτεχνίας και των λατομείων. Αργότερα καθώς επεκτείνεται το σχέδιο πόλης, η πόλη ξεκινώντας από τους υπάρχοντες οικιστικούς πυρήνες, παρέχει φθηνή γη, που θα καταπατηθεί και θα οικοπεδοποιηθεί χωρίς προγραμματισμό, με αποτέλεσμα από τη μια την ανυπαρξία ελεύθερου χώρου μέσα στον αστικό ιστό και από την άλλη τη γειτνίαση των ασυμβίβαστων χρήσεων με την αυθαίρετη δόμηση. Η γενικότερη έλλειψη εφαρμογής περιοριστικών νομοθετικών μέτρων έδωσε κίνητρα στην κερδοσκοπία. Οι περιοχές αυθαιρέτων αποτελούν σύνηθες φαινόμενο και πρόκειται για πυκνοδομημένες περιοχές με βασικά χαρακτηριστικά τη μετριότατη ποιότητα κτιρίων, την έλλειψη ελεύθερων χώρων, το ανεπαρκές και κακής ποιότητας οδικό δίκτυο και την έλλειψη χώρων για υποδομές (κοινωνικές, αθλητικές, πολιτισμικές κτλ)

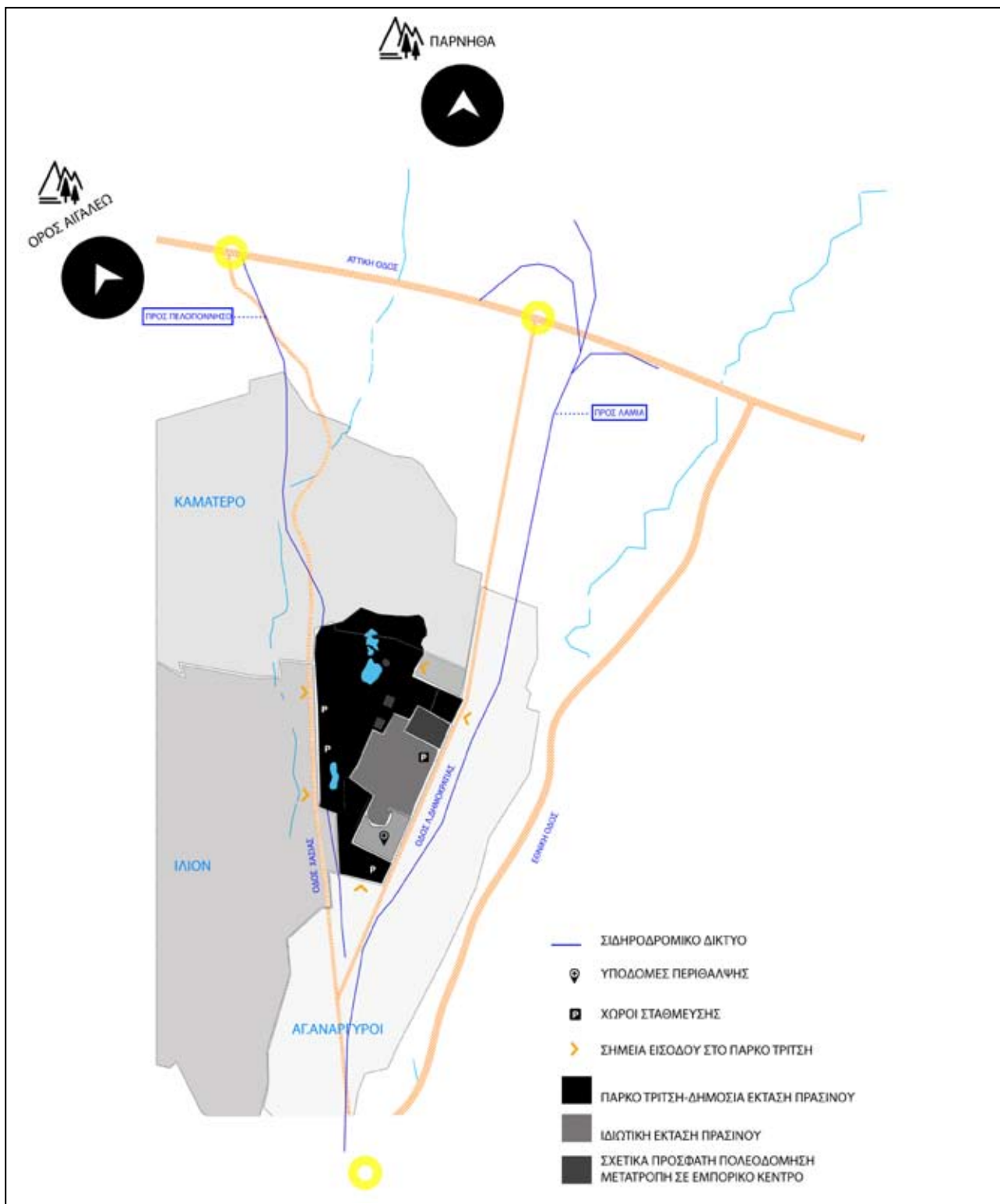


Χάρτης 6, Η διαδρομή της ρύπανσης στην περιοχή του Δυτικού Λεκανοπεδίου, Πηγή <http://otyposnews.gr/archives/12527>

5.4.3 Περιμετρικές χρήσεις γης και πρόσβαση στο Πάρκο Τρίτση

Στο ανατολικό όριο του Πάρκου επί της λεωφόρου Δημοκρατίας τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται ραγδαία μεγάλα εμπορικά καταστήματα, ένας πολυκινηματογράφος καθώς και πόλοι εστίασης και αναψυχής. Προς νότο πριν συναντήσουμε το πάρκο, βρίσκεται το νεκροταφείο Αγ.Αναργύρων, το κέντρο βρεφών Μητέρα και κάποιες σημαντικές σε έκταση και λειτουργικότητα εγκαταστάσεις του Υπουργείου Γεωργίας. Δυτικά της περιοχής μελέτης και κατά μήκος της οδού Χασιάς, οι παρακείμενες του πάρκου χρήσεις είναι εντελώς αντίθετες προς το χαρακτήρα της, αφού κυριαρχούν βενζινάδικα, συνεργεία, βιοτεχνίες με κυρίαρχη πάντα την χρήση της κατοικίας. Τέλος βόρεια και

νότια του Πάρκου αναπτύσσεται πυκνός οικιστικός ιστός.



Χάρτης 7, Ευρύτερη περιοχή μελέτης, όρια και προσβάσεις

Η πρόσβαση με ιδιωτικό όχημα χαρακτηρίζεται εύκολη, αφού από τον ευρύτερο χώρο του πάρκου διέρχονται άξονες ταχείας κυκλοφορίας. Οι οδοί Δημοκρατίας και Φυλής-Χασιάς αποτελούν τις δύο κύριες οδούς πρόσβασης κατά μήκος των πλευρών του Πάρκου, όπου βρίσκονται οι τρεις εισοδοί (σηματοδοτούνται με πύλες και ελαφριές κατασκευές από πανιά). Μια άλλη είσοδος

βρίσκεται επί της οδού Μουστοξίδη (δίπλα στις εργατικές κατοικίες) που οδηγεί στα γραφεία του φορέα διαχείρισης του Πάρκου και στα γραφεία της ΕΟΕ. Στο βόρειο τμήμα του Πάρκου η Αττική οδός αποτελεί ένα σημαντικό μέσο υπερτοπικής σύνδεσης και οι δύο κόμβοι αυτής, εξυπηρετούν την πρόσβαση στο χώρο. Σχετικά εύκολη είναι και η πρόσβαση από την Εθνική Οδό μέσω των εξόδων στους κόμβους Μεεταμόρφωσης, Φιλαδέλφειας και Αχαρνών.

Η πρόσβαση με τα μέσα μαζικής μεταφοράς εξυπηρετεί σε κάποιο βαθμό το σύνολο της πόλης είτε μέσω λεωφορείων είτε μέσω συνδυασμένης μετακίνησης λεωφορείων και μετρό. Στην πλατεία των Αγίων Αναργύρων λειτουργεί τερματικός σταθμός λεωφορείων από Αθήνα και Πειραιά, που λειτουργεί και ως σταθμός μετεπιβίβασης διαδημοτικών και τοπικών συγκοινωνιών. Η προγραμματιζόμενη επέκταση του προαστιακού σιδηροδρόμου με δύο στάσεις στην ανατολική πλευρά κοντά στο πάρκο, θα συντελέσει στη βιωσιμότητα της προσβασιμότητας στο χώρο.

5.5 Φυσικό περιβάλλον

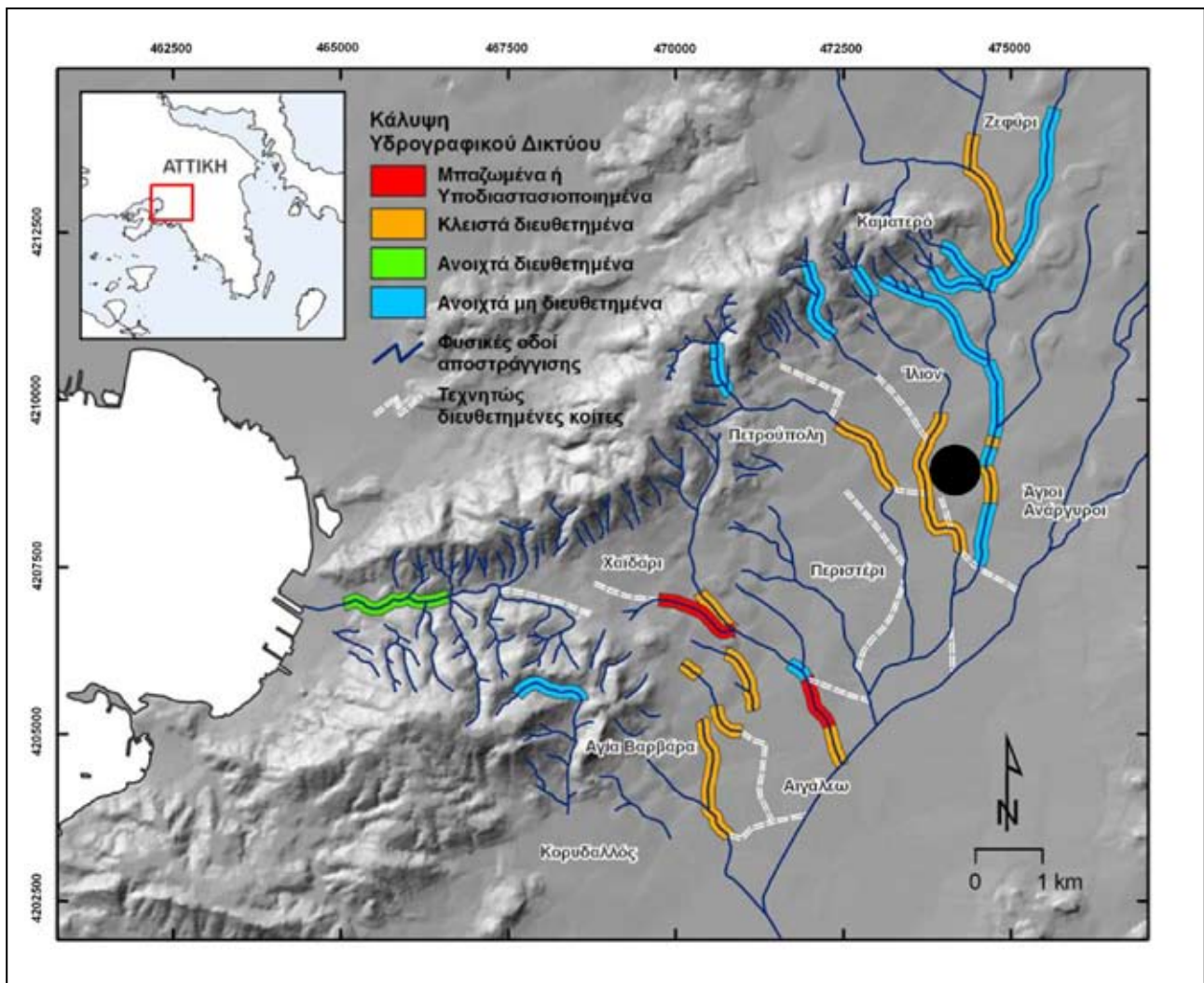
5.5.1 Υδρογραφικό δίκτυο

Η περιοχή μελέτης αποτελεί τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Κηφισού, καλύπτοντας κυρίως το δυτικό τμήμα της κοίτης του. Ειδικότερα αποτελεί τμήμα της υπολεκάνης Περιστερίου, όπου αναπτύσσονται αρκετοί δήμοι της Δυτικής Αττικής. Η υπολεκάνη Περιστερίου αποτελεί τη δεύτερη σε έκταση υπολεκάνη με εμβαδόν 88,86 km², το δίκτυό της απαρτίζεται από 271 κλάδους (1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης}, 4^{ης}, 5^{ης} και 6^{ης} τάξης) και το μήκος τους είναι 272,5 km. Η υδρογραφική πυκνότητα της υπολεκάνης είναι 3,06 km/km² και η υδρογραφική της συχνότητα είναι 4,16 κλ./km², ενώ ο τύπος του υδρογραφικού δικτύου είναι δενδριτικός.

Μεγάλο τμήμα του υδρογραφικού δικτύου της ευρύτερης περιοχής της Δυτικής Αττικής έχει υποστεί σημαντικές αλλοιώσεις. Ο ποταμός Κηφισός έχει δεχτεί σημαντικές τεχνικές επεμβάσεις στο μεγαλύτερο τμήμα του και στον Χάρτη 8 διακρίνονται 4 βασικές κατηγορίες ρεμάτων: (1) τα κλειστά διευθετημένα ρέματα, (2) τα μπαζωμένα ή υποδιαστασιοποιημένα ρέματα, (3) τα ανοιχτά μη διευθετημένα ρέματα και (4) τα ανοιχτά διευθετημένα ρέματα. Περιμετρικά του Πάρκου Τρίτση το υδρογραφικό δίκτυο αποτελείται από κλειστά διευθετημένα ή ανοιχτά μη διευθετημένα ρέματα, τεχνητώς διευθετημένες κοίτες και φυσικές οδούς αποστράγγισης. Τα κυριότερα ρέματα του δήμου Ιλίου και των όμορων δήμων φαίνονται στον Πίνακα 10.

Δήμος	Όνομα ρέματος
Δήμος Αγ.Αναργύρων -Καματερού	Ρέμα Καναπιτσέρι
	Ρέμα Εσχατιάς
	Ρέμα Ευπηρίδων
Δήμος Ιλίου	Ρέμα Εσχατιάς
	Ρέμα Αλφειού
	Ρέμα Μιχελή

Πίνακας 10, Σημαντικά ρέματα των δήμων Ιλίου και Αγ.Αναργύρων-Καματερού

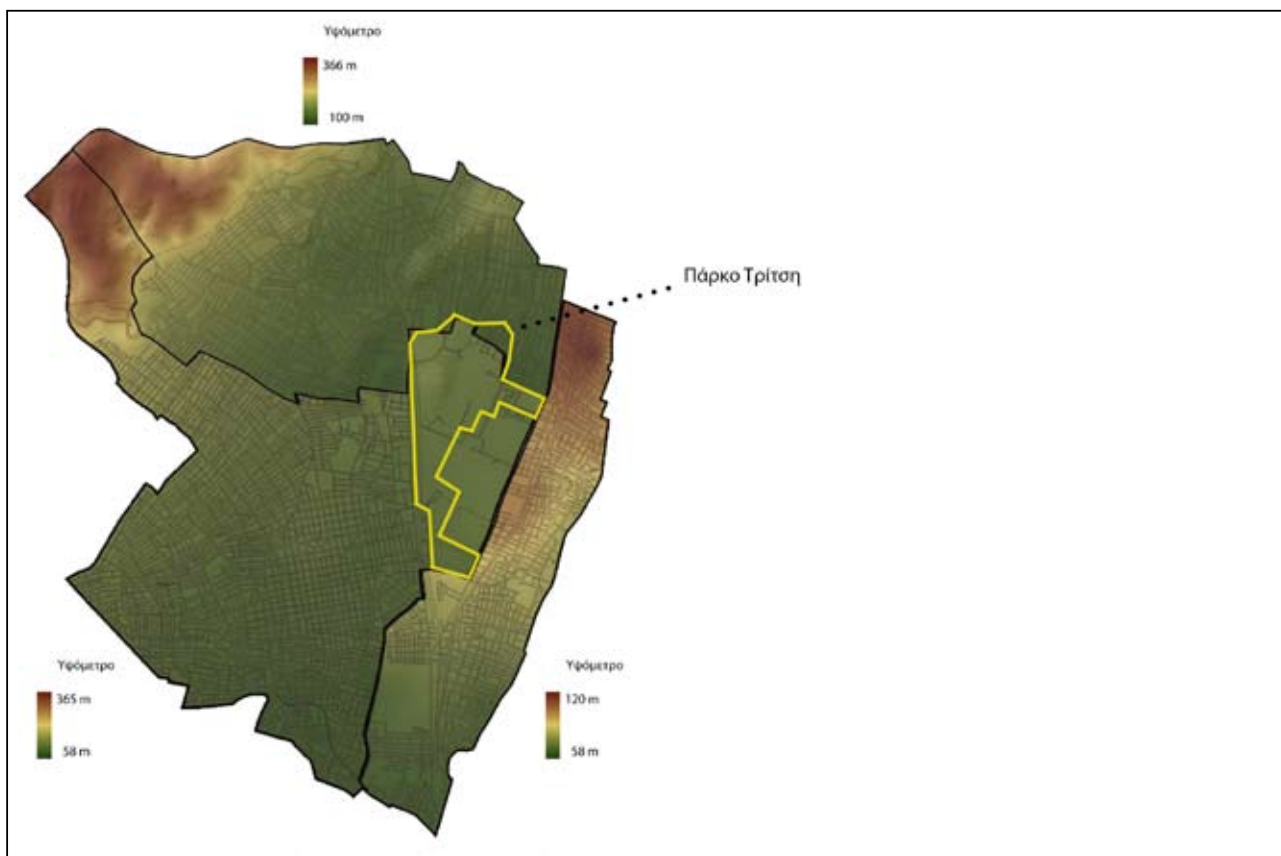


Χάρτης 8, Χάρτης κάλυψης υδρογραφικού δικτύου Δυτικής Αθήνας, Πηγή: Επιχειρησιακή οργάνωση των δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων (Α' Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου), Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος, 2010.

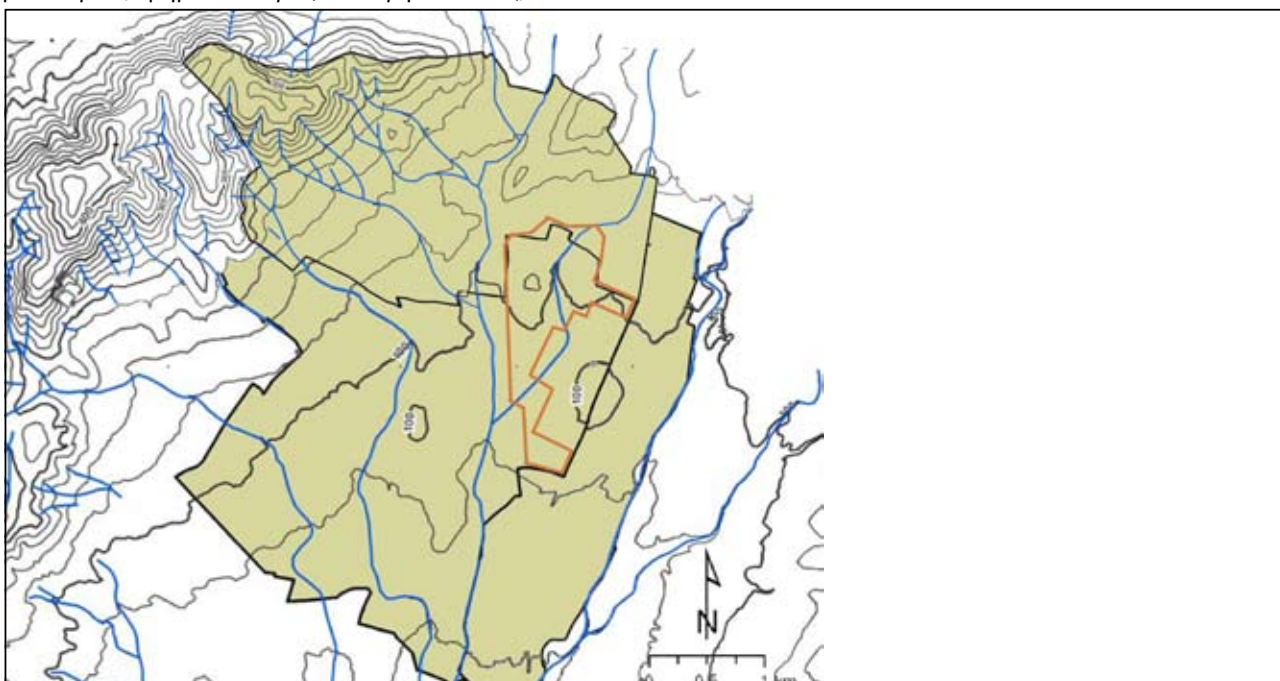
5.5.2 Μορφολογία

Στην ευρύτερη περιοχή του δυτικού λεκανοπεδίου, διακρίνεται η ημιορεινή ζώνη του Αιγάλεω και του Ποικίλου Όρους και η επίπεδη ζώνη του δυτικού λεκανοπεδίου. Οι δύο ορεινοί όγκοι διαχωρίζονται φυσικογεωγραφικά από ένα στενό διάυλο, ο οποίος ενώνει το λεκανοπέδιο της Αθήνας με το Κόλπο της Ελευσίνας. Τα μεγαλύτερα υψόμετρα εντοπίζονται κατά μήκος του Αιγάλεω και του Ποικίλου, ενώ τα μικρότερα στην περιοχή του Σκαρμαγκακά και κατά μήκος της κοίτης του Κηφισού ποταμού. Ειδικότερα το Πάρκο Τρίτση δεν εμφανίζει έντονο ανάγλυφο και μορφολογία.

Στους παρακάτω Χάρτες 9,10, παρουσιάζονται αναλυτικά τοπογραφικά στοιχεία που περιλαμβάνουν Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου με την κατανομή του οικιστικού ιστού και Τοπογραφικό Χάρτη με το φυσικό υδρογραφικό του δίκτυο.



Χάρτης 9, Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου των δήμων Αγίων Αναργύρων-Καματερού και Ιλίου, Πηγή: *Επιχειρησιακή οργάνωση των δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων (Α΄ Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου) Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος, 2010.*



Χάρτης 10, Τοπογραφικός χάρτης των δήμων Αγίων Αναργύρων-Καματερού και Ιλίου, Πηγή: *Επιχειρησιακή οργάνωση των δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων (Α΄ Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου) Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος, 2010.*

5.5.3 Γεωλογία

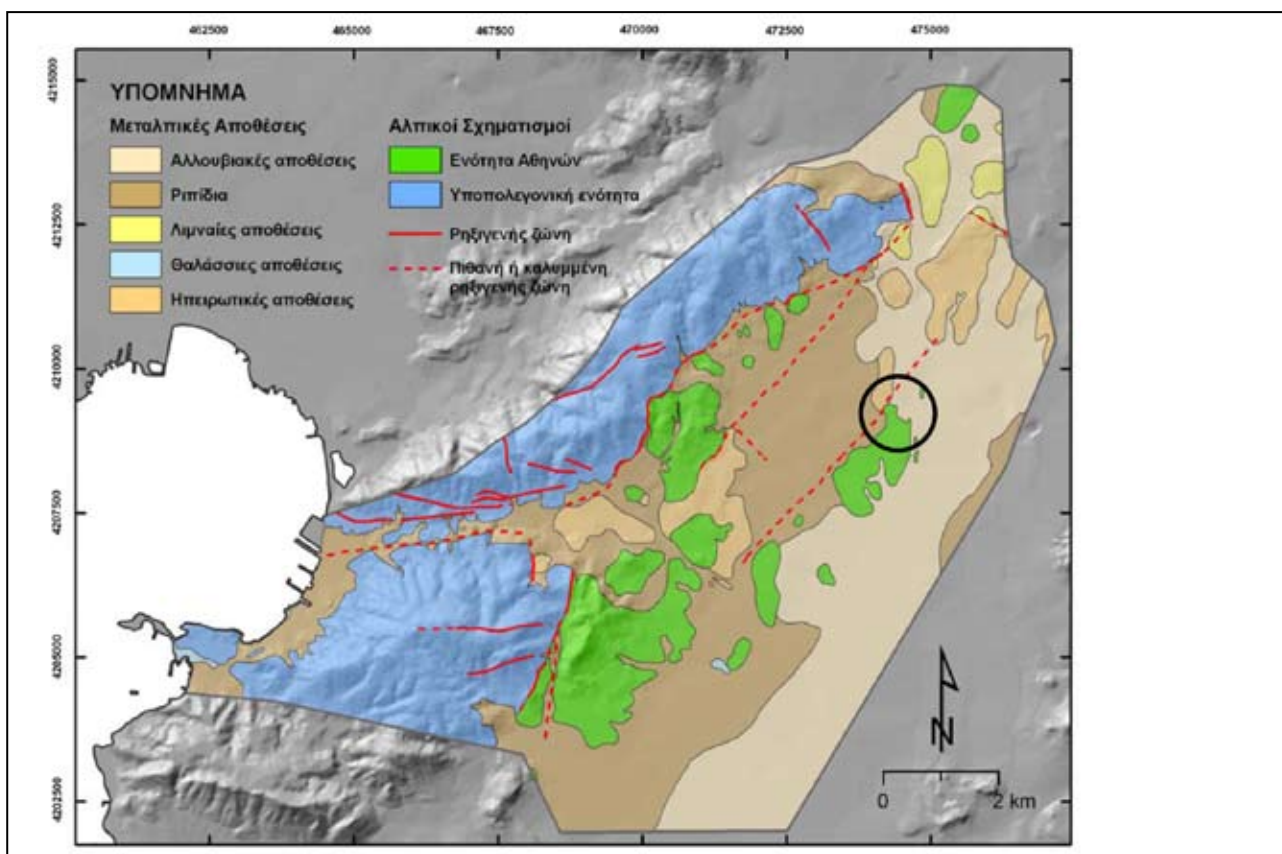
Οι αλπικοί σχηματισμοί δομούν το σύνολο των ορεινών όγκων του δυτικού λεκανοπεδίου (Αιγάλεω, Ποικίλο Όρος), ενώ μέσα στο ίδιο το λεκανοπέδιο σχηματίζουν το γεωλογικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο έχουν αποθεθεί μεταλλικοί σχηματισμοί. Σε ό,τι αφορά την υδρογεωλογία της περιοχής σημαντικό ρόλο παίζει ο καρστικός υδροφορέας του όρους Αιγάλεω, ο οποίος αναπτύσσεται σε Τριαδικο-Ιουρασικούς ανθρακικούς σχηματισμούς της ενότητας της Ανατολικής Ελλάδας.

Ειδικότερα η περιοχή μελέτης όπως φαίνεται στον Χάρτη 11 αποτελείται από Αλπικούς Σχηματισμούς της Ενότητας Αθηνών και Μεταλλικές Αποθέσεις: αλλουβιακές και ηπειρωτικές καθώς και ριπίδια. Η Ενότητα Αθηνών είναι η ανώτερη τεκτονικά ενότητα της περιοχής μελέτης και συνιστά ένα κάλυμμα με διαδοχικές λεπιώσεις, ανάμεσα σε ανωκρητιδικούς νηρητικούς ασβεστόλιθους, αντίστοιχης ηλικίας πελαγικούς με κλαστικά, αργιλοψαμμιτικά ιζήματα και οφιόλιθους.

Σε ό,τι αφορά στους μεταλλικούς σχηματισμούς και ειδικότερα τις αλλουβιακές αποθέσεις της περιοχής μελέτης, πρόκειται κυρίως για τις προσχώσεις του ποταμού Κηφισού και των βορειοδυτικών παραποτάμων του. Αποτελούνται από αργίλους, ιλύες και χαλαρά κροκαλοπαγή, με συχνές πλευρικές μεταβάσεις, γεγονός που αντικατοπτρίζει το ευμετάβλητο καθεστώς απόθεσής τους (εποχιακές μεταβολές κοίτης, υπερχείλιση ποταμών, περίοδοι ξηρασίας κ.α.). Τα όριά τους με τους υποκείμενους σχηματισμούς είναι ιδιαίτερα ασαφή, τόσο λόγω της φύσης των αποθέσεων όσο και της εντονότατης ανθρώπινης δραστηριότητας, η οποία έχει καταστήσει ουσιαστικά αδύνατη οποιαδήποτε επιτόπια επιφανειακή μελέτη.

Είτε ασύμφωνα είτε σε πλευρική μετάβαση με τις αλλουβιακές αποθέσεις της περιοχής μελέτης αναπτύσσονται τα ριπίδια. Τα ριπίδια αποτελούν αποθέσεις που αναπτύσσονται περίπου γραμμικά κατά μήκος κλιτύων και συνίστανται από πλευρικά κορήματα και συνενωμένους κώνους κορημάτων με τη μορφή *bajada*. Η λιθολογική τους σύσταση ποικίλει, όπως είναι αναμενόμενο, ανάλογα με το πέτρωμα τροφοδοσίας, ενώ και η συνεκτικότητά τους είναι ιδιαίτερα μεταβαλλόμενη. Σε γενικές γραμμές πρόκειται για ημι-συνεκτικά πετρώματα αποτελούμενα από άμμους, ιλύες και κροκαλολατύπες, αλλά αναμένονται και ορίζοντες ή φακοί με μικρή συνεκτικότητα.

Ένα μη εκτεταμένο τμήμα της περιοχής μελέτης ανήκει στο ηπειρωτικό σύστημα και μπορεί να διακριθεί σε δύο βασικές ακολουθίες (Μπάση 2004): (1) στο Πλαιοκαινικό ηπειρωτικό σύστημα και β) στο ανωμειοκαινικό ηπειρωτικό σύστημα. Οι πλειοκαινικοί σχηματισμοί (αναπτύσσονται εκτεταμένοι στην περιοχή Καματερού και αποτελούνται από άμμους, κροκαλοπαγή και αργίλους με ήπιες κλίσεις. Έχουν πάχος κάποιες εκατοντάδες μέτρα και αποτελούν ένα κάλυμμα το οποίο ομογενοποίησε και εξομάλυνε το παλαιοανόγλυφο που είχε διαμορφωθεί στους υποκείμενους σχηματισμούς. Από την άλλη η κύρια εμφάνιση των ανωμειοκαινικών χερσαίων σχηματισμών είναι στον Πύργο Βασιλίσσης Αμαλίας και πρόκειται για ερυθρές αργίλους και ψαμμίτες, που περικλείουν πλούσια πανίδα σπονδυλωτών.



Χάρτης 11, Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής της Δυτικής Αθήνας, Πηγή: *Επιχειρησιακή οργάνωση των δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων (Α΄ Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου), Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος, 2010.*

5.5.4 Υδρογεωλογία

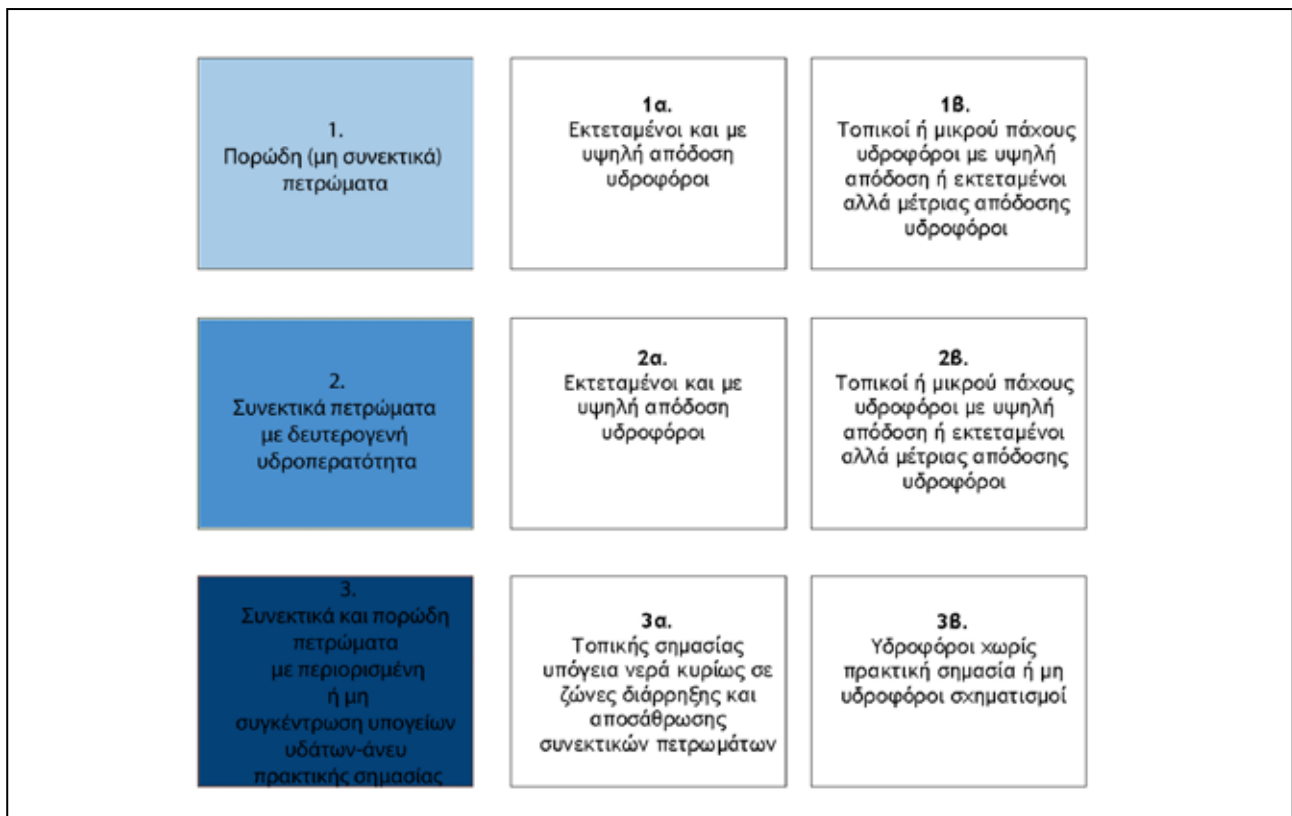
Η υδρολιθολογική ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών αποσκοπεί στη διάκριση των υδροπερατών, ημιπερατών και υδροστεγανών σχηματισμών και στην κατασκευή του υδρολιθολογικού χάρτη της περιοχής έρευνας. Για την ταξινόμηση αυτή υιοθετήθηκε η πρόταση της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων και της UNESCO (Struckmeier & Margat, 1995), όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 35.

Στην κατηγορία 1 των «πορώδων (μη συνεκτικών) πετρωμάτων» και στην υποενότητα 1α των «εκτεταμένων και με υψηλή απόδοση υδροφόρων» ανήκουν τα ριπίδια. Καταλαμβάνουν τη ζώνη δυτικά του Κηφισού και η λιθολογική τους σύσταση ποικίλει ανάλογα με το πέτρωμα τροφοδοσίας. Σε γενικές γραμμές πρόκειται για ημι-συνεκτικά πετρώματα, αλλά αναμένονται και οριζόντες ή φακοί με μικρή συνεκτικότητα, ενώ το πάχος τους μπορεί να φτάσει και τις λίγες δεκάδες μέτρα. Χαρακτηρίζονται ωστόσο από μεγαλύτερο πάχος στην αξονική περιοχή ροής του ποταμού, το οποίο μειώνεται σταδιακά εκατέρωθεν αυτού και όσο απομακρυνόμαστε από την κορυφή του ριπιδίου. Τα περισσότερα φιλοξενούν εγκιβωτισμένες σύγχρονες και παλιές κοίτες ρεμάτων.

Στην υποκατηγορία 1β που αφορά «τοπικούς ή μικρού πάχους υδροφόρους με υψηλή απόδοση ή εκτεταμένοι αλλά μέτριας απόδοσης υδροφόροι», ανήκουν οι αλλουβιακές αποθέσεις του Κηφισού ποταμού που αποτελούν ιζήματα με έντονη και συχνή διαφοροποίηση τόσο στη λιθολογική τους σύσταση, όσο και στη συνεκτικότητά τους, με αλληπάλληλες πλευρικές μεταβάσεις και αποσφηνώσεις των μελών που τις αποτελούν. Δεδομένης μάλιστα και της φύσης του και ανάλογα με τις εκάστοτε θέσεις απόθεσης των παλιορευμάτων (αλλά και των σύγχρονων) που είναι υπεύθυνα για τη μεταφορά και απόθεση του υλικού, υπάρχει έντονη διαφοροποίηση και στην κοκκομετρική τους διαβάθμιση. Έτσι οι θέσεις που αντιστοιχούν σε παλαιοκοίτες (ή σύγχρονες κοίτες ρεμάτων) και σε θέσεις όπου το νερό ως μεταφορικό μέσο είχε υψηλή μεταφορική ικανότητα, κυριαρχεί το αδρομερές υλικό και οι μικρού πάχους υδροφόροι με υψηλή απόδοση. Σε άλλες θέσεις όπου υπήρχε σχετική ηρεμία, για παράδειγμα μακριά από κοίτες ή σε απομονωμένα έλη, αποτίθεται λεπτομερές υλικό (άργιλος, ιλύς, ενίοτε με λεπτές ενστρώσεις λιγνιτικού ή τυρφώδους υλικού) μειώνοντας δραματικά τον ενεργό υδρογεωλογικό τους ρόλο. Επίσης διάφορα πλημμυρικά φαινόμενα οδηγούν σε διάβρωση και επαναφορά του υλικού και απόθεσή του στα κατάντη (σε ευνοϊκές θέσεις) ή ακόμα και σε δημιουργία νέων κοιτών που στη συνέχεια πληρώνονται με αλλουβιακό υλικό κατά τη διάρκεια του ίδιου φαινομένου (σπανιότερα) ή σε μεταγενέστερη πλημμύρα (συχνότερα). Στους αλλουβιακούς σχηματισμούς δεν αποκλείεται η ανάπτυξη (κυρίως εποχιακών) μικρής έκτασης επιφανειακών υδροφόρων οριζόντων εντός των αλλουβίων, όπου η λιθολογική και κοκκομετρική σύσταση το επιτρέπει.

Συνεχίζοντας στην ίδια κατηγορία και υποκατηγορία (1/1β) οι Πλειοκαινικοί σχηματισμοί του ηπειρωτικού συστήματος του Νεογενούς στην περιοχή Καματερό, αντιπροσωπεύονται κυρίως από ασβεστομαργαϊκούς σχηματισμούς. Πρόκειται για αρκετά συνεκτική ακολουθία στρωμάτων με καλά διαμορφωμένους ορίζοντες, η οποία συνήθως αποτελείται από λευκές και συμπαγείς ασβεστόμαργες. Στην ακολουθία των σχηματισμών συμμετέχουν λευκές και κίτρινες μάργες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, αλλά και χαλαρά πολύμεικτα κροκαλοπαγή και ψαμμίτες. Έτσι αναμένεται να διαμορφώνονται τοπικοί υπό πίεση και με διαρροές υδροφόροι ορίζοντες, υψηλής σχετικά απόδοσης.

Τέλος στην κατηγορία 3 των «συνεκτικών και πορώδων πετρωμάτων με περιορισμένη ή μη συγκέντρωση υπογείων υδάτων άνευ πρακτικής σημασίας» και στην υποκατηγορία 3α που αφορά σε «τοπική σημασίας υπόγεια νερά σε ζώνες διάρρηξης και αποσάθρωσης συνεκτικών πετρωμάτων», υπάγεται και ένα μέρος της περιοχής μελέτης το σύστημα των «σχιστολιθών Αθηνών». Αυτό περιλαμβάνει κλαστικά ιζήματα, όπως ψαμμίτες, αργίλους, ψαμμούχες μάργες και γραουβάκες, σχηματοποιημένους πηλίτες και πλακώδεις πελαγικούς ασβεστόλιθους που σχηματίζουν αξιόλογες εμφανίσεις και συχνά περιέχουν ενδιστρώσεις πυριτικές (ιάσπιδες) και κονδύλους πυριτόλιθων. Εντός του συστήματος παρατηρούνται και μικρού πάχους έντονα διατμημένα πετρώματα οφιολιθικού συμπλέγματος.



Σχήμα 35, Ταξινόμηση γεωλογικών σχηματισμών σε υδρολιθολογικές ενότητες. Το σύνολο των γεωλογικών σχηματισμών δύναται να καταταχθεί σε έξι διαφορετικές υδρογεωλογικές ενότητες, οι οποίες διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες, εκ των οποίων η κάθε μία υποδιαιρείται σε δύο υποενότητες. *Αναπροσαρμογή από πηγή: Struckmeier & Margat, 1995.*

5.5.5 Κλιματολογικές και μετεωρολογικές συνθήκες

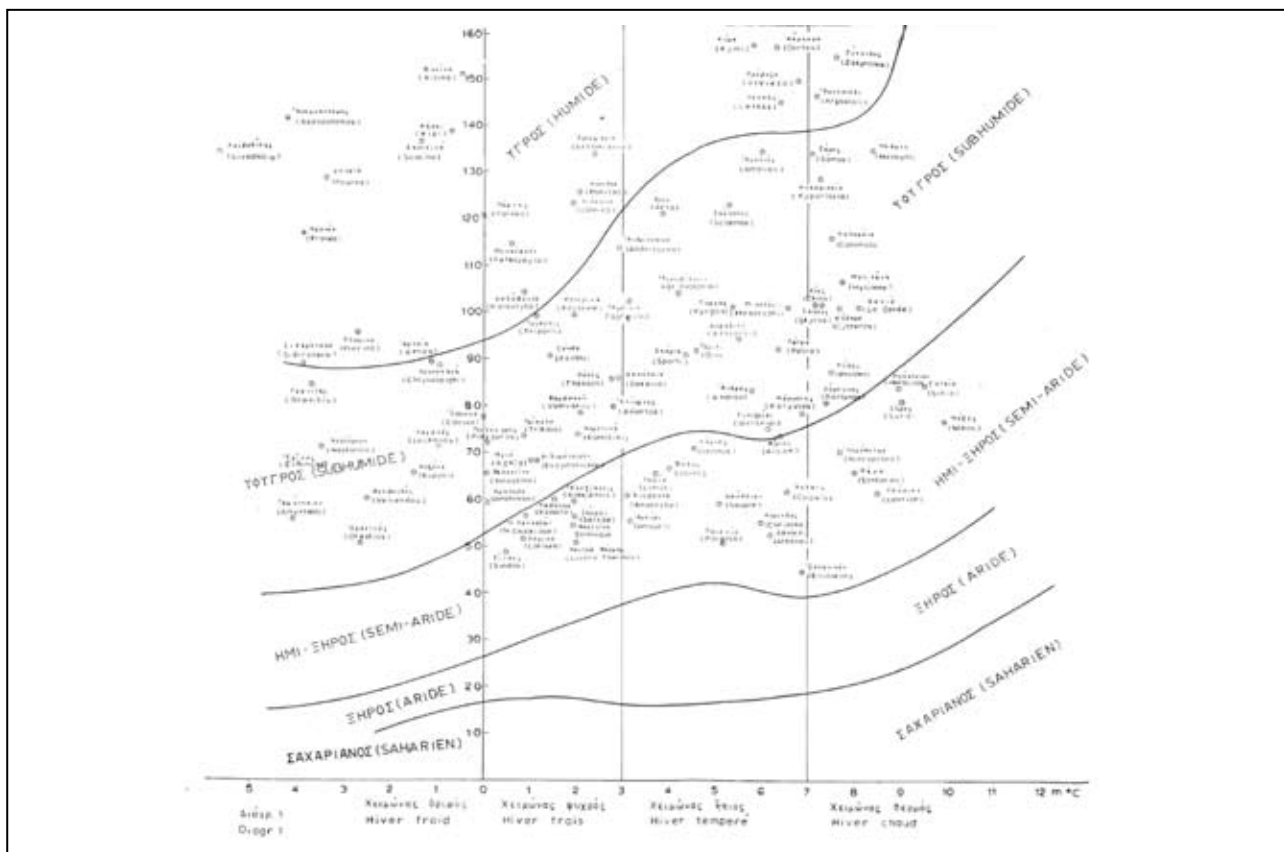
Το κλίμα της περιοχής είναι Μεσογειακού τύπου με μέτριες βροχές, ήπιους χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και μεγάλη ηλιοφάνεια όλο σχεδόν το χρόνο. Οι βροχοπτώσεις σημειώνονται κυρίως το χειμώνα, την άνοιξη και το φθινόπωρο, ενώ είναι περιορισμένες έως μηδαμινές το καλοκαίρι. Σε γενικές γραμμές το κλίμα μπορεί να χαρακτηριστεί ευνοϊκό για την ανάπτυξη «ξηροφυτικής» μεσογειακής βλάστησης.

5.5.5.1 Βιοκλιματικά χαρακτηριστικά

Το Βιοκλίμα της περιοχής προσδιορίζεται με τη μέθοδο των βιοκλιματικών ορόφων με βάση το ομβροθερμικό πηλίκο του Emberger και το κλιματικό διάγραμμα των Emberger-Sauvage. Με βάση το διάγραμμα Emberger προκύπτει πως ο κλιματικός τύπος του Δήμου Ιλίου ανήκει στο ημίξηρο βιοκλιματικό όροφο με ήπιο χειμώνα (Διάγραμμα 2).

5.5.5.2 Κλιματολογικά στοιχεία

Τα βασικά κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής ελήφθησαν από το Μετεωρολογικό Σταθμό Αχαρνών (Πίνακας 11) και αναφέρονται σε περίοδο παρατηρήσεων των ετών 2011-2016 (πίνακες 12-15).



Διάγραμμα 2, Βιοκλιματικό διάγραμμα κατά EMBERGER για την Ελλάδα, Πηγή: Μαυρομαμάτης1980.

Μετεωρολογικός σταθμός Αχαρνών			
Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος	Υψόμετρο (m)	Χρονική περίοδος λειτουργίας
38° 10'	23° 73'	210,73	16 Ιανουαρίου 2010

Πίνακας 11, Γεωγραφικά δεδομένα σταθμού Αχαρνών, πηγή <http://www.meteoacharnes.gr/>

Από τον πίνακα 12 προκύπτει πως οι θερμότεροι μήνες στην περιοχή είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με μέση θερμοκρασία 28 °C και 27,4 °C αντίστοιχα, ενώ ο ψυχρότερος είναι ο Ιανουάριος με μέση θερμοκρασία 8,7 °C.

Πίνακας ελαχίστων, μέσων και μεγίστων θερμοκρασιών κατά μήνα, για δεδομένα χρον. περιόδου 2011-2017						
1 ^ο Εξάμηνο	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος
Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία	5,2	5,4	6,7	9,6	13,9	18,2
Μέση μηνιαία θερμοκρασία	8,7	9,3	11,2	15,3	20,7	25,6
Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία	12,5	13,5	15,7	20,2	26	31,1
2 ^ο Εξάμηνο	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία	20,8	20,7	17,3	13,4	9,8	6,8
Μέση μηνιαία θερμοκρασία	28	27,4	23,3	18,1	13,7	10,3
Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία	33,5	33,2	29,2	23,3	18,1	14,1

Πίνακας 12, Ελάχιστη, μέση και μέγιστη θερμοκρασία κατά μήνα (σταθμός Αχαρνών), πηγή <http://www.meteoacharnes.gr/>

Πίνακας μέσης υγρασίας κατά μήνα για δεδομένα χρον. περιόδου 2011-2017						
1 ^ο Εξάμηνο	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος
Μέση μηνιαία υγρασία	74,5	72,2	68,8	61,7	53,9	46,1
2 ^ο Εξάμηνο	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Μέση μηνιαία υγρασία	43,1	45,3	53,7	66,1	74,3	76,1

Πίνακας 13, Μέση μηνιαία υγρασία (σταθμός Αχαρνών), πηγή <http://www.meteoacharnes.gr/>

Όσον αφορά στις βροχοπτώσεις την υγρή περίοδο ο μέσος όρος είναι 459,18 mm και την ξηρή περίοδο 79,30 mm (Πίνακες 14-15).

ΥΓΡΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ - Μ.Ο. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΤΑ ΜΗΝΑ ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟ ΜΕΛΕΤΗΣ 2011-2016							
Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μ.Ο. ΥΓΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (mm)
57,68	78,40	99,22	67,33	84,45	47,55	24,55	459,18

Πίνακας 14, Μέσος όρος βροχόπτωσης την υγρή περίοδο (σταθμός Αχαρνών), πηγή <http://www.meteoacharnes.gr/>

ΞΗΡΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ - Μ.Ο. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΤΑ ΜΗΝΑ ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟ ΜΕΛΕΤΗΣ 2011-2016					
Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Μ.Ο. ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (mm)
19,63	30,57	2,75	0,85	25,50	79,30

Πίνακας 15, Μέσος όρος βροχόπτωσης την ξηρή περίοδο (σταθμός Αχαρνών), πηγή <http://www.meteoacharnes.gr/>

5.5.6 Χλωρίδα-υπάρχουσα βλάστηση

Η φυσική βλάστηση είναι ως γνωστό η έκφραση των φυσικών και βιοτικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή. Η υποβάθμισή της ή η εξαφάνισή της έχει σα συνέπεια να εξασθενούν ή να μηδενίζονται οι επιδράσεις της πάνω στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον. Η επίδραση της βλάστησης στο κλίμα και το περιβάλλον αφορά: (1) στην αύξηση της σχετικής υγρασίας του αέρα, (2) στη μείωση της επίδρασης των ηλιακών ακτίνων, (3) στην εξισωτική επίδραση πάνω στις ακραίες θερμοκρασίες και ιδιαίτερα τις μέγιστες, (4) στη ρύθμιση της υδατικής διαίτας (1 m² δασικού εδάφους αποθηκεύει 250-300 l νερού) και στην προστασία των εδαφών από τη διάβρωση (έδαφος γυμνό 100% διάβρωση, δάσος < 1% διάβρωση).

Η τυπική φυσική χλωρίδα της ευρύτερης περιοχής χαρακτηρίζεται από την παρουσία Αγριελιάς, Κυπαρισσιού, Κουκουναριάς, Χαρουπιάς, Κουτσουπιάς και Σχίνου. Συγκεκριμένα στο βιότοπο του Σχίνου (*Pistacia lentiscus*), όψη του οποίου είναι η χαλέπιος Πεύκη, που συναντάται στους λόφους της περιοχής, καθώς και στο βιότοπο του Πουρναριού (*Quercus coccifera*). Δεδομένης της μορφολογίας της περιοχής την προοικιστική ανάπτυξη (λίμνη Λιοσίων, ρέματα, ρυάκια), διακρίνονται τύποι παρόχθιων διαπλάσεων μεσογειακής βλάστησης, χαρακτηριζόμενοι από την παρουσία της Λυγαριάς (*Vitex agnus-castus*), της Πικροδάφνης (*Nerium oleander*), του Πλάτανου (*Platanus orientalis*), του Σκλήθρου (*Alnus glutinosa*), της Φτελιάς (*Ulmus campestris*) και άλλων. Τέλος, στην ευρύτερη περιοχή, παρουσιάζονται έντονα φυτικά αθροίσματα από υποβάθμιση όπως: Garrigues (πουρναρότοποι), Σχίνος (*Pistacia lentiscus*), Κοκορεβυθιά (*Pistaciaterebinthus*), Σπάρτο (*Spartium*

junceum), Φιλίκι (*Phillyrea media*), Μαquis (Κουμαριά, Ρείκι) και κυριαρχούν φρύγανα (Κίσιος, Φλώμος, Αφάνα, Θυμάρι και άλλα.

Ειδικότερα η νότια και ανατολική πλευρά του Πάρκου καλύπτεται από πυκνό δάσος Χαλεπιού Πεύκης που ενώνεται με κυπαρίσσια. Στη δυτική πλευρά του Πάρκου προς την οδό Χασίας υπάρχει αλσύλλιο Ευκαλύπτων, ενώ στα ανατολικά είναι έντονη η παρουσία ελαιόδεντρων, καλαμιών και βάτων. Ο χώρος φυτεύσεων στο χώρο και η διάταξή τους οριοθετούν χώρους, ακολουθούν άξονες τονίζοντας πορείες (δεντροστοιχίες) δημιουργώντας και κατευθύνοντας φυγές στο χώρο.

5.5.7 Πανίδα

Τα οικοσυστήματα της περιοχής μελέτης είναι υποβαθμισμένα όσον αφορά στη δασοκάλυψη τους και αυτό έχει ως συνέπεια να μη προσφέρουν ενδιαιτήματα για πολλά είδη πανίδας. Η γειτνίαση της περιοχής με το πολεοδομικό συγκρότημα της πρωτεύουσας και η όχληση από τις διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες επιδρούν αρνητικά στην πανίδα. Παρόλα αυτά παρατηρούνται αρκετά είδη πανίδας, ιδιαίτερα πτηνοπανίδας (περίπου 180 είδη), γεγονός που υποδηλώνει την ανάγκη της ύπαρξης και ενίσχυσης της βλάστησης, ώστε να αναβαθμίζονται τα ενδιαιτήματα των διαφόρων ειδών. Μερικά σημαντικά είδη πτηνοπανίδας είναι: ο κύκνος (*cygnus olor*), το σφυριχτάρι (*anas penelope*), ο καπακλής (*Anas strepera*), το κικίρι (*Anas crecca*), η πρασινοκέφαλη πάπια (*Anas platyrhynchos*), η ψαλίδα του βορρά (*Anas acut*), η σαρσέλα *Anas querquedula*), η χουλιάροπαπια (*Anas clypeata*) και άλλα.

5.6 Πλημμυρικός κίνδυνος

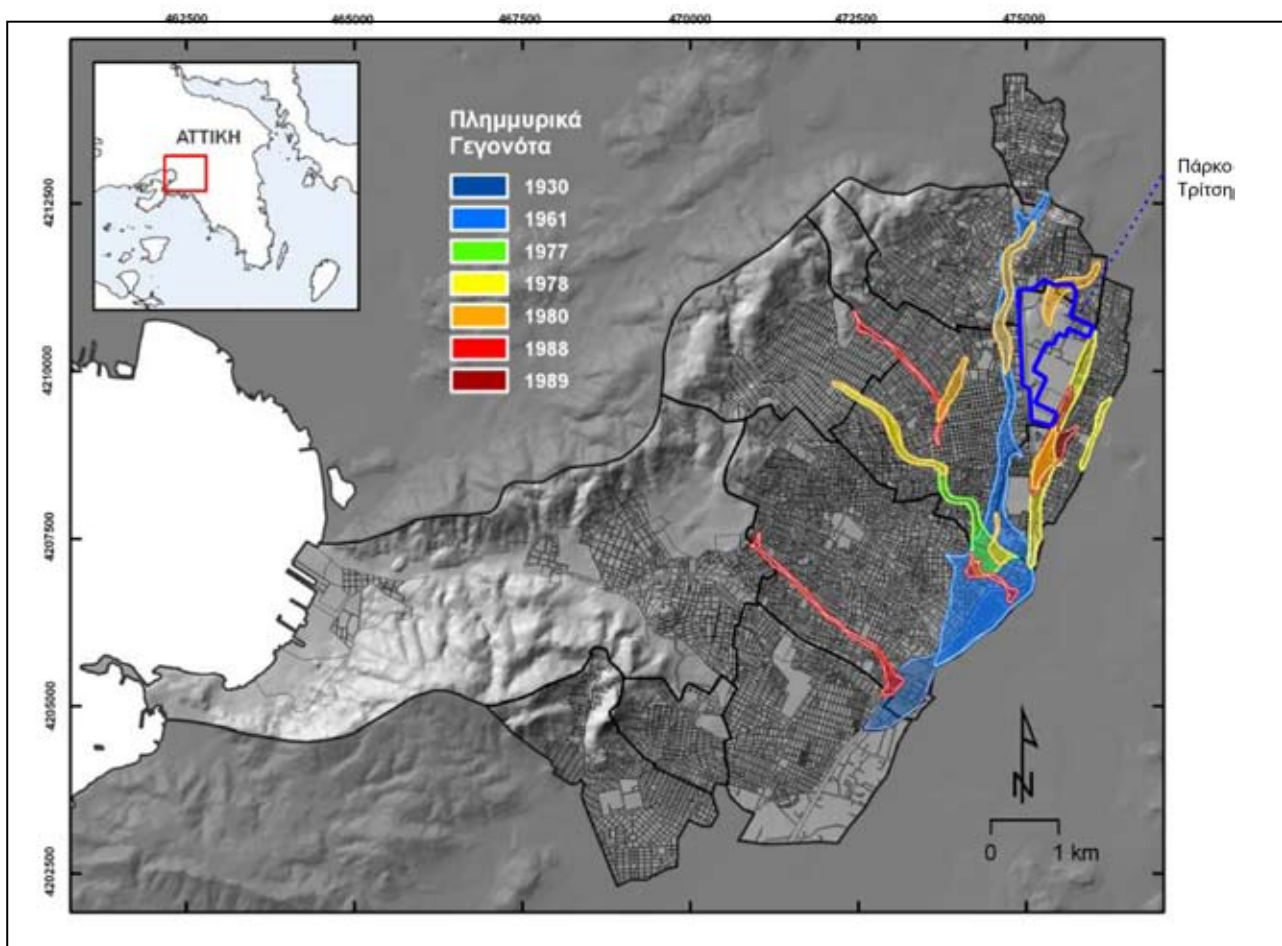
5.6.1. Πλημμυρικό ιστορικό

Στο λεκανοπέδιο της Δυτικής Αττικής τις τελευταίες δεκαετίες καταγράφεται ένας σημαντικός αριθμός πλημμυρικών γεγονότων, που αφενός συνδέονται με συμβάντα σε συγκεκριμένα τμήματα του υδρογραφικού δικτύου και αφετέρου σε αστοχίες του δικτύου ομβρίων ή και σε συνδυασμό των δυο. Τα συμβάντα αυτά τις περισσότερες φορές εμφανίζουν χαρακτηριστικά αστικών πλημμυρών, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις παρουσιάζονται χαρακτηριστικά ξαφνικών πλημμυρών (flash floods).

Αναντίρρητα σημαντικό ρόλο στο πλημμυρικό καθεστώς της περιοχής έχει διαδραματίσει από τη μια η οικιστική πίεση και από την άλλη ο φτωχός σχεδιασμός χρήσεων γης, που οδηγούν στη γειτνίαση κατασκευών με το υδρογραφικό δίκτυο, γεγονός που αυξάνει σημαντικά την τρωτότητα της αστικής περιοχής. Καθώς μειώνεται σημαντικά η παροχτετευτικότητα των ρεμάτων, σε ορισμένες περιπτώσεις επηρεάζεται αρνητικά ακόμα και η ίδια η πιθανότητα εκδήλωσης πλημμυρών. Η ανάπτυξη του αστικού ιστού σε μεγάλο τμήμα της έκτασης της υδρολογικής λεκάνης, μειώνει δραματικά την ικανότητα κατείσδυσης, γεγονός το οποίο ενισχύει την ποσότητα απορροής, ενώ παράλληλα μειώνει το χρόνο αποστράγγισης, με συνέπεια τη σημαντική αύξηση των απορροών αιχμής.

Τις τελευταίες δεκαετίες η περιοχή μελέτης έχει αστικοποιηθεί με γρήγορους ρυθμούς, γεγονός που έχει συνοδευτεί από σημαντική αύξηση της οικονομικής αξίας της περιοχής και της σημασίας των υποδομών εν κινδύνω. Στη Δυτική Αθήνα τα τελευταία 80 χρόνια (1930-2010) έχουν καταγραφεί 14 σημαντικά γεγονότα, δηλαδή κατά μέσο όρο έχουμε 1 πλημμυρικό φαινόμενο ανά 6 έτη. Στην ευρύτερη περιοχή παρατηρείται αύξηση στη συχνότητα των γεγονότων που πλήττουν την περιοχή, που αποδίδεται στην σημαντική αύξηση του πληθυσμού, στην έκταση του αστικού περιβάλλοντος και των υποδομών (αύξηση τρωτότητας), αλλά και στη μείωση της διατομής πολλών ρεμάτων λόγω καταπατήσεων ή μπαζωμάτων.

Στον Χάρτη 12 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή ορισμένων πλημμυρικών συμβάντων. Η αναπαράσταση των γεγονότων είναι σημαντική, προκειμένου να γίνει μια προκαταρκτική εκτίμηση των περιοχών γύρω από το Πάρκο Τρίτση που κινδυνεύουν, να αξιολογηθούν τα ρέματα και να αναδειχθούν προτεραιότητες που αφορούν σε δράσεις πρόληψης. Γενικά οι πλημμύρες αποτέλεσαν εμπόδιο στην ομαλή ανάπτυξη της περιοχής και οδήγησαν σε κάποιες περιπτώσεις σε εκτεταμένα φαινόμενα ρύπανσης, καθώς διευκόλυναν την κυκλοφορία λυμάτων, βαρέων μετάλλων και παθογόνων μέσω των πλημμυρικών υδάτων.

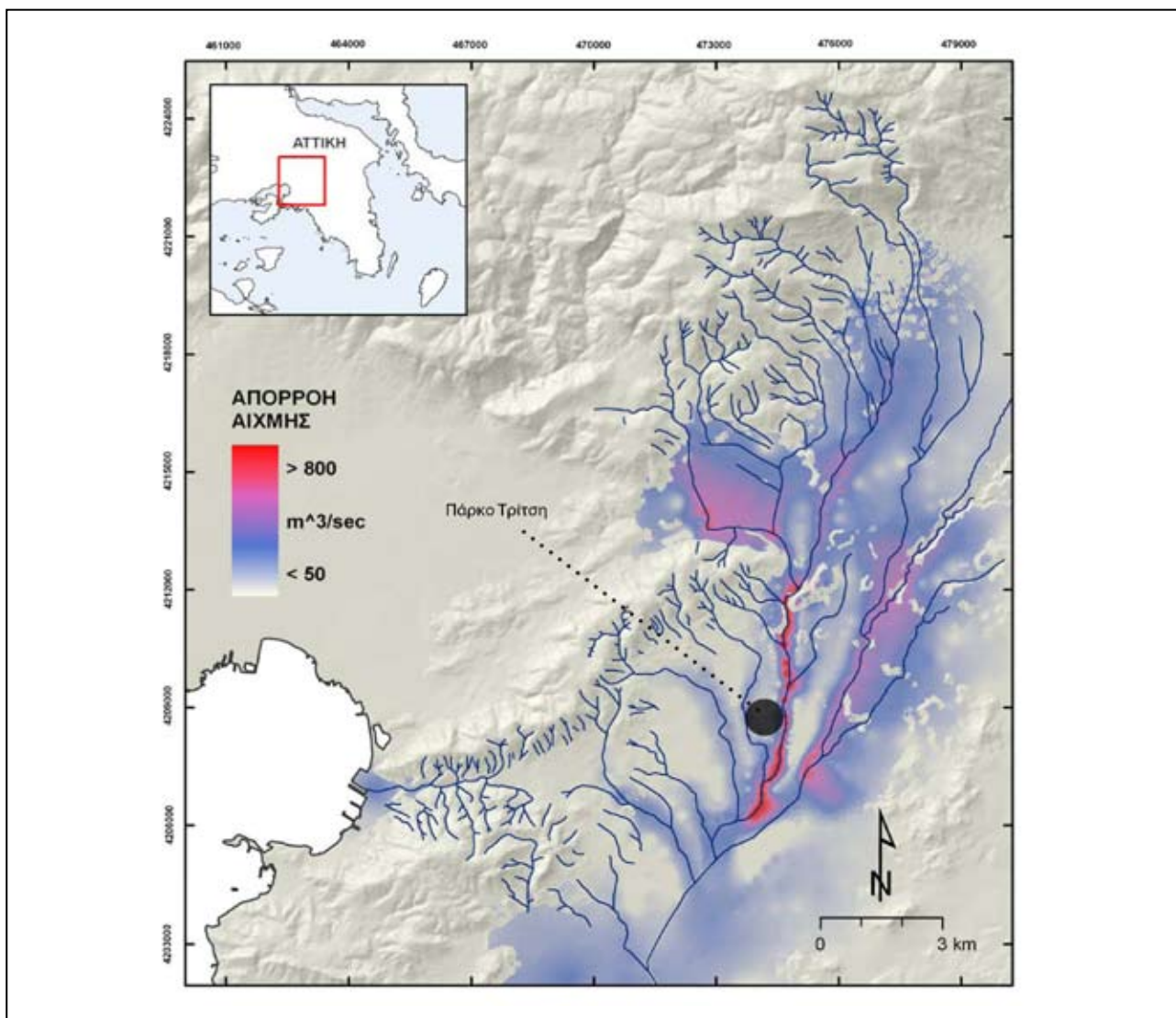


Χάρτης 12, Χάρτης πλημμυρικών συμβάντων του παρελθόντος στη Δυτική Αθήνα, Πηγή: Επιχειρησιακή οργάνωση των δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων (Α΄ Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου), Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος, 2010

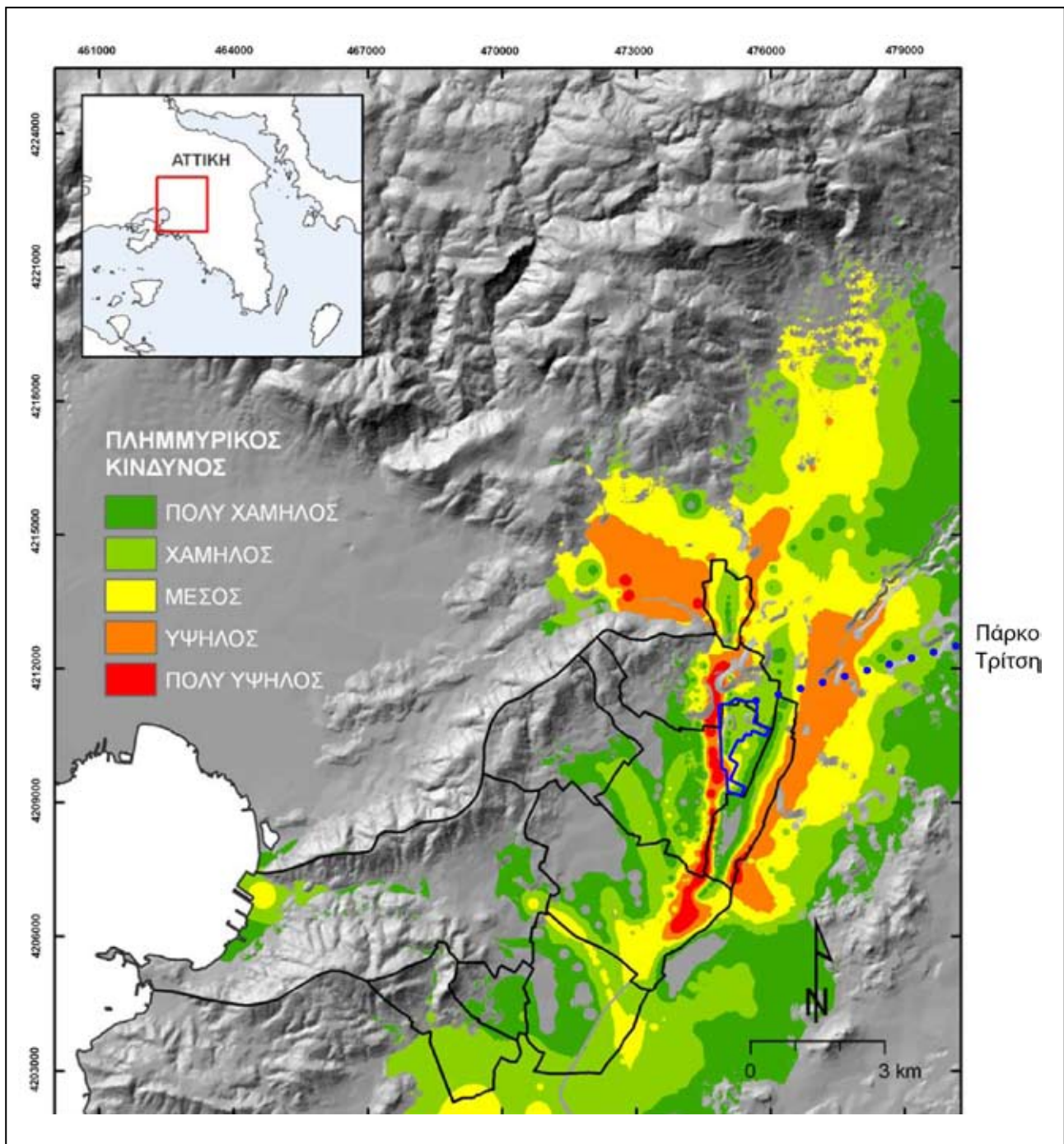
Όπως παρατηρούμε στο Χάρτη 12 στην περιοχή περιμετρικά του Πάρκου Τρίτση έχουν καταγραφεί σημαντικά πλημμυρικά φαινόμενα.

5.6.2 Πλημμυρικός κίνδυνος (flood hazard)

Ένας από τους σημαντικούς παράγοντες στην εκδήλωση πλημμυρών είναι η ένταση της βροχόπτωσης (Amadio et al.2003; Georgakakos 2006;Norbiato et al 2008; Golian et al 2010). Οι Martin-Vide et al. (1999) υποστηρίζουν πως οι καταιγίδες υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας, τείνουν να δημιουργούν πολύ μεγαλύτερους όγκους απορροής, σε σχέση με τις καταιγίδες μεγάλης διάρκειας ή τις καταιγίδες μεγάλου συνολικού ύψους βροχής. Με τον τρόπο αυτό έδειξαν τη σημασία του μεγέθους της έντασης της βροχόπτωσης στο φαινόμενο των πλημμυρών. Στον Χάρτη 13 απεικονίζεται ο κίνδυνος πλημμυρών στο Δυτικό Λεκανοπέδιο Αττικής με τιμές που κατηγοριοποιούνται σε κλάσεις (πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέση, υψηλή, πολύ υψηλή).



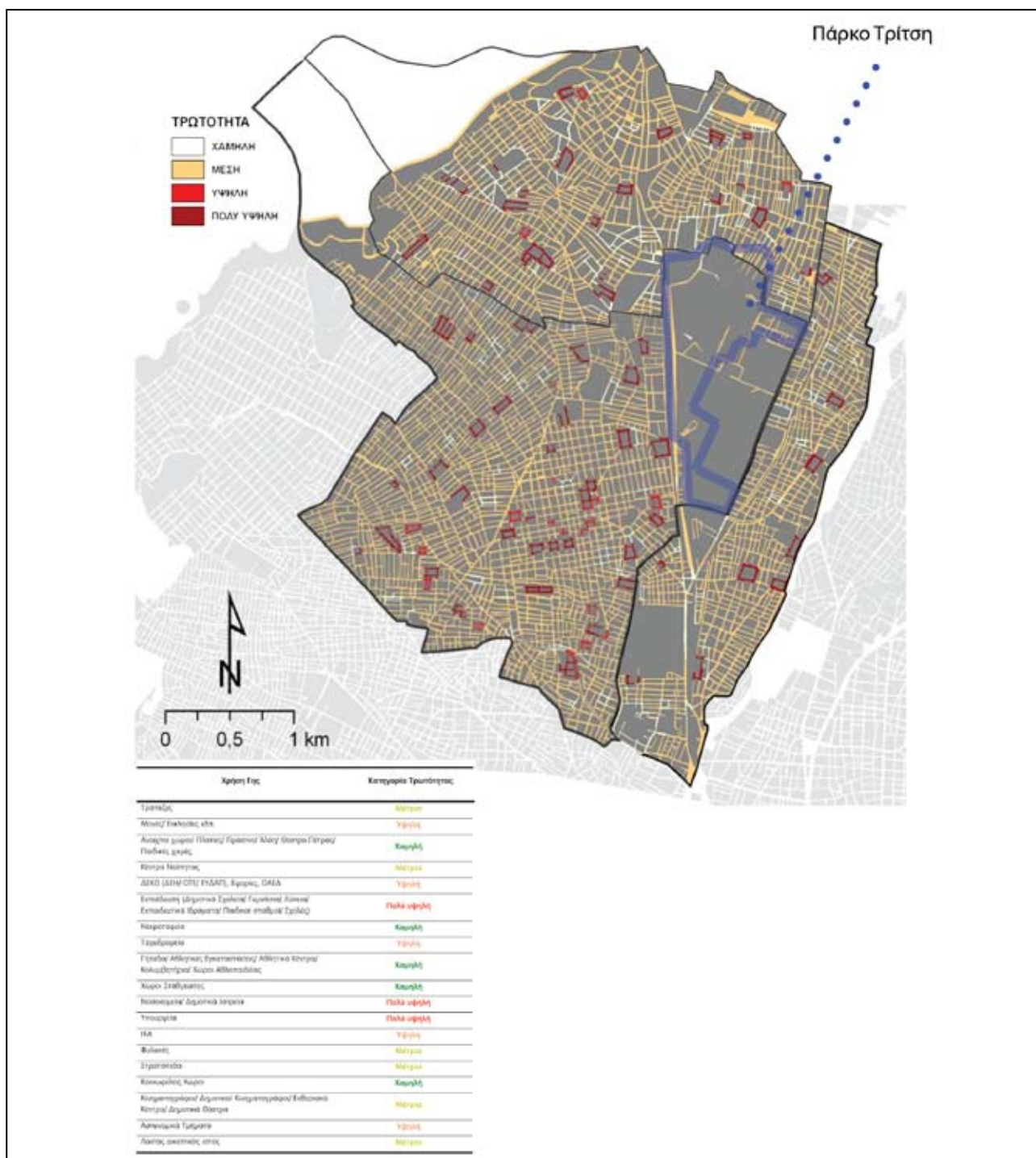
Χάρτης 13, Χάρτης προσομοίωσης της απορροής αιχμής μοναδιαίου υδρογραφήματος στην ευρύτερη περιοχή του δυτικού λεκανοπεδίου, Πηγή: Επιχειρησιακή οργάνωση των δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων(Α΄ Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου) Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος, 2010.



Χάρτης 14, Χάρτης πλημμυρικού κινδύνου (flood hazard) του Δυτικού Λεκανοπεδίου της Αττικής. Στις περιοχές που δεν υπάρχει χρωματισμός, ο κίνδυνος θεωρείται αμελητέος, Πηγή: Επιχειρησιακή οργάνωση των δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων (Α΄ Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου), Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος, 2010.

Η δυτική πλευρά του Πάρκου Τρίτση που γειτνιάζει με τον δήμο Αγ.Αναργύρων-Καματερού, αποτελεί ζώνη πολύ υψηλού και υψηλού κινδύνου, λόγω των πιέσεων που ασκεί ο οικιστικός ιστός στο υδρογραφικό δίκτυο.

5.6.3 Τρωτότητα (vulnerability)



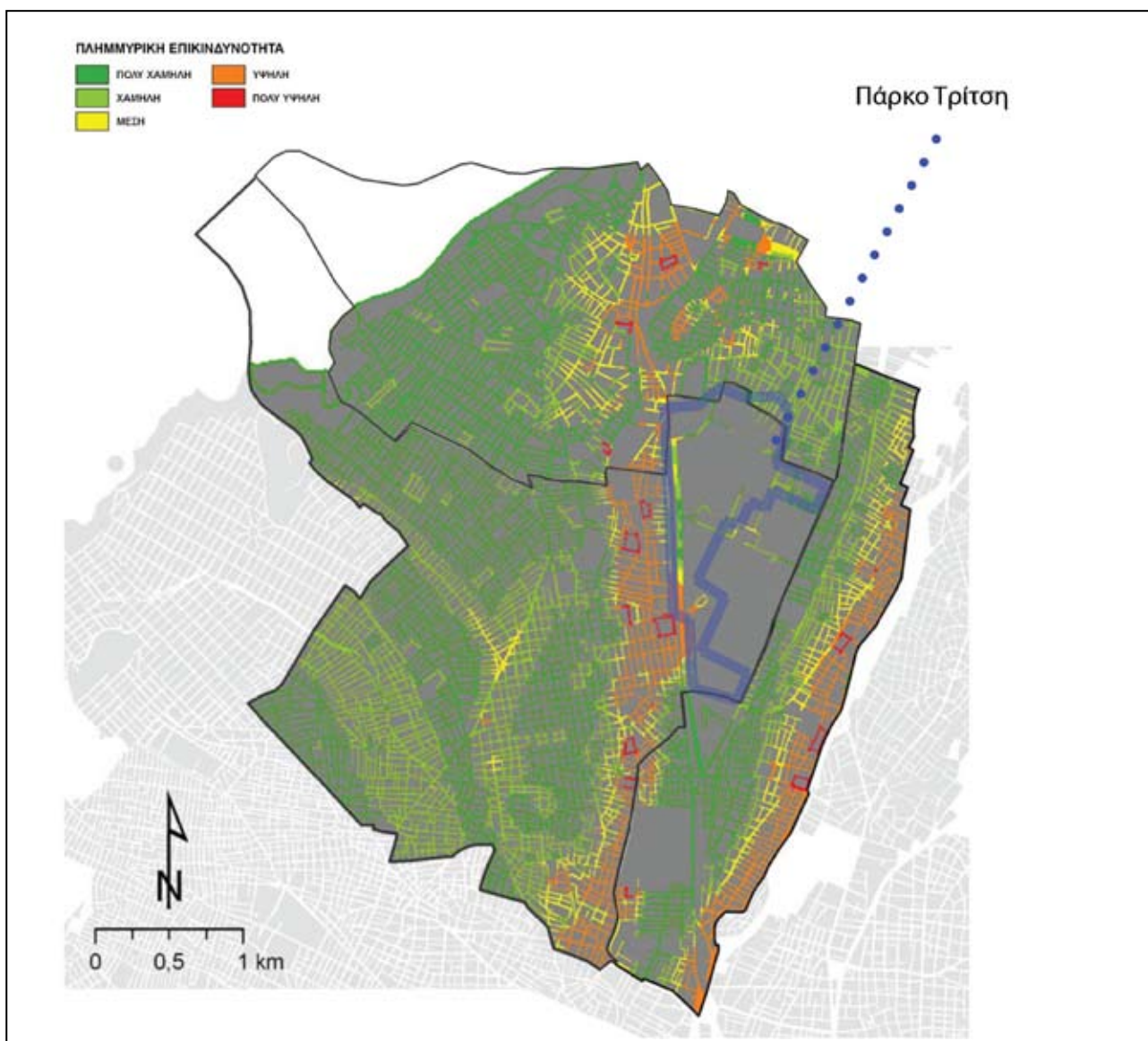
Χάρτης 15, Χάρτης τρωτότητας των δήμων Αγ.Αναργύρων-Καματερού και Ιλίου, Πηγή: Επιχειρησιακή οργάνωση των δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων (Α΄ Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου), Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος, 2010.

Η εκτίμηση της τρωτότητας στηρίζεται στη βασική αρχή της ταξινόμησης των μοναδιαίων τμημάτων της κάθε φορά υπό μελέτη περιοχής σε κατηγορίες, ως προς την εξεταζόμενη παράμετρο (πολύ υψηλή, υψηλή, μέτρια, χαμηλή). Η ταξινόμηση γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες που διαμορφώνουν και επηρεάζουν τη διεργασία που αποτιμάται και δίδοντας σχετικούς

συντελεστές βαρύτητας. Αρχικά η ανάγκη εκτίμησης της τρωτότητας και κινδύνου μιας περιοχής όσον αφορά διάφορα φαινόμενα, εφαρμόστηκε για την εκτίμηση της επικινδυνότητας και του κινδύνου ρύπανσης του υπόγειου νερού και μετέπειτα εξαπλώθηκε σε άλλες διεργασίες με έμφαση τις φυσικές καταστροφές (πλημμύρες, σεισμούς, διάβρωση εδαφών).

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ενός πυκνού αστικού ιστού που περιβάλλει το Πάρκο Τρίτση, χαρτογραφούνται και αποτυπώνονται χρήσεις γης που σχετίζονται με ανθρώπινες δραστηριότητες στους όμορους δήμους.

5.6.4 Πλημμυρική επικινδυνότητα (flood risk)



Χάρτης 16, Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας των δήμων Αγ.Αναργύρων - Καματερού και Ιλίου, Πηγή: Επιχειρησιακή οργάνωση των δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων (Α' Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου), Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Περιβάλλοντος, 2010.

Η πλημμυρική επικινδυνότητα αποτελεί συνδυασμό του πλημμυρικού κινδύνου και της τρωτότη-

τας:

πλημμυρική επικινδυνότητα = πλημμυρικός κίνδυνος x τρωτότητα

Στον Χάρτη 16 αποτυπώνεται η πλημμυρική επικινδυνότητα στους δήμους Αγ.Αναργύρων - Καματερού και Ιλίου, ώστε να παρουσιαστούν με λεπτομέρεια οι περιοχές υψηλού κινδύνου γύρω από το Πάρκο Τρίτση. Το δυτικό όριο του Πάρκου Τρίτση που συνορεύει με τον δήμο Αγ. Αναργύρων-Καματερού, χαρακτηρίζεται από υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα και αποτελεί την οικιστική περιοχή, όπου έχει αναπτυχθεί εκατέρωθεν του ρέματος της Εσχατιάς.

5. 7 Αρχική πρόταση διάσωσης Πάρκου Τρίτση

5.7.1 Γενική επισκόπηση της μελέτης

Η ανάπλαση και η διαμόρφωση του Πάρκου Τρίτση κρίνεται επιτακτική ανάγκη, ώστε να αποφευχθεί η περαιτέρω καταπάτηση της έκτασης και να δημιουργηθεί ένας πνεύμονας πρασίνου στην πόλη, που θα δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης δραστηριοτήτων φιλικών προς το περιβάλλον, που παράλληλα συντελούν στην προστασία του χώρου. Έτσι η απόφαση διάσωσης του πάρκου παίρνεται το 1987, αλλά το 1992 ο Οργανισμός Αθήνας αναθέτει την εκπόνηση μελετών και απαραίτητων ενεργειών στα συμπράττοντα γραφεία Θύμιος Παπαγιάννης και συνεργάτες ΑΕΜ, Ιωάννης Δουκουμετζίδης, Ιωάννης Κολλιναίτης, Ι.Αλαβάνος-Χρ.Αθανασόπουλος Ε.Ε. και Όμιλος Τεχνικών Μελετών Τ.Ε.Π.Ε. Στόχος της μελέτης που περιλαμβάνει δύο φάσεις κατασκευής (για λόγους που σχετίζονται με τη ροή των χρηματοδοτήσεων) είναι η ενημέρωση, η πληροφόρηση και η εκπαίδευση σε θέματα διαχείρισης του περιβάλλοντος. Σημαντική είναι η οικονομική βιωσιμότητα και αυτονομία του χώρου, ώστε να μπορεί να λειτουργεί αποτελεσματικά.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα λειτουργίας, τα κύρια στοιχεία που συνθέτουν το χαρακτήρα του Πάρκου, είναι: (1) τα δίκτυα γύρω από τα οποία οργανώνεται ο χώρος (δίκτυο νερού, κήπων, διαδρομών με τρενάκι και πεζών) και (2) οι λειτουργίες «περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης» (πολιτισμού - ιστορίας - περιβάλλοντος) και αναψυχής που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του χώρου, σε συνάρτηση με τα δομικά δίκτυα.

Τα βασικά έργα και οι δραστηριότητες που είχαν προβλεφθεί μέχρι την έναρξη λειτουργίας του Πάρκου φαίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 16. Ιδιαίτερα σημαντικές κρίνονται για το χώρο οι δραστηριότητες που αφορούν: (1) στη δημιουργία δύο πρότυπων ενεργειακών πάρκων, το «σύγχρονο» με μικρά συστήματα αιολικής και ηλιακής ενέργειας και το «παραδοσιακό» με ανεμόμυλους και υδρόμυλους, (2) η δημιουργία ενός σύγχρονου αγροκτήματος βιολογικής γεωργίας και κτηνοτροφίας, (3) η διαδρομή με τρενάκι και (4) ο χώρος με τα αερόστατα²⁹(όσον αφορά στην πρωτοτυπία της ιδέας). Η δημιουργία ενός πάρκου που θα περιλαμβάνει εγκαταστάσεις παραγωγής ήπιων μορφών ενέργειας, αποτελεί σημαντικό βήμα για την εποχή, από τη μια διότι συντελεί στην ελαχιστοποίηση του ενεργειακού κόστους και από την άλλη για εκπαιδευτικούς λόγους και

²⁹ Η πρωτότυπη ιδέα της δημιουργίας του «λόφου των αερόστατων» στο νότιο τμήμα, θα περιλάμβανε την πραγματοποίηση χαμηλών πτήσεων πάνω από το Πάρκο, σε πολύχρωμα μπαλόνια διαφόρων σχημάτων και μεγεθών.

ως μέσο ευαισθητοποίησης της τοπικής και υπερτοπικής κοινωνίας. Επιπλέον το έργο προέβλεπε την εγκατάσταση τόσο φωτοβολταϊκών στοιχείων για εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, όσο και ανεμογεννητριών για εκμετάλλευση της αιολικής. Το σύστημα ήπιων μορφών ενέργειας θα ήταν διασυνδεδεμένο με το δίκτυο της ΔΕΗ, στο οποίο θα μπορούσε να πουλά την επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια.

Σημαντικές δραστηριότητες	Κατασκευάζονται ή αγοράζονται από τον Φορέα Ανάπτυξης και Διαχείρισης του Πάρκου	Υφιστάμενα ή αναπτυσσόμενα από άλλους φορείς
Κέντρο περιβάλλοντος και επιστημών	*	
Εκθεση για το περιβάλλον σε τέντες	*	
Διαλογή υλικών στην πηγή		ΚΑΠΕ
Σύγχρονο πάρκο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας		ΚΑΠΕ
Παραδοσιακό Ενεργειακό Πάρκο		ΚΑΠΕ
Βιολογικός καθαρισμός	*	
Πρότυπο Αγρόκτημα βιολογικής Γεωργίας και Κτηνοτροφίας		ΣΟΓΕ
Φυτώριο, Θερμοκήπιο, Βοτανικός Κήπος		ΣΟΓΕ
Κέντρο επιμόρφωσης και εκπαίδευσης		ΕΙΝ
Συνεδριακό κέντρο		ΕΙΝ
Υπαίθριο αμφιθέατρο, αναψυκτήριο και μικρή αίθουσα συγκεντρώσεων		ΑΣΔΑ
Υπαίθριες συγκεντρώσεις και θεάματα	*	
Εντατική γυμναστική, παιγνιότοπος	*	
Αερόστατα	*	
Τρένακι	*	ΟΣΕ
Στίβος, κλειστό γυμναστήριο, Γήπεδα Βόλεϊ-Τένις, ανοιχτό Κολυμβητήριο, Κέντρο Σωματικής Ευεξίας	*	ΓΓΑ
Εσπιατόριο, εσπιατόριο ταχείας εξυπηρέτησης, αναψυκτήριο	*	
Λαϊκή αγορά-ανθαγορά	*	ΟΣΕ
Κέντρο πληροφόρησης	*	ΚΑΠΕ-ΓΓΝΓ
Κατάστημα πώλησης παιχνιδιών και βιβλίων	*	
Βοηθητικοί χώροι και δραστηριότητες υποστήριξης του Πάρκου	*	

Πίνακας 16, Πίνακας των βασικών δραστηριοτήτων μετά την ανάπλαση του Πάρκου Τρίτση

Το δίκτυο των κήπων που θα συνιστούσε την κύρια συνεκτική δομή και θα αποτελούσε βασικό ενοποιητικό στοιχείο του Πάρκου, θα οργανωνόταν σε θεματικές ενότητες των δενδρόκηπων και του βοτανικού κήπου/φυτωρίου Αττικής χλωρίδας, με παράλληλο εμπλουτισμό της δασικής βλάστησης σε όλη την έκταση του Πάρκου. Το δίκτυο του μικρού τρένου θα διέσχιζε τον χώρο από

βορρά προς νότο, αποτελώντας τη ραχοκοκαλιά του έργου, με βασικό στόχο να λειτουργεί ως μέσο περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και εξοικείωσης των Αθηναίων με το φιλικότερο περιβαλλοντικά μεταφορικό μέσο το σιδηρόδρομο, πραγματοποιώντας μια διαδρομή που θα αναδεικνύει στον επισκέπτη τις λειτουργικές ενότητες και τα χαρακτηριστικά του χώρου, ενώ οι τέσσερις σταθμοί θα χωροθετούνταν σε σημαντικά σημεία του χώρου.

5.7.2 Διαχείριση των υδατικών πόρων-εναλλακτικές πηγές υδροδότησης

Το δίκτυο του νερού - σπάνιο στην Αττική - με την μελέτη επιδιώχθηκε να αναδειχθεί σε κυρίαρχο χαρακτηριστικό του τοπίου, καθώς αποτελείται από έξι τεχνητές λίμνες που θα φιλοξενούν αντίστοιχη βλάστηση υγροτοπικού χαρακτήρα γύρω από αυτές και ένα κανάλι. Ο συνολικός απαιτούμενος όγκος νερού για άρδευση και συμπλήρωση των τεχνητών λιμνών, σύμφωνα με τη μελέτη του 1992 υπολογίζεται σε 525 μ³/χρόνο. Η ποσότητα νερού για να καλυφθούν οι παραπάνω ανάγκες είναι σημαντική, δεδομένων των έντονων συνθηκών λειψυδρίας, ενώ λόγω οικονομικής βιωσιμότητας οι ανάγκες δε θα έπρεπε να καλύπτονται από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ, αλλά κρίθηκε πως θα πρέπει να αναζητηθούν εναλλακτικές πηγές υδροδότησης. Έτσι προτάθηκε η αξιοποίηση: (1) των υπόγειων υδάτων³⁰ μέσω γεωτρήσεων και (2) των επεξεργασμένων λυμάτων από τον βιολογικό καθαρισμό που θα κατασκευαστεί στο Πάρκο Τρίτση.

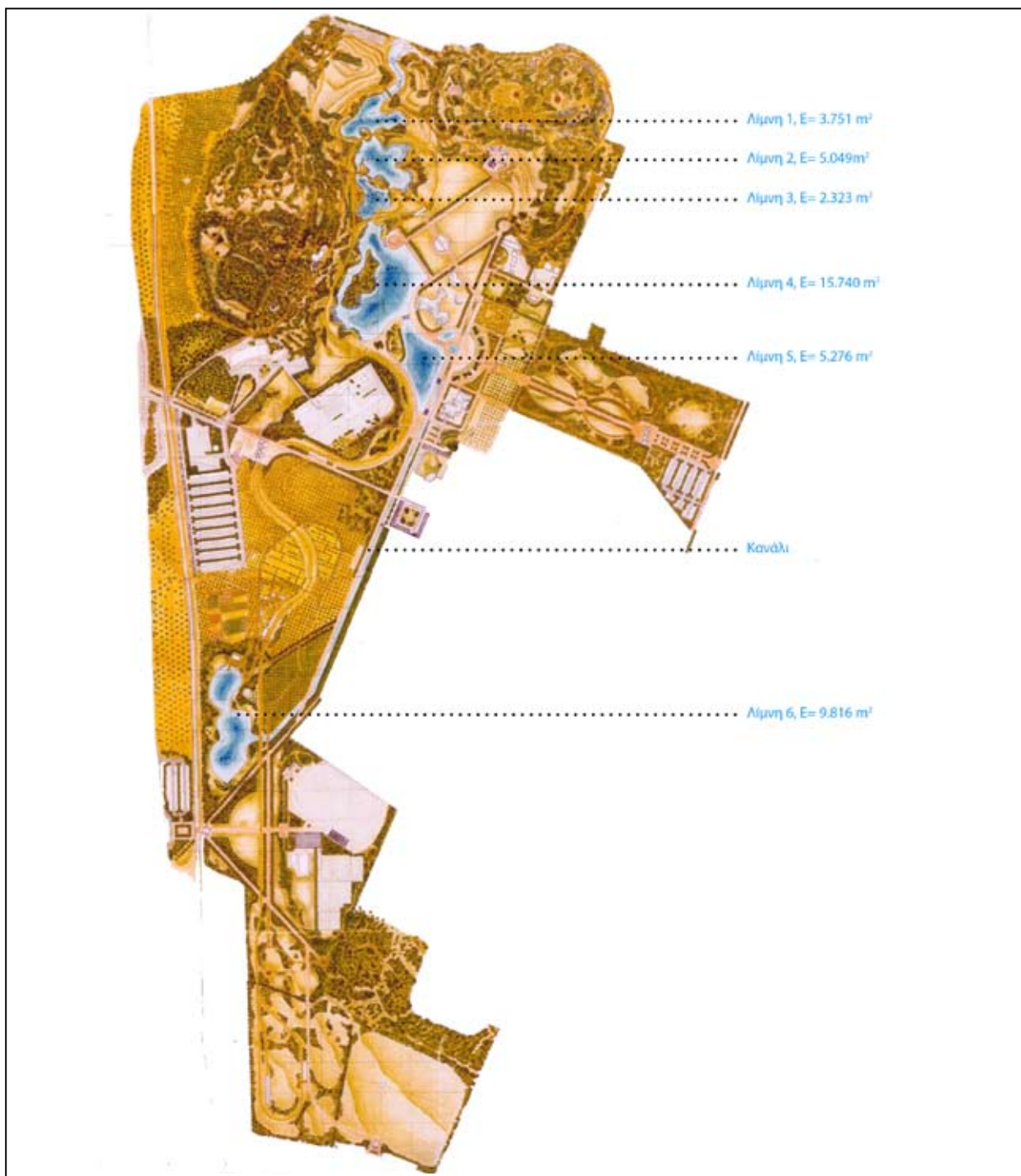
Το υπόγειο νερό θα αξιοποιούνταν για χρήσεις που προϋποθέτουν άμεση επαφή του ανθρώπου με αυτό, όπως οι τεχνητές λίμνες, από τις οποίες θα αντλούνταν νερό για άρδευση με τεχνητή βροχή (γρασίδι) και άρδευση μέσω επιφανειακής ροής στα κανάλια. Επιπλέον θα δημιουργούνταν ξεχωριστό δίκτυο υπό πίεση για τα επεξεργασμένα λύματα του βιολογικού καθαρισμού για την άρδευση μη οπωροφόρων δέντρων και συμπληρωματικά μονό, για τροφοδοσία των τεχνητών λιμνών. Συνακόλουθα η μελέτη προέβλεπε πως σε περίπτωση που οι γεωτρήσεις και τα φρέατα κριθούν τεχνοοικονομικά μη αποδεκτά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί νερό από την τριτοβάθμια μονάδα βιολογικού καθαρισμού - που προβλεπόταν να κατασκευαστεί στο δεύτερο στάδιο της Α' φάσης της μελέτης- ώστε τα επεξεργασμένα λύματα να αποκτήσουν ποιότητα κολυμβητικών νερών, που θα χρησιμοποιούνταν για την πλήρωση των τεχνητών λιμνών. Μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί πόσιμο νερό από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ.

5.7.3 Δίκτυο τεχνητών λιμνών και καναλιού

Όσον αφορά στις βασικές αρχές σχεδιασμού του Πάρκου Τρίτση, το νερό αποτελεί κύριο συνδετικό δίκτυο αναφοράς, που κινείται από βορρά προς νότο ανάμεσα στους δύο λόφους, ακριβώς στη συμβολή των υδάτων της λεκάνης απορροής, με μεταβαλλόμενα επίπεδα και μορφολογικά χαρακτηριστικά. Αποτελείται από τεχνητές λίμνες και κανάλια που λειτουργούν ως ταμιευτήρες

³⁰ Με βάση τα στοιχεία που έδωσε ο μεγάλος αριθμός γεωτρήσεων, αλλά και τα υπάρχοντα πολλά φρέατα στο Πάρκο Τρίτση στην «Υδρογεωλογική έρευνα και μελέτη στην περιοχή του Πύργου Βασιλίσσης» (Κούνη Γ.Δ., Βικτωρίου-Γεωργούλη Α., 1994), διαπιστώνεται η ύπαρξη ενός πρακτικά ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα που αναπτύσσεται στο ανώτερο τμήμα του αθηναϊκού σχιστόλιθου και στα χαλαρά ιζήματα του καλύμματος παρουσιάζοντας συνθήκες υδραυλικής συνέχειας. Το τεταρτογενές κάλυμμα μπορεί να αποδώσει με παροχή από φρέατο μέχρι δεκάδες m³/h, στους μεσοζωικούς ασβεστόλιθους της υδρογεωλογικής λεκάνης υπολογίστηκε εισφορά 25 m³/h.km² ή 500 m³/h εφ' όλης της έκτασης σχεδόν.

νερού. Η μορφολογία των υδάτινων επιφανειών καθώς ο επισκέπτης κινείται από το βόρειο προς το νότιο τμήμα του χώρου, μεταβάλλεται από μια πιο ελεύθερη σχεδιαστική προσέγγιση των ορίων (βόρειες λίμνες) σε μια πιο σκληρή (κανάλι και μικρότερη λίμνη).



Σχέδιο 1, Masterplan του Πάρκου Τρίτση, μελέτη Θύμιος Παπαγιάννης και συνεργάτες AEM

Το σύστημα των λιμνών και του καναλιού προβλεπόταν να λειτουργεί και ως δεξαμενή ημερήσιας εξίσωσης, για όλες τις παροχές άρδευσης του Πάρκου (η άρδευση των φυτών θα πραγματοποιούνταν 18 ώρες από τις 24), πλην αυτών της άρδευσης των δύο λόφων που έχει προβλεφθεί να τροφοδοτείται από τον βιολογικό καθαρισμό. Οι παροχές από τις γεωτρήσεις και τα πηγάδια θα διοχετεύονταν αρχικά μέσα στις λίμνες και στη συνέχεια αφενός λόγω υψομετρικής διαφοράς (σε

όποια σημεία είναι εφικτό) θα οδηγούνταν με βαρύτητα στα κανάλια επιφανειακής άρδευσης και αφετέρου (όπου δεν είναι εφικτή η κίνηση με βαρύτητα), μέσω αντλιοστασίων και δικτύων αγωγών υπό πίεση, στα στόμια τεχνητής βροχής (για άρδευση) και στα κανάλια ελεύθερης ροής.

Το νερό από τα κανάλια ελεύθερης ροής είχε προβλεφθεί, αφού χρησιμοποιηθεί για άρδευση, να επιστρέφει σε λίμνη με χαμηλότερη στάθμη, ώστε το υπόλοιπο της παροχής που δεν χρησιμοποιείται να μην υπερχειλίζει, αλλά να ξαναγυρίζει στο δίκτυο των λιμνών. Επιπλέον τα επεξεργασμένα λύματα από την εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού θα μπορούσαν να τροφοδοτήσουν τους ταμιευτήρες των τεχνητών λιμνών του Πάρκου, ύστερα από προσεκτικό έλεγχο της ποιότητας του νερού (π.χ. παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών) από το Φορέα Ανάπτυξης και Διαχείρισης του Πάρκου.

Το ζήτημα της επανακυκλοφορίας του νερού των λιμνών θα επιτυγχανόταν κατά ένα μέρος με την τροφοδοσία και στη συνέχεια την απαγωγή των παροχών άρδευσης από τις λίμνες (με άντληση ή βαρύτητα). Προκειμένου να μην αναπτύσσονται σηπτικές καταστάσεις στις υδάτινες επιφάνειες και να επιτυγχάνεται επαρκής αερισμός του νερού και προσρόφηση του απαιτούμενου οξυγόνου, μεταξύ των λιμνών και κατά μήκος του καναλιού (το κανάλι θα έχει 16 πτώσεις ύψους 0,50 μ η κάθε μια), προβλέφθηκε η δημιουργία καταρρακτών και ενός μεγάλου κεντρικού συντριβανιού.

Τέλος η μελέτη προέβλεπε την κατασκευή δικτύου διασύνδεσης- παράκαμψης (by pass) των λιμνών (μιας ή και περισσότερων), ώστε να υπάρχει η δυνατότητα εκκένωσης για επισκευή ή καθαρισμό χωρίς να σπαταλούνται πολύτιμοι υδατικοί πόροι. Επιπλέον με τη χρήση του δικτύου by pass και δικλείδων ασφαλείας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, υπάρχει η δυνατότητα εκκένωσης όλων ή μέρους των λιμνών, διοχετεύοντας το νερό στο ρέμα Εσχατιάς.

5.7.4 Σύστημα βιολογικής επεξεργασίας (Περιστρεφόμενοι Βιολογικοί Δίσκοι)

Οι τεχνητές λίμνες του πάρκου είχε προταθεί να τροφοδοτούνται με επεξεργασμένα λύματα από τον βιολογικό καθαρισμό που θα δημιουργούνταν μέσα στο Πάρκο Τρίτση. Για το σκοπό αυτό εκτός από δευτεροβάθμια επεξεργασία για απομάκρυνση οργανικού φορτίου, νιτροποίηση-απονιτροποίηση και απομάκρυνση φωσφόρου, κρίθηκε αναγκαία και η τριτοβάθμια επεξεργασία, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις ποιότητας των επιφανειακών υδάτων για «διαβίωση υδρόβιων οργανισμών». Η απομάκρυνση φωσφόρου και αζώτου είναι σημαντική για την αποφυγή φαινομένων ευτροφισμού στις τεχνητές λίμνες. Η τριτοβάθμια επεξεργασία θα περιλάμβανε διήθηση και απολύμανση, ώστε να εξασφαλιστεί η απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών.

Σύμφωνα με με το Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Μεταμόρφωσης τα τότε δεδομένα των εισερχόμενων ρυπαντικών φορτίων των ανεπεξέργαστων λυμάτων, φαίνονται στον Πίνακα 17, καθώς και τα κριτήρια εκροής. Επιπλέον τα στάδια επεξεργασίας της εγκατάστασης θα ήταν τα εξής: (1) είσοδος στην εγκατάσταση και υπερχειλίση σε περίπτωση ανάγκης, (2) ανύψωση λυμάτων με άντληση (πιθανή) (3) εσχάρωση, (4) εξάμμωση, (5) αφαίρεση αιωρούμενων στερεών, (6) μετρητής

παροχής, (7) δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία, (8) νιτροποίηση-απονιτροποίηση, (9) καθίζηση της λάσπης στη δεξαμενή τελικής καθίζησης και απομάκρυνση φωσφόρου, (10) απολύμανση, (11) δεξαμενή αποθήκευσης, (12) φίλτρα άμμου για διύλιση επεξεργασμένων λυμάτων, (13) σταθεροποίηση λάσπης, (14) αφυδάτωση λάσπης. Η παραγόμενη αποξηραμένη ιλύς θα μεταφερόταν εντός των ορίων του Πάρκου, όπως στη περιοχή του αγροκτήματος όπου και θα παράγεται οργανικό λίπασμα από την ανακύκλωση απορριμμάτων ή βιοαποδομήσιμων απόβλητων, όπως φύλλα, κλαδιά, κηπευτικά κτλ.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΙΣΡΟΗΣ	
BOD = 380 mg/l	
COD = 400 mg/l	
SS = 350 mg/l	
NTK = 50 mg/l	

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΚΡΟΗΣ	
BOD	≤ 20mg/l
COD	≤ 60 mg/l
SS	≤30 mg/l
TS	≤ 300 mg/l
VS	≤ 200 mg/l
NH ₃ -N	≤20 mg/l
PO ₄	≤ 7 mg/l
E.COLI	< 2,2/100mg
ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΑΦΗΣ ΧΛΩΡΙΟΥ	=30 MIN
ΥΠΟΛ.ΧΛΩΡΙΟ	<1 mg/l

Πίνακας 17, Κριτήρια εισροής-εκροής. Η εκροή έπρεπε να είναι σύμφωνη με : (1) την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία αστικών αποβλήτων, (2) την Υπουργική Απόφαση Νομαρχών Αττικής και Κορινθίας με αριθμό 17823/ΦΕΚ 1132B/79, (3) τον Ν.1739/ΦΕΚ 210Α/20-11-1987 για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων, (4) Υ.Α ΦΕΚ 438/86 για «πρότυπα ποιότητας γλυκών επιφανειακών νερών για τη διαβίωση ψαριών». Στην περίπτωση απεριόριστης επαναχρησιμοποίησης - συμπεριλαμβανομένης και της απεριόριστης άρδευσης- όπου υπάρχει η πιθανότητα άμεσης επαφής με το επαναχρησιμοποιούμενο νερό, τα λύματα απαιτείται να είναι απαλλαγμένα από παθογόνους μικροοργανισμούς, με όριο για μέση τιμή ολικών κολοβακτηριδίων 2,2/100 ml και μέγιστη τιμή 23/100 ml (Κανονισμός Πολιτείας Καλιφόρνια, ΗΠΑ).

Στο Πάρκο Τρίτση θα λειτουργούσε βιολογική μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, αποτελούμενη από Περιστρεφόμενους Βιολογικούς Δίσκους, που θα ήταν επισκέψιμη από τους πολίτες, συμβάλλοντας στην ευαισθητοποίηση του περιβάλλοντος και της περιοχής μελέτης. Η βιολογική φάση που αποτελεί βασικό μέρος της επεξεργασίας των λυμάτων στηρίχθηκε στη χρήση Περιστρεφόμενων Βιολογικών Δίσκων, που αποτελούνται από μια διάταξη κυκλικών δίσκων τοποθετημένων πολύ κοντά μεταξύ τους και οι οποίοι βυθίζονται στα λύματα και περιστρέφονται μέσα σε αυτά. Κατά τη λειτουργία οι μικροοργανισμοί προσκολλώνται στην επιφάνεια των δίσκων και σχηματίζουν σε όλη τη βρεγμένη επιφάνεια ένα βιοφίλμ. Η περιστροφή των δίσκων εναλλάσσει την επαφή της βιομάζας με την οργανική ύλη του απόβλητου και στη συνέχεια με την ατμόσφαιρα για την προσρόφηση οξυγόνου. Η περιστροφή των δίσκων από τη μια επιδρά στη μεταφορά οξυγόνου και από την άλλη συντηρεί τη βιομάζα σε αερόβιες συνθήκες. Η περιστροφή αποτελεί μηχανισμό για την απομάκρυνση των επιπλέον στερεών από τους δίσκους με την ανάπτυξη διατμητικών τάσεων και έτσι τα αποκολλούμενα στερεά οδηγούνται στη δεξαμενή καθίζησης. Οι περιστρεφόμενοι δίσκοι

θα χρησιμοποιούνταν για δευτεροβάθμια επεξεργασία και νιτροποίηση-απονιτροποίηση. Η παραπάνω λύση επιλέχθηκε εξαιτίας: (1) της μικρότερης κατανάλωσης ρεύματος, (2) της ελαστικότητας αφού μπορεί να δεχτεί αυξομειώσεις υδραυλικού και οργανικού φορτίου χωρίς καμιά ρύθμιση, (3) της απλότητας λειτουργίας -που μειώνει το κόστος συντήρησης- και της διάρκειας ζωής (4) της υψηλής απόδοσης καθαρισμού με μικρή καλυπτόμενη επιφάνεια και δυνατότητα επέκτασης για μελλοντικές ανάγκες (5) στο ό,τι η παραγόμενη ιλύς έχει εξαιρετικά χαρακτηριστικά καθίζησης -οπότε απαιτείται και μικρότερη δεξαμενή καθίζησης- και υψηλή ικανότητα αφυδάτωσης.

5.7.5 Αξιολόγηση της κατάστασης σήμερα

5.7.5.1 Γενική επισκόπηση

Η αρχική πρόταση διάσωσης του Πάρκου τελικά υλοποιήθηκε σε πολύ μικρό βαθμό. Σήμερα κυρίαρχο πρόβλημα αποτελεί η οργανωτική δυσλειτουργία, αλλά και η οικονομική δυσπραγία του Μητροπολιτικού Φορέα Ανάπλασης και Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Αττικής, που αδυνατεί να επιτελέσει τα στοιχειώδη καθήκοντα της συντήρησης του χώρου και δεν εφαρμόζει ή ολοκληρώνει το σχεδιασμό των λειτουργιών και δικτύων του Πάρκου κατά τις κατευθύνσεις του αρχικού σχεδιασμού. Οι περισσότερες προτάσεις του προγράμματος λειτουργίας δεν έχουν υλοποιηθεί, ενώ το πλέγμα των δομικών του στοιχείων δεν έχει ολοκληρωθεί, με αποτέλεσμα το Πάρκο να στερείται ενός ιδιαίτερου χαρακτήρα. Σήμερα ο χώρος δίνει την εικόνα ενός συμβατικού μεγάλου χώρου αναψυχής, που αποκλίνει από την αρχική φιλόδοξη ιδέα της δημιουργίας του «μεγαλύτερου δημόσιου θεματικού Πάρκου των Βαλκανίων».

Όσον αφορά στο δίκτυο πρασίνου η εφαρμογή σχεδιασμού είναι πλημμελής, αφού δεν έχουν γίνει οι προβλεπόμενες φυτεύσεις των δύο βορινών λόφων και η γενική κατάσταση πρασίνου στο εσωτερικό του πάρκου φαίνεται υποβαθμισμένη, ενώ ο βοτανικός κήπος και το πρότυπο αγρόκτημα βιολογικής καλλιέργειας δεν λειτουργούν πέρα από κάποιες εκτάσεις που έχουν δημιουργηθεί από κάποιες οργανώσεις (όπως η οργάνωση Κέντρο της Γης που έχει διαμορφώσει χώρους όπως: λαχανόκηπο, άγριο οικοσύστημα, ελαιώνα, φύτευση με μουριές κτλ). Στα πλαίσια εκπαιδευτικών εκδρομών στην ανατολική είσοδο έχουν γίνει φυτεύσεις με φιστικιές, δραστηριότητα που ούτε ελέγχεται από τον επίσημο φορέα διαχείρισης, ούτε εντάσσεται στο συνολικό πρόγραμμα ανάπτυξης του Πάρκου.

Το τρένο που σχεδιάστηκε για να αποτελέσει τη ραχοκοκαλιά του πάρκου ως μέσου περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, δε λειτούργησε ποτέ παρά το γεγονός ότι κατασκευάστηκαν οι σιδηροτροχιές, τα τεχνικά έργα και τα υπόστεγα των τεσσάρων σταθμών, αφού δεν υπήρξε καμιά κινητοποίηση από πλευράς ΟΣΕ. Θα μπορούσε να λειτουργήσει από μόνο του ως πολιτιστικός πόλος, με την έννοια του κινητού μνημείου, δεδομένου ότι η μελέτη προέβλεπε τη χρήση ιστορικού υλικού από το μουσείο του ΟΣΕ.

Σε γενικές γραμμές σε ό,τι αφορά τις λειτουργίες και συναφείς δραστηριότητες που προβλέπονταν να αναπτυχθούν στο Πάρκο, ελάχιστες έχουν πραγματοποιηθεί και αυτές κυρίως αφορούν σε

διοικητικές λειτουργίες και δραστηριότητες αναψυχής και σε πολύ μικρότερο βαθμό λειτουργίες «περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης», που αποτελούσαν και αποτελούν την ουσία του προγράμματος.



Εικόνα 15, Γραμμές τρένου που διασχίζουν το Πάρκο Τρίτση, αλλά το τρένο δε λειτούργησε ποτέ

5.7.5.2 Τελικά συμπεράσματα και γενική επισκόπηση της διαχείρισης των υδατικών πόρων



Χάρτης 17, Ρέμα Ρεματιάς

Σε γενικές γραμμές το δίκτυο νερού στο Πάρκο συμβάλλει στη δημιουργία ενός αξιόλογου ειδικά για τα δεδομένα του Λεκανοπεδίου υγροβιότοπου, που έχει προσελκύσει 160 είδη αποδημητικών ή ενδημικών πουλιών. Όπως προαναφέρθηκε το Πάρκο Τρίτση αποτελείται από ένα συγκρότημα 5 τεχνητών λιμνών που χωροθετούνται στο βόρειο τμήμα του Πάρκου και μια λίμνη στο νότιο τμήμα του χώρου. Οι δύο ενότητες λιμνών έχουν υψομετρική διαφορά και συνδέονται με ένα τεχνητό κανάλι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι άνω λίμνες (1,2,3,4,5, βλ. Χάρτη 18) βρίσκονται σε ψηλότερο επίπεδο σε σχέση με την κάτω λίμνη και φυσικά αντίστοιχη είναι και η κατεύθυνση της ροής του νερού. Στην κάτω λίμνη (προς νότο) οι μελετητές κατασκεύασαν ένα αντλιοστάσιο, προκειμένου το νερό να οδηγείται ξανά στις επάνω λίμνες, ώστε να αποφευχθεί η σπατάλη των υδατικών πό-

ρων. Σε περίπτωση δε υπερχειλίσης η κάτω λίμνη θα έστελνε το νερό στο ρέμα Εσχατιάς (προς δυτικό τμήμα Πάρκου βλ. Χάρτη 17) και εν συνεχεία στον Κηφισό. Αξίζει να αναφερθεί πως οι γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά καιρούς στο Πάρκο, δεν απέδωσαν σημαντικές ποσότητες υπόγειου νερού. Έτσι οι τεχνητές λίμνες γέμιζαν με νερό της ΕΥΔΑΠ - που αποτελεί ενάντια σε κάθε οικολογική και περιβαλλοντική λογική- με αποτέλεσμα να σωρευθεί το χρέος του νερού του Πάρκου σε 1,3 εκ. ευρώ (αυτό αποτέλεσε ένα από τα μεγαλύτερα χρέη του Φορέα του Πάρκου). Είναι άγνωστο πως ελήφθη μια τέτοια απόφαση, όμως πολύ γρήγορα φάνηκε πως ήταν προβληματική. Το αποτέλεσμα από τη μια ήταν η μη οικονομική βιωσιμότητα και από την άλλη το μη ικανοποιητικό επίπεδο παροχής, με αποτέλεσμα τα νερά στους υψηλότερους αναβαθμούς να λιμνάζουν, με κίνδυνο τη μετατροπή τους σε έλη, που εγκυμονούσαν κινδύνους για τη δημόσια υγεία.

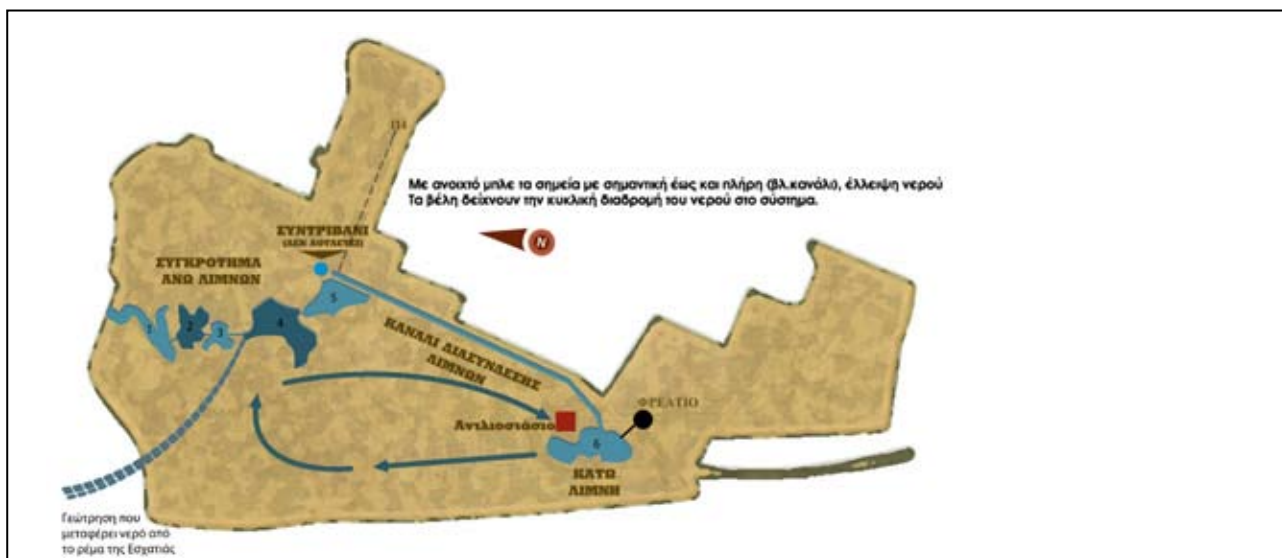
Στο ενδιάμεσο και καθώς δεν εφαρμόστηκε ποτέ το έργο ανακύκλωσης του νερού, που από τη μια αποτελούσε κρίσιμο παράγοντα για την επιβίωση των οικοσυστημάτων και από την άλλη θα λειτουργούσε και ως περιβαλλοντικό έκθεμα, το Πάρκο άρχισε να τροφοδοτείται από ένα πηγάδι που βρίσκεται πολύ κοντά στο ρέμα Εσχατιάς (πηγάδι Π2' βλ.Χάρτη 20). Από το ρέμα μέσω ενός αγωγού μεταφέρεται η παροχή ακολουθώντας τις καταρτημένες πλέον γραμμές Αθηνών-Πελοποννήσου και κατηφορίζει περίπου για δύο χιλιόμετρα προς το Πάρκο. Αρχικά ο υδροφόρος ορίζοντας τροφοδοτούσε με νερό τις επάνω λίμνες του Πάρκου (2,3,4,5) και στη συνέχεια διαμέσου του καναλιού τροφοδοτούσε και την κάτω λίμνη (6). Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το πηγάδι έπαψε να τροφοδοτεί με νερό τις λίμνες και αυτό γιατί η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα είχε υποχωρήσει σημαντικά. Το πηγάδι αντλούσε νερό επί 24ώρης βάσης χωρίς διακοπόμενη λειτουργία, με αποτέλεσμα να μην ανανεώνεται ο υδροφόρος ορίζοντας και η διαχείριση της υδροδότησης του Πάρκου με υπόγειο νερό να συντελείται με μη βιώσιμο τρόπο.

Το 2009 έπειτα από πιέσεις πολιτών, περιβαλλοντικών οργανώσεων κτλ, το Υπουργείο δεσμεύεται να συγχρηματοδοτήσει με το Ίδρυμα Λάτση, ένα μεγάλο έργο ανακύκλωσης του νερού (από πηγές του Καματερού) και παράλληλα άρδευσης και πυροπροστασίας. Το έργο μετά από πολλές δυσκολίες, ξεκινά το 2011 και τον Οκτώβριο του ίδιου έτους, έχει ολοκληρωθεί κατά ένα μεγάλο ποσοστό. Το αντλιοστάσιο στο υπόγειο που είχε κατασκευαστεί με βάση την αρχική μελέτη, εμφανίζεται πλήρως απαξιωμένο (ο εξοπλισμός όπως αντλίες, σωληνώσεις, ηλεκτρικοί πίνακες ήταν πλημμυρισμένος με νερό από το 2000 μέχρι 2010) και αντικαθίσταται από αντλιοστάσιο στο ισόγειο, αλλά και πάλι το σύστημα ανακύκλωσης των υδάτων δε λειτουργεί. Το καλοκαίρι του 2016 το Πάρκο παρουσιάζει προβλήματα υδροδότησης και οι λίμνες αδειάζουν. Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα πέφτει και σε αυτό αναντίρρητα συμβάλλει ο εγκιβωτισμός του ρέματος της Εσχατιάς (έργα διευθέτησης του ρέματος), αφού ο υδροφόρος ορίζοντας στην περιοχή εμπλουτιζόταν από τη φυσική ροή του ρέματος.

Συμπερασματικά το πρόβλημα υδροδότησης των τεχνητών λιμνών ήταν το αποτέλεσμα μιας σειράς αιτιών αφού: (1) δεν αντιμετωπίστηκε ποτέ ολοκληρωτικά η μη λειτουργία του συστήματος ανακυκλοφορίας, αφού καθώς το σύστημα υποβαθμιζόταν δε συντελούνταν καμιά ενέργεια αποκατάστασης της λειτουργίας του, (2) η τροφοδοσία των λιμνών εξασφαλιζόταν από ένα πηγάδι

που λειτουργούσε συνεχώς (3) το σύστημα ανακυκλοφορίας ανακατασκευάστηκε εξαρχής (2011), αλλά δε λειτούργησε και το πρόβλημα συνεχίζεται μέχρι σήμερα, (4) το ρέμα της Εσχατιάς εγκιβωτίζεται και διακόπτεται ο εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα και (5) τέλος η φθορά της στεγάνωσης του πυθμένα των λιμνών είναι μεγάλη, χωρίς να συντελούνται εργασίες αποκατάστασης, με αποτέλεσμα τον υψηλό βαθμό απωλειών υδατικών πόρων. Επιπλέον η κατασκευή των Περιστερόμενων Βιολογικών Δίσκων, μιας επισκέψιμης μονάδας από τους πολίτες, δεν υλοποιήθηκε ποτέ, όπως και η αρχική ιδέα της αξιοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων που θα μπορούσαν να τροφοδοτούν τις έξι τεχνητές λίμνες και να αυξήσουν το ελλειμματικό ισοζύγιο στο Πάρκο Τρίτση.

Η κατάσταση σήμερα (Νοέμβριος 2017) παρουσιάζεται στο Χάρτη 18. Ο χώρος τροφοδοτείται από γεώτρηση εκτός του Πάρκου, που μεταφέρει νερό από το ρέμα Εσχατιάς στις επάνω λίμνες, από ένα φρεάτιο που βρίσκεται στην κάτω λίμνη (Φ, βλέπε χάρτη 18) και την τροφοδοτεί με νερό και ένα πηγάδι (Π4 που είναι ενεργό αλλά δεν λειτουργεί πάντα, βλέπε χάρτη 18). Η παροχή νερού στις επάνω λίμνες είναι μικρή και δεν μπορεί να καλύπτει από την εξωτερική γεώτρηση και το κανάλι δεν μπορεί να μεταφέρει νερό στην κάτω λίμνη. Έτσι η λεκάνη του κεντρικού καναλιού ουσιαστικά εμφανίζεται άδεια, με εξαίρεση κάποιες μικρές επιφάνειες με στάσιμο νερό προς το βόρειο τμήμα (μεγαλύτερο υψόμετρο). Το κεντρικό συντριβάνι δε λειτουργεί, υποδηλώνοντας τη δυσκολία υδροδότησης των μεγάλων τεχνητών λιμνών.



Χάρτης 18, Υπάρχουσα κατάσταση όσον αφορά τη στάθμη του νερού των 6 τεχνητών λιμνών και του καναλιού

Οι ανάγκες βέβαια του Πάρκου σε νερό, δεν περιορίζονται στην τροφοδότηση των λιμνών, αφού στο υπάρχον οικοσύστημα του χώρου φιλοξενούνται διάφορα είδη πτηνών, ψαριών και άλλων ειδών που σχετίζονται με λιμναία περιβάλλοντα, ενώ εμφανίζονται σπάνια είδη φυτών (ορχιδέας, αυτοφυή καλάμια σε ποικίλα είδη, καλλιέργειες φιστικιών, ελαιώνας, δένδρα δασικού περιβάλλοντος και άλλα). Για το λόγο αυτό το Πάρκο χαρακτηρίστηκε ως βιοτοπικό νησί στα πλαίσια του 15^{ου} Επιστημονικού Συνεδρίου της Ε.Β.Ε. Άρα υπάρχει και ανάγκη άρδευσης για καλλιέργειες, καλλωπιστικά φυτά και αναδασώσεις.



Εικόνα 16, Το κεντρικό κανάλι, λήψη από βορρά προς νότο

Εικόνα 17, Το κεντρικό κανάλι, λήψη από νότο προς βορρά



Εικόνα 18, Άποψη του νότιου τμήματος του καναλιού

Εικόνα 19, Το κανάλι αδυνατεί να τροφοδοτήσει με νερό τη λίμνη 6



Εικόνα 20, Ικανοποιητικό το επίπεδο της τεχνητής λίμνης 4

Εικόνα 21, Ικανοποιητικό το επίπεδο της τεχνητής λίμνης 4



Εικόνα 22, Μη ικανοποιητικό το επίπεδο της τεχνητής λίμνης 5



Εικόνα 23, Μεγάλες απώλειες στις τεχνητές λίμνες λόγω της κακής στεγάνωσης και συντήρησης



Εικόνα 24, Ευθεία το κεντρικό συντριβάνι και αριστερά η λίμνη 4



Εικόνα 25, Το κεντρικό συντριβάνι είναι άδειο



Εικόνα 26, Η λίμνη 2 έχει μετατραπεί σε έλος με βλάστηση από καλαμιώνες και βούρλα



Εικόνα 27, Η λίμνη 2 έχει μετατραπεί σε έλος με βλάστηση από καλαμιώνες και βούρλα



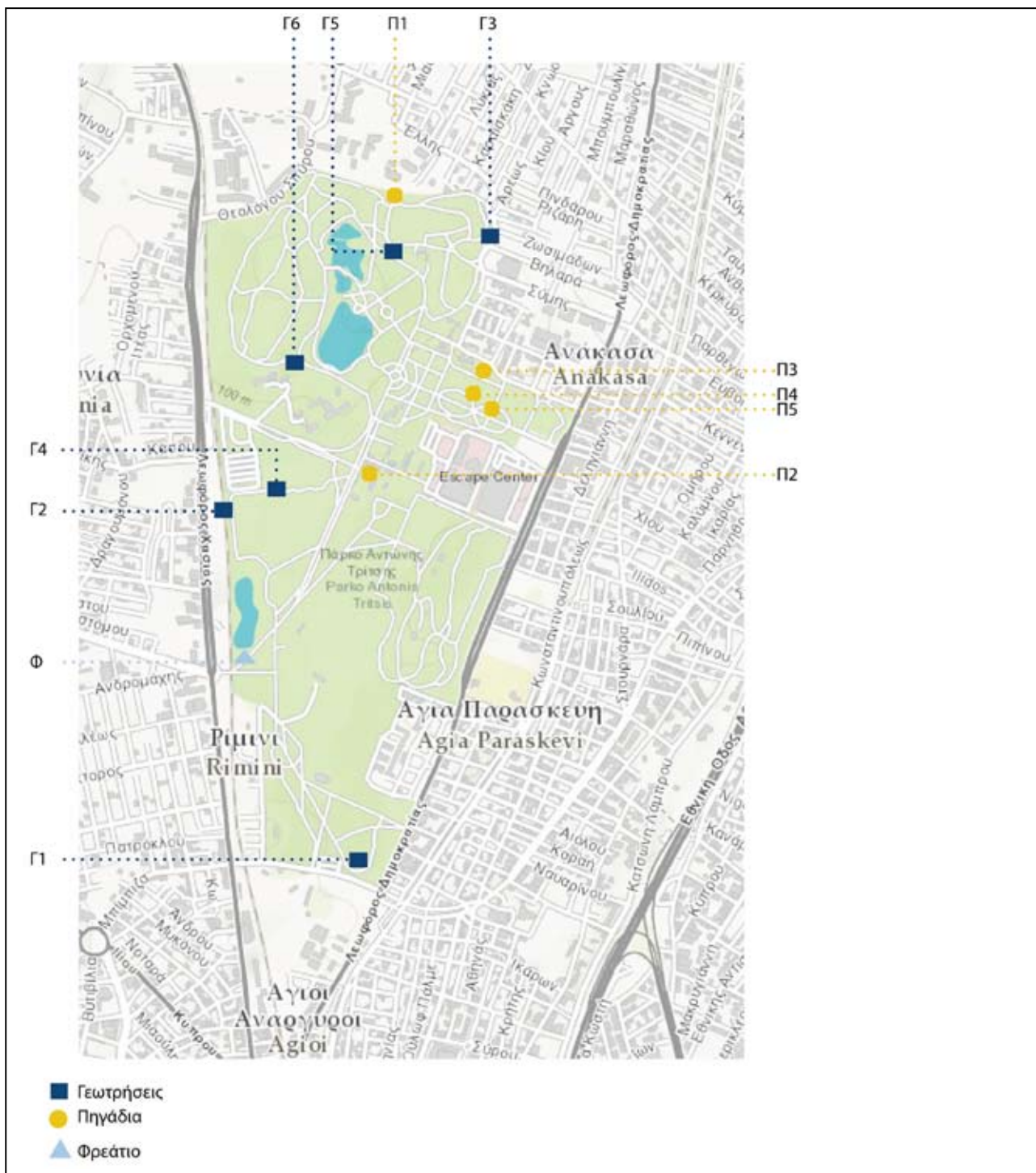
Εικόνα 28, Το κανάλι αδυνατεί να τροφοδοτήσει με νερό τη λίμνη 6

Εικόνα 29, Η λίμνη 6 τροφοδοτείται με νερό από φρεάτιο

Το Σεπτέμβριο του 2017 καταγράφονται τα σημεία απόληψης νερού μέσα στο Πάρκο Τρίτση και καταχωρούνται στο περιουσιολόγιο του Φορέα Διαχείρισης (από την Καλλιόπη Κατσαφάδου, γεωλόγο). Πρόκειται για 5 πηγάδια (Π1, Π2, Π3, Π4, Π5), 6 γεωτρήσεις (Γ1, Γ2, Γ3, Γ4, Γ5, Γ6) και ένα φρεάτιο (Φ). Ειδικότερα το πηγάδι Π1 βρίσκεται κοντά στο αίθριο θέατρο, πλησίον του χώρου θεάτρου. Παρουσιάζει ωφέλιμη παροχή περί τα 3 m³/h, σημαντική παροχή για απόληψη νερού, όμως ταυτόχρονα καθυστερεί σημαντικά στην άνοδο της στάθμης του. Έτσι η χρήση του θα πρέπει να γίνεται με ίσα διαστήματα παύσης και λειτουργίας (τεχνική έκθεση «Έργο: Έργα συντήρησης και βελτίωσης Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντ.Τρίτση - Διάνοιξη υδρογεωτρήσεων συνολικού βάθους 300 μ., φορέας: Α.Σ.Δ.Α. ανάδοχος: Παν.Ι.Πολίτης, Πάτρα, Αύγουστος 2004). Στο πηγάδι Π2 δεν έχει πραγματοποιηθεί δοκιμαστική άντληση, καθώς παρουσιάζει μεγάλο βάθος και έχει μικρή ποσότητα νερού. Το πηγάδι Π3 σήμερα εμφανίζεται κλειδωμένο, αλλά σε περίπτωση λειτουργίας του μπορεί να δώσει καθημερινά περίπου 2 m³/h, ενώ το Π4 αποτελεί το μοναδικό ενεργό πηγάδι εντός του Πάρκου που παρέχει νερό στην πέμπτη λίμνη για την πλήρωση των απωλειών της και θα μπορούσε να αποδώσει καθημερινά 2 m³/h (τεχνική μελέτη «Μέγιστες ποσότητες άντλησης από υφιστάμενες γεωτρήσεις και πηγάδια στο Πάρκο Αντώνης Τρίτση», Κατερίνα Λιονή, Σάββας Μπηλιώνης, 2003). Το Π5 αποτελεί ένα ακόμα κλειδωμένο ανενεργό πηγάδι μέσα στο Πάρκο, το οποίο δύναται να παρέχει 1 m³/h για την άρδευση του Πάρκου. Τέλος το φρεάτιο (Φ) της έκτης λίμνης (που αποτελεί τη μόνη επισκευασμένη λίμνη), κατασκευάστηκε κατά τη δημιουργία του Πάρκου με σκοπό να συλλέγει το νερό που διαρρέει από τη λίμνη 6. Έτσι το Φ τροφοδοτείται με υπόγεια υδροφορία, δηλαδή από τις διαρροές των λιμνών και καθαρίζεται φυσικά κατά την υπόγεια διαδρομή που ακολουθεί (υδρογεωλογική μελέτη, έργο: Υδρογεωλογικές εργασίες στο Πάρκο Αντώνης Τρίτση», Κατερίνα Λιονή, Μιχάλης Λιονής, 2009). Η παροχή άντλησης που προσφέρει είναι 1,5 m³/h (τεχνική μελέτη «Μέγιστες ποσότητες άντλησης από υφιστάμενες γεωτρήσεις και πηγάδια στο Πάρκο Αντώνης Τρίτση», Κατερίνα Λιονή, Σάββας Μπηλιώνης, 2003). Σήμερα το Φ όπως είδαμε παραπάνω τροφοδοτεί με νερό τη λίμνη 6.

Όσον αφορά στις υδρογεωτρήσεις η Γ1 είναι κλειστή γεώτρηση, αλλά θα μπορούσε να αντληθεί

ποσότητα ύδατος ίση με $1 \text{ m}^3/\text{h}$ (τεχνική μελέτη «Μέγιστες ποσότητες άντλησης από υφιστάμενες γεωτρήσεις και πηγάδια στο Πάρκο Αντώνης Τρίτης», Κατερίνα Λιονή, Σάββας Μπηλιώνης, 2003). Οι γεωτρήσεις Γ2 και Γ3 είναι κλειστές αλλά θα μπορούσαν να δώσουν παροχές $2 \text{ m}^3/\text{h}$ και $3 \text{ m}^3/\text{h}$, ενώ η Γ4 είναι ανενεργή αλλά μπορεί να δώσει παροχή $3 \text{ m}^3/\text{h}$ (τεχνική μελέτη «Μέγιστες ποσότητες άντλησης από υφιστάμενες γεωτρήσεις και πηγάδια στο Πάρκο Αντώνης Τρίτης», Κατερίνα



Χάρτης 19, Υδροληπτικά σημεία εντός των ορίων του Πάρκου Τρίτη

Λιονή, Σάββας Μπηλιώνης, 2003). Η Γ5 είναι ομοίως ανενεργή, αλλά εμφανίζει σημαντική παροχή απόληψης $8 \text{ m}^3/\text{h}$, αν και εμφανίζει σημαντική καθυστέρηση στην επάνοδο της στάθμης, ενώ

τέλος η Γ6 αποτελεί μια κατεστραμμένη γεώτρηση, η οποία θα μπορούσε να προσφέρει 2 m³/h στο Πάρκο (τεχνική έκθεση «Έργο: Έργα συντήρησης και βελτίωσης Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντ.Τρίτσης - Διάνοιξη υδρογεωτρήσεων συνολικού βάθους 300 μ., φορέας: Α.Σ.Δ.Α. ανάδοχος: Παν.Ι.Πολίτης, Πάτρα, Αύγουστος 2004).

Τα πηγάδια και οι γεωτρήσεις σε περίπτωση που καταστούν ενεργές μπορούν να δώσουν συνολική παροχή 28,5 m³/h.

Υδροληπτικό σημείο	Κατάσταση	Παροχή
Π1	Ανενεργό	3 m ³ /h
Π2	Ανενεργό	Δεν έχει γίνει δοκιμαστική άντληση
Π3	Ανενεργό	2 m ³ /h
Π4	Ενεργό	2 m ³ /h
Π5	Ανενεργό	1 m ³ /h
Γ1	Κλειστή	1 m ³ /h
Γ2	Κλειστή	2 m ³ /h
Γ3	Κλειστή	3 m ³ /h
Γ4	Κλειστή	3 m ³ /h
Γ5	Κλειστή	8 m ³ /h
Γ6	Κατεστραμμένη	2 m ³ /h
Φ	Ενεργό	1,5 m ³ /h

Πίνακας 18, Πίνακας των υδροληπτικών σημείων εντός των ορίων του Πάρκου με στοιχεία παροχών και κατάσταση λειτουργίας.

Π=Πηγάδι, Γ=Γεώτρηση, Φ=Φρεάτιο, δεδομένα από πηγή: Κατσαφάδου Καλλιόπη, «Έκθεση καταγραφής υδροληπτικών σημείων στο Πάρκο "Αντώνης Τρίτσης».



Εικόνα 30, Πηγάδια στο εσωτερικό του Πάρκου Τρίτση

Εκτός από γεωτρήσεις και πηγάδια στο εσωτερικό του Πάρκου, ο χώρος υδροδοτείται και από πηγές που βρίσκονται εκτός των ορίων αυτού, κυρίως από το πηγάδι Π2' (βλέπε Χάρτη 20) που βρίσκεται στο Δήμο Αγίων Αναργύρων-Καματερού με παροχή 35 m³/h. Από την παροχή αυτή τα

34 m³/h χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των Λιμνών (Λίμνες 2,3,4,5,) επί 24 ωρης βάσης και το 1 m³/h χρησιμοποιείται για άρδευση. Συνακόλουθα το πηγάδι Π2' που αποτελεί τελικά τη βασική τροφοδοσία του Πάρκου, τροφοδοτείται από την απορροή του ρέματος της Εσχατιάς, η οποία απορροή προέρχεται από τις πλύσεις των φίλτρων διύλισης νερού της ΕΥΔΑΠ (εγκαταστάσεις Αχαρνών). Σε περίπτωση που η ΕΥΔΑΠ υλοποιήσει τις εξαγγελίες της για ανακύκλωση του νερού καθαρισμού των φίλτρων, τότε θα διακοπεί και η απορροή τους θερινούς μήνες και θα μειωθεί δραστικά η παροχή άντλησης του πηγαδιού Π2'.

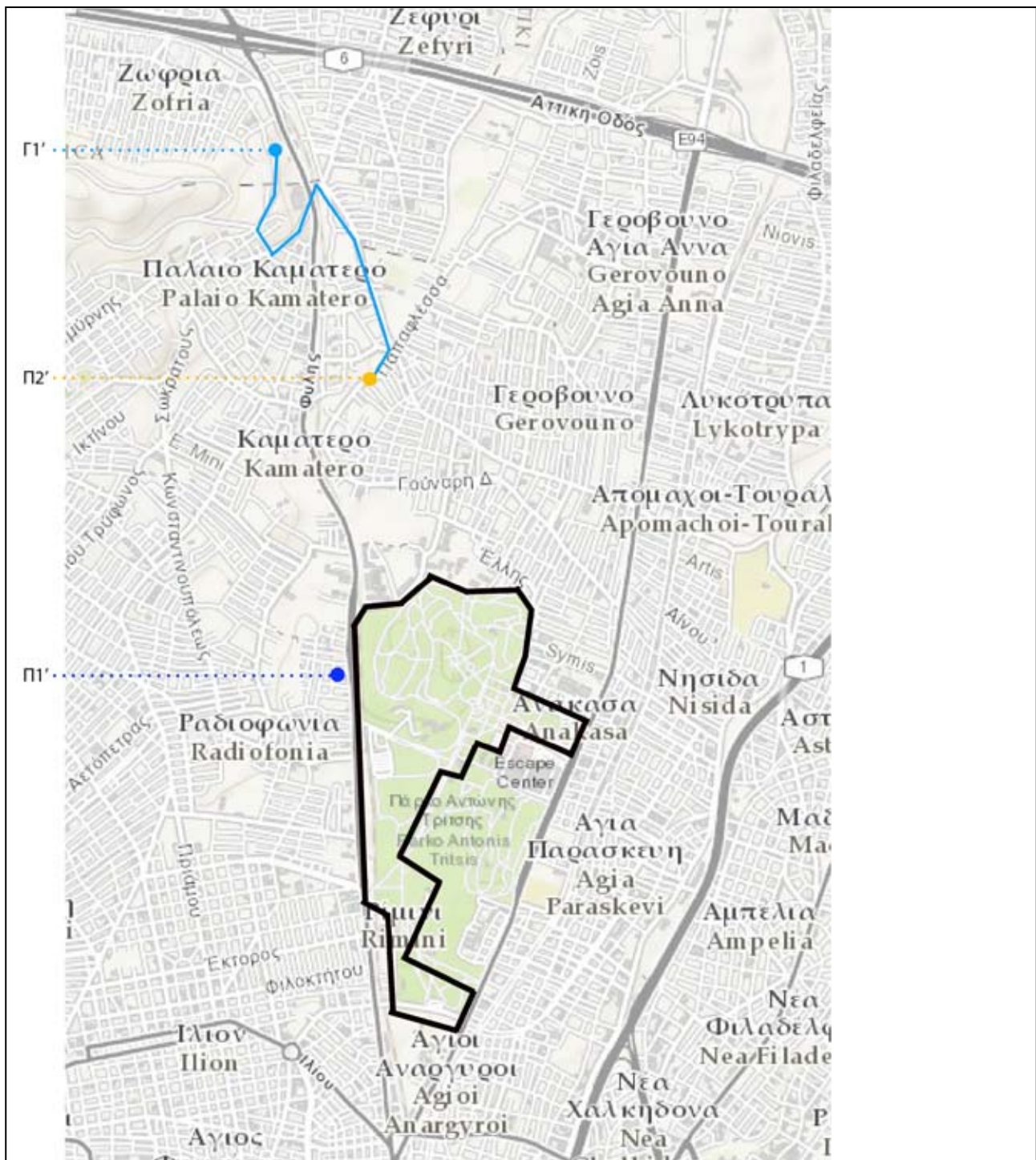
Συνακόλουθα η μελέτη του 2009 του γεωλόγου Μιχάλη Λιονή προτείνει την αξιοποίηση δύο πηγών: του Π1' και της Γ1'. Το Π1' αντιστοιχεί σε ιδιωτικό πηγάδι, του οποίου ο ιδιοκτήτης προσφέρεται να παραχωρήσει στο Πάρκο. Το πηγάδι αυτό βρίσκεται σε υπόγειο πολυκατοικίας και αντλείται συνεχώς προκειμένου να υποβιβάζεται μόνιμα η στάθμη της υδροφορίας, χαμηλότερα του δαπέδου του υπογείου (αποφυγή κατάκλυσης) με εκτίμηση παροχής μεγαλύτερης των 5 m³/h. Η ποιότητά του είναι επιβαρυνμένη από την παρουσία NaCl που σε συνδυασμό με την αυξημένη παρουσία --SO₄, υποδηλώνει οργανική ρύπανση, ένα πρόβλημα που όμως αντιμετωπίζεται. Η υδροφορία του Π1' την ξηρή περίοδο τροφοδοτείται κυρίως από την απορροή του ρέματος που προέρχεται από τις πλύσεις των φίλτρων διύλισης νερού της ΕΥΔΑΠ. Οι συνθήκες δηλαδή τροφοδοσίας του Π1' είναι αντίστοιχες των συνθηκών τροφοδοσίας του Π2'.

Από την άλλη η γεώτρηση Γ1' αντιστοιχεί σε ερευνητική υδρογεώτρηση ιδιοκτησίας ΑΣΔΑ, στην Ζωφριά του Δήμου Άνω Λιοσίων, με παροχή μεγαλύτερη των 122 m³/h. Η γεώτρηση αυτή ανοίχτηκε με σκοπό την άρδευση του Ποικίλου Όρους. Η ποιότητα του νερού είναι πολύ επιβαρυνμένη σε άλατα και υποδεικνύει θαλάσσια διείσδυση, η αγωγιμότητά του φτάνει τις 14.000 mS/cm και έτσι δεν χρησιμοποιήθηκε για την άρδευση-αναδάσωση του Ποικίλου Όρους. Βασική προϋπόθεση για την χρησιμοποίηση της γεώτρησης είναι η αφαλάτωση, στην περίπτωση που επιλεγεί για άρδευση. Το κόστος για την εγκατάσταση μιας τέτοιας μονάδας είναι της τάξης των 100.000,00 ευρώ για παροχή 60 m³/h, ενώ το κόστος λειτουργίας εκτιμήθηκε σε 15-20 ευρώ ανά 100 m³ (2009).

Υδροληπτικό σημείο	Κατάσταση	Παροχή
Π2'	Ενεργό	35 m ³ /h
Π1'	Νέα πηγή εκμετάλλευσης	5 m ³ /h
Γ1'	Νέα πηγή εκμετάλλευσης	122 m ³ /h

Πίνακας 19, Πίνακας των υδροληπτικών σημείων εκτός των ορίων του Πάρκου με στοιχεία παροχών και κατάσταση λειτουργίας.

Π=Πηγάδι, Γ=Γεώτρηση, Φ=Φρεάτιο/ Με γαλάζιο χρώμα υποδεικνύονται το πηγάδι και η γεώτρηση που προτείνει η μελέτη «Αξιολόγηση Υδρογεωλογικών Εργασιών και Εκτίμησης του Υδατικού Ισοζυγίου στο Πάρκο Αντώνης Τρίτση», το 2009 από τον γεωλόγο Μιχάλη Λιονή.



Χάρτης 20, Υδροληπτικά σημεία εκτός των ορίων του Πάρκου

Π2' = Υφιστάμενο πηγάδι, Π1 = Ιδιωτικό πηγάδι με δυνατότητα αξιοποίησης

Γ1' = Γεώτρηση με δυνατότητα αξιοποίησης

Πηγή: Αξιολόγηση Υδρογεωλογικών Εργασιών και Εκτίμησης του Υδατικού Ισοζυγίου στο Πάρκο Αντώνης Τρίτση», 2009 Μιχάλης Λιονής.

Σύμφωνα πάλι με την Αξιολόγηση Υδρογεωλογικών Εργασιών και Εκτίμησης του Υδατικού Ισοζυγίου στο Πάρκο «Αντώνης Τρίτση» το 2009 από τον γεωλόγο Μιχάλη Λιονή, όσον αφορά τη ξηρή περίοδο που είναι και η κρίσιμη, δηλαδή την περίοδο Μάιος- Σεπτέμβριος, το Πάρκο παρουσιάζει ανάγκες για άρδευση της τάξης των 600-800 m³/d ή 122.400 m³/y, η διαρροή λόγω έλλειψης στε-

γάνωσης των λεκανών των λιμνών υπολογίζεται σε 1036 m³/d ή 158.508 m³/y και η ημερήσια εξάτμιση ανέρχεται σε 382 m³/d ή 58.446 m³/y. Χρησιμοποιώντας το σενάριο για ανάγκη ύδρευσης του Πάρκου με 800 m³/d στον Πίνακα 14 φαίνεται πως το έλλειμμα υδατικών πόρων ανέρχεται σε 1.006 m³/d ή 370.872 m³/y. Στην περίπτωση αυτή εκτός από το φρεάτιο Φ που βρίσκεται μέσα στο Πάρκο και το πηγάδι Π2' εκτός Πάρκου, η μελέτη θεωρούσε πως το Πάρκο τροφοδοτείται και από πηγάδια στο εσωτερικό του.

ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ, ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (ΜΑΪΟΣ-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ) ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ-ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 153 ΗΜΕΡΕΣ					
Ανάγκες	m ³ /d	m ³ /y	Διαθέσιμες Παροχές	m ³ /d	m ³ /y
Επαναλήρωση διαρροών στεγάνωσης	1036	158.508,00	Αντλήσεις από διαθέσιμα σημεία του Πάρκου (14 m ³ /hx24 h)	336	51.408,00
Επαναλήρωση ημερήσιας εξάτμισης	382	58.446,00	Φρεάτιο (Φ) μέσα στο Πάρκο (1,5 m ³ /hx24 h)	36	5.508,00
Άρδευση	800	122.400,00	Πηγάδι Π2' εκτός Πάρκου (35 m ³ /hx24 h)	840	128.520,00
Συνολικά	2218	339.354,00	Συνολικά	1212	185.436,00
			Έλλειμμα	1006	370.872,00

Πίνακας 20, Υδατικό ισοζύγιο και έλλειμμα την ξηρή περίοδο, σύμφωνα με τη μελέτη «Υδρογεωλογικών Εργασιών και Εκτίμησης του Υδατικού Ισοζυγίου στο Πάρκο «Αντώνης Τρίτσης» το 2009 από τον γεωλόγο Μιχάλη Λιονή

Σε κάθε περίπτωση απαιτείται η τροφοδοσία του Πάρκου με εναλλακτικούς υδατικούς πόρους τη ξηρή περίοδο (Μαΐος - Σεπτέμβριος), αλλά και την περίοδο των βροχών σε περίπτωση που η ΕΥ-ΔΑΠ αποφασίσει να ανακυκλώσει το νερού καθαρισμού των φίλτρων με αποτέλεσμα τη δραστική μείωση της παροχής του πηγαδιού βασικής τροφοδοσίας Π2'.

Συμπερασματικά η αρχική μελέτη ανάπλασης του Πάρκου Τρίτση όσον αφορά στη διαχείριση των υδατικών πόρων, σημειώνει ένα σημαντικό βήμα για την εποχή, αφού προβάλλει την αξιοποίηση εναλλακτικών υδατικών πόρων, την ανακύκλωση και τη χρήση διαφορετικών ποιοτήτων νερού. Ειδικότερα προτείνει τη χρήση από τη μία υπόγειων υδάτων και από την άλλη επεξεργασμένων λυμάτων. Όμως δε λαμβάνει υπόψιν την εποχή μελέτης τα πλημμυρικά γεγονότα περιμετρικά του χώρου και δεν αντιμετωπίζει την επιφανειακή απορροή από τον πυκνό οικιστικό ιστό, ενισχύοντας τη φυσική διηθητική ικανότητα του εδάφους. Έτσι το Πάρκο Τρίτση από τη μια με τις τεράστιες εκτάσεις πρασίνου διατηρεί έντονη την ανάγκη εύρεσης εναλλακτικών υδατικών πόρων για άρδευση και τροφοδότηση των τεχνητών λιμνών και από την άλλη το περιμετρικό της δομημένο περιβάλλον εμφανίζει μεγάλη επικινδυνότητα σε πλημμυρικά φαινόμενα. Η δυναμική αυτή δεν έχει αξιοποιηθεί ακόμα, αφού το Πάρκο Τρίτση θα μπορούσε να λειτουργήσει ως ένα «σφουγγάρι» που απορροφά την περιμετρική επικινδυνότητα των ακραίων πλημμυρικών φαινομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΥΔΡΟ-ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΡΚΟ ΤΡΙΤΣΗ

6.1 Δυνατά, αδύναμα σημεία και ευκαιρίες

Προκειμένου να προταθούν εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης των υδατικών πόρων στο Πάρκο Τρίτση στα πλαίσια του υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού, είναι αναγκαίο να αποσαφηνιστούν τα δυνατά σημεία, οι αδυναμίες και οι ευκαιρίες στον ευρύτερο χώρο.

- Τα δυνατά σημεία του Πάρκου Τρίτση είναι τα εξής:

(1) Η ύπαρξη διαθέσιμου χώρου που παραμένει ανεκμετάλλευτος και αδιαμόρφωτος, αφού τα έργα της μελέτης του 1992 δεν ολοκληρώθηκαν ποτέ.

(2) Ήδη από την εποχή της αρχικής μελέτης τίθενται ζητήματα αξιοποίησης εναλλακτικών υδατικών πόρων (υπόγειο νερό), ανακύκλωσης και χρήσης διαφορετικών ποιοτήτων νερού (π/χ. επεξεργασμένα λύματα από το βιολογικό καθαρισμό με περιστρεφόμενους δίσκους, που δεν υλοποιήθηκε ποτέ).

(3) Η ύπαρξη ανενεργών πηγαδιών και γεωτρήσεων εντός και εκτός του Πάρκου.

(4) Σε γενικές γραμμές ο χώρος δεν έχει καλυφθεί με μεγάλες εκτάσεις μη υδατοπερατών επιστρώσεων, εάν εξαιρέσουμε τους χώρους στάθμευσης που βρίσκονται περιμετρικά του Πάρκου.

- Τα αδύναμα σημεία του χώρου είναι τα ακόλουθα:

(1) Περιμετρικά του χώρου διαμορφώνεται πυκνός οικιστικός ιστός με υποβαθμισμένη ποιότητα, που χαρακτηρίζεται από την κυριαρχία αδιαπέρατων επιστρώσεων, με ανάλογες επιπτώσεις στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των υδατικών αποδεκτών.

(2) Η αυξημένη πλημμυρική επικινδυνότητα περιμετρικά του Πάρκου. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από τη γειτνίαση των κατασκευών με το υδρογραφικό δίκτυο, γεγονός που αυξάνει την τρωτότητα της αστικής περιοχής.

(3) Στη ευρύτερη περιοχή μελέτης περιορίζονται και διευθετούνται συνεχώς τα φυσικά υδατορέματα, όπως το ρέμα Εσχατιάς.

(4) Έλλειψη υδατικών πόρων για άρδευση και τροφοδοσία των έξι τεχνητών λιμνών και του καναλιού στο Πάρκο Τρίτση. Επιπλέον από τη μελέτη του 1992 μέχρι σήμερα, δεν έχει δοθεί ουσιαστική λύση όσον αφορά στην ομαλή λειτουργία του συστήματος ανακύκλωσης του νερού, που θα μεταφέρει το νερό από τις πάνω λίμνες στην κάτω, μέσω του καναλιού. Τέλος σημαντική ποσότητα νερού χάνεται εξαιτίας της κακής στεγανοποίησης των λεκανών των τεχνητών λιμνών.

(5) Αδυναμία και μη ελαστικότητα των κεντρικών αστικών δικτύων να διευθετήσουν τοπικά ζητήματα που δημιουργούνται κατά περιόδους.

(6) Υπόγειοι υδροφορείς με υψηλή απόδοση σε γενικές γραμμές, που όμως σήμερα παρουσιάζουν

χαμηλή στάθμη λόγω των έντονων ανθρωπογενών παρεμβάσεων (εγκιβωτισμός και διευθετήσεις ρεμάτων, οικιστική δραστηριότητα).

(7) Πληθυσμός γενικά με χαμηλό εισόδημα και μορφωτικό επίπεδο, καθώς και αυξημένος αριθμός οικονομικών μεταναστών, που καθιστά δύσκολη την δυνατότητα συμμετοχής σε θέματα περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης.

• Οι ευκαιρίες για το Πάρκο Τρίτση μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

(1) Δημιουργία εντός του Πάρκου αλλά και περιμετρικά, συστημάτων φυσικής αποστράγγισης και απομάκρυνσης των ρύπων που προέρχεται από τον πυκνό αστικό ιστό.

(2) Σχεδιασμός διαπερατών επιφανειών και πράσινων-μπλε διαδρομών.

(3) Αξιοποίηση εναλλακτικών υδατικών πόρων (υπόγειο νερό, επεξεργασμένα λύματα από αποκεντρωμένα συστήματα εντός του Πάρκου).

(4) Εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα με εναλλακτικούς υδατικούς πόρους (όπως επεξεργασμένα λύματα).

(5) Αξιοποίηση και επαναλειτουργία των μη ενεργών πηγαδιών και γεωτρήσεων.

(6) Διαχείριση και επεξεργασία των υδατικών πόρων στην πηγή, βελτίωση της ποιότητας των υδάτων και έλεγχος της ποσότητας.

(7) Σχεδιασμός και λειτουργία αποκεντρωμένων συστημάτων (π.χ. sewer mining)

(8) Αντιμετώπιση της επιφανειακής απορροής των ομβρίων και των λυμάτων ως πόρου προς αξιοποίηση και όχι ως απόβλητου.

(9) Μείωση της πίεσης στους τελικούς υδατικούς αποδέκτες.

(10) Εκπαίδευση και εμπλοκή των κατοίκων για την εφαρμογή πρακτικών υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού στο δημόσιο χώρο.

(11) Δημιουργία ενός ενεργού αστικού βιοτόπου, που θα ενισχύει την αστική βιοποικιλότητα, θα βελτιώνει το τοπικό μικροκλίμα και θα προωθεί την ανθεκτικότητα της πόλης στην κλιματική αλλαγή.

(12) Σχεδιασμός του δημοσίου χώρου ώστε να αποτελεί συνδεδετικό στοιχείο μεταξύ των δήμων και των γειτονιών εντός των δήμων.

(13) Προσπάθεια δημιουργίας ενός Πάρκου ενεργειακά αυτόνομου, μέσω της αξιοποίησης των ΑΠΕ.



Εικόνα 31, Είσοδος από την οδό Χασιάς και κατεύθυνση προς το κεντρικό κανάλι



Εικόνα 32, Χώρος στάσης κοντά στην βόρεια είσοδο από την οδό Χασιάς



Εικόνα 33, Διαδρομή παράλληλη με το κανάλι



Εικόνα 34, Υλικά επίστρωσης διαδρομής δίπλα στο κανάλι



Εικόνα 35, Διαδρομή που καταλήγει στο κεντρικό κανάλι



Εικόνα 36, Χώρος δίπλα στη λίμνη 4



Εικόνα 37, Χώρος γύρω από τη λίμνη 4



Εικόνα 38, Ξύλινη γέφυρα στη λίμνη 4



Εικόνα 39, Επίστρωση γύρω από το χώρο του κεντρικού
συντριβανιού



Εικόνα 40, Λεπτομέρεια επίστρωσης γύρω από το
χώρο του κεντρικού συντριβανιού



Εικόνα 41, Αποψη του Πάρκου από τους βόρειους λόφους



Εικόνα 42, Αποψη του Πάρκου προς τους βόρειους
λόφους

6.2. Εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης των υδατικών πόρων

Στα πλαίσια του υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού στο Πάρκο Τρίτση και στον περιμετρικό χώρο, θα μελετηθούν μέτρα που αφορούν: (1) στην προστασία των τοπικών υδατικών πόρων και

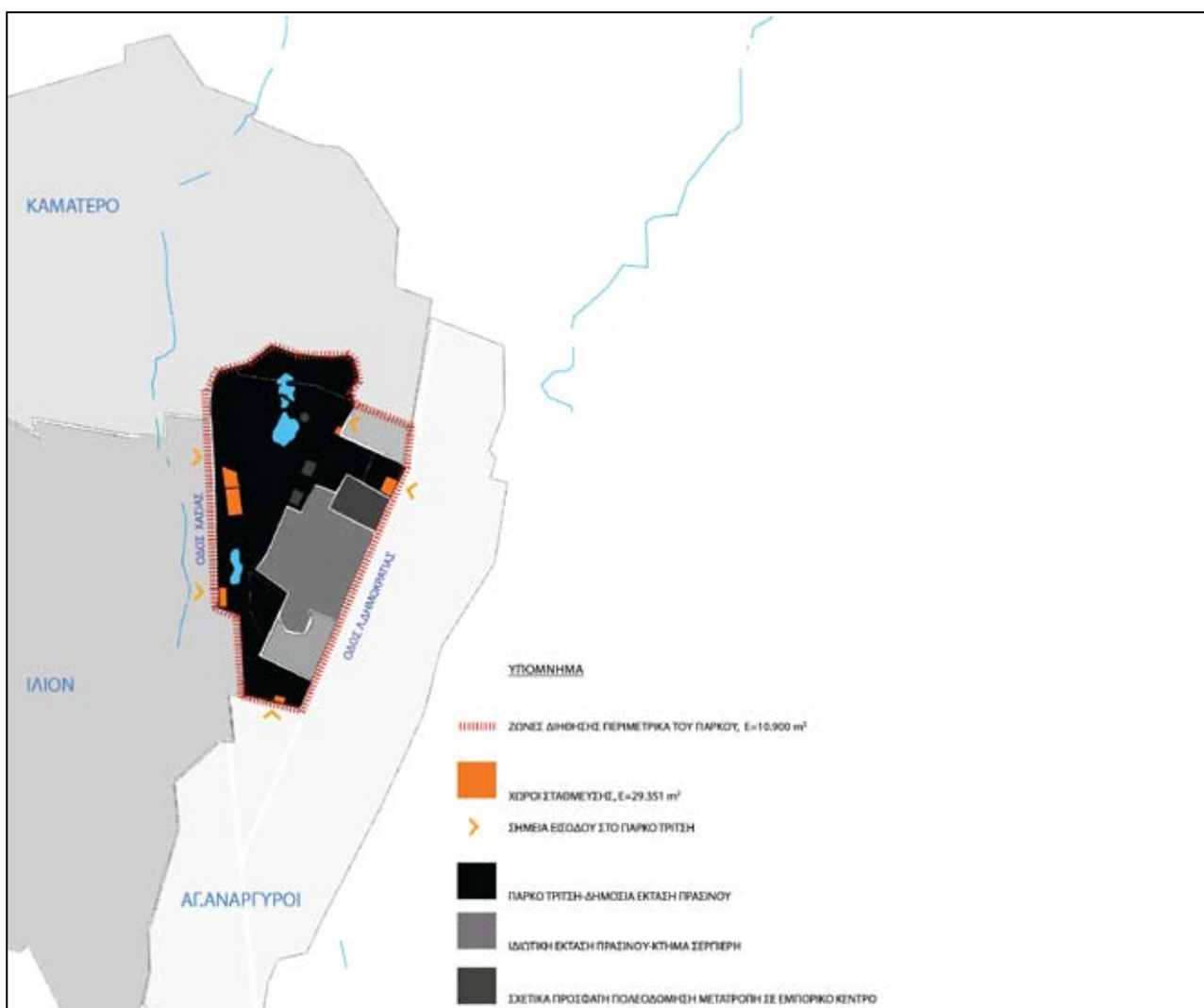
στην ενίσχυση με φυσικά συστήματα και υποδομές για την προστασία από τον κίνδυνο της αστικής ανάπτυξης, (2) στην ενσωμάτωση της επεξεργασίας των ομβρίων υδάτων στο σχεδιασμό του τοπίου, εισάγοντας τη χρήση πολλαπλών «διαδρόμων» που μεγιστοποιούν τη χωρική και οπτική επαφή, (3) στη μείωση των επιφανειακών ροών και των ροών αιχμής από τον αστικό ιστό, προτείνοντας μέτρα τοπικής κατακράτησης (αποκεντρωμένα συστήματα) και μειώνοντας τις αδιαπέρατες επιφάνειες, (4) στη χρήση εναλλακτικών υδατικών πόρων και διαφορετικής ποιότητας νερού, ανάλογα με την εκάστοτε χρήση μέσω της αξιοποίησης των αποκεντρωμένων συστημάτων. Έτσι ξεκινώντας από τα όρια του Πάρκου και προχωρώντας προς το εσωτερικό διαμορφώνονται αλυσίδες επεξεργασίας για τη διαχείριση της ποιότητας και της ποσότητας του αστικού νερού (treatment train).

- Το Πάρκο περιμετρικά χαρακτηρίζεται από σημαντική πλημμυρική επικινδυνότητα, ειδικότερα όσον αφορά στο δυτικό του όριο που συνορεύει με τον Καλλικρατικό Δήμο Αγίων-Αναργύρων Καματερού. Η μείωση του όγκου της απορροής περιμετρικά του Πάρκου στις κύριες οδούς Χασιάς και Λ. Δημοκρατίας, μπορεί να επιτευχθεί με τη δημιουργία καναλιών με βλάστηση και καναλιών διήθησης. Αυτά τα κανάλια «απορροφούν» και καθυστερούν τον όγκο της επιφανειακής απορροής, αλλά ταυτόχρονα απομακρύνουν ρύπους (μέσω της διήθησης) που συσσωρεύονται σε οριζόντιες επιφάνειες του αστικού ιστού (στέγες, χώρους στάθμευσης, οδόστρωμα, μη διαπερατές πλακοστρωμένες επιφάνειες). Επιπλέον πριν από τα κανάλια βλάστησης και διήθησης θα μπορούσε να γίνεται κάποια προεπεξεργασία (Gross pollutants traps), όπου αφαιρούνται ρύποι μεγάλου όγκου όπως σκουπίδια, χονδρόκοκκα ιζήματα και γενικά μη βιοαποικοδομήσιμοι ρύποι, που μπορούν να αναστείλουν τη λειτουργία των καναλιών.

Παράλληλα με το δίκτυο των καναλιών θα διαμορφωθούν πράσινες-μπλε διαδρομές με υδατοπερατά υλικά για τους πεζούς και τους ποδηλάτες. Ειδικότερα όσον αφορά στις επιφάνειες που ορίζουν πορείες πεζών, θα χρησιμοποιηθούν λευκά πορώδη ψυχρά δάπεδα, που αξιοποιούν την ικανότητα εξάτμισης του νερού από την επιφάνειά τους. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνονται τα επίπεδα θερμικής άνεσης - ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες - στις επιφάνειες κίνησης και στάσης των πεζών, που είναι εκτεθειμένες στον ήλιο και παράλληλα μετριάζεται το Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Επιπλέον δημιουργείται ένα δίκτυο ποδηλατοδρόμων, ενισχύοντας τη βιώσιμη μετακίνηση χρησιμοποιώντας επιστρώσεις από υδατοπερατή ασφάλτο. Το σύστημα κανάλι διήθησης- δίκτυο ποδηλατοδρόμων-δίκτυο πεζών, θα προστατεύεται με πυκνές δεντροστοιχείες από την κίνηση των περιμετρικών δρόμων. Έτσι διαμορφώνεται ένα σύστημα προεπεξεργασία-δεντροστοιχεία-ποδηλατόδρομος-κανάλι διήθησης-δίκτυο πεζών. Επίσης στα σημεία όπου υπάρχει επαρκής χώρος και προς το Πάρκο Τρίτση, θα μπορούσαν να διαμορφωθούν κήποι βροχής και υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης του βρόχινου νερού για την υγρή περίοδο (Οκτώβριος-Απρίλιος) και χρήση τη ξηρή περίοδο (Μάιος - Σεπτέμβριος) που οι ανάγκες του Πάρκου είναι αυξημένες. Οι κήποι βροχής αποτελούν επιπρόσθετους μηχανισμούς καθυστέρησης της επιφανειακής απορροής και καθαρισμού του βρόχινου νερού.

Όσον αφορά στους χώρους στάθμευσης που διαμορφώνονται γύρω από το Πάρκο, κρίνεται ανα-

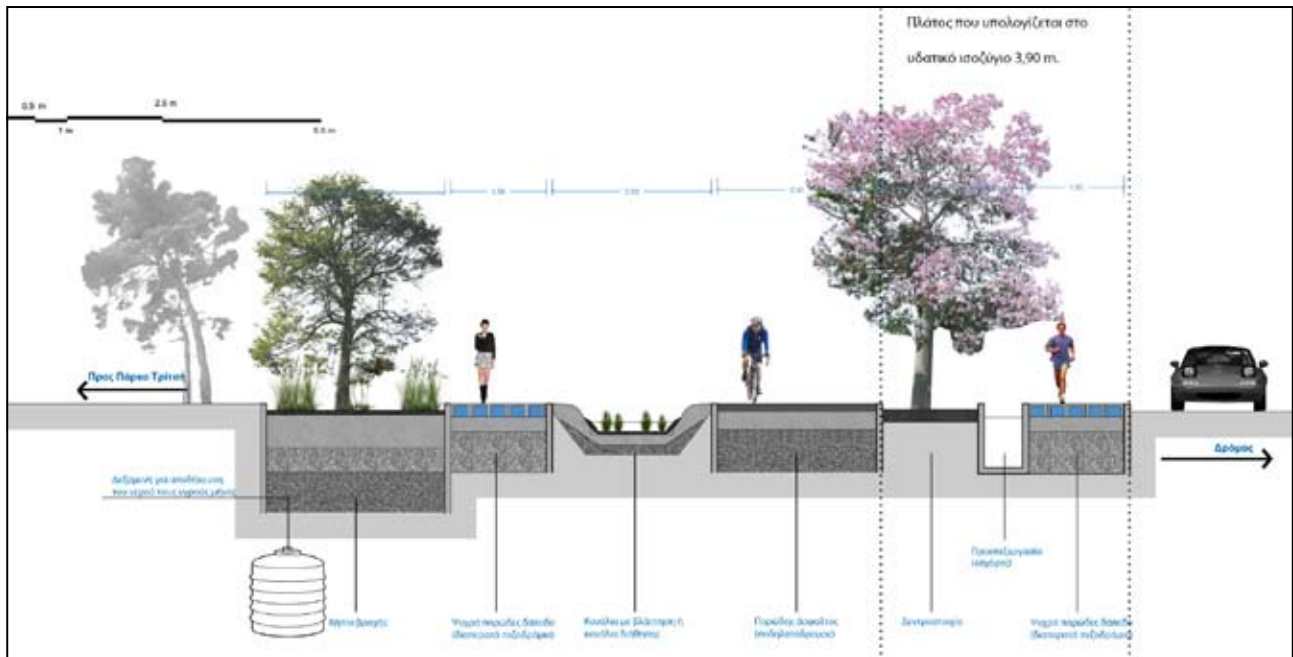
γκαία η δημιουργία λεκανών βιοκατακράτησης για αποτελεσματική αντιμετώπιση της πλημμυρικής αιχμής και της μεγάλης έντασης των ροών, καθώς και αποβολή ρυπογόνων φορτίων (σημαντική σε χώρους στάθμευσης). Επιπλέον οι χώροι στάθμευσης θα καλύπτονται από κάνναβο υδατοπερατού σκυροδέματος, που μειώνει την απορροή των ομβρίων και τροφοδοτεί τον υδροφόρο ορίζοντα. Οι περιοχές στάθμευσης το καλοκαίρι δέχονται μεγάλα θερμικά φορτία με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες στην επιφάνειά τους. Για το λόγο αυτό θα ήταν σκόπιμο να γίνει κατάλληλη δεντροφύτευση, ώστε να δημιουργούνται χώροι σκίασης για τη στάθμευση των οχημάτων και να μειώνονται οι επιφανειακές θερμοκρασίες των επιστρώσεων τους καλοκαιρινούς μήνες (μετρίασμός του Φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας).



Χάρτης 21, Πρόταση αντιμετώπισης της επιφανειακής απορροής περιμετρικά του Πάρκου

Οι ζώνες διήθησης που προτείνονται περιμετρικά, από τη μια εμπλουτίζουν τον υπόγειο υδροφόρο κυρίως την υγρή περίοδο (Οκτώβριος - Απρίλιος) και από τη άλλη απομακρύνουν ρυπογόνα φορτία που προέρχονται από το πυκνοδομημένο οικιστικό περιβάλλον. Δυστυχώς λόγω έλλειψης επαρκούς πλάτους οδοστρώματος οι ζώνες διήθησης μπορούν να επεκταθούν μέχρι πλάτους 3,9 μέτρων προς το οδόστρωμα. Οι υπόλοιπες ζώνες θα καλύψουν επιφάνεια του Πάρκου Τρίτση και άρα θεωρείται πως δε θα συνεισφέρουν ποσοτικά στο ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο του Πάρκου

Τρίτση, παρά μόνο ποιοτικά.



Σχέδιο 2, Τομή όπου διακρίνονται οι ζώνες διήθησης περιμετρικά του Πάρκου Τρίτση



Σχέδιο 3, Κάτοψη των ζωνών διήθησης περιμετρικά του Πάρκου Τρίτση



Εικόνα 43, Ενδεικτικές πλακοστρώσεις στους χώρους στάθμευσης

• Πρέπει να σημειωθεί πως παρά την επίμονη και επίπονη προσπάθεια συλλογής των απαραίτητων στοιχείων, το πλήρες υλικό που αφορά σε πρόσφατες υδρολογικές μελέτες στο Πάρκο Τρίτση ήταν δύσκολο να βρεθεί και ενδεχομένως αποσπασματικό. Έτσι για τον υπολογισμό των υδατικών ισοζυγίων θα ακολουθήσουν λογικές παραδοχές που θα στηρίζονται στην υδρολογική μελέτη του 2009 «Υδρογεωλογικές Εργασίες και Εκτίμηση του Υδατικού Ισοζυγίου στο Πάρκο «Αντώνης Τρίτση» το 2009 από τον γεωλόγο Μιχάλη Λιονή και θα αφορούν τόσο την υγρή (Οκτώβριος- Απρίλιος) όσο και τη ξηρή περίοδο (Μάιος - Σεπτέμβριος).

Ειδικότερα όσον αφορά στην υγρή περίοδο όπου το μέσο ύψος βροχόπτωσης είναι 459,18 mm (Πίνακας 14), προκύπτει πως το Πάρκο (συνολικής έκτασης 1.000 στρεμμάτων = 10^6 m^2), δέχεται βρόχινο νερό συνολικού όγκου 422.688 m^3 . Θεωρούμε πως δεν υπάρχουν απώλειες στις λεκάνες στεγάνωσης των λιμνών και του καναλιού και δεν υπάρχει ανάγκη άρδευσης του Πάρκου την υγρή περίοδο. Επίσης θεωρούμε πως το Πάρκο συνεχίζει να υδροδοτείται από το πηγάδι Π2' εκτός του χώρου και το φρεάτιο Φ που βρίσκεται εντός του χώρου μελέτης. Επομένως χωρίς να εφαρμοστεί το σενάριο 1 (τροφοδοσία του υπόγειου υδροφορέα από τις ζώνες διήθησης περιμετρικά του Πάρκου και τις υδατοπερατές επιστρώσεις των χώρων στάθμευσης με τις λεκάνες βιοκατακράτησης), το υδατικό ισοζύγιο του Πάρκου προκύπτει θετικό με σημαντικό όγκο νερού να τροφοδοτεί τον υπόγειο υδροφορέα όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 21.

ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ, ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΥΓΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ - ΑΠΡΙΛΙΟΣ) ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ-ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΥΓΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 212 ΗΜΕΡΕΣ					
Ανάγκες-Απώλειες	m^3/d	m^3/y	Διαθέσιμες Παροχές	m^3/d	m^3/y
Επαναπλήρωση διαρροών στεγάνωσης	0	0	Φρεάτιο (Φ) μέσα στο Πάρκο ($1,5 \text{ m}^3/\text{hx}24 \text{ h}$)	36	7.632,00
Επαναπλήρωση ημερήσιας εξάτμισης	176	37.312,00	Πηγάδι Π2' εκτός Πάρκου ($35 \text{ m}^3/\text{hx}24 \text{ h}$)	840	178.080,00
Άρδευση	0	0	Βροχοπτώσεις μέσα στο Πάρκο (όγκος διήθησης)		422.688,00
Συνολικά	176	37.312,00	Συνολικά		608.400,00
			Περίσσεια		571.088,00

Πίνακας 21, Υδατικό ισοζύγιο την υγρή περίοδο, πριν την εφαρμογή εναλλακτικών σεναρίων θεωρώντας πως πλέον οι λεκάνες των τεχνητών λιμνών έχουν στεγανωθεί πλήρως και δεν υφίστανται απώλειες.

Προσθέτοντας ζώνες διήθησης περιμετρικά του Πάρκου, υδατοπερατές επιστρώσεις και λεκάνες βιοκατακράτησης στους χώρους στάθμευσης, τότε η περίσσεια νερού αυξάνεται κατά 2.046,00 m³/y (πίνακας 22).

ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΥΓΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ -ΑΠΡΙΛΙΟΣ) ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ-ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΥΓΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 212 ΗΜΕΡΕΣ						
1^ο ΣΕΝΑΡΙΟ: (α) Ζώνες διήθησης περιμετρικά του Πάρκου, (2) Υδατοπερατή επιστροφή στους χώρους στάθμευσης						
Ανάγκες-Απώλειες	m ³ /d	m ³ /y	Διαθέσιμες Παροχές	m ³ /d	m ³ /y	
Επαναπλήρωση διαρροών στεγάνωσης	0	0	Φρεάτιο (Φ) μέσα στο Πάρκο (1,5 m ³ /hx24 h)	36	7.632,00	Διατηρώ την υπάρχουσα κατάσταση
Επαναπλήρωση ημερησίας εξάτμισης μέσα στο Πάρκο	176	37.312,00	Πηγάδι Π2' εκτός Πάρκου (35 m ³ /hx24 h)	840	178.080,00	Διατηρώ την υπάρχουσα κατάσταση
Άρδευση	0	0	Βροχοπτώσεις μέσα στο Πάρκο (όγκος διήθησης)		409.186,54	Διατηρώ την υπάρχουσα κατάσταση
Εξάτμιση περιμετρικά του Πάρκου στις ζώνες διήθησης και στους χώρους στάθμευσης	7	1.484	Ζώνες διήθησης περιμετρικά του Πάρκου (όγκος διήθησης)		4.612,13	Πρόταση
			Χώροι στάθμευσης με υδατοπερατή επιστροφή και λεκάνες βιοκατακράτησης ((όγκος διήθησης)		12.419,33	Πρόταση
Συνολικά	183	38.796,00	Συνολικά		611.930,00	2.046,00
			Περίσσεια		573.134,00	

Πίνακας 22, Υδατικό ισοζύγιο την υγρή περίοδο για το σενάριο 1

Θεωρώντας πως την υγρή περίοδο, οι ζώνες διήθησης και οι χώροι στάθμευσης κρατούν και διηθούν κάποια ποσότητα νερού ώστε να τροφοδοτείται ο υπόγειος υδροφορέας, αναμένουμε πως την ξηρή περίοδο θα μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε και να ανοίξουμε κάποιες γεωτρήσεις και πηγάδια μέσα στο Πάρκο για να καλυφθούν οι ανάγκες υδροδότησης.

Συνεχίζοντας τη ξηρή περίοδο (Μάιος - Σεπτέμβριος) όπου το μέσο ύψος βροχόπτωσης είναι 79,3 mm (Πίνακας 15), που είναι και η κρίσιμη περίοδος για την υδροδότηση του χώρου, χωρίς να εφαρμοστούν σενάρια εύρεσης εναλλακτικών υδατικών πόρων, το Πάρκο εμφανίζει σημαντικό έλλειμμα όπως φαίνεται στον Πίνακα 23. Την περίοδο αυτή οι βροχοπτώσεις είναι πολύ λίγες και το Πάρκο πρέπει να καλύψει ανάγκες κυρίως άρδευσης, τροφοδοσίας λόγω εξάτμισης του νερού των τεχνητών λιμνών και του χώρου πρασίνου. Όπως την υγρή έτσι και τη ξηρή περίοδο ο χώρος μελέτης τροφοδοτείται με νερό από το εξωτερικό πηγάδι Π2' και το φρεάτιο Φ που βρίσκεται μέσα στο Πάρκο. Τη ξηρή περίοδο οι βροχοπτώσεις είναι ελάχιστες και χάνεται σημαντική ποσότητα λόγω εξάτμισης, αφού συναντά επιφάνειες με αυξημένες θερμοκρασίες και έδαφος μη κορεσμένο.

ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ, ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (ΜΑΪΟΣ- ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ) ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ-ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 153 ΗΜΕΡΕΣ					
Ανάγκες	m ³ /d	m ³ /y	Διαθέσιμες Παροχές	m ³ /d	m ³ /y
Επαναπλήρωση διαρροών στεγάνωσης των τεχνητών λιμνών	0	0	Φρεάτιο (Φ) μέσα στο Πάρκο (1,5 m ³ /hx24 h)	36	5.508,00
Επαναπλήρωση ημερήσιας εξάτμισης μέσα στο Πάρκο	382	58.446,00	Πηγάδι Π2' εκτός Πάρκου (35 m ³ /hx24 h)	840	128.520,00
Αρδευση	700	107.100,00	Βροχοπτώσεις μέσα στο Πάρκο (όγκος διήθησης)		19.205,92
Συνολικά		165.546,00	Συνολικά		153.233,92
			Έλλειμμα		-12.312,08

Πίνακας 23, Υδατικό ισοζύγιο τη ξηρή περίοδο, πριν την εφαρμογή εναλλακτικών σεναρίων θεωρώντας πως πλέον οι λεκάνες των τεχνητών λιμνών έχουν στεγανωθεί πλήρως και δεν υφίστανται απώλειες.

Ξεκινώντας με το σενάριο 1 προσθέτουμε περιμετρικά του Πάρκου Τρίτση ζώνες υδατοπερατές, αυξάνοντας ουσιαστικά την επιφάνεια συλλογής βρόχινου νερού και μετατρέπουμε τις επιστρώσεις των χώρων στάθμευσης που βρίσκονται στις 5 εισόδους του χώρου σε υδατοπερατές, προσθέτοντας και λεκάνες κατακράτησης (Πίνακας 24).

ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ, ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (ΜΑΪΟΣ-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ) ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ-ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 153 ΗΜΕΡΕΣ						
1^ο ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΡΟΣΘΗΚΗ: (α) Ζωνών διήθησης περιμετρικά του Πάρκου, (β) Υδατοπερατών επιστρώσεων στους χώρους στάθμευσης						
Ανάγκες	m ³ /d	m ³ /y	Διαθέσιμες Παροχές	m ³ /d	m ³ /y	
Επαναπλήρωση διαρροών στεγάνωσης των τεχνητών λιμνών	0	0	Φρεάτιο (Φ) μέσα στο Πάρκο (1,5 m ³ /hx24 h)	36,00	5.508,00	Διατηρώ την υπάρχουσα κατάσταση
Επαναπλήρωση ημερήσιας εξάτμισης μέσα στο Πάρκο	372,69	57.021,14	Πηγάδι Π2' εκτός Πάρκου (35 m ³ /hx24 h)	840,00	128.520,00	Διατηρώ την υπάρχουσα κατάσταση
Αρδευση	700,00	107.100,00	Βροχοπτώσεις μέσα στο Πάρκο (όγκος διήθησης)		20.630,78	
Εξάτμιση περιμετρικά του Πάρκου στις ζώνες διήθησης και στους χώρους στάθμευσης	14,00	2.142,00	Ζώνες διήθησης περιμετρικά του Πάρκου (όγκος διήθησης)		291,94	Πρόταση
			Χώροι στάθμευσης με υδατοπερατή επιστρωση και λεκάνες βιοκατακράτησης (όγκος διήθησης)		786,14	Πρόταση
Συνολικά	1086,687188	166.263,14	Συνολικά	155.736,86	1.785,80	
			Έλλειμμα		-10.526,28	

Πίνακας 24, Υδατικό ισοζύγιο τη ξηρή περίοδο για το σενάριο 1

Παρατηρούμε από τα δεδομένα του Πίνακα 24, πως τελικά το σενάριο 1 δεν επαρκεί για να καλύψει το σημαντικό υδατικό έλλειμμα του χώρου τη ξηρή περίοδο. Για το λόγο αυτό στο σενάριο 2 θα κρατήσουμε τις περιμετρικές επιφάνειες διήθησης και τις υδατοπερατές επιστρώσεις των χώρων στάθμευσης με τις λεκάνες βιοκατακράτησης και θα ανοίξουμε κάποια πηγάδια στο Πάρκο,

αφού όπως αναφέρθηκε παραπάνω, την υγρή περίοδο ο υπόγειος υδροφορέας έχει εμπλουτιστεί με νερό.

ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ, ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (ΜΑΪΟΣ-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ) ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ-ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 153 ΗΜΕΡΕΣ						
2^ο ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΡΟΣΘΗΚΗ: (α) Ζωνών διήθησης περιμετρικά του Πάρκου, (β) Υδατοπερατών επιστρώσεων στους χώρους στάθμευσης (γ) Άνοιγμα πηγαδιών και φρεατίων						
Ανάγκες	m ³ /d	m ³ /y	Διαθέσιμες Παροχές	m ³ /d	m ³ /y	
Επαναπλήρωση διαρροών στεγάνωσης των τεχνητών λιμνών	0	0	Φρεάτιο (Φ) μέσα στο Πάρκο (1,5 m ³ /hx24 h)	36,00	5.508,00	Διατηρώ την υπάρχουσα κατάσταση
Επαναπλήρωση ημερήσιας εξάτμισης μέσα στο Πάρκο	372,69	57.021,14	Πηγάδι Π2 ^ο εκτός Πάρκου (35 m ³ /hx24 h)	840,00	128.520,00	Διατηρώ την υπάρχουσα κατάσταση
Αρδευση	700,00	107.100,00	Βροχοπτώσεις μέσα στο Πάρκο (όγκος διήθησης)		20.630,78	
Εξάτμιση περιμετρικά του Πάρκου στις ζώνες διήθησης και στους χώρους στάθμευσης	14,00	2.142,00	Ζώνες διήθησης περιμετρικά του Πάρκου (όγκος διήθησης)		291,94	Πρόταση
			Χώροι στάθμευσης με υδατοπερατή επιστρωση και λεκάνες βιοκατακράτησης ((όγκος διήθησης)		786,14	Πρόταση
			Αντλήσεις από διαθέσιμα σημεία του Πάρκου (3m ³ /hx24 h)	72	11.016,00	Πρόταση
Συνολικά	1086,69	166.263,14	Συνολικά		166.752,86	
			Περίσσεια		489,72	

Πίνακας 25, Υδατικό ισοζύγιο την ξηρή περίοδο για το σενάριο 2

Από τον Πίνακα 25 παρατηρούμε πως για το σενάριο 2 αρκεί να ανοίξουμε μια γεώτρηση εντός του Πάρκου με παροχή 3 m³/h, για να καλυφθεί το έλλειμμα των υδατικών πόρων, έχοντας μια μικρή ετήσια περίσσεια της τάξης των 489, 72 m³/y, που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για ανάγκες πυρόσβεσης και να αποθηκευτεί σε υπόγεια δεξαμενή.

Το τρίτο σενάριο για την ξηρή περίοδο περιλαμβάνει την ανάκτηση των λυμάτων απευθείας από το δίκτυο (sewer mining), χρησιμοποιώντας κάποιες μονάδες με μέγιστη παροχή 25-50 m³/d.

ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ, ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (ΜΑΪΟΣ-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ) ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ-ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 153 ΗΜΕΡΕΣ						
3^ο ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΡΟΣΘΗΚΗ: (α) Μονάδες sewer mining						
Ανάγκες	m ³ /d	m ³ /y	Διαθέσιμες Παροχές	m ³ /d	m ³ /y	
Επαναπλήρωση διαρροών στεγάνωσης των τεχνητών λιμνών	0	0	Φρεάτιο (Φ) μέσα στο Πάρκο (1,5 m ³ /hx24 h)	36,00	5.508,00	Διατηρώ την υπάρχουσα κατάσταση
Επαναπλήρωση ημερήσιας εξάτμισης μέσα στο Πάρκο	372,69	57.021,14	Πηγάδι Π2 ^ο εκτός Πάρκου (35 m ³ /hx24 h)	840,00	128.520,00	Διατηρώ την υπάρχουσα κατάσταση
Αρδευση	700,00	107.100,00	Βροχοπτώσεις μέσα στο Πάρκο (όγκος διήθησης)		20.630,78	
Εξάτμιση περιμετρικά του Πάρκου στις ζώνες διήθησης και στους χώρους στάθμευσης	14,00	2.142,00	Μονάδες sewer mining (παροχή μονάδας 40m ³ /d)	80	12.240,00	Πρόταση
Συνολικά	1086,69	166.263,14	Συνολικά		166.898,78	
			Περίσσεια		635,64	

Πίνακας 26, Υδατικό ισοζύγιο την ξηρή περίοδο για το σενάριο 3

Όπως προκύπτει από τα δεδομένα του Πίνακα 26, 2 μονάδες sewer mining με παροχή 40 m³/d επαρκούν για να καλύψουν το έλλειμμα του Πάρκου και προκύπτει και ένας επιπλέον όγκος νερού της τάξης των 635, 64 m³ την ξηρή περίοδο, που μπορεί να καλύψει τις επιπλέον ανάγκες του χώρου (π.χ. δεξαμενή νερού πυρόσβεσης).

Τέλος το τέταρτο σενάριο περιλαμβάνει μια μονάδα sewer mining με παροχή 30 m³/d και ταυτόχρονη επαναλειτουργία 1 πηγαδιού παροχής 48 m³/d (ή 2 m³/h), ενώ προκύπτει και ένας επιπλέον όγκος νερού της τάξης των 329, 64 m³ την ξηρή περίοδο.

ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ, ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΗΜΗΡΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΟΥ ΟΓΚΟΥ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (ΜΑΪΟΣ-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ) ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ-ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΞΗΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 153 ΗΜΕΡΕΣ						
4^ο ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΡΟΣΘΗΚΗ: (α) Μονάδες sewer mining (β) Άνοιγμα πηγαδιών και φρεατίων						
Ανάγκες	m ³ /d	m ³ /y	Διαθέσιμες Παροχές	m ³ /d	m ³ /y	
Επαναπλήρωση διαρροών στεγάνωσης των τεχνητών λιμνών	0	0	Φρεάτιο (Φ) μέσα στο Πάρκο (1,5 m ³ /hx24 h)	36,00	5.508,00	Διατηρώ την υπάρχουσα κατάσταση
Επαναπλήρωση ημερήσιας εξάτμισης μέσα στο Πάρκο	372,69	57.021,14	Πηγάδι Π2' εκτός Πάρκου (35 m ³ /hx24 h)	840,00	128.520,00	Διατηρώ την υπάρχουσα κατάσταση
Αρδευση	700,00	107.100,00	Βροχοπτώσεις μέσα στο Πάρκο (όγκος διήθησης)		20.630,78	
Εξάτμιση περιμετρικά του Πάρκου στις ζώνες διήθησης και στους χώρους στάθμευσης	14,00	2.142,00	Μονάδες sewer mining (παροχή μονάδας 30m ³ /d)	30	4.590,00	Πρόταση
			Άντλησεις από διαθέσιμα σημεία του Πάρκου (2m ³ /hx24 h)	48	7344	
Συνολικά	1086,69	166.263,14	Συνολικά		166.592,78	
			Περίσσεια		329,64	

Πίνακας 27, Υδατικό ισοζύγιο την ξηρή περίοδο για το σενάριο 4

• Όσον αφορά στο χώρο μέσα στο Πάρκο, εκτός από κάποιες επιφάνειες περιμετρικά του κεντρικού συντριβανιού (βόρεια του Πάρκου), δεν παρατηρούνται εκτεταμένες αδιαπέρατες επιφάνειες. Σε κάθε λοιπόν περίπτωση δε συντρέχει λόγος αύξησης των αδιαπέρατων επιφανειών μέσα στο χώρο, αφού τελικά το βρόχινο νερό θα απορροφηθεί μέσα στο Πάρκο (θα πέσει στις ελάχιστες αδιαπέρατες επιφάνειες, αλλά θα απορροφηθεί από το έδαφος δίπλα). Είναι όμως σημαντικό να διατηρηθεί η ποιότητα των υγροτόπων του χώρου. Έτσι οι έξι τεχνητές λίμνες του χώρου θα μπορούσαν να μετατραπούν σε τεχνητούς υγροτόπους κατακόρυφης υπόγειας ροής. Οι τεχνητοί υγρότοποι θα αναπαράγουν τις διαδικασίες καθαρισμού των οικοσυστημάτων, θα διαχειρίζονται και θα καθαρίζουν το νερό που ανακυκλοφορεί, ενώ η παρουσία βλάστησης (υδροχαρή φυτά) μεγιστοποιεί την απομάκρυνση των ρύπων και παίζει καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία ενός σημαντικού βιοτόπου με οικολογική αξία. Το κανάλι που συνδέει τις επάνω με τις κάτω λίμνες θα μπορούσε να διαμορφωθεί με ανάγλυφο πυθμένα, που ευνοεί την εξάτμιση του νερού καθώς κινείται και βελτιώνει το μικροκλίμα, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες, αλλά φυσικά αυτό σημαίνει πως το σύστημα θα πρέπει να τροφοδοτείται με μεγαλύτερο όγκο νερού, λόγω των υψηλότερων απωλειών από εξάτμιση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ανακεφαλαιώνοντας η παρούσα διπλωματική διερεύνησε τη δυνατότητα εφαρμογής εναλλακτικών σεναρίων υδροδότησης του Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντώνης Τρίτση, στο δήμο Ιλίου, με βάση την ανάπτυξη βιώσιμων αστικών σχηματισμών στα πλαίσια του Υδρο-ευαίσθητου Αστικού Σχεδιασμού, που δίνουν έμφαση σε υποδομές ενθάρρυνσης της αξιοποίησης εναλλακτικών πηγών νερού και σε καινοτόμες υπηρεσίες υδατικών πόρων. Με τον τρόπο αυτό αντιμετωπίζονται οι αρνητικές επιπτώσεις της αστικής λειτουργίας, σε σχέση με περιβαλλοντικές παραμέτρους. Το ζήτημα αυτό αποτελεί αντικείμενο προβληματισμού τις τελευταίες δεκαετίες, ιδιαίτερα σε πυκνοδομημένες μεσογειακές πόλεις όπως η Αθήνα, όπου οι δημόσιοι χώροι πρασίνου δεν κατορθώνουν να αναβαθμίσουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων. Αυτό συμβαίνει διότι η δημιουργία ή η ανάπλαση των υπαίθριων χώρων της πόλης δεν έχει ως στόχο ούτε την επαναφορά της αστικής οικολογικής ισορροπίας, ούτε την αποκατάσταση του αστικού υδρολογικού κύκλου. Γενικά ακόμη και σήμερα, ο αστικός σχεδιασμός του υπαίθριων χώρων δεν έχει ως βάση την ολιστική μελέτη του αστικού υδρολογικού κύκλου, με αποτέλεσμα τη μεταβολή των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των αστικών υδατικών πόρων. Η διπλωματική αναδεικνύει τις δυνατότητες των μη συμβατικών συστημάτων στην αντιμετώπιση προβλημάτων όσον αφορά στον αστικό υδρολογικό κύκλο με βάση τη μελέτη περίπτωσης του Πάρκου Τρίτση, με έμφαση σε εναλλακτικές τεχνολογίες διαχείρισης, στην κατανομημένη διαχείριση και στις αποκεντρωμένες λύσεις που επιδιώκουν να επαναφέρουν την υδατική ισορροπία.

Σημαντικό ήταν να διερευνηθεί η τάση για αστικοποίηση που σε συνδυασμό με την αύξηση του πληθυσμού, οδηγεί σε μεταβολή του φυσικού υδρολογικού κύκλου από μια κατάσταση στην οποία κυριαρχεί η διήθηση, σε μια κατάσταση όπου επικρατεί η επιφανειακή απορροή. Αυτό επιφέρει μια σειρά επιπτώσεων που αφορούν στην ποσότητα των υδατικών πόρων των αστικών σχηματισμών, μεταξύ των οποίων: (1) μεγαλύτερος όγκος επιφανειακής απορροής που απομακρύνεται με γρήγορους ρυθμούς από τις αδιαπέρατες επιφάνειες, (2) μεγαλύτερη συχνότητα επανάληψης ακραίων πλημμυρικών επεισοδίων, (3) μεγαλύτερη εκροή αιχμής και μεγαλύτερη διάρκεια των υψηλών εκροών για ένα δεδομένου μεγέθους περιστατικό βροχόπτωσης, (4) λιγότερη χρονική υστέρηση των βροχοπτώσεων, της απορροής και της ανταπόκρισης της ροής των υδατορεμάτων, (5) μείωση της βασικής ροής σε ξηρές και υγρές περιόδους, (6) μείωση εμπλουτισμού των υπόγειων υδάτων, (7) χαμηλότερο βαθμό εξάτμισης και εξατμισοδιαπνοής (λόγω έλλειψης πράσινων επιφανειών). Επιπλέον αναφέρθηκαν οι κύριες πηγές που μεταβάλλουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της επιφανειακής απορροής, που επηρεάζουν τους τελικούς υδατικούς αποδέκτες και οφείλονται κυρίως: (1) στα μηχανοκίνητα οχήματα με ρύπους που προέρχονται από τα ελαστικά των οχημάτων, τις επενδύσεις των φρένων, τις εκπομπές εξάτμισης, τις απώλειες των καυσίμων, λαδιών και λιπαντικών (CO, HC, NO_x, Pb, CO₂, SO_x, μικροσωματίδια), (2) στις αδιαπέρατες επιφάνειες (πεζοδρόμια, δρόμους, χώρους στάθμευσης) αφού επάνω σε αυτές επικάθονται ρύποι που προέρχονται από την ατμόσφαιρα και τα μηχανοκίνητα οχήματα, (3) στα εργοστάσια που είναι υπεύθυνα για μεγάλο τμήμα του φορτίου των ιζημάτων που εντοπίζονται στις αστικές περιοχές.

Από την άλλη η κλιματική αλλαγή επιδεινώνει την κατάσταση των πόλεων, απειλώντας την ασφάλεια των υδάτων, ενεργοποιώντας, επιταχύνοντας ή εντείνοντας μεταβολές στον κύκλο του νερού. Αυτό οδηγεί για παράδειγμα σε αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων, με παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας το καλοκαίρι, που οδηγούν στην αυξημένη ζήτηση νερού ή σε πλημμύρες που αυξάνουν την επιφανειακή απορροή, υποβαθμίζοντας ποιοτικά τους τελικούς υδατικούς αποδέκτες και θέτοντας σε κίνδυνο την ασφάλεια των πόλεων. Επιπλέον το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας που αναφέρεται στην αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό των πόλεων και προκαλείται από την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας στις αστικές επιφάνειες, (όπως κτίρια ή οδοστρώματα), έχει ως αποτέλεσμα την κατανάλωση επιπλέον υδατικών πόρων, αλλά και των υπηρεσιών που προσφέρουν τα οικοσυστήματα.

Σήμερα η διαχείριση των υδατικών πόρων που σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει τη διαχείριση του πόρου, των υποδομών νερού και της ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, χαρακτηρίζεται από μεγάλη αβεβαιότητα. Η συμβατική προσέγγιση διαχείρισης του αστικού νερού δίνει περισσότερη έμφαση σε θέματα υποδομών, με στόχο να διασφαλιστεί η επάρκεια των υδατικών πόρων προς κατανάλωση. Επομένως το κλασικό πρότυπο υδροδότησης, αποχέτευσης και συλλογής των ομβρίων, που δεν ακολούθησε βιώσιμα πρότυπα, δημιούργησε ζητήματα τόσο ποσότητας όσο και ποιότητας των υδατικών πόρων στις πόλεις. Ο 20^{ος} αιώνας όσον αφορά στη διαχείριση των υδατικών πόρων επικεντρώθηκε σε έργα και κατασκευές βαριάς υποδομής, που δαμάζουν και ελέγχουν το νερό, παρακάμπτοντας την αειφορική λειτουργία των συστημάτων, ενώ ο 21^{ος} αιώνας εστιάζει σε ήπιες υποδομές (soft infrastructure), που συνδέονται με υδρο-ευαίσθητες πρακτικές και φυσικές υποδομές νερού. Σήμερα οι πόλεις καλούνται να διαχειριστούν με ορθολογικό τρόπο τους τοπικούς υδατικούς τους πόρους και να μεταβούν από την κλασική και γραμμική μεθοδολογία, προς ένα μοντέλο αειφόρου, ολοκληρωμένης και αποκεντρωμένης διαχείρισης, εφαρμόζοντας εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισης των αστικών δικτύων νερού, που θα οδηγήσει σε βιώσιμα και ανθεκτικά μοντέλα πόλεων. Έτσι σήμερα όσον αφορά στην εξέλιξη των αστικών δικτύων έχουμε μεταβεί σε μοντέλα υδρο-ευαίσθητης πόλης ή water sensitive city (Brown), με στόχο τη βιωσιμότητα των υδατικών πόρων και του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, δημιουργώντας προσαρμοσμένες, πολυλειτουργικές υποδομές και λύσεις, στα πλαίσια ενός υδρο-ευαίσθητου αστικού σχεδιασμού.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν μελετηθεί και εφαρμοστεί βιώσιμες προσεγγίσεις στη διαχείριση του αστικού νερού χρησιμοποιώντας ακρώνυμα όπως: Ανάπτυξη Χαμηλών Επιπτώσεων (LID) στις ΗΠΑ και στον Καναδά, Υδρο-ευαίσθητος Αστικός Σχεδιασμός (Water Sensitive Urban Design - WSUD) στην Αυστραλία, Αειφορικά Συστήματα Αστικής Αποστράγγισης (SUDS) στο Ηνωμένο Βασίλειο, Έλεγχος στην Πηγή (Source control) στον Καναδά κ.α. Σε γενικές γραμμές οι πρακτικές διέπονται από παρόμοιες αρχές και επιδιώκουν να προσδιορίσουν μια ισορροπία μεταξύ των διαφόρων μεταβλητών του υδρολογικού κύκλου, ενισχύοντας τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η έννοια της αστικής απορροής, ελέγχοντας όχι μόνο την αιχμή ροής αλλά και τον όγκο, τη συχνότητα, τη διάρκεια και την ποιότητα της απορροής και της διάθεσης. Στη παρούσα διπλωματική

χρησιμοποιήθηκε ο όρος Υδρο-ευαίσθητος Αστικός Σχεδιασμός που αποκλίνει από τις συμβατικές μεθόδους διαχείρισης των υδάτων, συμπεριλαμβάνοντας πρακτικές όπως η συλλογή και η αξιοποίηση, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση του βρόχινου νερού ή των υγρών αποβλήτων, ο τεχνητός εμπλουτισμός των υπόγειων υδάτων (αποθήκευση και επαναχρησιμοποίηση του νερού) κτλ. Επίσης μελετήθηκαν και παρουσιάστηκαν σχεδιαστικά εργαλεία που στοχεύουν στην παγίδευση της επιφανειακής απορροής με φυσικό τρόπο, μέχρι η απορροή και οι ρύποι να κατακαθίσουν ή να φιλτραριστούν από τις υφιστάμενες εδαφικές διαστρώσεις. Τα σχεδιαστικά εργαλεία που παρουσιάστηκαν αφορούν σε: (1) συστήματα με βλάστηση (τάφοι με βλάστηση), (2) συστήματα διήθησης και βιοδιήθησης (λίμνες ή κανάλια διήθησης, κήποι βροχής), (3) συστήματα αποθήκευσης (λεκάνες βιοκατακράτησης, τεχνητοί υγρότοποι), (4) εναλλακτικές επιστρώσεις πεζοδρομίων και οδοστρωμάτων (πορώδης επίστρωση, πορώδης άσφαλτος, ψυχρά δάπεδα). Παρά το γεγονός πως κάποιες λύσεις που μελετήθηκαν δεν εφαρμόστηκαν στα πλαίσια της μελέτης περίπτωσης (κυρίως διότι συνεπάγονται με επιπλέον ζήτηση υδατικών πόρων) - όπως οι ηλιακές λίμνες ή η χρήση μικροψεκαστήρων δροσισμού, τα συστήματα τεχνητής ομίχλης ή η χρήση πιδάκων σε χώρους δημόσιου πρασίνου - αναφέρθηκαν γιατί θεωρήθηκε πως αποτελούν σημαντικά εργαλεία σχεδιασμού και μετριασμού του Φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας στις πόλεις σήμερα (παρα το ο,τι δεν μειώνουν ούτε επεξεργάζονται την απορροή, αλλά το Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας και της διαχείρισης των υδατικών πόρων είναι άμεσα συνδεδεμένο). Επιπλέον περιγράφηκε και ο τρόπος αξιοποίησης εκτός από το βρόχινο νερό εναλλακτικών υδατικών πόρων, όπως των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων μέσω αποκεντρωμένων συστημάτων διαχείρισης, που στοχεύουν στη δημιουργία μονάδων απευθείας ανάκτησης των λυμάτων από το δίκτυο (sewer mining).

Επιστρέφοντας στη μελέτη περίπτωσης που αφορά στο Πάρκο Τρίτση, αναλύθηκε το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, με στόχο να προκύψουν τα αδύνατα και τα δυνατά σημεία και οι ευκαιρίες που προσφέρει ο χώρος. Σε γενικές γραμμές η Δυτική Αττική εμφανίζεται ιδιαίτερα υποβαθμισμένη, αφού η λεκάνη του Κηφισού δέχεται πιέσεις από τη βιομηχανία (κυρίως Ελαιώνας), τους ΧΥΤΑ, τους παλιούς ΧΑΔΑ, του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων (Μεταμόρφωση) καθώς και πηγών διάχυτης ρύπανσης. Το υδρογραφικό δίκτυο έχει δεχτεί έντονη αλλοίωση, με αποτέλεσμα μπαζωμένα, κλειστά ή τεχνητώς διευθετημένα υδατορέματα. Έτσι παρά το γεγονός πως από υδρογεωλογικής σκοπιάς ο χώρος χαρακτηρίζεται από ικανοποιητική υπόγεια υδροφορία, οι συνεχείς διευθετήσεις ρεμάτων και η έντονη ανθρωπογενής δραστηριότητα, υπονομεύουν τη χρήση και την αξιοποίηση εναλλακτικών υπόγειων πηγών. Ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός πως περιμετρικά του Πάρκου, έχουν σημειωθεί έντονα πλημμυρικά φαινόμενα τις τελευταίες δεκαετίες, που αναδεικνύουν την κρισιμότητα της κατάστασης και την άμεση υιοθέτηση μέτρων, που μετριάζουν την επιφανειακή απορροή σε ένα έντονα πυκνοδομημένο αστικό ιστό. Υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα παρατηρείται δυτικά του Πάρκου, που αντιστοιχεί σε οικιστικές δομές που έχουν αναπτυχθεί εκατέρωθεν του υδατορέματος της Εσχατίας και εμποδίζουν τη φυσική απορροή των υδάτων σε περιπτώσεις έντονων πλημμυρικών φαινομένων. Έτσι από τη μια περιμετρικά του Πάρκου είναι έντονος ο κίνδυνος πλημμυρών και από την άλλη το Πάρκο χαρακτηρίζεται από έλλειψη υδατικών

πόρων, γεγονός που περιγράφει την αδυναμία του αστικού σχεδιασμού της ευρύτερης περιοχής, να καλύψει ζητήματα που επιζητούν άμεσες λύσεις στα αστικά μορφώματα.

Επιπλέον η περιγραφή και η ανάλυση της αρχικής μελέτης ανάπλασης του Πάρκου Τρίτση, βοήθησε στη βαθύτερη κατανόηση των προβλημάτων που αντιμετώπισε και αντιμετωπίζει ο χώρος σήμερα, ιδιαίτερα όσον αφορά στη σημαντική έλλειψη υδατικών πόρων τη ξηρή περίοδο. Έτσι η πρόταση που προέβλεπε τη δημιουργία έξι τεχνητών λιμνών που λειτουργούν ως υγροβιότοποι και ενός καναλιού, που απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού (ειδικά το καλοκαίρι) στηρίχθηκε στη χρήση εναλλακτικών πόρων (επεξεργασμένα λύματα, υπόγεια ύδατα), που αναμφισβήτητα θεωρείται σημαντικό βήμα για την εποχή. Οι υδρολογικές όμως μελέτες που ακολούθησαν τα επόμενα χρόνια, οι γεωτρήσεις εντός και εκτός του Πάρκου και οι μετρήσεις των παροχών αυτών, τελικά έδειξαν μη ικανοποιητικούς όγκους νερού για την υδροδότηση και την κάλυψη των αναγκών του Πάρκου. Επιπλέον ο βιολογικός καθαρισμός με σύστημα περιστρεφόμενων βιολογικών δίσκων και η χρήση επεξεργασμένων λυμάτων, δεν εφαρμόστηκε ποτέ, ομοίως και η τροφοδοσία των τεχνητών λιμνών μέσω συστήματος ανακύκλωσης του νερού, παρά το γεγονός πως χρηματοδοτήθηκε πρόσφατα η μελέτη του από το ίδρυμα Λάτση (2011). Οι αιτίες αδυναμίας υδροδότησης του Πάρκου Τρίτση οφείλονται σε διάφορους παράγοντες. Για παράδειγμα η ανακυκλοφορία του νερού δεν αντιμετωπίστηκε ποτέ ολοκληρωτικά, αφού το σύστημα καθώς υποβαθμιζόταν δε συντελούσαν ενέργειες για την αποκατάσταση της λειτουργίας του. Επιπλέον η κακή και χωρίς συντήρηση στεγάνωση των λεκανών των τεχνητών λιμνών οδήγησε σε υψηλές απώλειες νερού. Αξιοσημείωτο επίσης παραμένει το γεγονός πως μετά την αρχική μελέτη ανάπλασης του Πάρκου και για αρκετά χρόνια οι λίμνες γέμιζαν τελικά με νερό της ΕΥΔΑΠ. Το πρόβλημα φυσικά απορρέει και από παρεμβάσεις στο υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής και ειδικότερα σε διευθετήσεις ρεμάτων στη λεκάνη του Κηφισού. Για παράδειγμα ο εγκιβωτισμός του ρέματος της Εσχατιάς το καλοκαίρι του 2016 στο δήμο Αχαρνών, οδήγησε στη μείωση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα και έθεσε σε κίνδυνο την τροφοδοσία των υγροβιοτόπων του Πάρκου (που τροφοδοτούνταν από δυο πηγάδια) και των υδατικών οικοσυστημάτων που αυτοί φιλοξενούν.

Σήμερα το Πάρκο Τρίτση τροφοδοτείται από πηγάδι εκτός του χώρου, που μεταφέρει νερό από το ρέμα Εσχατιάς και από γεώτρηση εντός του Πάρκου, που δεν επαρκούν για την υδροδότηση, τη διατήρηση της στάθμης στους υγροβιοτόπους - λίμνες και την άρδευση, ιδιαίτερα τη ξηρή περίοδο. Η υδρολογική μελέτη του 2009 του γεωλόγου Λιονή, προτίνει την αξιοποίηση επιπλέον γεωτρήσεων εκτός του Πάρκου, αλλά ουσιαστικά δε δίνει λύση στον τρόπο εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφορέα. Η πρόταση υδροδότησης του Πάρκου Τρίτση με την αξιοποίηση ερευνητικής γεώτρησης κοντά στο Ποικίλο Όρος σημαντικής παροχής ($122 \text{ m}^3/\text{h}$), αλλά με υπόγεια ύδατα που χαρακτηρίζονται από σημαντική ρύπανση (και άρα θα πρέπει να γίνει επεξεργασία πριν τη χρήση) ή τη χρήση ιδιωτικών πηγαδιών, δεν αποτελούν σενάρια ρεαλιστικής λύσης του προβλήματος υδροδότησης του Πάρκου Τρίτση.

Προκειμένου να καλυφθεί το υδατικό έλλειμμα την κρίσιμη περίοδο, δηλαδή την ξηρή περίοδο εξεταστήκαν τέσσερα εναλλακτικά σενάρια. Το πρώτο σενάριο αφορά στην προσθήκη περιμετρικών

ζωνών διήθησης συνολικής επιφάνειας 10.900 m^2 και στην εφαρμογή υδατοπερατών επιστρώσεων στους χώρους στάθμευσης καθώς και την παράλληλη δημιουργία λεκανών βιοκατακράτησης συνολικής επιφάνειας 29.351 m^2 . Στην περίπτωση αυτή η λύση περιλαμβάνει την επέκταση της επιφάνειας συλλογής νερού εκτός του Πάρκου και επιπλέον τη δημιουργία υδατοπερατών επιφανειών στις τέσσερις εισόδους του χώρου. Η λύση αυτή από μόνη της δεν επαρκεί για να καλύψει το υδατικό έλλειμμα την ξηρή περίοδο που ανέρχεται $10.526,28 \text{ m}^3/\text{y}$. Το δεύτερο σενάριο διατηρεί τις προτάσεις του πρώτου σεναρίου, καθιστώντας ενεργά πηγάδια και γεωτρήσεις στο εσωτερικό του Πάρκου. Η λύση αυτή προτείνεται διότι τα πηγάδια και οι γεωτρήσεις παραμένουν κλειστά την υγρή περίοδο, ενώ οι ζώνες διήθησης περιμετρικά του Πάρκου επαναφορτίζουν τον υπόγειο υδροφόρο. Το σενάριο αυτό καθιστώντας ενεργή μια γεώτρηση $70 \text{ m}^3/\text{d}$ ή ($3 \text{ m}^3/\text{h}$), μπορεί να καλύψει το υδατικό έλλειμμα και παράλληλα παραμένει όγκος νερού $489,72 \text{ m}^3/\text{y}$ την ξηρή περίοδο για να αξιοποιηθεί σε επιπλέον ανάγκες του Πάρκου. Στο τρίτο σενάριο προτείνεται η απευθείας ανάκτηση των λυμάτων από το δίκτυο, με τη λειτουργία δύο μονάδων sewer mining με παροχή $40 \text{ m}^3/\text{d}$. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει περίσσεια νερού $635,64 \text{ m}^3/\text{y}$ για την κάλυψη εκτάκτων αναγκών την ξηρή περίοδο. Τέλος το τέταρτο σενάριο προτείνει τη μείωση των μονάδων sewer mining από δύο σε μία με ημερήσια παροχή $30 \text{ m}^3/\text{d}$ και παράλληλα το άνοιγμα ενός πηγαδιού εντός πάντα του Πάρκου με ημερήσια παροχή $48 \text{ m}^3/\text{d}$ (ή $2 \text{ m}^3/\text{h}$).

Όσον αφορά στο εσωτερικό του Πάρκου δε παρατηρείται σημαντική έκταση αδιαπέρατων επιφανειών, οπότε το βρόχινο νερό συναντά κατά κύριο λόγο διαπερατές επιφάνειες. Ένα όμως σημαντικό ζήτημα είναι ο τρόπος σχεδιασμού των τεχνητών λιμνών που έχουν σήμερα διαμορφωθεί και λειτουργούν ως υγροβιότοποι. Οι τεχνητές λίμνες εγκιβωτίζουν ουσιαστικά τα επιφανειακά νερά χωρίς να συντελείται κανένας μηχανισμός καθαρισμού του νερού. Έτσι η διπλωματική προτείνει τον επαναπροσδιορισμό των υγροτόπων και τη λειτουργία τους ως τεχνητών υγροβιοτόπων που επεξεργάζονται την απορροή και παράλληλα διατηρούν την βιοποικιλότητα.

Αντικείμενο περαιτέρω μελέτης θα ήταν σκόπιμο να αποτελέσει ένας ευρύτερης κλίμακας σχεδιασμός, στα πρότυπα του Υδρο-ευαίσθητου Αστικού Σχεδιασμού που επεκτείνεται πέρα των ορίων του Πάρκου Τρίτση. Το πρόβλημα της μείωσης της στάθμης των υπογείων υδάτων ξεκινά από το ρέμα της Εσχατιάς και διευρύνεται για να περιλάβει τον κυριότερο αποδέκτη των ομβρίων υδάτων του λεκανοπεδίου Αττικής, δηλαδή τον Κηφισό. Είναι γεγονός πως η κατασκευή των υφιστάμενων έργων του Κηφισού ολοκληρώθηκε τμηματικά και ανορθόδοξα και σήμερα αυτά δεν καλύπτουν τις ανάγκες για τις οποίες αρχικά σχεδιάστηκαν.

Ειδικότερα δυτικά του Πάρκου Τρίτση και σε κάποια απόσταση όπως αναφέρθηκε παραπάνω, διέρχεται το ρέμα Εσχατιάς. Τα έργα που κατά καιρούς γίνονται στο ρέμα Εσχατιάς αποτελούν τον παραδοσιακό, αλλά απαρχαιωμένο τρόπο αντιμετώπισης των πλημμυρικών προβλημάτων, με εγκιβωτισμό κοιτών που συνεπάγεται με απώλεια της παρόχθιας βλάστησης, αδυναμία φυσικής απορρόφησης των ομβρίων από το έδαφος, απώλεια της δυνατότητας φυσικού καθαρισμού των υδάτων που επιτελείται από τη βλάστηση, απώλεια του φυσικού μηχανισμού διήθησης του

νερού και τροφοδοσίας των υπόγειων υδάτων. Ο μεγαλύτερος όγκος υδάτων και οι μεγαλύτερες ταχύτητες απορροής αιχμής επιβαρύνουν τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά τον κύριο αποδέκτη, τον Κηφισό και τελικά επηρεάζεται η ποιότητα των θαλάσσιων υδάτων, δηλαδή του Σαρωνικού Κόλπου όπου εκβάλλουν τα νερά.

Θα μπορούσε να μελετηθεί ένα υδρο-ευαίσθητο μοντέλο που ξεκινώντας από περιμετρικά ρέματα στο Πάρκο, επαναδιατυπώνει ζητήματα διευθέτησης των ρεμάτων στην ευρύτερη περιοχή, που θα περιλαμβάνουν τρόπους για τη συγκράτηση των ομβρίων υδάτων, της μείωσης της παροχτευτικότητας και των ταχυτήτων απορροής των υδάτων, για την αποφυγή φόρτισης του κύριου αποδέκτη (Κηφισού). Ειδικότερα ξεκινώντας από τα ρέματα θα μπορούσε να διερευνηθεί η δημιουργία ζώνης προστασίας εκατέρωθεν αυτών και ενίσχυση της λειτουργίας του ρέματος ως πράσινου-μπλε διαδρόμου στην πόλη. Με αφετηρία κάποια σημεία του ρέματος θα μπορούσαν να ξεκινούν πράσινοι διάδρομοι που συνδέουν το Πάρκο Τρίτση με τα ρέματα και τα ρέματα και το Πάρκο με άλλους σημαντικούς χώρους περιαστικού και αστικού πρασίνου (πάρκο Ζωής στα Λιόσια, λόφος προφήτη Ηλία, ορεινοί όγκοι Πάρνηθας και Αιγάλεω) στο Δυτικό Λεκανοπέδιο. Με τον τρόπο αυτό μελετώνται τρόποι αντιπλημμυρικής προστασίας που προσφέρουν τα ρέματα, αύξηση της διαπερατότητας του ευρύτερου αστικού ιστού και τροφοδοσία του υπόγειου υδροφορέα.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alfakih, E., *Approche globale pour la conception des technologies alternatives en assainissement pluvial intégrées à l'aménagement. (A global approach for the conception of alternative stormwater management techniques integrated into the urban landscape)* (Unpublished doctoral dissertation). Université Lyon 1, Lyon, France, 1990
- Amati, M. and Taylor, L. *From green belts to green infrastructure. Planning, Practice & Research*, 2010
- American Society of Civil Engineers ASCE standards, *Standard Guidelines for Artificial Recharge of Groundwater, Ballot Draft*, ASCE, USA, 1998
- Andoh, R.Y.G., Iwugo, K.O. *Sustainable Urban Drainage Systems: - A UK Perspective*, ICUD conference, Portland, Oregon, USA, 2002
- Asano, T, Leong, L.Y.C., and Rigby, M.G. *Evaluation of the California wastewater reclamation criteria using enteric virus monitoring data. Water Science and Technology*, 1992
- Ashley R., Lundy L., Ward S., Shaffer P., *Water-sensitive urban design, opportunities for the UK.* , University of Leeds, 2013
- Ashley R., Blanksby J. Cashman, A.; Jack, L.; Wright, G.t; Packman, J., Fewtrell, L, *Adaptable Urban Drainage: Addressing Change in Intensity, Occurrence and Uncertainty of Stormwater (AUDA-CIOUS)*. *Built Environment*, 2007.
- Azzout, Y., Barraud, S., Cre`s, and Alfakih, E., *Techniques alternatives en assainissement pluvial. Choix, conception, réalisation et entretien. (Alternative stormwater management techniques: Selection, design, construction and maintenance)*. Paris, France: Collection Tec & Doc, Lavoisier, 1994
- Azzout, Y., Barraud, S., N Cres, F., and Alfakih, E., *Decision aids for alternative techniques in urban storm water management. Water Science and Technology*, 1995
- Balade`s,J.and Raimbault,G. *Urbanisme et assainissement pluvial. Bulletin des Ponts et Chaussées*, 1990
- Barlow, D., Burrill, G., and Nolfi, J. *Research report on developing a community level natural resource inventory system: Center for Studies in Food Self-Sufficiency*, 1977
- Beardmore K., Markwell K., Cathryn Chatburn c. Peter Breen P., *How do you create a 'WaterSmart Liveable City'?*, Planning Institute of Australia 2012 National Congress Adelaide, South Australia, 29 April – 2 May 2012

- Benedict, M. and McMahon, E. Green infrastructure - linking landscapes and communities. Vol. Washington, DC: Island Press, 2006
- Bhalerao S.A. , Kelkar T., Artificial recharge of groundwater: a novel technique for replenishment of an aquifer with water from the land surface, Environmental Sciences Research Laboratory of Botany, Wilson College, Mumbai, 2013
- Bouwer H. Integrated water management: emerging issues and challenges, 2000
- Bozovic R, Maksimovic Č., Mijic A., MVan Reeuwijk M. Blue Green Solutions. A Systems Approach to Sustainable, Resilient and Cost-Efficient Urban Development, (Technical Report), March 2017
- Bouwer, H. Role of Groundwater Recharge in Treatment and Storage of Wastewater for Reuse, 1991
- Bouwer, H. Issues of Artificial Recharge, 1996)
- Bouwer, H. Integrated Water Management: Emerging Issues and Challenges, 2000
- Brockhoff, M.P. An Urbanizing World. Population Reference Bureau (PRB), 55, 2000
- Brooks, D. B., Brandes, O. M. and Gurman, S. (eds).Making the Most of the Water We Have: The Soft Path Approach to Water Management. London, Earthscan, 2009
- Brown R.R., Farrelly M.A. Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face. IWA Publishing 2009
- Brown, R., Keith, N., and Wong, T. Transitioning to Water Sensitive Cities: Historical, Current and Future Transition States, 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008
- Burton I., Huq S, Lim B., Schipper L. From Impacts Assessment to Adaptation Priorities: The Shaping of Adaptation Policy, January 2002
- Campana N., Tucci, C. Predicting floods from urban development scenarios: Case study of the Dilúvio basin, Porto Alegre, Brazil, March 2001
- Charlesworth S. 2010. A review of the adaptation and mitigation of Global Climate Change using Sustainable Drainage in cities. Journal of Water and Climate Change, v.1, n.3, pp. 165-180
- Charles K., Pond K. Pedley S., Hossain R. Jacot-Guillarmod F. Vision 2030: The resilience of water supply and sanitation in the face of climate change, University of Surrey
- CIRIA, Sustainable urban drainage systems - design manual for Scotland and Northern Ireland. Dundee, Scotland: CIRIA Report, 2000

- CIRIA, The SUDS manual. Dundee, Scotland: CIRIA Report, 2007
- CIRIA, Sustainable urban drainage systems - best practice manual for England, Scotland, Wales and Northern Ireland. London, United Kingdom: CIRIA Report, 2001
- Clary, J., Urbonas, B., Jones, J., Strecker, E., Quigley, M., and O'Brien, J., Developing, evaluating and maintaining a standardized stormwater BMP effectiveness database. Water Science & Technology, 2002
- Coffman, L.S. Low-Impact Development Design: a new paradigm for stormwater management mimicking and restoring the natural hydrologic regime; an alternative stormwater management technology. Maryland County, USA: Prince George's County Department of Environmental Resources, 1997
- Coffman, L.S., Low-Impact Development Design: a new paradigm for stormwater management mimicking and restoring the natural hydrologic regime; an alternative stormwater management technology. Maryland County, USA: Prince George's County Department of Environmental Resources and US EPA, 2000
- Cohen, J. Social, emotional, ethical and academic education: Creating a climate for learning, participation in democracy and well-being. Harvard Educational Review, Vol. 76, No. 2, Summer. 2006
- Corcoran, E., Nellemann C., Baker, E. (Editor); Bos, R., Osborn D., Savelli H. Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme (UNEP), UN-HABITAT, GRID-Arendal, 2010
- Dalcanale, F., Fontane, D. and Csapo, J. A general framework for a collaborative water quality knowledge and information network. Environmental Management, Vol. 47, 2011
- Davis, A.P., Traver, R.G., Hunt, W.F., Lee, R., Brown, R.A., and Olzeski, J.M., Hydrologic performance of bioretention storm-water control measures. Journal of Hydrologic Engineering, 2012
- Defra, National standards for sustainable drainage systems - designing, constructing, operating and maintaining drainage for surface runoff. 2011. Retrieved from <http://www.defra.gov.uk/consult/files/suds-consult-annexa-nationalstandards-111221.pdf>
- DeBusk, K., Hunt, W.F., and Line, D. Bioretention outflow: does it mimic non-urban watershed shallow interflow. Journal of Hydrologic Engineering, 2011
- Dietz, M.E.. Low impact development practices: a review of current research and recommendations for future directions. Water, Air & Soil Pollution, 2007

- Dreiseitl H., Grau D., *New Waterscapes: Planning, Building and Designing with Water*, Birkhauser Basel, 2005
- Government of Western Australia, Department of Water, Operational policy 1.01 - Managed aquifer recharge in western Australia, January 2011
- EEA. *Water resources in Europe in the context of vulnerability*, 2012
- EEA. *Floods-vulnerability, risks and management - a joint report of ETC CCA and ICM*, Technical Paper, 2012
- EEA, *Towards efficient use of water resources in Europe*, Report 2012
- Eisenberg B., Lindow K., Smith D. *Permeable Pavements, Recommended Design Guidelines*, 2013
- European Commission, *-Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Final Report of the Horizon 2020, Expert Group on 'Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities' (full version)*, 2015 / http://publications.europa.eu/resource/cellar/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202.0001.04/DOC_1
- Fabrizio Tucci, *Tecnologia e natura. Gli insegnamenti del mondo naturale per il progetto dell'architettura bioclimatica*, Alinea Editrice s.r.l., Firenze 2008
- Fisher U., Weinberg J., Doron B., *Integration of solar pond with water desalination*, Ormat Industries Ltd., Yavne, Israel, ,
- Fletcher, T.D., Mitchell, V.G., Deletic, A., and Maksimovic, C., Chapter 1 - Introduction. In: T.D. Fletcher and A. Deletic, eds. *Data requirements for integrated urban water management*. Paris: UNESCO Publishing and Taylor & Francis, 2007
- Fletcher T. D., Shuster W., Hunt W. F., Ashley R., Butler D., Arthur S., Trowsdale S., Barraud S, SemadeniDavies A., Bertrand-Krajewski J., Steen Mikkelsen P., Rivard G., Uhl M., Dagenais D., Viklander M. *SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage*, *Urban Water Journal*, 23 Jul 2014
- Forman, R.T., *Horizontal processes, roads, suburbs, societal objectives, and landscape ecology*. In: *Landscape Ecological Analysis*. London: Springer, 1999
- Foster, J., Lowe, A., and Winkelman, S. *The value of green infrastructure for urban climate adaptation*. Washington, DC: Centre for Clean Air Policy, 2011
- Gikas P. Christodoulakos Y., Gikas V., Angelakis A, *Water Supply in the Roman city of Aptaera*,

Crete, Greece, In proceedings of 2 nd IWA International Symposium of Water and Wastewater Technologies in ancient Technologies, Bari, Italy, 2009

-Goonetilleke A., Thomas E. Water quality impacts of urbanisation: Evaluation of current research. Technical Report, Centre for Built Environment and Engineering Research, Faculty of Built Environment and Engineering, 2003

-Government of western Australia Department of Water Operational policy 1.01 - Managed aquifer recharge in Western Australia, January 2011

-Goward, S. N., Cruickshanks G. D., Hope A. S., 1985. Observed relation between thermal emission and reflected spectral radiance of a complex vegetation, 1985

-He´rin, J.-J. Le Douaisis: une de´marche syste´matique et une implication forte. (The Douaisis: a systematic process and a strong involvement). In: Proceedings of Journe´e technique: L'infiltration des eaux pluviales: planification, mise en œuvre et gestion (Technical seminar: Stormwater infiltration: planning, implementation and management). Lyon, France, 20/06/2000.

-Hunt, W.F., Davis, A.P., and Traver, R.G.,. Meeting hydrologic and water quality goals through targeted bioretention design. Journal of Environmental Engineering, 138 (6), 2011

-ICLEI, Local Governments for Sustainability, Nature-based solutions for sustainable urban development, March 2017

-IWA , Alternative Water Resources Cluster, Alternative Water Resources: A review of Concepts, Solutions and Experiences

-Kaushal S., McDowell W., Wollheim W., Newcomer Johnson T., Mayer P., Belt K., Pennino M. Urban Evolution: The Role of Water, 2015

-König W.K., The Rainwater Technology Handbook, , Wilo-Brain, Dortmund, Germany, 2001

-Laumer W. Environmental Planning for Water.Transportation and Land Use, Faculty of the Social Sciences Department California Polytechnic State University, San Luis Obispo, June 2010

-Lloyd S.D., Wong T., Chesterfield, Water Sensitive Urban Design-A Stormwater Management Perspective, September 2002

-Lloyd S. Water Sensitive Urban Design in The Australian Context, Synthesis of a conference held 30 - 31 August 2000, Melbourne, Australia

- Ma X., Xue X, González-Mejía A., Garland J., Cashdollar J., Sustainable Water Systems for the City of Tomorrow—A Conceptual Framework, 2015

- Makropoulos C., Rozos E., Tsoukalas I., and et al., Sewer-mining: A water reuse option supporting circular economy, public service provision and entrepreneurship, *Journal of Environmental Management*, 2017
- Makropoulos C, David Butler D., *Distributed Water Infrastructure for Sustainable Communities*, 2010
- Manteghi G., Lamit H. Remaz Ossen D. *Water Bodies and Urban Microclimate* QA review, February 2005
- Matos, J. S. Aspectos Históricos a Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano. *Revista Engenharia Civil*, Lisboa, n. 16, 2003
- MDDEP. *Guide de Gestion des Eaux Pluviales - Stratégies d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion optimales pour les réseaux de drainage en milieu urbain (Guide for Stormwater management - Planning Strategies, Design Principles and Optimal Management Practices for Drainage Networks in Urban Areas)*, Retrieved 20 Feb 2014. Québec, Canada: Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2011
- Metcalf and Eddy, Inc. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. International ed. McGraw Hill, New York, 2003
- Mirzaei P. A., Haghightat F (2010), *Approaches to Study Urban Heat Island – Abilities and limitations*, Department of Building Civil and Environmental Engineering Concordia University, Montreal, Quebec, Canada H3G, 2010
- Mouritz, M., Evangelisti, M., & McAlister, T., *Water Sensitive Urban Design*. In T. H. F. Wong (Ed.), *Australian Runoff Quality Sydney*, Australia: Engineers Australia, 2006
- Paolini F., Cecere C., *Improvement of urban water metabolism at the district level for a mediterranean compact city*, Civil, Constructional and Environmental Engineering (DICEA) - Sapienza University of Rome, Via Eudossiana 18, 00184 Rome, Italy, 2015
- Payne E. Hatt B, Deletic A, Dobbie M. McCarthy D., Chandrasena G. Australian Government, Department of Industry and Science. *Adoption Guidelines for Stormwater Biofiltration Systems-Summary Report*, 2015
- Pearson L., Newton P., Roberts P. *Resilient Sustainable Cities*, 2013
- Petrucci, G., Deroubaix J.-F., d.r., De Gouvello, B., Deutsch, J.-C., Bompard, P., and Tassin, B., *Rainwater harvesting to control stormwater runoff in suburban areas. An experimental case-study*. *Urban Water Journal*, 2012

- Pérez de Lama J., *Sistemas de enfriamiento pasivo. Casos de estudio Espacio abiertos Exposición Universal 1992, Arquitectura y Medio Ambiente* ETSA Universidad de Sevilla, 2008
- Pettyjohn, W.A. *Introduction to artificial groundwater recharge. NWWA/EPA-600/2-81-236*, Robert S.Kerr Environmental Research Laboratory, US Environ. Protection Agency, Ada, Oklahoma, 1981.
- Poletto C., Tassi R. , *Federal University of Technology - Paraná (UTFPR), Federal University of Santa Maria (Brazil). Sustainable Urban Drainage Systems*, 2012
- Revitt, D. M., Ellis, J. B. et al. *Seasonal removal of herbicides in urban runoff*, 2002
- Rivard, G., Raimbault, G., Barraud, S., Freni, G., Ellis, J.B., Zaizen, M., Ashley, R.M., Quigley, M., and Strecker, E.W., *Stormwater source control as a strategy for sustainable development; state of the practice and perceived trends. In: Proceedings of 10th International Conference on Urban Drainage (ICUD), Copenhagen, Denmark, 21 – 26 August, 2005 (proceedings on CD). International Water Association/ International Association of Hydraulic Research*, 2005.
- Robitu M., Musy M., Inard C , Groleau D. *Modelling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate Solar Energy*, 2006
- Royal Town Planning Institute, Environment Agency (UK), *Sustainable Drainage Systems (SUDS), A guide for developers*,
http://www.rtpi.org.uk/media/12399/suds_a5_booklet_final_080408.pdf
- Saaroni H1, Ziv B., *The impact of a small lake on heat stress in a Mediterranean urban park: the case of Tel Aviv, Israel, May 2003*
- Santamouris M, Papanikolaou N, Livada I, Koronakis I, Georgakis C, Argiriou A, Assimakopoulos DN (2001). *On the Impact of Urban Climate on the Energy Consumption of Buildings, Solar Energy*, 2001
- Schiaffonati F., Mussinelli E., *Il tema dell'acqua nella progettazione ambientale*, Maggioli editore, Santarcangelo di Romagna 2008
- Schueler, T. *The Importance of Imperviousness. Watershed Protection Techniques*, 1995
- Shaver, E., *Design guideline manual - stormwater treatment devices. Auckland, New Zealand: Auckland Regional Council Technical Publication*, 2003
- Shuster, W.D., Morrison, M.A., and Webb, R. *Frontloading urban stormwater management for success - a perspective incorporating current studies on the implementation of retrofit low-impact development. Cities and the Environment*, 2008
- Sibeud, E., *La mise en oeuvre des techniques alternatives inté'grées dans une démarche de*

de'veloppement durable (The implementation of alternative techniques integrated into a sustainable development approach). In: Proceedings of NOVATECH, 4th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management. Lyon, France, June 25 – 26, Lyon, France: GRAIE, 2001

-Silveira, G. L. Cobrança pela Drenagem Urbana de Águas Pluviais: incentivo à sustentabilidade. Relatório de Pós-Doutorado, 2008

-Snaddon, C. D., Davies, B. R. and Wishart, M. J. A Global Overview of Inter-Basin Water Transfer Schemes, with an Appraisal of their Ecological, Socio-Economic and Socio-Political Implications, and Recommendations for their Management. Water Research Commission (WRC) Report No. TT120/00. Pretoria, South Africa, WRC, 1999

-Steenefeld G.J, Koopmans S., Heusinkveld B.G., Theeuwes N.E. Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect, 2013

-Stern N., The Economics of Climate Change, 2007

-Struck, S.D., Field, R., and Pitt, R., Green infrastructure for CSO control in Kansas City, Missouri. In Proceedings of Conference on Low Impact Development 2010: Redefining Water in the City. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2010.

-STU, Contrôle du ruissellement des eaux pluviales en amont des re'seaux (Stormwater runoff control upstream of the stormwater network). Paris: Service Technique de l'Urbanisme, 1981

-Switch Training kit, Sixth Framework programme, Integrated urban water management in the city of the future, Module 1 Strategic Planning Preparing for the future

-Switch Training kit, Sixth Framework programme, Integrated urban water management in the city of the future, Module 3, Water Supply, exploring the options

-Switch Training kit, Sixth Framework programme, Integrated urban water management in the city of the future, Module 4, Stormwater, exploring the options

-Switch Training kit, Sixth Framework programme, Integrated urban water management in the city of the future, Module 5, Wastewater, exploring the options

-Switch training kit, case study Melbourne Australia, The city as a catchment approach

-Switch, Sustainable Water Management in the City of the Future, Water Sensitive Urban Design, Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future- Manual, March 2011

-TIM-II - Trabalho de Integralização Multidisciplinar II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola

de Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Projeto de Infra-Estrutura e Equipamentos Urbanos: Termo de Referência, 2008

-The Permeable Pavements Technical Committee, Low Impact Development Standing Committee, Urban Water Resources Research Council, Environmental and Water Resources Institute, American Society of Civil Engineers

-Tsao, D.T., Overview of phytotechnologies. New York: Springer, 2003

-Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: a literature review. Landscape and Urban Planning

-UNESCO, The United Nations World Water Development Report 4, Volume 1. Managing Water under Uncertainty and Risk, 2012.

-U.S. Fire Administration, Water Supply Systems and Evaluation Methods, Volume I, Water Supply System Concepts, October 2008

-Un Water Reports, Water Resources Management, Status Report on The Application of Integrated Approaches to Water Resources Management, 2012

-Van Roon, M., Low impact urban design and development: catchment-based structure planning to optimise ecological outcomes. Urban Water Journal, 2011

- Van Stokkom, H. T. C., Smits, A. J. M. and Leuven, R. S. E. W. Flood Defense in the Netherlands – A New Era, a New Approach. Water International, Vol. 30, No. 1, 2005

-Vernon B., Tiwari R. Place making through Water Sensitive Urban Design, Curtin University of Technology, Perth Western Australia, 2009

-Water Research Access Portal, Multiple Water Reuse (MWR) Sewer Mining Demonstration Project, Waste Technologies of Australia Pty Ltd, , September 2006

-WCD (World Commission on Dams). Dams and Development: A New Framework for Decision-Making. London, Earthscan, 2000.

- Whelans, C., Maunsell, H.G., and Thompson, P., Planning and management guidelines for water sensitive urban (residential) design. Perth, Western Australia: Department of Planning and Urban Development of Western Australia, 1994

-WEWS, 2003. Water Environment and Water Services Act (2003). Edinburgh, Scotland: Scottish Government

- Wolff, G. and Gleick, P. H. 2002. The soft path for water. P.H. Gleick (ed.) The World's Water: The

Biennial Report on Freshwater Resources, 2002-2003. Washington DC, Island, 2002

-Wong T, Breen P. Lloyd S. Water Sensitive Road Design-Design Options for Improving Stormwater Quality of Road Runoff, August 2000

-Wong T., Brown R., 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK. Transitioning to Water Sensitive Cities: Ensuring Resilience through a new Hydro-Social Contract, 2008

-Wong T.H.F. Allen R. Beringer J., Brown R.R., Deletic A. Fletcher T.D. Gangadharan L., Gernjak W, Jacob C., O'Loan T., Reeder M, Tapper N, Walsh C., Stormwater Management in a Water Sensitive City, blueprint 2012, The Centre for Water Sensitive Cities, March 2012

Woods, B. B., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray R. & Shaffer, P.. The SUDS manual (C697). Construction Industry Research and Information Association, London, 2007

-Zalewski, M.. Guidelines for the integrated management of the watershed: phytotechnology and ecohydrology. Osaka, Japan: UNEP/Earthprint, 2002

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αειχώρος, Επιστημονικό Περιοδικό, Κείμενα Πολεοδομίας, Χωροταξίας και Ανάπτυξης, Ειδικό τεύχος: Πόλη και νερό, 2015
- Αναπτυξιακός Σύνδεσμος Δυτικής Αθήνας (ΑΣΔΑ) – Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, «Ενίσχυση και διαχείριση υδάτινου δυναμικού, αποκατάσταση και βελτίωση δικτύων διανομής Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης “Αντώνης Τρίτση”», Μελέτη, 2005
- ΑΣΔΑ, «Πρόταση για μια ολοκληρωμένη στρατηγική βιωσιμότητας του Πάρκου “Α. ΤΡΙΤΣΗΣ”», 2008
- Α.Σ.Δ.Α. ανάδοχος Παν.Ι.Πολίτης, τεχνική έκθεση «Έργο: Έργα συντήρησης και βελτίωσης Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Αντ.Τρίτση - Διάνοιξη υδρογεωτρήσεων συνολικού βάθους 300 μ., Πάτρα, Αύγουστος 2004
- Γριβάκη Γ. Διερεύνηση και τεχνικές βέλτιστης διαχείρισης της ρύπανσης των υδάτινων σωμάτων από τις αστικές απορροές ομβρίων, Μεταπτυχιακή διατριβή, 2010
- Δήμος Ηλίου, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα 2015-2019
- Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής, 2013
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), «Υδρογεωλογική έρευνα και μελέτη Πύργου Βασιλίσσης-Αττική», Μελέτη, 1994
- Καρυμπάλης Ε., Επιλεγόμενα θέματα για το μάθημα Υδρολογία - Διαχείριση Υδατικών, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, 2010
- Κατσαφάδου Κ. Έκθεση καταγραφής υδροληπτικών σημείων στο Πάρκο «Αντώνης Τρίτση», Σεπτέμβριος 2017
- Λέκκας Ε. Επιχειρησιακή οργάνωση των δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία και την αντιμετώπιση φυσικών και περιβαλλοντικών κινδύνων, Α΄ Φάση: Δράσεις Μείωσης Πλημμυρικού Κινδύνου, Αναπτυξιακός σύνδεσμος Δυτικής Αττικής, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, 2010
- Μαραγκουδάκη Ρ., Τσακίρης Γ. Επίδραση της αστικοποίησης στα χαρακτηριστικά της πλημμύρας. 5ο Εθνικό Συνέδριο της ΕΕΔΥΠ «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων με βάση τη λεκάνη απορροής», Ξάνθη, 2005
- Μαρκαντωνάτος Γ., Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων: αστικά λύματα, βιομηχανικά

απόβλητα, ζωικά απορρίματα, 1986

-Μπηλιώνης Σ., τεχνική μελέτη «Μέγιστες ποσότητες άντλησης από υφιστάμενες γεωτρήσεις και πηγάδια στο Πάρκο Αντώνης Τρίτση», Κατερίνα Λιονή, 2003).

-Οδηγός για την ολοκληρωμένη διαχείριση ομβρίων υδάτων στα πλαίσια του έργου «Integrated Green Cities», Σεπτέμβριος 2013

-Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου Αθήνας (ΟΡΣΑ), «Υδρογεωλογική μελέτη περιοχής Πύργου Βασιλίσσης Αγ. Αναργύρων Αττικής», 1991

-Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου Αθήνας (ΟΡΣΑ), «Πάρκο Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης Πύργου Βασιλίσσης. Α Στάδιο – Β Φάση», 1995

-Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου Αθήνας (ΟΡΣΑ), «Αξιολόγηση υδρογεωλογικών εργασιών και εκτίμηση ισοζυγίου στο Πάρκο “Αντώνης Τρίτση”», Μελέτη, 2009

-Οργανισμός Διοίκησης και Διαχείρισης Πάρκου Περιβαλλοντικής Ευαισθητοποίησης «Αντώνης Τρίτση», «Υδρογεωλογικές εργασίες», Μελέτη, 2009

-Παρανυχιανάκης Ν.,Κοτσελίδου Ο.,Βαρδάκου Ε.,Αγγελάκης Α. Οδηγίες Ανακύκλωσης Επεξεργασμένων Εκροών Αστικών Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα, Κεντρική Ένωση Δήμων και Κοινοτήτων Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης και Αποχέτευσης, Λάρισα, Δεκέμβριος 2009

-Πλιάκας Φ., Διαμαντής Ι. Ο Τεχνητός Εμπλουτισμός των Υπογείων Νερών και Εφαρμογές του στην Ελλάδα και το Διεθνή Χώρο. Τεχν. Χρον. Έκδ. ΤΕΕ, Ι, τεύχ.1 1998

-Τασούλα Α. Α. Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων, Τεχνικά χρονικά, Νοέμβριος-Δεκέμβριος 2007

-ΚΥΑ 145116/2011 (ΦΕΚ 5229/8-3-2011)

-ΚΥΑ 191002/2013 (ΦΕΚ 31219/2-9-2013)

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

-<http://www.unesco.org/>

-<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.476.6599&rep=rep1&type=pdf>

-https://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th_International_Conference_on_Urban_Drainage_CD/ICUD08/pdfs/638.pdf

-<http://www.rtpi.org.uk/>

-<http://bgd.org.uk/>

-<http://www.iclei.org/>

-<http://mirror.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=3086&AspxAutoDetectCookieSupport=1>

-<https://www.feedipedia.org/node/1649>

-<https://www.grida.no/>

-<https://www.eip-water.eu/products-and-services/sewer-mining-showcase-athens>

-<http://www.ipcc.ch/>

-<https://unhabitat.org/urban-initiatives/initiatives-programmes/cities-and-climate-change-initiative/>

-<http://www.mcg.org.au/>

-<http://www.ivwater.com.au/sewer-mining.php>

-<https://www.maddocks.com.au/>

-<https://www.wateronline.com/doc/sewer-mining-an-unconventional-solution-to-water-scarcity-0001>

-<http://demeau-fp7.eu/toolbox/introduction/basic-concepts/classification-mar/sand-dams>

-<http://www.geo.auth.gr/763/ch7.htm>

-<http://www.switchtraining.eu>

-<http://www.bluegreencities.ac.uk/>

-<https://www.hollandwaterchallenge.com/indonesia/indonesia-2nd-edition/blue-green-cities.html>

-<http://www.fao.org/docrep/t0551e/t0551e06.htm>

-<https://www.sydneywater.com.au>

-<http://www.parkotritsis.gr/>