

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επαναχρησιμοποίηση νερού στο Ναύπλιο



Ανδρέας Μπέλλιας

Επόπτης: Νικόλαος Λαμπάκης

Πάτρα, 2013

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	
1.1 Μορφές του νερού	7
1.2 Φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού	8
1.3 Δομή του μορίου του νερού	11
1.4 Υδρολογικός κύκλος	11
1.5 Άλατα στο νερό και αποσκλήρυνση	13
1.6 Πόσιμο νερό	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ	
2.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	17
2.2 Η τρύπα του όζοντος	18
2.3 Η λειψυδρία στην Ελλάδα	20
2.4 Η λειψυδρία στον υπόλοιπο κόσμο	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΡΟΥ	
3.1 Δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων	29
3.2 Επαναχρησιμοποίηση νερού στην Ελλάδα	31
3.3 Επαναχρησιμοποίηση νερού στον υπόλοιπο κόσμο	33
3.4 Παράμετροι ποιότητας ανακυκλωμένου νερού	37
3.5 Κανονισμοί και οδηγίες επαναχρησιμοποίησης νερού οργανισμών και χωρών εκτός Ευρώπης	39
.....3.5.1 Οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας	40
.....3.5.2 Κανονισμός της Καλιφόρνια	42
.....3.5.3 Οδηγία της Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ	45
.....3.5.4 Κανονισμοί και οδηγίες στις ΗΠΑ	48

3.6 Κανονισμοί και οδηγίες επαναχρησιμοποίησης νερού σε χώρες της Ευρώπης	49
.....3.6.1 Κύπρος	50
.....3.6.2 Ιταλία	52
.....3.6.3 Ισπανία	54
.....3.6.4 Πορτογαλία	57
3.7 Κανονισμοί επαναχρησιμοποίησης νερού στην Ελλάδα	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΙ ΥΔΑΤΙΝΟΙ ΠΟΡΟΙ ΤΟΥ ΝΑΥΠΛΙΟΥ

4.1 Οι υδάτινοι μύθοι της Αργολίδα	63
4.2 Πηγαία ύδατα Αργολίδας	64
4.3 Υφιστάμενες υποδομές	66
.....4.3.1 Τεχνητός εμπλουτισμός	66
.....4.3.2 Άρδευση	69
.....4.3.3 Ύδρευση	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

5.1 Έκταση αρδευόμενου πρασίνου	77
5.2 Επαναχρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού για άρδευση πρασίνου	90
5.3 Συνολική επαναχρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού	91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

6.1 Σημεία δικτύου	95
6.2 Υπολογισμοί	104
6.3 Δεξαμενή	104

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι η περισσότερο διαδεδομένη χημική ένωση στην επιφάνεια της Γης, καλύπτοντας το 70.9% του πλανήτη.

Το όνομα νερό προέρχεται απ' τη βυζαντινή φράση *νεαρόν ύδωρ* το οποίο σήμαινε *τρεχούμενο ύδωρ* (που μόλις βγήκε απ' την πηγή), η οποία με τη σειρά της προερχόταν απ' την αρχαία ελληνική φράση *νήρον ύδωρ*. Απ' την επίσημη ονομασία ύδωρ έχουν προκύψει όλοι οι σχετικοί επιστημονικοί όροι που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα, όπως υδρογόνο, ενυδάτωση, αφυδάτωση, υδρόλυση, υδάτινος, υδρατμός, υδραυλική και άλλα.

Το νερό υπάρχει και στις τρεις καταστάσεις της ύλης της Γης. Στερεή (πάγος, χιόνι), υγρή (θάλασσες, ποτάμια, λίμνες) και αέρια (υδρατμοί), ενώ με την μορφή πάγου υπάρχει και σ' άλλους πλανήτες του ηλιακού συστήματος. Είναι απαραίτητο σ' όλες τις μορφές ζωής στον πλανήτη μας. Οι άνθρωποι και τα ζώα έχουν 55-78% νερό (κατά βάρος), ενώ φτάνει μέχρι και το 90% εκείνου των κυττάρων. Το 96.5% του νερού της Γης βρίσκεται στους ωκεανούς και τις θάλασσες, 1.7% στα υπόλοιπα επιφανειακά νερά (ποτάμια, λίμνες), 1.7% στους πάγους και 0.001% στην ατμόσφαιρα (σύννεφα, υγρασία). Μόνο το 2.5% του νερού της Γης είναι γλυκό και το 98.8% του πόσιμου νερού βρίσκεται στους πάγους και στα υπόγεια ύδατα. Λιγότερο απ' το 0.3% του γλυκού νερού βρίσκεται σε ποτάμια, λίμνες, και ακόμη μικρότερο ποσοστό (0.003%) περιέχεται στα σώματα των ζωικών και φυτικών οργανισμών. Το νερό υπάρχει σ' όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, ζωικούς και φυτικούς. Στις τροφές υπάρχει σε μεγάλο ποσοστό, όπως για παράδειγμα το γάλα περιέχει 87%, οι πατάτες 78%, τα αβγά 74%, τα λαχανικά και τα φρούτα μέχρι 93% νερό. Στο ανθρώπινο σώμα το νερό περιέχεται σε ποσότητα περίπου 70% και στο αίμα 90%.

Το ασφαλές πόσιμο νερό είναι ζωτικής σημασίας για τους ανθρώπους και τις άλλες μορφές ζωής. Παρότι η πρόσβαση σε πόσιμο νερό έχει βελτιωθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες, ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε πόσιμο νερό. Εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού της γης, της μαζικής κατανάλωσης, της κατάχρησης των φυσικών πόρων και της μόλυνσης του νερού, η διαθεσιμότητα του πόσιμου νερού δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της σύγχρονης εποχής και διαρκώς μειώνεται. Για το λόγο αυτό, το νερό αποτελεί στρατηγικής σημασίας αγαθό σε όλον τον πλανήτη και αιτία για πολλές πολιτικές διενέξεις. Πολλοί έχουν προβλέψει ότι το καθαρό νερό θα γίνει το πετρέλαιο του μέλλοντος, καθιστώντας τον Καναδά με τα πλεονάζοντα αποθέματα νερού την πιο πλούσια χώρα του πλανήτη. Σύμφωνα με έρευνα της UNESCO που πραγματοποιήθηκε το 2003 για τα

παγκόσμια αποθέματα νερού, υπολογίζεται ότι στα επόμενα 20 χρόνια η ποσότητα του νερού που αναλογεί στον καθένα μας προβλέπεται να μειωθεί κατά 30%. Απ' το 1970 τα αποθέματα νερού παγκοσμίως έχουν μειωθεί κατά το 1/3. Σήμερα ένα ποσοστό περίπου 40% από τους ανθρώπους που ζουν στη γη, δεν έχει επαρκές νερό ακόμα και για υποτυπώδη υγιεινή, ενώ ένα 20% αναγκάζεται να πίνει νερό από μολυσμένες πηγές, με αποτέλεσμα κάθε χρόνο να πεθαίνουν περισσότερα από 2.000.000 άνθρωποι από ασθένειες σχετικές με την έλλειψη ή την μόλυνση του νερού. Στη λίστα των άνυδρων χωρών ανήκουν 26 χώρες με συνολικό πληθυσμό 230.000.000 ανθρώπους, ενώ περίπου 700.000.000 άνθρωποι σε 43 χώρες υποφέρουν σήμερα από λειψυδρία και μέχρι το 2025 ο αριθμός αυτός αναμένεται να ξεπεράσει τα 3 δις. Κάποιοι επιστήμονες έχουν εκτιμήσει ότι ως το 2025 περισσότερο απ' το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού θα είναι αντιμέτωπο με προβλήματα που αφορούν την ποσότητα και την ποιότητα του νερού. Μια πρόσφατη αναφορά (Νοέμβριος 2009) εκτιμά ότι μέχρι το 2030 σε κάποιες περιοχές του αναπτυσσόμενου κόσμου η ζήτηση για νερό θα ξεπεράσει την προσφορά κατά 50%.

Τα προβλήματα αυτά οφείλονται κυρίως στην λειψυδρία και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Λειψυδρία είναι το φαινόμενο εκείνο, κατά το οποίο η ζήτηση για νερό σε μια συγκεκριμένη περιοχή υπερβαίνει τους εκμεταλλεύσιμους υδάτινους πόρους, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα που θέτουν σε κίνδυνο την υγεία και την ασφάλεια των κοινωνιών.

Για την αντιμετώπιση όλων αυτών των προβλημάτων πρέπει να εξευρεθούν εναλλακτικές υδάτινες πηγές. Μία τέτοια πρόταση, είναι η ανάκτηση και η επαναχρησιμοποίηση νερού, η οποία είναι χαμηλού κόστους, φιλική προς το περιβάλλον και χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Ο όρος 'ανάκτηση' αναφέρεται σε κάθε είδους επεξεργασία που καθιστά τα λύματα κατάλληλα για χρήση, ενώ ο όρος 'επαναχρησιμοποίηση' αναφέρεται στην εφαρμογή και χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων για την κάλυψη των υδάτινων αναγκών. Με τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων είναι δυνατόν να εξοικονομηθούν τεράστιες ποσότητες νερού.

Αυτή η μέθοδος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και στο Ναύπλιο, καθώς τα τελευταία χρόνια, η υδροδότηση του Ναυπλίου αντιμετωπίζει αρκετά προβλήματα. Είναι αναγκαίο λοιπόν να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες, οι οποίες θα αντιμετωπίσουν αυτά τα προβλήματα και θα βελτιώσουν την ύδρευση της πόλης, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Ένα τέτοιο σχέδιο που θα μπορούσε να εφαρμοστεί είναι η επαναχρησιμοποίηση νερού, με την κατασκευή διπλών δικτύων απ' το Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων (ΚΕΛ) μέχρι το Ναύπλιο, όπου τα επεξεργασμένα λύματα θα χρησιμοποιούνταν για την άρδευση πρασίνου, σε 1^η φάση, και σε 2^η φάση για το πότισμα κήπων,

καθώς και για βιομηχανική χρήση. Ένα τέτοιο σχέδιο είναι εφικτό, καθώς το ΚΕΛ διαθέτει τις απαιτούμενες εγκαταστάσεις για να δώσει εκροές σύμφωνες με την κείμενη ελληνική νομοθεσία. Η ποσότητα του νερού που θα χρησιμοποιούταν για την άρδευση πρασίνου θα μπορούσε να βοηθήσει σημαντικά στην υδροδότηση του Ναυπλίου, καθώς ένα τέτοιο δίκτυο θα 'ανακούφιζε' το δίκτυο ύδρευσης σε πολύ μεγάλο βαθμό, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου η ζήτηση είναι ιδιαίτερα υψηλή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

1.1 Μορφές του νερού

Όπως πολλές ουσίες, το νερό μπορεί να πάρει αρκετές μορφές που χαρακτηρίζονται απ' την κατάσταση της ύλης στην οποία βρίσκονται. Η υγρή φάση είναι η πιο συνηθισμένη του νερού στη Γη. Η στερεή φάση είναι γνωστή ως πάγος και συνήθως παίρνει τη δομή σκληρών αμαγαλματιδικών κρυστάλλων, όπως οι κύβοι πάγου ή χαλαρά συνδεμένων εύθραστων κρυστάλλων, όπως το χιόνι. Η αέρια φάση του νερού είναι γνωστή ως υδρατμός και παίρνει τη δομή ενός διάφανου νέφους. Όταν οι υδρατμοί γίνονται ορατοί, όπως τα νέφη, το νερό βρίσκεται στη μορφή υγρών σταγονιδίων ή και στερεών κρυστάλλων που αιωρούνται στον αέρα. Η τέταρτη, και πιο σπάνια, κατάσταση στην οποία είναι δυνατό να βρεθεί το νερό είναι αυτή του υπερκρίσιμου υγρού. Αυτό συμβαίνει όταν το νερό βρίσκεται στην (ή και σε θερμοκρασία μεγαλύτερη απ' την) κρίσιμη θερμοκρασία του (647 K) και υπό την (ή υπό πίεση μεγαλύτερη απ' την) κρίσιμη πίεση του (22.064 MP). Σε αυτές τις συνθήκες η υγρή και η αέρια φάση συνενώνονται σε μια ομογενή ρευστή φάση που διαθέτει ταυτόχρονα ιδιότητες που αντιστοιχούν σε αέρια και υγρά. Ένα παράδειγμα τέτοιας κατάστασης για το νερό είναι τα θερμότερα στρώματα νερού σε μεγάλα βάθη, κοντά σε υποθαλάσσια ρεύματα, υδροθερμικές πηγές ή ενεργά ηφαίστεια. Γενικά οπουδήποτε υπάρχει νερό σε θερμοκρασία ίση ή μεγαλύτερη από 647 K και βάθος ίσο ή μεγαλύτερο από 2250 m, βρίσκεται στην κατάσταση υπερκρίσιμου υγρού.

Το φυσικό νερό περιέχει σχεδόν αποκλειστικά νερό που περιέχει πρώτιο υδρογόνο (^1H). Μόνο 155 ppm (μέρη ανά εκατομμύριο) του νερού περιέχει δευτέριο (^2H ή D) και λιγότερο από 20 μέρη ανά πεντάκις εκατομμύριο περιέχει τρίτιο (^3H ή T).

Ελαφρύ ύδωρ

Ελαφρύ ύδωρ είναι το νερό που περιέχει δευτέριο σε μικρότερη συγκέντρωση απ' τη θεωρούμενη ως πρότυπη, δηλαδή μικρότερη από 155 ppm. Αυτό το νερό βρέθηκε ότι βελτιώνει τους δείκτες επιβιωσιμότητας, σε ποντίκια με καρκίνο και σε ανθρώπους που υφίστανται χημειοθεραπεία.

Βαρύ ύδωρ

Βαρύ ύδωρ είναι το νερό που περιέχει δευτέριο σε μεγαλύτερη συγκέντρωση απ' τη θεωρούμενη ως πρότυπη, δηλαδή μεγαλύτερη από 155 ppm. Οι άνθρωποι γενικά δεν μπορούν να αντιληφθούν την διαφορά με την αίσθηση της γεύσης, αλλά μερικές φορές αναφέρουν ένα καυστικό αίσθημα ή γλυκό άρωμα. Τα ποντίκια ωστόσο μπορούν να αποφύγουν το *βαρύ ύδωρ* με την αίσθηση της οσμής. Είναι τοξικό για αρκετά ζώα και χρησιμοποιείται ως επιβραδυντικό στους πυρηνικούς αντιδραστήρες.

Το *βαρύ ύδωρ* παρασκευάζεται με εξαντλητική ηλεκτρόλυση υδατικών διαλυμάτων αλκαλίων, γιατί ηλεκτρολύεται κατά προτίμηση το κοινό νερό και συνεπώς, τα υπολείμματα της ηλεκτρόλυσης του νερού εμπλουτίζονται σταδιακά σε *βαρύ νερό*.

Υπερβαρή ύδωρ

Υπερβαρή ύδωρ είναι το νερό που περιέχει τρίτιο σε συγκέντρωση μεγαλύτερη απ' την θεωρούμενη ως πρότυπη, δηλαδή μεγαλύτερη από 20 μέρη ανά πεντάκις εκατομμύριο.

1.2 Φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού

Μεγάλη συνοχή

Οι δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού δημιουργούν ένα πλέγμα, που εκτείνεται σ' όλη τη μάζα του. Το πλέγμα αυτό δίνει στο νερό συνοχή, με αποτέλεσμα να διατηρείται σε υγρή κατάσταση στις συνήθεις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος. Οι δυνάμεις συνοχής του νερού συμβάλουν πάρα πολύ στην ικανότητα του, να κινείται μέσα σε τριχοειδής σωλήνες, ενάντια στη δύναμη της βαρύτητας.

Συνάφεια με άλλα σώματα

Το νερό μπορεί να αναπτύξει δυνάμεις συνάφειας με τα περισσότερα υλικά σώματα. Γι' αυτό και ορισμένα σώματα διαβρέχονται, όταν βυθιστούν στο νερό, γιατί αποτελούνται από πολικά μόρια, ενώ αυτά που αποτελούνται από μη πολικά δεν διαβρέχονται. Οι δυνάμεις συνάφειας που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων του νερού και των τριχοειδών σωλήνων, των διάφορων οργανισμών, συμβάλλουν, μαζί με τις δυνάμεις συνοχής, στην κίνηση του νερού μέσα στους τριχοειδής αυτούς σωλήνες. Οι δυνάμεις αυτές είναι τόσο ισχυρές, ώστε να μην παρατηρείται διακοπή στη στήλη του νερού, ακόμα και στην περίπτωση κάθετης ανόδου του νερού.

Χαμηλό ιξώδες

Η ύπαρξη πάρα πολλών δεσμών υδρογόνου, δεν εμποδίζει τα μόρια του νερού απ' το να γλιστρούν, σχετικά εύκολα το ένα προς το άλλο και έτσι να προσδίδουν στο νερό χαμηλό ιξώδες. Η γρήγορη κίνηση του νερού μέσα σε στενούς σωλήνες και αγγεία των οργανισμών οφείλεται στο χαμηλό ιξώδες του.

Μεγάλη θερμοχωρητικότητα.

Αύξηση της θερμοκρασίας του νερού προϋποθέτει αύξηση της κινητικής κατάστασης των μορίων του. Αυτό μπορεί να γίνει με τη διάσπαση των δεσμών υδρογόνου. Η διάσπαση, όμως αυτή, απαιτεί μεγάλα ποσά θερμικής ενέργειας και γι' αυτό το νερό έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα (4181.3 J/(kg·K)). Έτσι, η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται αργά όταν βρίσκεται σε θερμότερο περιβάλλον, ενώ διατηρείται σταθερή για μεγάλο χρονικό διάστημα όταν βρίσκεται σε ψυχρότερο.

Η ιδότητα αυτή του νερού είναι πολύ σημαντική για τους οργανισμούς με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, γιατί τους καθιστά ικανούς να διατηρούν τη θερμοκρασία του σώματος τους σταθερή, μέσα στα επιτρεπτά όρια, όταν οι θερμοκρασιακές μεταβολές είναι μεγάλες. Λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού, οι ωκεανοί, οι θάλασσες, οι λίμνες και άλλες υδατοσυλλογές λειτουργούν σαν τεράστιοι θερμοσυσσωρευτές, απορροφούν δηλαδή θερμότητα όταν η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι υψηλή και αποδίδουν θερμοκρασία όταν είναι χαμηλή. Γι' αυτόν τον λόγο, οι περιοχές που γειτνιάζουν με νερό δεν έχουν απότομες θερμοκρασιακές μεταβολές, με αποτέλεσμα το κλίμα να είναι ηπιότερο και η μετάβαση απο εποχή σε εποχή πιο ομαλή.

Μεγάλη ειδική θερμότητα εξαέρωσης

Όταν τα μόρια του νερού αποκτήσουν ικανή κινητική ενέργεια ώστε να σπάσουν τους δεσμούς υδρογόνου που έχουν μεταξύ τους, και αρχίσει η απόσπαση τους απ' την υπόλοιπη μάζα, τότε το νερό εξαερώνεται. Η εξάτμιση γίνεται με την προσφορά μεγάλων ποσών θερμότητας στο νερό ή με την απόκτηση της απαιτούμενης ενέργειας απο άλλα γειτονικά μόρια. Γι' αυτό η εξάτμιση του νερού απο μια επιφάνεια, προκαλεί ψύξη σ' αυτή την επιφάνεια, αφού μέρος της κινητικής ενέργειας των μορίων της μεταφέρεται στα μόρια του νερού, ώστε να αυξηθεί η κινητική τους ενέργεια και να σπάσουν οι δεσμοί υδρογόνου. Το γεγονός αυτό εκμεταλεύονται πολλοί οργανισμοί που πρέπει να διατηρούν την θερμοκρασία του σώματος τους σταθερή (ενδόθερμοι οργανισμοί), με τέτοιο τρόπο ώστε να η περίσσεια της θερμότητας του σώματος τους να χρησιμοποιείται για την εξάτμιση του νερού του ιδρώτα και να προκαλείται ψύξη στην επιφάνεια του σώματος τους.

Μεγάλη επιφανειακή τάση

Επιφανειακή τάση, είναι η τάση που έχουν τα υγρά να ελαττώνουν την επιφάνεια τους. Οφείλεται στις ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων του υγρού, που τείνουν να αναγκάσουν τα μόρια να πλησιάσουν όσο το δυνατόν περισσότερο μεταξύ τους. Το νερό έχει τη μεγαλύτερη επιφανειακή τάση απ' όλα τα υγρά, εκτός απ' τον υδράργυρο. Αυτό συμβαίνει γιατί τα μόρια του νερού διατάσσονται με τέτοιο τρόπο που οι δεσμοί υδρογόνου προσανατολίζονται προς το εσωτερικό της μάζας του. Έτσι διάφορα έντομα μπορούν ελεύθερα να περπατήσουν και να στηριχθούν στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού.

Ανώμαλη θερμική διαστολή

Το νερό σε στερεή κατάσταση έχει μικρότερη πυκνότητα απ' ότι στην υγρή. Ο όγκος μιας συγκεκριμένης ποσότητας νερού αυξάνεται κατά την ψύξη, γιατί η μοριακή δομή του πάγου στηρίζεται στους δεσμούς υδρογόνου, οι οποίοι συγκρατούν τα μόρια σε θέσεις με αρκετά κενά μεταξύ τους. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για τη ζωή στον πλανήτη μας. Οι πάγοι επιπλέουν στο νερό και δρουν ως μονωτικά, εμποδίζοντας το νερό που βρίσκεται από κάτω να παγώσει, μ' όλες τις ευεργετικές συνέπειες στη ζωή του υδρόβιου κόσμου. Χωρίς την 'ανωμαλία' αυτή της πυκνότητας του νερού, η ζωή στον πλανήτη μας δεν θα υπήρχε, τουλάχιστον με τη σημερινή της μορφή, εξαιτίας της βαθμιαίας ψύξης του νερού της επιφάνειας της Γης.

Η ιδιορρυθμία της πυκνότητας του νερού είναι επίσης και η αιτία της αποσάθρωσης των βράχων. Το νερό που εισέρχεται στις ρωγμές των βράχων στερεοποιείται κατά την διάρκεια του χειμώνα και προκαλεί την αποσάθρωση τους. Ακόμα, το σπάσιμο των σωλήνων διανομής του νερού κατά το χειμώνα οφείλεται στην αύξηση του όγκου του νερού κατά τη μετάβαση απ' την υγρή στη στερεή κατάσταση.

Η 'ανωμαλία' αυτή διαρκεί μέχρι τους 4 °C, όπου το νερό αποκτά και την μέγιστη πυκνότητα του (1000 kg/m³), και έπειτα το νερό συμπεριφέρεται κανονικά, δηλαδή όσο η θερμοκρασία αυξάνεται, αυξάνεται και ο όγκος.

Μεγάλη διαλυτική ικανότητα

Το νερό είναι ένας καλός διαλύτης και συχνά αναφέρεται ως *παγκόσμιος διαλύτης*. Αυτό οφείλεται στην ικανότητα του να σχηματίζει δεσμούς υδρογόνου με όσες χημικές ουσίες διαθέτουν πολικότητα στα μόρια τους ή βρίσκονται σε μορφή ιόντων. Έτσι, στο νερό μπορεί να διαλυθεί ένα ευρύ φάσμα χημικών ουσιών. Οι ουσίες που διαλύονται στο νερό, όπως για παράδειγμα άλατα, οξέα, αλκάλια και μερικά αέρια (και ειδικά το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα), είναι γνωστές ως υδρόφιλες ουσίες, ενώ εκείνες που δεν αναμιγνύονται με το νερό, όπως για παράδειγμα λίπη και έλαια, είναι γνωστές ως υδρόφοβες ουσίες.

Χημική αδράνεια

Το νερό είναι σχετικά χημικά αδρανές, δηλαδή δεν αντιδρά με τις ουσίες που διαλύει. Έτσι, οι ιδιότητες των ουσιών που διαλύει δεν αλλάζουν, με αποτέλεσμα να είναι πλήρως αξιοποιήσιμες απ' το πρωτόπλασμα. Παρ' όλα αυτά, το νερό λαμβάνει μέρος σε διάφορες βιομηχανικές αντιδράσεις, ιδίως αν υπάρχουν τα κατάλληλα ένζυμα.

Σχετικά καλός αγωγός της θερμότητας

Το ότι το νερό είναι σχετικά αδρανές εξασφαλίζει την ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στο πρωτόπλασμα.

Διαύγεια

Το νερό είναι διαυγές, με αποτέλεσμα το φως να διεισδύει βαθιά μέσα στις υδάτινες εκτάσεις και να καθίσταται δυνατή η λειτουργία της φωτοσύνθεσης, απ' τους υδάτινους οργανισμούς

1.3 Δομή του μορίου του νερού

Το μόριο του νερού αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου συνδεδεμένο με ομοιοπολικούς δεσμούς με δύο άτομα υδρογόνου. Οι δεσμοί O-H δεν βρίσκονται στην ίδια ευθεία, αλλά σχηματίζουν γωνία 104.5°. Το μήκος του δεσμού του O-H είναι 0.96 Å (Ανγκστορμ, 1 Å=10⁻⁸ cm).

Μόρια με ομοιοπολικούς δεσμούς, που τα άτομα τους διαμοιράζονται εξίσου τα ηλεκτρόνια, χαρακτηρίζονται ως μη πολικά μόρια. Υπάρχουν όμως και άλλα μόρια, που τα ηλεκτρόνια του δεσμού κινούνται πλησιέστερα προς το ένα απ' τα άτομα του δεσμού. Τα άτομα αυτά χαρακτηρίζονται πολικά.

Στο μόριο του νερού, τα ηλεκτρόνια των ομοιοπολικών δεσμών κινούνται πλησιέστερα προς το οξυγόνο, με αποτέλεσμα τα υδρογόνα να εμφανίζουν ένα ασθενές θετικό φορτίο και το οξυγόνο ένα ασθενές ηλεκτρικό φορτίο. Έτσι το μόριο του νερού χαρακτηρίζεται δίπολο (πολικό μόριο), δηλαδή μόριο με δύο άκρα, που φορτισμένα με αντίθετα ηλεκτρικά φορτία.

Το νερό παρουσιάζει έντονα το φαινόμενο της σύζευξης, με τη δημιουργία μεταξύ των μορίων του, δεσμών υδρογόνου. Δηλαδή, τα μόρια του νερού σχηματίζουν γέφυρες μεταξύ του ηλεκτροθετικού υδρογόνου του ενός μορίου και του ηλεκτραρνητικού οξυγόνου ενός άλλου μορίου.

1.4 Υδρολογικός κύκλος

Ο υδρολογικός κύκλος περιγράφει την συνεχή κίνηση του νερού, πάνω και κάτω απ' την επιφάνεια της Γης. Παρά το γεγονός ότι το ισοζύγιο του νερού παραμένει σταθερό με την πάροδο του χρόνου, μεμονωμένα μόρια του νερού μπορούν να έρθουν και να πάνε, μέσα και έξω απ' την ατμόσφαιρα. Το νερό κινείται απ' την μια δεξαμενή στην άλλη, όπως απ' τους ποταμούς στους ωκεανούς ή απ' τους ωκεανούς στην ατμόσφαιρα, με τις φυσικές διαδικασίες της εξάτμισης, συμπύκνωσης, κατακρήμνισης, διήθησης και απορροής. Με τον τρόπο αυτόν, το νερό περνά μέσα από διάφορες φάσεις: την στερεή, την υγρή και την αέρια.

Ο υδρολογικός κύκλος περιλαμβάνει την ανταλλαγή θερμότητας, η οποία οδηγεί σε θερμοκρασιακές μεταβολές. Για παράδειγμα, όταν το νερό εξατμίζεται, παίρνει την ενέργεια απ' το περιβάλλον του και το ψύχει. Όταν συμπηκνώνεται, απελευθερώνει ενέργεια και θερμαίνει το περιβάλλον. Αυτές οι ανταλλαγές θερμότητας επηρεάζουν το κλίμα. Με τη μεταφορά νερού απ' τη μια δεξαμενή στην άλλη, ο κύκλος του νερού καθαρίζει το νερό, αναπληρώνει το φρέσκο νερό της επιφάνειας και μεταφέρει ορυκτά σε διάφορα μέρη του πλανήτη.



Ο κύκλος του νερού

Περιγραφή

Η κυκλική διαδικασία του υδρολογικού κύκλου ξεκινάει με τον ήλιο, ο οποίος θερμαίνει τους ωκεανούς και τις θάλασσες, με αποτέλεσμα το νερό να εξατμίζεται με την μορφή υδρατμών στον αέρα. Η διαπνοή των φυτών είναι ακόμα μια λειτουργία η οποία αποδίδει υδρατμούς στην ατμόσφαιρα και μαζί

με την εξάτμιση νερού απ' την επιφάνεια αποτελούν την εξατμισοδιαπνοή. Μια μικρή ποσότητα υδρατμών στην ατμόσφαιρα προέρχεται απ' την εξάχνωση, μέσω της οποίας μόρια απο πάγους και χιόνια μετατρέπονται απευθείας σε υδρατμούς χωρίς να περάσουν απ' την υγρή μορφή.

Ανοδικά ρεύματα αέρα ανεβάζουν τους υδρατμούς στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου εκεί επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες. Επειδή όμως σε χαμηλή θερμοκρασία ο αέρας δεν μπορεί πια να συγκρατεί όλη τη μάζα των υδρατμών, ένα μέρος του συμπυκνώνεται και σχηματίζει τα σύννεφα. Ενώ τα ρεύματα του αέρα κινούν τα σύννεφα, τα σταγονίδια νερού που τα σχηματίζουν, συγκρούονται και μεγαλώνουν, με αποτέλεσμα να πέφτουν απ' τον ουρανό ως κατακρημνίσματα, συχνότερη μορφή των οποίων είναι η βροχή. Μια μορφή κατακρημνίσματος είναι το χιόνι, το οποίο όταν συσσωρεύεται σχηματίζει πάγους και παγετώνες. Όταν η θερμοκρασία ανεβαίνει, το χιόνι λιώνει και το νερό που ρέει σχηματίζει την απορροή απο λιώσιμο χιονιού. Απ' τα κατακρημνίσματα, η μεγαλύτερη ποσότητα πέφτει απευθείας στους ωκεανούς, ενώ απ' την ποσότητα που πέφτει στη στεριά, ένα μεγάλο μέρος καταλήγει στους ωκεανούς ρέοντας υπό την επίδραση της βαρύτητας, ως επιφανειακή απορροή. Η μεγαλύτερη ποσότητα της επιφανειακής απορροής μεταφέρεται στους ωκεανούς απ' τα ποτάμια, με τη μορφή ροής σε υδατορεύματα. Η επιφανειακή απορροή μπορεί να καταλήξει και σε λίμνες, που μαζί με τους ποταμούς αποτελούν τις κυριότερες αποθήκες γλυκού νερού.

Ωστόσο, το νερό των κατακρημνισμάτων δεν ρέει αποκλειστικά στους ποταμούς. Κάποιες ποσότητες διαπερνούν το έδαφος με τη λειτουργία της διήθησης και σχηματίζουν το υπόγειο νερό. Ένα μέρος του νερού αυτού μπορεί να ξαναβρει το δρόμο του προς τα επιφανειακά υδάτινα σώματα, ως εκφόρτιση υπόγειου νερού. Όταν βρίσκει διόδους προς την επιφάνεια της γης εμφανίζεται με τη μορφή πηγών. Ένα άλλο μέρος του υπόγειου νερού πηγαίνει βαθύτερα και εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς, οι οποίοι μπορούν να αποθηκεύσουν τεράστιες ποσότητες νερού για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Το νερό αυτό όμως συνεχίζει να κινείται και με τη πάροδο του χρόνου μέρος του ξαναμπαίνει στους ωκεανούς όπου ο κύκλος του νερού 'τελειώνει' και 'ξεκινάει' απ' την αρχή.

1.5 Άλατα στο νερό και αποσκλήρυνση

Όλα σχεδόν τα πόσιμα νερά περιέχουν, εκτός απ' τα όξινα ανθρακικά άλατα, και άλλα που διαλύονται στο νερό, όταν αυτό τα συναντά στο έδαφος, όπως χλωριούχο νάτριο (NaCl), θειικό ασβέστιο (CaSO₄), θειικό μαγνήσιο (MgSO₄) και άλλα. Όταν το νερό περιέχει μεγάλη ποσότητα διαλυμένων αλάτων, λέγεται σκληρό νερό. Το σκληρό νερό είναι ακατάλληλο για την πλήυση με

σαπούνι, γιατί σχηματίζονται σ' αυτό αδιάλυτοι σάπωνες ασβεστίου και μαγνησίου, δηλαδή ελαιικά, παλμιτικά και στεατικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου που δεν έχουν καμία απορρυπαντική ικανότητα και επιπλέον δε σχηματίζεται καθόλου αφρός σαπουνιού. Το σκληρό νερό προκαλεί διάφορες σοβαρές βιομηχανικές ενοχλήσεις στους ατμολέβητες και αφήνει μετά την εξάτμιση σημαντικές ποσότητες στερεών αποθεμάτων (πουρί).

Παλιότερα, η αποσκλήρυνση του νερού, δηλαδή η αφαίρεση των όξινων ανθρακικών αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου, γινόταν χημικώς, αναμειγνύοντας και αναταράζοντας το νερό με γάλα ασβέστου. Μετά την ανατάραξη κατακαθόταν το ευδιάλυτο όξινο ανθρακικό ασβέστιο ως αδιάλυτο ανθρακικό ασβέστιο. Αφηνόταν να καταπέσει το στερεό ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) και λαμβανόταν το διαυγές νερό, που ήταν σχεδόν χωρίς σκληρότητα. Άλλωστε στην αντίδραση αυτή οφείλεται ο σχηματισμός των σταλακτιτών (απ' την οροφή του σπηλαίου) και των σταλαγμιτών (απ' το δάπεδο).

Εδώ και πολλά χρόνια χρησιμοποιείται η μέθοδος αποσκλήρυνσης με περμουίτες (τεχνητοί ζεόλιθοι). Το σκληρό νερό αφήνεται να κατέλθει απο ένα στενό πύργο γεμάτο με κόκκους περμουίτη, οπότε τα κατιόντα του ασβεστίου και του μαγνησίου που περιέχονται στο σκληρό νερό ανταλλάσσονται με ισοδύναμη ποσότητα κατιόντων νατρίου απ' το ζεόλιθο, ενώ τα ανιόντα παραμένουν στο νερό. Η ανταλλαγή αυτή είναι αμφίδρομη, και όταν εξαντληθεί ο ζεόλιθος, δηλαδή όταν όλο το νάτριο αντικατασταθεί απο ασβέστιο και μαγνήσιο, τότε διαβιβάζεται απ' τον πύργο διάλυμα χλωριούχου νατρίου, το οποίο εκτοπίζει το αβέστιο ή το μαγνήσιο που είναι ενωμένο με το ζεόλιθο και 'αναγεννιέται' ο ζεόλιθος.

Πιο σύγχρονη μέθοδος αποσκλήρυνσης του νερού είναι η μέθοδος με ιοναλλαγή. Κατά την μέθοδο αυτή μπορούν να αφαιρεθούν και τα θετικά και τα αρνητικά ιόντα με χρησιμοποίηση κατάλληλων συνθετικών ρητινών απο γιγαντιαία οργανικά μόρια. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται ως αποσταγμένο.

1.6 Πόσιμο νερό

Το ανθρώπινο σώμα περιέχει απο 55% έως 78% νερό, ανάλογα με το μέγεθος του σώματος. Για να αποφύγει την αφυδάτωση, ο οργανισμός απαιτεί απο 1 έως 7 λίτρα νερού την ημέρα (το ακριβές ποσό εξαρτάται απ' το επίπεδο της δραστηριότητας, την θερμοκρασία, την υγρασία, και άλλους παράγοντες) και το μεγαλύτερο ποσοστό απ' αυτό το νερό προσλαμβάνεται με τρόφιμα και ροφήματα. Δεν είναι σαφές ποια είναι η ποσότητα πρόσληψης νερού που απαιτείται απο υγιείς ανθρώπους, αν και οι περισσότεροι επιστήμονες συμφωνούν ότι περίπου 2 λίτρα (6 με 7 ποτήρια) νερού

καθημερινά είναι το ελάχιστο για να διατηρηθεί η καλή ενυδάτωση. Η ιατρική βιβλιογραφία προτείνει μια χαμηλότερη κατανάλωση. Συνήθως ένα λίτρο νερό για ένα μέσο άνδρα, εκτός από επιπλέον απαιτήσεις λόγω της απώλειας υγρών από την άσκηση ή τις υψηλές θερμοκρασίες. Για όσους έχουν υγιή νεφρά, είναι δύσκολο να πίνουν πολύ νερό, αλλά (ειδικά σε θερμές και υγρές καιρικές συνθήκες και κατά την άσκηση) είναι επικίνδυνο να πίνουν ελάχιστα. Οι άνθρωποι μπορούν να καταναλώσουν πολύ περισσότερο νερό από όσο χρειάζονται κατά την διάρκεια της άσκησης, όμως υπάρχει και ο κίνδυνος της υπερίδρωσης, που μπορεί να αποβεί μοιραία. Ο ισχυρισμός ότι 'ένα άτομο πρέπει να καταναλώνει οχτώ ποτήρια την ημέρα' δεν έχει καμία βάση στην επιστήμη. Παρόμοιες εσφαλμένες αντιλήψεις σχετικά με την επίδραση του νερού στην απώλεια βάρους και τη δυσκοιλιότητα έχουν επίσης εξαλειφθεί.

Η πρώτη σύσταση για την πρόσληψη νερού έγινε το 1945 από το Συμβούλιο Τροφίμων και Διατροφής του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας Ηνωμένων Πολιτειών. 'Ένα συνηθισμένο πρότυπο για τους ανθρώπους είναι 1 ml για κάθε θερμίδα φαγητού. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ποσότητας περιέχεται στα τρόφιμα.' Η τελευταία έκθεση πρόσληψης του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας Ηνωμένων Πολιτειών συνιστά 3.7 λίτρα για τους άντρες και 2.7 λίτρα νερού συνολικά για τις γυναίκες. Συγκεκριμένα, οι έγκυες και οι θηλάζουσες χρειάζονται επιπλέον υγρά για να παραμείνουν ενυδατωμένες. Το Ινστιτούτο Ιατρικής (ΗΠΑ) συνιστά ότι, κατά μέσο όρο, οι άντρες καταναλώνουν 3 λίτρα και οι γυναίκες 2.2 λίτρα νερού, ενώ οι έγκυες γυναίκες πρέπει να αυξήσουν την κατανάλωση στα 2.4 λίτρα (10 ποτήρια) και οι θηλάζουσες στα 3 λίτρα (12 ποτήρια). Επίσης, κανονικά το 20% της πρόσληψης του νερού προέρχεται από τα τρόφιμα, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό προέρχεται από τα ροφήματα και το πόσιμο νερό. Το νερό αποβάλλεται από το σώμα με πολλές μορφές, μέσω των ούρων και των κοπράνων, μέσω της εφίδρωσης και κατά την εκπνοή. Με τη σωματική άσκηση και την έκθεση σε θερμότητα, η απώλεια νερού αυξάνεται με αποτέλεσμα να αυξάνονται και οι καθημερινές ανάγκες για νερό.

Το νερό το χρειαζόμαστε με λίγες προσμίξεις. Κοινές προσμίξεις περιλαμβάνουν μεταλλικά άλατα και οξείδια, συμπεριλαμβανομένου του χαλκού, του σιδήρου, του ασβεστίου, και του μόλυβδου. Μερικές διαλυμένες ουσίες είναι αποδεκτές και μερικές φορές επιθυμητές για την ενίσχυση της γεύσης.

Η μεγαλύτερη (κατ' όγκο) πηγή γλυκού νερού κατάλληλη για πόση είναι στη λίμνη Βαϊκάλη στη Σιβηρία (Ρωσσία).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ

2.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Η λειψυδρία μπορεί να οφείλεται σε αρκετούς παράγοντες, όπως η διαταραχή του κύκλου του νερού, η καταστροφή των δασών, η αποξήρανση των υγροτόπων, η εκτροπή των υδάτινων αποδεκτών, η κατασκευή των φραγμάτων, η αύξηση του πληθυσμού, αλλά οι κυριότερες αιτίες είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η τρύπα του όζοντος. Ως φαινόμενο του θερμοκηπίου χαρακτηρίζεται το φαινόμενο θέρμανσης που παρατηρείται στα θερμοκήπια. Κατά το φαινόμενο αυτό ο θόλος είναι διαφανής για τη φωτεινή ακτινοβολία, η οποία εισέρχεται στο στεγασμένο χώρο, απορροφάται εν μέρει, διαχέεται και επανεκπέμπεται. Η κατασκευή όμως είναι αδιαφανής για τη δευτερογενή αυτή ακτινοβολία, η οποία 'παγιδεύεται' στο χώρο και τελικά μετατρέπεται σε θερμότητα (αρχή του θερμοκηπίου). Με τον τρόπο αυτό θερμαίνει το εσωτερικό του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα να διατηρούνται οι καλλιέργειες πάντα σε κατάλληλη και σχετικά σταθερή θερμοκρασία. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στη φύση κατά την οποία η ατμόσφαιρα ενός πλανήτη συμβάλλει στη θέρμανση του.

Η Γη δέχεται συνολικά ηλιακή ακτινοβολία, που αντιστοιχεί σε ροή περίπου 1966 W/m^2 , στο όριο της ατμόσφαιρας. Ένα μέρος αυτής απορροφάται απο το σύστημα Γης-ατμόσφαιρας, ενώ το υπόλοιπο διαφεύγει στο διάστημα. Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται, σε ποσοστό 6% απο την ατμόσφαιρα, 3% απο τα νέφη και 4% απο την επιφάνεια της Γης. Το 70% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται, κατά 32% απο την ατμόσφαιρα, 3% απο τα νέφη και κατά 51% απο την επιφάνεια και τους ωκεανούς.

Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι η αύξηση της μέσης επιφανειακή θερμοκρασίας, γεγονός που καθιστά τη Γη κατοικήσιμη. Χωρίς το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας θα ήταν σε παγκόσμια και ετήσια βάση περίπου στο -18%.

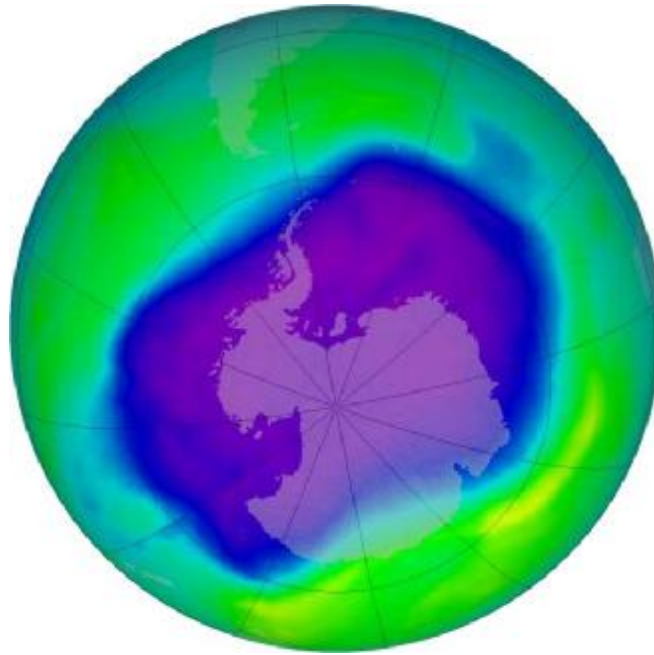
Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι φυσικό, αλλά ενισχύεται απ' την ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου καθώς και στην έκλυση άλλων ιχνοστοιχείων, όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFC' s). Τα τελευταία χρόνια καταγράφεται μια αύξηση στη συγκέντρωση αρκετών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ ειδικότερα στην περίπτωση του διοξειδίου του άνθρακα, η αύξηση αυτή ήταν 31% την περίοδο 1750-1998. Τα $\frac{3}{4}$ της ανθρωπογενούς

παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα οφείλεται σε χρήση ορυκτών καυσίμων, ενώ το υπόλοιπο μέρος προέρχεται από αλλαγές που συντελούνται στο έδαφος, κυρίως μέσω της αποδάσωσης. Εκτός από τον άνθρωπο παράγεται μεθάνιο και στα ζώα με τις ερυγές τους.

Η Διεθνής Ομάδα για την Αλλαγή του Κλίματος, ένας οργανισμός που αποτελεί του ΟΗΕ που αποτελεί σημείο συνάντησης εκατοντάδων ειδικών επί του κλίματος από ολόκληρο τον κόσμο, προβλέπει ότι μέχρι το 2100 η μέση παγκόσμια θερμοκρασία είναι πολύ πιθανό να αυξηθεί κατά 1.8°C ως 4°C, και στη χειρότερη περίπτωση ως 6.4°C, εκτός και αν οι άνθρωποι αναλάβουν δράση για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Η διαφορά αυτή είναι πολύ σημαντική, αν αναλογιστεί κανείς ότι κατά την διάρκεια της τελευταίας εποχής των πάγων, πριν από 11500 χρόνια, η μέση θερμοκρασία στον πλανήτη ήταν μόνο κατά 5°C χαμηλότερη από τη σημερινή, και το μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης ήταν καλυμμένο από ένα παχύ στρώμα πάγου.

2.2 Η τρύπα του όζοντος

Άλλη μια κύρια αιτία της λειψυδρίας είναι η τρύπα του όζοντος. Τρύπα του όζοντος ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο το στρώμα του όζοντος που βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας της γης μειώνεται σε πάχος πάνω από την Ανταρκτική. Επειδή το λεπτότερο σημείο του βρίσκεται πάνω από το Νότιο Πόλο, η μείωση του πάχους του στρώματος έχει ως αποτέλεσμα την 'τρύπα' στο στρώμα του όζοντος. Λόγω του ότι το όζον προστατεύει από την ηλιακή ακτινοβολία, απορροφώντας σημαντικό τμήμα της υπεριώδους, η δημιουργία της τρύπας του όζοντος έχει αρνητικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία. Επίσης, αυξάνει την θερμοκρασία στον πλανήτη και βοηθάει αρνητικά στο λιώσιμο των πάγων. Το φαινόμενο αυτό θεωρείται πως δημιουργήθηκε από την υπερβολική χρήση χλωριοφθορανθράκων (CFC) που χρησιμοποιούνταν σε κλιματιστικά και γενικά σε ψυκτικές συσκευές. Στην επιδείνωση του προβλήματος συμβάλλουν τόσο τα καυσαέρια, από την κυκλοφορία των οχημάτων, όσο και τα αέρια απόβλητα των εργοστασίων.



Εικόνα της μεγαλύτερης τρύπας του όζοντος που έχει καταγραφεί ποτέ στην Ανταρκτική (Σεπτέμβριος 2006)

Βασικότερη αιτία του φαινομένου είναι η εκπομπή χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα. Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC) περιέχουν χλώριο, το οποίο είναι ιδιαίτερα καταστροφικό για το όζον. Για παράδειγμα, 1 μόριο χλωρίου καταστρέφει 100000 μόρια όζοντος πριν την αδρανοποίηση του. Η διαδικασία με την οποία οι χλωροθοράνθρακες καταστρέφουν το όζον ξεκινάει, με την μεταφορά τους απ' την τροπόσφαιρα στην ατμόσφαιρα πριν αδρανοποιηθούν. Εκεί, εξαιτίας της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας, διασπώνται ελευθερώνοντας μόρια χλωρίου. Οι χλωροφθοράνθρακες συναντώνται σε ψυκτικές συσκευές (ψυγεία, κλιματιστικά) και σε σπρέι. Από το 1987, χρονιά που ανακηρύχτηκαν ως η βασικότερη αιτία της τρύπας του όζοντος, γίνονται προσπάθειες για την αντικατάστασή τους από άλλες ουσίες μέσω του πρωτόκολλου του Μόντρεαλ. Όμως, αυτές οι άλλες ουσίες φαίνεται να επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπως για παράδειγμα οι υδροφθοράνθρακες HFC που διαθέτουν δυναμικό πλανητικής υπερθέρμανσης ως και 14800 φορές περισσότερο απ' το διοξείδιο του άνθρακα.

Το όζον στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, καθώς απορροφάει τις υπεριώδεις ηλιακές ακτινοβολίες. Οι υπεριώδεις ηλιακές ακτινοβολίες αποτελούν το 10% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη Γη. Χωρίζεται σε τρία είδη, τη UV-A, τη UV-B και την UV-C. Η τελευταία είναι αυτή που απορροφάται από το όζον στη στρατόσφαιρα και είναι η πιο επικίνδυνη υπεριώδης ακτινοβολία, γιατί:

- Αποτελεί τη βασικότερη αιτία για το μελάνωμα, μια μορφή θανατηφόρου καρκίνου του δέρματος.
- Αποτελεί αιτία του καταρράκτη, καθώς είναι αρκετά ισχυρή ώστε να περάσει μέσα από τον αμφιβληστροειδή του ματιού.
- Έχει αρνητική επίδραση στους ζωντανούς οργανισμούς με μετάλλαξη του DNA τους. Μάλιστα, είναι τόσο ισχυρή που οι επιστήμονες τη χρησιμοποιούν σε εργαστήρια και υπό κατάλληλες συνθήκες για να επιτύχουν μεταλλάξεις γονιδίων. Η UV-C αλλοιώνει το DNA σε τέτοιο βαθμό ώστε αυτό σταδιακά να χάνει την ιδιότητά του να διαιρείται και να πολλαπλασιάζεται.

2.3 Η λειψυδρία στην Ελλάδα

Η λειψυδρία στην Ελλάδα δεν είναι σημερινό πρόβλημα. Αποτελεί μόνιμη κατάσταση σε πολλά νησιά του Αιγαίου που προσπαθούν να αξιοποιήσουν τα ελάχιστα νερά του χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι μεταφέρουν νερό από άλλες περιοχές με τη βοήθεια ειδικών πλοίων (υδροφόρων). Σύμφωνα με μελέτη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, σε 20 νησιά των Κυκλάδων και της Δωδεκανήσου αναμένεται να υπάρξει αύξηση του υδατικού ελλείμματος κατά περίπου 25-40% στα επόμενα χρόνια. Πρόκειται για τα νησιά των Κυκλάδων Τήνος, Κίμωλος, Μήλος, Αμοργός, Φολέγανδρος, Σίκινο, Σχοινούσσα, Δονούσα, Κουφονήσι, Ηρακλειά, Θηρασία και των Δωδεκανήσων Λειψοί, Μεγίστη, Αγαθονήσι, Νίσυρος, Πάτμος, Σύμη, Χάλκη, Κάλυμνος και Ψέριμος. Αλλά και πολλά άλλα νησιά αντιμετωπίζουν πλέον προβλήματα νερού. Η μεταφορά νερού στην Τήνο και τη Σίκινο ξεκίνησε το 2000, ενώ στη Μήλο και τη Θηρασία το 2001. Και στη Λέρο, που δεν συγκαταλέγεται στα άνυδρα νησιά, μεταφέρθηκε το 2004 μια σημαντική ποσότητα νερού. Την τελευταία δεκαετία μεταφέρθηκαν 6.000.000 κυβικά μέτρα νερού απ' τη Ρόδο, το Λαύριο και την Ελευσίνα. Παρ' όλα αυτά, μέσα στην επόμενη δεκαετία, το υδατικό έλλειμμα στις Κυκλάδες αναμένεται να φτάσει τα 1.300.000 m³ και στα Δωδεκάνησα τα 1.600.000 m³.

Σήμερα το πρόβλημα της λειψυδρίας έχει πάρει πολύ μεγάλες διαστάσεις. Για τους κατοίκους των πόλεων αυτό μεταφράζεται σε περιορισμό της κατανάλωσης νερού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, για τους αγρότες όμως που εξαρτώνται απ' αυτό, η λειψυδρία μπορεί να είναι καταστροφική. Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα όπου οι γεωτρήσεις στερεύουν και οι παραγωγοί καταστρέφονται οικονομικά. Οι καλλιέργειες που εφαρμόζονται στις περισσότερες περιοχές της χώρας, όπως για παράδειγμα το βαμβάκι, απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού. Επειδή οι παραδοσιακές καλλιέργειες, όπως τα δημητριακά και τα όσπρια, δεν προσφέρουν ικανοποιητικά κέρδη, οι

αγρότες στράφηκαν σε άλλες καλλιέργειες προκειμένου να αυξήσουν τα κέρδη τους. Για το λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια έχουν αυξηθεί σημαντικά οι απαιτήσεις του νερού για την γεωργία, φτάνοντας στο 86%, όταν ο αντίστοιχος ευρωπαϊκός μέσος όρος βρίσκεται στο 64%. Οι γεωτρήσεις έχουν πολλαπλασιαστεί κατά πολύ, όπως επίσης και οι ρυθμοί με τους οποίους αντλούνται τα υπόγεια αποθέματα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να φθίνει η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, λόγω της υπερεκμετάλλευσης ή επειδή η φυσική ανανέωση συμβαίνει με πολύ αργό ρυθμό. Όλα αυτά σε συνδυασμό με τις διαρκώς αυξάνουσες ανάγκες υδροδότησης των πόλεων εντείνουν τα υφιστάμενα προβλήματα.

Το δίκτυο ύδρευσης στην Αττική έχει μήκος 7.000 km, ενώ το νερό μεταφέρεται από απόσταση μεγαλύτερη των 200 km. Το δίκτυο μπορεί να μεταφέρει μέχρι και 600.000.000 m³/year απ' τον Μαραθώνα, την Υλίκη, τον Μόρνο και τον Εύηνο. Ωστόσο, αν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις κατανάλωσης νερού και επέκτασης του δικτύου, αυτή η ποσότητα θα αρκεί για να καλύψει τις ανάγκες των κατοίκων της Αττικής μέχρι και το 2030. Η συνολική κατανάλωση νερού αυξάνεται σταθερά, καθώς το 2004 ήταν αυξημένη κατά 27% περίπου σε σχέση με το 1990 και 62% σε σχέση με το 1993, έτος κατά το οποίο η εξοικονόμηση νερού έφτασε το 26.5% της κατανάλωσης του 1991, λόγω της καμπάνιας πληροφόρησης και ευαισθητοποίησης. Το 1997, η κατανάλωση του νερού έφτασε ξανά στο επίπεδο του 1991. Απ' αυτή τη χρονιά και έπειτα έχουμε μία σταθερή αύξηση της κατανάλωσης της τάξης του 5-8% ετησίως, ενώ ταυτόχρονα το 50% του νερού χάνεται λόγω εκτεταμένων διαρροών.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται και μια αλλαγή των κλιματολογικών συνθηκών της χώρας. Αυτό οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως η τρύπα του όζοντος και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Κυριότεροι όμως παράγοντες που επηρεάζουν το μικροκλίμα, δηλαδή το κλίμα της περιοχής, είναι οι ανθρωπίνες επεμβάσεις, όπως το κάψιμο των δασών, οι αποξηράνσεις των λιμνών και η συσσώρευση βιομηχανικών μονάδων σε μια περιοχή. Τα καμμένα δάση δεν 'απορροφούν' τις βροχές και δεν μπορούν να συγκρατήσουν τα νερά των βροχοπτώσεων, το στέγνωμα των λιμνών έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της υγρασίας στην περιοχή και σταδιακή υποχώρηση του υδροφόρου ορίζοντα. Όλα αυτά προκαλούν μεταβολές στο κλίμα μιας περιοχής, με αποτέλεσμα σ' άλλες περιοχές να υπάρχουν πλημμύρες και σ' άλλες να εμφανίζεται μείωση βροχοπτώσεων.

Όμως, η μορφολογία της Ελλάδας δεν της επιτρέπει τη δημιουργία μεγάλων ποταμών, γιατί τα νερά των βροχοπτώσεων διασχίζουν μικρές αποστάσεις και καταλήγουν στη θάλασσα. Τα μεγάλα ποτάμια που διασχίζουν τη χώρα, όπως ο Αχελώος και ο Αξιός, πηγάζουν και διασχίζουν σε μεγάλο μήκος την βορειοανατολική Ελλάδα, με αποτέλεσμα την επάρκεια νερού στις περιοχές

αυτές, ενώ σε άλλες περιοχές όπου υπάρχουν σημαντικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις, όπως η Θεσσαλία, παρατηρείται έλλειψη των επιφανειακών υδάτινων πόρων. Αυτές οι περιοχές για να καταπολεμήσουν αυτήν την έλλειψη κάνουν γεωτρήσεις. Όμως, τα υπόγεια αποθέματα του νερού κάποια στιγμή θα εξαντληθούν, έχοντας ως συνέπεια την δημιουργία διαφόρων προβλημάτων. Το ελάχιστο θα 'ταν να στερέψουν οι γεωτρήσεις. Συχνά όμως, σε παραθαλάσσιες περιοχές, το θαλασσινό νερό εισχωρεί στις υπόγειες δεξαμενές καταστρέφοντας ολόκληρο τον υδροφόρο ορίζοντα (υφαλμύρωση). Σε άλλες περιπτώσεις, η υποχώρηση της στάθμης του νερού προκαλεί και υποχώρηση του εδάφους, όπως στη Θεσσαλία, στα χωριά γύρω απ' την αποξηραμένη λίμνη Κάρλα, όπου ρήγματα διέσχιζαν τα χωριά και απειλούσαν να καταστρέψουν τις οικίες των κατοίκων.

Καταστροφικές είναι οι συνέπειες της παρατεταμένης λειψυδρίας και στον κάμπο της Θεσσαλίας, τόσο στο περιβάλλον όσο και στην αγροτική παραγωγή. Σήμερα, λόγω της μείωσης της στάθμης του νερού στον Πηνειό εντείνεται η ρύπανση, καταστρέφοντας την χλωρίδα και την πανίδα. Στις αρχές του καλοκαιριού του 2012 είχαν συσσωρευτεί 19.000.000 m³ νερό στους 13 ταμιευτήρες, όπου κατά τη διάρκεια του χειμώνα συγκεντρώνεται νερό στο ποτάμι. Κατά μέσο όρο ετησίως, στη λίμνη Πλαστήρα εισέρχονται 133.000.000 m³ νερού, φέτος όμως ήταν μόνο 60.000.000 m³. Αντίστοιχα, στο φράγμα Σμοκόβου η ετήσια ποσότητα περιορίστηκε στα 22.000.000 m³. Η μείωση των βροχοπτώσεων και κατά συνέπεια των αποθεμάτων νερού έχει σημαντικό αντίκτυπο στην υδροδότηση πολλών χωριών στην ευρύτερη περιοχή της Λάρισας. Οι Δήμοι Κρανώνος και Νίκαιας, που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από τον Πηνειό, έχουν έρθει αντιμέτωποι με τη λειψυδρία. Παράλληλα, πολλοί γεωργοί καταφεύγουν στην εκμετάλλευση υδάτων αμφιβόλου ποιότητας. Αρκετοί χρησιμοποιούν νερό από επξεργασμένα λύματα βιομηχανιών και βιολογικών καθαρισμών για πότισμα.

Στην Κρήτη, περίπου το 35% των εδαφών από τον Άγιο Νικόλαο ως την Κίσσαμο τείνει να γίνει άγονη γη, ενώ περίπου το 50% της νήσου βρίσκεται σε υψηλό κίνδυνο ερημοποίησης. Σε μεγάλες παραγωγικές περιοχές με θερμοκηπιακές καλλιέργειες, όπως στην Ιεράπετρα Λασιθίου, οι στάθμες των υπόγειων υδάτων μειώνονται συνεχώς, με τις γεωτρήσεις στη μεγαλύτερη πεδιάδα της Κρήτης, στην Μεσσαρά Ηρακλείου, να φτάνουν ως και τα 300 m βάθος για να βρουν γλυκό νερό. Στις λεκάνες του Πύργου, της Εμπάρου και της Πόμπια, η υποχώρηση είναι περίπου 5-10 m τον χρόνο. Αυτό οφείλεται εν μέρει στις χαμηλές βροχοπτώσεις, αλλά η κύρια αιτία είναι η υπεράντληση από νόμιμες και παράνομες γεωτρήσεις που έχουν αυξηθεί κατά πολύ τα τελευταία χρόνια. Μεγάλο πρόβλημα στην ποιότητα των υπόγειων νερών παρατηρείται στις γεωτρήσεις που χρησιμοποιούνται για την υδροδότηση των μεγάλων πόλεων, καθώς η υφαλμύρωση έχει προχωρήσει σε βάθος αρκετών χιλιομέτρων, με αποτέλεσμα πολλές γεωτρήσεις να δίνουν υφάλμυρο νερό. Η

εισροή θαλασσινού νερού στους υπόγειους υδροφορείς φτάνει ως και τα 3 km στη Χερσόνησο και στο Λασιθί, τα 2 km στα Φαλάσερνα, ενώ στο Τυμπάκι ο υδροφόρος ορίζοντας κυμαίνεται μεταξύ 10-30 m κάτω από το επίπεδο της θάλασσας, με αυτό να έχει σαν αποτέλεσμα το θαλασσινό νερό να διεισδύει στον υπόγειο υδροφόρο. Τα χιόνια στα Λευκά Όρη κρατούσαν μέχρι τον Ιούνιο, το 2010 όμως, κράτησαν ως τον Φεβρουάριο, με αποτέλεσμα την ανεπάρκεια νερού το καλοκαίρι στην δυτική Κρήτη. Εξαιτίας των προβλημάτων που δημιουργήθηκαν στην υδροδότηση, καταστράφηκαν χιλιάδες στρέμματα κηπευτικών, εσπεριδοειδών, απειλήθηκε η παραγωγή ελαιόλαδου και παρατηρήθηκε ανεπάρκεια στα οπωροκηπευτικά. Στο Κολυμπάρι, καλλιέργειες ντομάτας, μπάμιας, τριφυλλιού καταστράφηκαν, ενώ αρκετοί αγρότες προκειμένου να σώσουν τις καλλιέργειες τους χρησιμοποίησαν νερό απο βυτία. Έκθεση ομάδας για το κλίμα του Πανεπιστημίου East Anglia στη Βρετανία εκτίμησε ότι η θερμοκρασία στην Κρήτη θα αυξηθεί κατά 1.26-1.44 °C ως το 2030, όπως επίσης και η στάθμη της θάλασσας, η οποία θα ανέβει κατά 18 cm. Τα καλοκαίρια θα είναι ξηρότερα με έντονα προβλήματα λειψυδρίας, καθώς αναμένεται αύξηση της ζήτησης νερού που θα εκτοξεύσει την πιθανότητα λειψυδρίας, απο 20% που ήταν το 1980, σε 85% το 2020, ενώ χιλιάδες φυτικά και ζωικά είδη θα απειληθούν απ' την αποσταθεροποίηση του κλίματος. Σ' αυτά τα είδη συμπεριλαμβάνονται είδη υπό εξαφάνιση, αποδημητικά πουλιά και απομονωμένοι πληθυσμοί.

2.4 Η λειψυδρία στον υπόλοιπο κόσμο

Η Ελλάδα δεν είναι η μοναδική χώρα στην οποία εμφανίζεται το φαινόμενο της λειψυδρίας. Το φαινόμενο αυτό συναντάται και σε άλλες χώρες της Ευρώπης, αλλά και του υπόλοιπου πλανήτη. Σύμφωνα με έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, για την πρόοδο που σημειώνουν τα κράτη-μέλη όσον αφορά την αντιμετώπιση της λειψυδρίας και των ξηρασιών που δημοσιεύτηκε το 2010, έχουν προσδιοριστεί 33 λεκάνες ποταμών οι οποίες επηρεάζονται απ' την έλλειψη νερού. Αντιπροσωπεύουν μία συνολική έκταση 460.000 km², που αντιστοιχεί σ' ένα 10% της συνολικής έκτασης της ΕΕ, και φιλοξενούν έναν συνολικό πληθυσμό 82.000.000, περίπου το 16,5% του συνολικού πληθυσμού της ΕΕ. Απ' το 2000-2006 κατά μέσο όρο το 15% της συνολικής έκτασης της ΕΕ και κατά μέσο όρο το 17% του συνολικού πληθυσμού της ΕΕ επηρεάστηκαν από τις ξηρασίες. Η γεωργία παραμένει ο σημαντικότερος χρήστης νερού με 64%, και ακολουθεί η ενέργεια με 20%, η δημόσια παροχή νερού 12% και η βιομηχανία με 4%. Η έντονη ξηρασία του 2003 σε όλη την Κεντρική και Δυτική Ευρώπη επηρέασε πάνω απο 100.000.000 κατοίκους και πάνω απ' το 1/3 των ευρωπαϊκών εδαφών, προξενώντας ζημιές ύψους άνω των 12 δις ευρώ, ενώ η ΕΕ για να

αντιμετωπίσει την λειψυδρία έχει δαπανήσει τα τελευταία 34 χρόνια συνολικά περίπου 100 δις ευρώ.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε στις 21 Μαρτίου 2011 έκθεση για την πρόοδο των κρατών μελών όσον αφορά την αντιμετώπιση της λειψυδρίας και της ξηρασίας. Στην έκθεση αναφερόταν ότι η Τσεχία, η Κύπρος και η Μάλτα δήλωσαν ότι αντιμετωπίζουν συνεχή λειψυδρία, ενώ η Γαλλία, η Ολλανδία, η Ρουμανία και η Σουηδία ότι αντιμετωπίζουν τοπικά και περιορισμένα κρούσματα λειψυδρίας.

Η Κύπρος θεωρείται η χώρα με το μεγαλύτερο πρόβλημα λειψυδρίας στην ΕΕ. Η ύδρευση της Κύπρου βασίζεται κατά κύριο λόγο στα υπόγεια ύδατα, τα οποία όμως έχουν αρχίσει και εξαντλούνται ή να γίνονται υφάλμυρα. Η ζήτηση νερού έχει αυξηθεί τα τελευταία 20 χρόνια σε περίπου 100.000.000 m³/έτος, ενώ κατά την διάρκεια των τελευταίων 5 χρόνων ήταν διαθέσιμα μόνο περίπου 20.000.000-40.000.000 m³/έτος. Για να αντιμετωπιστεί κάπως το πρόβλημα, η κυπριακή κυβέρνηση έχει ξοδέψει περίπου 40.000.000 \$ για τη μεταφορά νερού με τάνκερ απ' την Ελλάδα, ενώ είχε προχωρήσει και σε μείωση της υδροδότησης κατά περίπου 30%, με αποτέλεσμα οι καταναλωτές να έχουν νερό για συγκεκριμένες ώρες την ημέρα. Το Ινστιτούτο της Κύπρου προβλέπει ότι μέχρι το 2050 η θερμοκρασία θα κυμαίνεται πάνω απ' τους 35 °C για τουλάχιστον 4 μήνες τον χρόνο, με αυτό να μεταφράζεται σε αύξηση των ημερών με υψηλή θερμοκρασία κατά 50%.

Στην Ισπανία, ο χειμώνας του 2007-2008 ήταν ασυνήθιστα θερμός και ξερός. Οι βροχοπτώσεις ήταν στο 1/3 του μέσου όρου, ενώ η ξηρασία που διήρκεσε σχεδόν 18 μήνες εξάντλησε τα αποθέματα νερού, με την μεγαλύτερη έλλειψη να παρατηρείται στην Βαρκελώνη. Τα συντριβάνια και οι ντουζιέρες της παραλίας σταμάτησαν να λειτουργούν, ενώ το πότισμα κήπων και το γέμισμα πισινών απαγορεύτηκε. Οι αρχές αναγκάστηκαν να ναυλώσουν 10 τάνκερ απ' την Μασσαλία και την Ταραγόνα για την μεταφορά νερού, με το κόστος να ανέρχεται στα 22.000.000 ευρώ.

Το καλοκαίρι του 2012, η νότια Αγγλία ήρθε αντιμέτωπη με την λειψυδρία, αποτέλεσμα δυο ξηρών χειμώνων που είχαν ως κατάληξη να παραμείνει η στάθμη του νερού σε πολύ χαμηλά επίπεδα, κάτω του κανονικού. Γι' αυτό το λόγο, 7 εταιρίες ύδρευσης ανακοίνωσαν έκτατα μέτρα, επιβάλλοντας περιορισμούς στη χρήση νερού και πρόστιμα ως και 1000 λιρών σε περίπτωση παραβίασης της απαγόρευσης. Στα μέτρα αυτά συμπεριλαμβάνονται η απαγόρευση χρήσης λαστίχων και πιεστικών μηχανών για το πότισμα κήπων, το πλύσιμο αυτοκινήτων και το γέμισμα πισίνας και συντριβανιών, ενώ σύμφωνα με κυβερνητική μελέτη που δημοσιεύτηκε το 2009, οι θερμοκρασίες κατά τη περίοδο του καλοκαιριού θα αυξηθούν στη νότια Αγγλία κατά 2-3 °C, μέχρι το 2040.

Στην Γαλλία, ο χειμώνας του 2010-2011 ήταν ιδιαίτερα θερμός και ξηρός, με αποτέλεσμα η κυβέρνηση να επιβάλλει όρια στην κατανάλωση νερού, στα 28 απ' τα 96 διοικητικά διαμερίσματα.

Τουλάχιστον 12 χώρες στη Μέση Ανατολή και τη Νότια Ασία αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα λειψυδρίας, καθώς τα αποθέματα πόσιμου νερού δεν επαρκούν για να καλύψουν τις ανάγκες του πληθυσμού. Ήδη τα 2/3 του πόσιμου νερού στη Μέση Ανατολή προέρχεται από χώρες της υπόλοιπης Ασίας, με το 90% περίπου αυτής της ποσότητας να πηγαίνει στις αγροτικές δραστηριότητες. Αρκετές απ' αυτές τις χώρες, για να αντιμετωπίσουν την λειψυδρία στο εσωτερικό τους, αναγκάζονται να νοικιάσουν καλλιεργήσιμες εκτάσεις σε άλλες χώρες, προκειμένου να παράξουν τρόφιμα. Η Σαουδική Αραβία μειώνει την παραγωγή σιτηρών, για να περιορίσει την αλόγιστη χρήση των υπόγειων υδάτων και εκμισθώνει μεγάλες εκτάσεις στην Αφρική για καλλιέργειες. Η Ινδία καλλιεργεί καλαμπόκι, ζαχαροκάλαμο, φακή και ρύζι στην Αιθιοπία, την Κένυα, τη Μαδαγασκάρη, τη Σενεγάλη και τη Μοζαμβίκη, για να τροφοδοτήσει την εγχώρια αγορά της. Η κινεζική εταιρία Tianjin State Farms Agribusiness Group επένδυσε 20.000.000 ευρώ στη Βουλγαρία, με στόχο την παραγωγή και εξαγωγή στην Κίνα, γεωργικών ποικιλιών μεγάλης διατροφικής σημασίας για την χώρα, όπως αραβόσιτος και ηλιάνθος.

Στην Κίνα, το 2011, 8 μεγάλες επαρχίες στο βόρειο τμήμα της χώρας ήρθαν αντιμέτωπες με την λειψυδρία, με τις επαρχίες αυτές να παράγουν το 80% της χειμερινής σοδειάς σιταριού στην Κίνα. Η ξηρασία, που ήταν η χειρότερη των τελευταίων 60 χρόνων, έπληξε 2.570.000 ανθρώπους και 2.790.000 ζώα και είχε σαν αποτέλεσμα την καταστροφή της χειμερινής σοδειάς και εκτίναξη των τιμών του σιταριού στα ύψη παγκοσμίως. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, η κυβέρνηση διέθεσε 1.02 δις \$ για την εκτροπή νερού στις πληγείσες περιοχές, την κατασκευή πηγαδιών και δικτύων άρδευσης, την τόνωση της παραγωγής σιτηρών και την καταβολή αποζημιώσεων στους αγρότες που έχασαν τη σοδειά τους. Στο Πεκίνο, το 2010, για να αντιμετωπιστεί η ανομβρία που κρατούσε χρόνια, οι αρχές αναγκάστηκαν να λιώνουν χιόνι το χειμώνα για να καλύψουν τις ανάγκες σε ύδρευση. Γύρω απ' την πλατεία Τιενανμέν, δύο οχήματα με θερμαντικά στοιχεία υψηλής ισχύος έλιωναν 300 m³/hr πάγου, ενώ μεγάλες ποσότητες καθαρού χιονιού ρίχνονταν στα τρία ποτάμια που διατρέχουν το Πεκίνο, προκειμένου να ανέβει η στάθμη των νερών και να καλυφθούν οι ανάγκες για πότισμα και καθαρισμό δρόμων. Σε έκθεση που δημοσιεύτηκε το 2012 από ομάδα εμπειρογνομόνων, αναφέρεται ότι μέσα στα επόμενα 20 χρόνια, η Κίνα και η Ινδία θα εξαντλήσουν τι διαθέσιμες πηγές ύδατος.

Στην Ινδία, η αύξηση του πληθυσμού της, σε συνδυασμό με το ότι την τελευταία δεετία βρέχει όλο και λιγότερο, έχει οδηγήσει στην χειρότερη ξηρασία των τελευταίων ετών. Σε αρκετές πόλεις, οι άνθρωποι ποδοπατούνται στην

προσπάθεια τους να φτάσουν την υδροφόρα που έρχεται μία φορά κάθε 2 ή 3 μέρες, ενώ μία οικογένεια θρήνησε τρεις νεκρούς, επειδή έφτασαν πρώτοι σε έναν αγωγό που μόλις είχε αρχίσει να ρέει νερό. Σε κάποιες πόλεις οι κάτοικοι ζουν με 30 λεπτά τρεχούμενο νερό κάθε 2 μέρες, ενώ σε άλλες κάθε 7 μέρες. Όμως, υπάρχουν και γειτονιές όπου δεν υπάρχει ούτε παροχή, ούτε διανομή νερού με υδροφόρες.

Στη Συρία, την περασμένη δεκαετία οι βροχοπτώσεις ήταν όλο και πιο σπάνιες, ενώ το καλοκαίρι του 2010, η θερμοκρασία ξεπέρασε τους 40 °C για 46 συνεχόμενες μέρες στην διάρκεια του καλοκαιριού. Η λειψυδρία των τελευταίων 7 χρόνων, σε συνδυασμό με την υπεράντληση του Ευφράτη που οδήγησε στη μείωση της ροής του νερού κατά 65%, είχε σαν αποτέλεσμα περίπου το 85% των ζώων που εκτρέφονταν στα ανατολικά της χώρας να πεθάνει, και περίπου 500.000 άνθρωποι να αναγκαστούν να εγκαταλείψουν την περιοχή.

Στην Αφρική, λόγω της παρατεταμένης ξηρασίας, οι περισσότερες υπόγειες δεξαμενές νερού γεμίζουν όλο και πιο σπάνια, με αποτέλεσμα 14 χώρες να βιώνουν ήδη την παντελή έλλειψη νερού, με πάνω από 300.000.000 ανθρώπους να μην έχουν πρόσβαση σε ασφαλές, πόσιμο νερό.

Η Σομαλία, το 2006, αντιμετώπισε μια απ' τις χειρότερες ξηρασίες στην ιστορία της, με αποτέλεσμα χιλιάδες Σομαλοί να συγκεντρωθούν σ' έναν καταυλισμό της κωμόπολης Ουαζίντ, μόνο και μόνο γιατί σ' αυτόν υπήρχε ακόμα νερό.

Στις ΗΠΑ, το 2009 ο τότε κυβερνήτης της Καλιφόρνια Άρνολντ Σβαρτσενέγκερ κύρηξε την πολιτεία σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης, απειλώντας να επιβάλλει δελτίο στο νερό. Εκτιμάται ότι μέχρι το 2020 θα χρειαστεί να δαπανήσουν περίπου 1 τρις \$, σε διάφορα σημεία της χώρας, για νέες γεωτρήσεις και για επεξεργασία υδάτινων αποβλήτων, ενώ υπάρχει πιθανότητα ο ποταμός Κολοράντο, να χάσει ένα σημαντικό μέρος των υδάτων του ή να ξεραθεί μέχρι το 2057.

Στην Αυστραλία αρκετές λίμνες έχουν αποξηραθεί, περιοχές έχουν μετατραπεί σε αλυκές, ενώ οι κυβερνήσεις λαμβάνουν αυστηρά μέτρα ακόμα και για το πότισμα οικιακών φυτών.

Το Τουβαλού, το 2011 κηρύχθηκε σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης λόγω της εκτεταμένης λειψυδρίας, με τους κατοίκους της πρωτεύουσας να παίρνουν με δελτίο δύο κουβάδες νερό την μέρα. Στο μικρό κρατίδιο των 6.000 κατοίκων, είχε να βρέξει για τουλάχιστον 6 μήνες, με αποτέλεσμα τα αποθέματα πόσιμου νερού να εξαντληθούν. Το σοβαρό πρόβλημα λειψυδρίας αντιμετωπίστηκε με τη βοήθεια της Νέας Ζηλανδίας, της Αυστραλίας και του

Ερυθρού Σταυρού, οι οποίοι στείλανε μονάδες αφαλάτωσης και προμήθειες νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

3.1 Δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων

Κατά τον σχεδιασμό και την εφαρμογή προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης νερού, η απαιτούμενη επεξεργασία λυμάτων καθορίζεται απ' τον τύπο της επαναχρησιμοποίησης, η οποία μπορεί να είναι πόσιμη ή μη πόσιμη.

Άρδευση αγροτικών περιοχών

Η άρδευση απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες νερού από κάθε άλλη ανθρώπινη δραστηριότητα. Στις ΗΠΑ, η άρδευση αντιπροσωπεύει το 34-40% της συνολικής χρήσης νερού, ενώ στις πολιτείες της Καλιφόρνια και της Αριζόνα το 80-85%. Στην Ελλάδα αποτελεί το 84% και παγκοσμίως φτάνει το 70%. Όταν οι υδατικοί πόροι μιας περιοχής δεν επαρκούν για να ικανοποιήσουν την ζήτηση (αστική και γεωργική), τότε το διαθέσιμο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί δύο φορές, αρχικά για αστική χρήση και μετά να επαναχρησιμοποιηθεί για άρδευση αφού πρώτα υποστεί κάποια επεξεργασία. Σήμερα, λειτουργούν αρκετά τέτοια συστήματα επαναχρησιμοποίησης που παρέχουν ανακτημένο νερό για άρδευση. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, η εφαρμογή λυμάτων στο έδαφος αποτελούσε, και συνεχίζει να αποτελεί, τον κύριο τρόπο διάθεσης των αστικών υγρών αποβλήτων και ικανοποίησης των αρδευτικών αναγκών.

Αστική επαναχρησιμοποίηση

Τα συστήματα αστικής επαναχρησιμοποίησης λυμάτων παρέχουν ανακτημένο νερό για οιοδήποτε χρήση εκτός της πόσης σε αστικές περιοχές. Οι ποσότητες των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων που χρησιμοποιούνται σήμερα για αστική χρήση παγκοσμίως είναι περιορισμένες, ωστόσο μερικές περιοχές λόγω της δυσκολίας εξεύρεσης υδάτινων πόρων που να καλύπτουν την ζήτηση, αναπτύσσουν και υλοποιούν τέτοιες μελέτες. Μερικές απ' τις αστικές χρήσεις είναι η άρδευση πάρκων, κήπων, αθλητικών γηπέδων, παιδικών χαρών, σχολικών αυλών, χλοοταπών και νεκροταφείων, πυροπροστασία, καθαρισμός τουαλετών, πλύσιμο αυτοκινήτων συντριβάνια, ψύξη και θέρμανση νερού και άλλα. Κατά τον σχεδιασμό συστημάτων επαναχρησιμοποίησης νερού για αστική χρήση, ο σημαντικότερος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η προστασία της δημόσιας υγείας.

Βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση

Η βιομηχανία προβλέπεται να αποτελέσει έναν σημαντικό μελλοντικό χρήστη των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Τα λύματα είναι κατάλληλα για πολλές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν νερό το οποίο δεν χρειάζεται να έχει την ποιότητα του πόσιμου νερού. Οι κυριότερες βιομηχανικές χρήσεις της επαναχρησιμοποίησης νερού είναι η ψύξη νερού και η τροφοδοσία λεβητών

Αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής

Σ' αυτήν την κατηγορία η χρήση επεξεργασμένων λυμάτων έχουν ως στόχο την δημιουργία τεχνητών υδροβιότοπων ή την διατήρηση φυσικών, την δημιουργία χώρων αναψυχής και διάφορες άλλες χρήσεις. Σκοπός είναι η δημιουργία ενός περιβάλλοντος στο οποίο θα μπορεί να αναπτυχθεί η ζωή στο φυσικό περιβάλλον και η ανάπτυξη μιας περιοχής με αυξημένη αισθητική αξία.

Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων που δεν χρησιμοποιούνται για ύδρευση

Ο τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένα λύματα μπορεί να έχει ως στόχο τη δημιουργία υδραυλικού φράγματος, το οποίο θα παρεμποδίζει την διείσδυση και ανάμιξη θαλάσσιου νερού με γλυκό νερό παράκτιων υδροφορέων (υφαλμύρωση). Επίσης, μπορεί να στοχεύει στην αποθήκευση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για μελλοντική χρήση, στην ανύψωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και στον έλεγχο πιθανών καθιζήσεων του εδάφους. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της αποθήκευσης επεξεργασμένων λυμάτων σε υπόγειους υδροφορείς είναι το μικρότερο κόστος απ' το αντίστοιχο κόστος επιφανειακών ταμιευτήρων, ενώ αποφεύγονται διάφορες συνέπειες της επιφανειακής αποθήκευσης, όπως η εξάτμιση, η ρύπανση και ο ευτροφισμός. Αυτές οι συνέπειες υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού με την δημιουργία δυσάρεστων οσμών και γεύσεων και την παραγωγή τοξικών ουσιών. Η επεξεργασία που επιτυγχάνεται στο έδαφος μέσω της διήθησης και της κατείδυσης δια μέσω του εδαφικού υλικού, μπορεί να μειώσει το κόστος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας ανάλογα με την μέθοδο επαναπλήρωσης, τις υδρογεωλογικές συνθήκες και άλλα. Μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας των απαιτούμενων γεωτρήσεων και της προχωρημένης επεξεργασίας, που συχνά μπορεί να είναι απαγορευτικό. Επιπλέον, αυξάνεται ο κίνδυνος ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα, με την αντιμετώπιση της ρύπανσης να είναι μία δύσκολη, δαπανηρή και χρονοβόρα διαδικασία, ενώ ένα ακόμα μειονέκτημα είναι η δυσκολία διασφάλισης της μη χρήσης του υδροφορέα για ύδρευση.

Επαναχρησιμοποίηση για σκοπούς ύδρευσης

Η εφαρμογή συστημάτων επαναχρησιμοποίησης νερού για άμεση ή έμμεση, μέσω εμπλουτισμού υδροφορέων, ύδρευση είναι πολύ περιορισμένη και συμβαίνει μόνο σε κάποιες περιοχές όπου είναι δύσκολη ή δεν είναι δυνατή η αξιοποίηση άλλων διαθέσιμων υδάτινων πόρων. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της εφαρμογή αυτών των συστημάτων, είναι οι πιθανές χρόνιες επιδράσεις στην υγεία από πιθανή αντίδραση και ανάμειξη οργανικών και ανόργανων συστατικών που παραμένουν στην ανακτώμενη ροή, ακόμα και σε συνθήκες πολύ προχωρημένης επεξεργασίας.

3.2 Επαναχρησιμοποίηση νερού στην Ελλάδα

Η Ελλάδα υπολείπεται σημαντικά σε θέματα ανάκτησης και επεξεργασίας λυμάτων, έναντι των υπόλοιπων κρατών-μελών της ΕΕ. Η πλειοψηφία των βιολογικών καθαρισμών διαθέτει τα επεξεργασμένα λύματα σε φυσικούς αποδέκτες, όπως θάλασσες, ποτάμια και εδάφη. Κατασκευάζονται δαπανηρά έργα με υποθαλάσσιους αγωγούς διάθεσης των αποβλήτων στη θάλασσα, ενώ είναι οικονομικά εφικτή η λύση της επαναχρησιμοποίησης νερού. Μια ανάλυση της κατανομής των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων έδειξε ότι περισσότερο απ' το 83% των αποβλήτων παράγεται σε περιοχές με έλλειμα νερού, ενώ ένα 88% εντοπίζεται σε απόσταση μικρότερη των 5 km από μια γεωργική έκταση που έχει την ανάγκη για νερό άρδευσης. Αυτό αποδεικνύει ότι η επαναχρησιμοποίηση νερού σ' αυτές τις περιοχές θα μπορούσε να καλύψει ένα σημαντικό ποσοστό της ζήτησης σε νερό. Τα νησιά που αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα με τα αποθέματα νερού θα μπορούσαν να ωφεληθούν και οικονομικά, αφού το κόστος μεταφοράς νερού με υδροφόρα κοστίζει περίπου 8 €/m³, ενώ το κόστος του ανακτημένου νερού δεν ξεπερνά τα 0.40 €/m³.

Τον Μάρτιο του 2012, το Περιφερειακό Συμβούλιο Αττικής, ενέκρινε του όρους της προγραμματικής σύμβασης μεταξύ της Περιφέρειας και της ΕΥΔΑΠ για την χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων απ' την Ψυττάλεια στην Αθήνα. Το έργο αφορά στην δημιουργία υποδομής για την αξιοποίηση μέρους των εκροών του κέντρου επεξεργασίας λυμάτων (ΚΕΛ), για αστική και υπεραστική χρήση, όπως η άρδευση καλλιεργειών και πάρκων, καθώς και η κάλυψη αναγκών αναδάσωσης και πυρόσβεσης. Το όλο σχέδιο πρόκειται να στοιχίσει 37.900.000 €.

Στην Χαλκίδα, ο Δήμος αξιοποιεί κατάλληλα τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα του ΚΕΛ χρησιμοποιώντας 13.000 m³/day για άρδευση της νήσου Πασάς, όπου βρίσκεται εγκατεστημένο το ΚΕΛ, καθώς και για άρδευση χώρων πρασίνου σε γειτονική περιοχή, μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μεταφοράς.

Στην Κρήτη, οι περισσότερες ξενοδοχειακές μονάδες, και ιδιαίτερα τα μεγάλα συγκροτήματα, έχουν εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και χρησιμοποιούν τις εκροές για την άρδευση του χώρου πρασίνου τους.

Στο Ηράκλειο, το ΚΕΛ εφαρμόζει πιλοτικά τεχνητό εμπλουτισμό στον υπόγειο υδροφόρο. Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, των οποίων το οργανικό φορτίο έχει απομακρυνθεί κατά 99%, επαναδιοχετεύονται στον υπόγειο υδροφόρο μέσα από 2 γεωτρήσεις. Η ποσότητα που διοχετεύεται μπορεί να είναι μικρή, περίπου 200 m³/day, αλλά οι μετρήσεις που έχουν γίνει μέχρι σήμερα έχουν δείξει ότι η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα έχει ανέβει.

Στην Χερσόνησο, περίπου 3.000 m³/day επεξεργασμένων λυμάτων χρησιμοποιούνται για την άρδευση κυρίως ελαιώνων, με το ΚΕΛ να είναι το μοναδικό πανελλαδικά που έχει άδεια για 100% επαναχρησιμοποίηση της εκροής. Κατά την περίοδο 1999-2004 υπήρχαν έντονες αμφιβολίες ανάμεσα στους αγρότες της περιοχής. Στη συνέχεια όμως, η επαναχρησιμοποίηση νερού έγινε ευρέως αποδεκτή, με αποτέλεσμα απ' το 2008 η διαθέσιμη ποσότητα επεξεργασμένων λυμάτων να μην μπορεί να καλύψει τη ζήτηση.

Τα σημαντικότερα έργα επαναχρησιμοποίησης νερού στην Ελλάδα φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Άρδευση γεωργικών εκτάσεων

Τοποθεσία	Παροχή (m ³ /day) ¹	Έκταση (στρέμματα)	Άρδευόμενα είδη
Θεσσαλονίκη	175.000	25.000	Αραβόσιτος, τεύτλα
Χερσόνησος	4.500	1.000	Ελιές, αμπέλια
Κω	3.500	5.000	Εσπεριδοειδή
Λιβαδειά	3.500		Ελιές, αραβόσιτος
Ν. Καλλικρατεία	800	1.500	Αραβόσιτος, ελιές
Αρχάνες	550	14.500	Ελιές, αμπέλια
Άμφισσα	400		Ελιές, βαμβάκι
Άλλα	10.000		

¹ Η παροχή αφορά τους θερινούς μήνες

Άρδευση άλλων εκτάσεων

Τοποθεσία	Παροχή (m ³ /day) ¹	Έκταση (στρέμματα)
Χαλκίδα	4.000	500
Ιερισσός	1.500	250
Κάρυστος	1.450	300
Κω	500	10
Χερσόνησος	500	80

Άγιος Κωνσταντίνος	200	100
Κένταρχος	100	50
Άλλα	2.000	

¹ Η παροχή αφορά τους θερινούς μήνες

Έμμεσης επαναχρησιμοποίησης

Τοποθεσία	Παροχή (m ³ /day) ¹	Αρδευόμενα είδη
Λάρισα	25.000	Αραβόσιτος, βαμβάκι
Τρίπολη	18.000	Μηλοειδή, πατάτες
Καρδίτσα	15.000	Αραβόσιτος, βαμβάκι
Λαμία	15.000	Ελιές, αραβόσιτος, βαμβάκι
Άλλα	35.000	

¹ Η παροχή αφορά τους θερινούς μήνες

Απ' τους παραπάνω πίνακες, συμπεραίνουμε ότι επαναχρησιμοποιούνται περίπου 200.000 m³/day εκροών κατά την θερινή περίοδο και αρδεύονται περίπου 50.000 στρέμματα καλλιεργειών. Επίσης, χρησιμοποιούνται περίπου 10.000 m³/day επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων για την άρδευση περίπου 1.500 στρεμμάτων. Επιπλέον, επαναχρησιμοποιούνται έμμεσα, μέσω της διάθεσης εκροών σε φυσικούς αποδέκτες, περίπου 100.000 m³/day για την άρδευση γεωργικών καλλιεργειών.

3.3 Επαναχρησιμοποίηση νερού στον υπόλοιπο κόσμο

Οι πρώτοι που εφάρμοσαν την διάθεση των λυμάτων στο έδαφος ήταν οι Έλληνες και οι Κινέζοι πριν από περίπου 2.000 χρόνια. Αυτά τα συστήματα αναπτύχθηκαν και βελτιώθηκαν κατά την Ελληνιστική, Ρωμαϊκή και Βυζαντινή περίοδο. Με την ανάπτυξη των συστημάτων αποχέτευσης, αναπτύχθηκε παράλληλα γεωργική εκμετάλευση αποβλήτων, αρχικά στην Ευρώπη και στη συνέχεια στις ΗΠΑ και σ' άλλες χώρες. Στην Ευρώπη, η χρήση των λυμάτων διαδόθηκε στην Γερμανία και στην Αγγλία, απ' τον 16^ο και 19^ο αιώνα αντίστοιχα, ενώ στην Αμερική η χρήση λυμάτων έγινε για πρώτη φορά το 1870. Το πρώτο τέτοιο έργο που σχεδιάστηκε στην Ευρώπη, ήταν αυτό του Bunzlau στη Γερμανία το 1531, όπου αστικά υγρά απόβλητα χρησιμοποιήθηκαν για την άρδευση καλλιεργειών. Αυξημένο ενδιαφέρον για την επαναχρησιμοποίηση νερού για γεωργικούς σκοπούς άρχισε να

παρουσιάζεται κατά τη δεκαετία 1980-1990, κυρίως λόγω της σωστής εκτίμησης των δυνατοτήτων και πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει.

Με την περαιτέρω ανάπτυξη των συστημάτων αποχέτευσης στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, αναπτύχθηκαν και τα πρώτα οργανωμένα έργα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων με την εφαρμογή κυρίως των αποβλήτων στο έδαφος, οι λεγόμενες 'sewage farms', δηλαδή 'γεωργικές εκμεταλλεύσεις λυμάτων'. Στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, με την ανάπτυξη των τεχνολογιών επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, άρχισε παράλληλα και η ανάπτυξη, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης νερού. Τα πρώτα έργα που είχαν ως στόχο στην αποδοτική χρήση των εκρών υγρών αποβλήτων ξεκίνησαν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα στην Καλιφόρνια. Η περιορισμένη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων και η παρουσία θρεπτικών στοιχείων στις επεξεργασμένες εκροές είχαν θετική επίδραση στην διάδοση της χρήσης εκρών υγρών αποβλήτων. Η επαναχρησιμοποίηση νερού στις αναπτυγμένες χώρες, χρησιμοποιείται κυρίως για την άρδευση καλλιεργειών και αστικού πρασίνου, ενώ σε πολλές περιοχές, οι οποίες αντιμετωπίζουν περιοδική ή μόνιμη ξηρασία, μέχρι και το 80% των επεξεργασμένων λυμάτων προορίζεται για αρδευτική χρήση.

Σημαντικότερα έργα επαναχρησιμοποίησης νερού τον τελευταίο αιώνα

Έτος	Τοποθεσία	Παροχή (m ³ /day)	Είδος έργου
1912-1985	Golden Gate Park, San Francisco, USA		<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση χώρων πρασίνου • Υδροτροφοδοσία λιμνών αναψυχής
1926	Grand Canyon National Park, USA		<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση χώρων πρασίνου • Καθαρισμός τουαλετών • Ψύξη και θέρμανση νερού
1929	Pomona, USA		<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση κήπων και άλλων χώρων πρασίνου
1942	Baltimore, USA	378.000	<ul style="list-style-type: none"> • Ψύξη νερού σε μεταλλουργικές διαδικασίες απ' την Bethlehem Steel
1960	Colorado Springs, USA		<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση πάρκων • Άρδευση γηπέδων γκολφ • Άρδευση πεζοδρόμων • Άρδευση νεκροταφείων
1961	California, USA	60.000	<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση χώρων πρασίνου • Καθαρισμός τουαλετών σε ψηλά κτίρια • Βιομηχανική χρήση
1962	Los Angeles, USA		<ul style="list-style-type: none"> • Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων
			<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση εσπεριδοειδών • Εμπλουτισμός υπόγειων

1962	La Soukra, Tunisia		υδροφορέων για τη μείωση της υπαλμύρωσης
1968	Windhoek, Namibia	21.000	• Εμπλουτισμός αποθεμάτων πόσιμου νερού
1969	Wagga Wagga, Australia	10.000	• Άρδευση κοινόχρηστων χώρων • Καθαρισμός τουαλετών
1970	Enstra, South Africa		• Επαναχρησιμοποίηση νερού στη βιομηχανία χαρτιού
1975	Arizona, USA	10.000	• Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα με εκροές δευτεροβάθμιας επεξεργασίας στην κοιλάδα του ποταμού Salt
1976	Orange County Water District, California, USA	200.000	• Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα
1977	Saint Petersburg, USA	125.000	• Άρδευση πάρκων και άλλων χώρων πρασίνου • Άρδευση γηπέδων γκολφ • Άρδευση σχολικών κήπων • Ψύξη νερού
1977	Tel-Aviv, Israel	500.000	• Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα με λεκάνες διήθησης, όπου τα υπόγεια νερά μεταφέρονται στο νότιο μέρος της χώρας για άρδευση καλλιεργιών
1984	Tokyo, Japan		• Καθαρισμός τουαλετών σε 19 ουρανοξύστες
1985	Texas, USA	38.000	• Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα με γεωτρήσεις • Ψύξη νερού σε μονάδα παραγωγής ενέργειας
1987	Monterey, USA	5.500	• Άρδευση γεωργικών καλλιεργειών
1989	Girona, Spain		• Άρδευση γηπέδων γκολφ
1989	Shoalhaven Heads, Australia	120.000	• Άρδευση κήπων • Καθαρισμός τουαλετών

Στις ΗΠΑ, το 1975, υπήρχαν σε λειτουργία 536 έργα επαναχρησιμοποίησης νερού. Η εκτιμώμενη συνολική ποσότητα που χρησιμοποιούνταν απ' αυτά τα έργα ήταν 2.571.000 m³/day. Τα πιο σημαντικά απ' αυτά βρισκόνταν σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές των νοτιοδυτικών πολιτειών, όπως στην Αριζόνα, στην Καλιφόρνια, στο Κολοράντο και στο Τέξας. Όμως, με την πάροδο των χρόνων, τα έργα αυτά αυξήθηκαν και σε υγρές σχετικά περιοχές, όπως στην Φλόριντα και στην Νότια Καρολίνα.

Επαναχρησιμοποίηση νερού στις ΗΠΑ το 1975

Κατηγορίες	Αριθμός έργων	Παροχές (m ³ /day)
Άρδευση	470	1.590.000
Βιομηχανική	29	814.000

Γεωργικές εκτάσεις	150	753.000
Απροσδιόριστη	260	712.000
Ψύξη		538.000
Μεταποίηση		250.000
Εμπλουτισμός υδροφόρων	1	129.000
Κοινόχρηστοι και άλλοι χώροι	60	125.000
Τροφοδοσία βραστήρων		26.000
Άλλες χρήσεις	26	38.000
Σύνολο	536	2.571.000

Το 2004, στις ΗΠΑ, επαναχρησιμοποιούνταν περίπου 6.400.000 m³/day για διάφορες χρήσεις, ενώ σήμερα, εκτιμάται ότι ο όγκος των εκροών που ανακυκλώνονται αυξάνεται κατά περίπου 15% κάθε χρόνο. Όμως, παρατηρούνται μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ των πολιτειών, με την Φλόριδα, την Καλιφόρνια, το Τέξας και την Αριζόνα, να είναι οι πολιτείες που χρησιμοποιούν σχεδόν το σύνολο των επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων.

Στην Φλόριδα, το 2000 υπήρχαν 457 μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με το δυναμικό τους να φτάνει περίπου τα 1.542.000 m³/day, ενώ στην Καλιφόρνια, το 2000 επαναχρησιμοποιούνταν περίπου 2.000.000 m³/day εκροών λυμάτων.

Στην Ευρώπη, η Ισπανία, η Πορτογαλία, η Γαλλία και η Κύπρος θεωρούνται πρωτοπόρες σε θέματα επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων. Στην Ισπανία, η επαναχρησιμοποίηση νερού εφαρμόζεται κυρίως για την άρδευση καλλιεργειών και γηπέδων γκολφ, τροφοδοσία υπόγειων υδροφορέων για την αντιμετώπιση της υπαλμύρωσης και για την αύξηση της ροής των ρευμάτων. Μέχρι το 2004 είχαν υλοποιηθεί πάνω από 126 προγράμματα, με το 79.2% να αφορά τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων για γεωργικούς σκοπούς, το 8.1% για αστική χρήση, το 6% για άρδευση γηπέδων γκολφ και χρήσεις αναψυχής, ένα άλλο 6% για περιβαλλοντική χρήση και το 0.7% για βιομηχανική. Το 2005 εκτιμήθηκε ότι επαναχρησιμοποιούνται περίπου 1.000.000 m³/day επεξεργασμένων λυμάτων (το 50% των επαναχρησιμοποιούμενων συνολικά επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων εντός της ΕΕ), με το νούμερο αυτό να αυξήθηκε στα περίπου 3.200.000 m³/day το 2012. Σημαντικό έργο, είναι αυτό που πραγματοποιείται στην Κόστα Μπράβα χρησιμοποιώντας περίπου 8.000 m³/day επεξεργασμένων λυμάτων για τον εμπλουτισμό του υδροφορέα Τορδέρα. Στην Ιταλία αρδεύονται περίπου 40.000 στρέμματα με επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα.

Στη Μάλτα, οι εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων χρησιμοποιούνται για την άρδευση 6.000 στρεμμάτων γεωργικών καλλιεργειών με αυλάκια και καταιονισμό. Η ποιότητα των εκροών είναι τόσο

καλή, που είναι κατάλληλη για άρδευση χωρίς περιορισμούς και χρησιμοποιείται για την παραγωγή πατάτας, ντομάτας, φασολιών, πιπεριάς, λάχανων, κουνουπιδιού, μαρουλιού, φράουλας, τριφυλλιού και άλλων.

Στο Ισραήλ, η επαναχρησιμοποίηση νερού άρχισε απ' την δεκαετία του 1970, και αφορούσε την άρδευση καλλιεργειών βαμβακιού, ενώ σήμερα, όλες σχεδόν οι γεωργικές καλλιέργειες αρδεύονται με επεξεργασμένα λύματα. Το 70% των λυμάτων επεξεργάζονται και χρησιμοποιούνται για άρδευση, με το ποσοστό αυτό να αντιστοιχεί σε περίπου 1.200.000 m³/day, ενώ υπάρχουν και περισσότερες απο 22 δεξαμενές αποθήκευσης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Η επαναχρησιμοποίηση νερού αντιπροσωπεύει το 10% της συνολικής χρήσης νερού και το 20% της χρήσης νερού για άρδευση.

Στην Αυστραλία, το 2000, εκτιμήθηκε ότι το 9-14% του όγκου των επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων επαναχρησιμοποιούνται. Την τελευταία δεκαετία, σημαντικά έργα έχουν πραγματοποιηθεί και πραγματοποιούνται συνεχώς, με αποτέλεσμα η συνεισφορά του ανακυκλώμενου νερού στην κάλυψη των υδάτινων αναγκών να βελτιώνεται σταθερά.

Επαναχρησιμοποίηση νερού για άρδευση, το 2007

Τοποθεσία	Αρδευόμενη έκταση (στρέμματα)
Κίνα	13.330.000
Μεξικό	3.400.000
Ινδία	855.000
Γερμανία	280.000
Χιλή	160.000
ΗΠΑ	134.750
Κουβέιτ	120.000
Αυστραλία	100.000
Ισραήλ	88.000
Τυνησία	73.500
Περού	68.000
Μαρόκο	60.000
Αργεντινή	57.000
Σαουδική Αραβία	28.500
Σουδάν	28.000
Νότια Αφρική	18.000

3.4 Παράμετροι ποιότητας ανακυκλωμένου νερού

Στην επαναχρησιμοποίηση νερού, προκειμένου να διασφαλίζεται η προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, πρέπει να αναπτύσσονται κριτήρια, τα οποία επικεντρώνονται κυρίως σε παραμέτρους που συνδέονται με την δημόσια υγεία. Άλλες παράμετροι, όπως η συγκέντρωση αλάτων, θρεπτικών στοιχείων, τοξικών οργανικών και ανόργανων ρυπαντών που συνδέονται με το περιβάλλον, σπάνια περιλαμβάνονται στα κριτήρια.

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD₅)

Σ' ένα υδάτινο οικοσύστημα υπάρχει οργανικό φορτίο, το οποίο μαζί με άλλα ανόργανα συστατικά αποτελούν θρεπτικό υλικό για κάποιους μικροοργανισμούς. Το οργανικό αυτό υλικό προέρχεται από αστικά λύματα, γεωργοκτηνοτροφικά και βιομηχανικά απόβλητα, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, καθώς και απ' τη φυσική βλάστηση της περιοχής που όταν αποξηραίνεται εμπλουτίζει τους αποδέκτες. Οι μικροοργανισμοί για να εξασφαλίσουν την ενέργεια που τους χρειάζεται αφορμειώνουν τις οργανικές ουσίες μ' έναν πολύπλοκο μηχανισμό. Ο μηχανισμός αυτός διασπά τις οργανικές ουσίες και τις μετατρέπει σε μία πιο σταθερή μορφή, τα ανόργανα άλατα, ενώ ταυτόχρονα εκλύονται και διάφορα αέρια. Η αποικοδόμηση είναι αερόβια όταν υπάρχει οξυγόνο διαλυμένο στο νερό και γίνεται από αερόβιους μικροοργανισμούς και αναερόβια όταν δεν υπάρχει διαλυμένο οξυγόνο και γίνεται από αναερόβιους μικροοργανισμούς, με τα τελικά προϊόντα να είναι δύσσομα, τοξικά και εκρηκτικά επηρεάζοντας την υγεία ζώων και φυτών. Το οξυγόνο που χρειάζεται για τη βιοχημική αποδόμηση των οργανικών ουσιών του υδάτινου αποδέκτη από αερόβιους μικροοργανισμούς ονομάζεται **βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (biochemical oxygen demand)**. Το **BOD** είναι μία πολύ σημαντική παράμετρος όσον αφορά την ποιότητα του νερού. Αποτελεί ένδειξη για το βαθμό της οργανικής ρύπανσης που προκαλεί το αποσυντιθέμενο οργανικό υλικό, υπολογίζοντας το ποσό του οξυγόνου που καταναλώνουν οι μικροοργανισμοί για την αποικοδόμηση όλου του υπάρχοντος οργανικού υλικού. 20 mg BOD₅/lt σημαίνει ότι 20 mg οξυγόνου καταναλώθηκαν σ' ένα λίτρο ακάθαρτων νερών σε 5 ημέρες και στους 20°C. Ο χρόνος των 5 ημερών είναι συμβατικός και χρησιμοποιείται γιατί μετρήθηκε ότι οι οργανικές ουσίες που υπάρχουν στα λύματα διασπώνται κατά 68-82% μέσα σε 5 ημέρες.

Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS)

Η συγκέντρωση **TSS** έχουν σχέση με το πόσο αποδοτική είναι η απολύμανση. Υψηλή συγκέντρωση οδηγεί στην αντίδραση οργανικού υλικού και απολυμαντών, με αποτέλεσμα να μειώνεται η βιοκτόνο δράση τους στους μικροοργανισμούς. Επίσης, μπορεί να προκληθούν προβλήματα στα δίκτυα μεταφοράς επεξεργασμένων λυμάτων, καθώς και να μειώσει υπό συγκεκριμένες συνθήκες τη διηθητικότητα του εδάφους, ενώ εμφανίζεται και

ένα μεγάλο ποσοστό τοξικών οργανικών ενώσεων και βαρέων μετάλλων που βρίσκεται προσροφημένο σ' αυτά.

Υπολειμματικό χλωρίο (Cl₂)

Η συγκέντρωση **υπολειμματικού Cl₂** έχει σχέση με την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης, καθώς και με την ανάκαμψη των μικροοργανισμών στα δίκτυα μεταφοράς επεξεργασμένων λυμάτων. Το **υπολειμματικό Cl₂** μπορεί να αναπτύξει τοξικότητες στους υδρόβιους οργανισμούς, και επομένως θα πρέπει να απομακρύνεται όταν σχεδιάζεται η διάθεση των εκροών σε επιφανειακούς αποδέκτες. Επίσης, μπορεί να αντιδράσει με οργανικές ενώσεις, με αυτό να οδηγεί στην σύνθεση τοξικών οργανικών παραπροϊόντων, ενά και αρκετές καλλιέργειες είναι ευαίσθητες σε συγκεντρώσει χλωρίου μεγαλύτερες από 1 mg/lit. Συγκέντρωση υπολειμματικού Cl₂ 0.5 mg/lit ή ελαφρώς υψηλότερη προτείνεται απ' τους επιστήμονες για την παρεμπόδιση της ανάκαμψης των μικροοργανισμών και την αποφυγή ανάπτυξης δυσάρεστων οσμών.

Παθογόνα

Η αξιολόγηση της μικροβιολογικής ποιότητας των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων γίνεται βασίζεται στην παρακολούθηση των μικροοργανισμών αναφοράς (δεικτών). Οι συνηθέστεροι δείκτες είναι τα **περιττωματικά (faecal coliforms, FC)** και **ολικά (TC) κολοβακτηρίδια**.

3.5 Κανονισμοί και οδηγίες επαναχρησιμοποίησης νερού οργανισμών και χωρών εκτός Ευρώπης

Τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης διακρίνονται σε κανονισμούς και οδηγίες. Οι **κανονισμοί (regulations)** αποτελούν νομικές απαιτήσεις και θα πρέπει να ακολουθούνται υποχρεωτικά κατά τον σχεδιασμό και την εφαρμογή έργων επαναχρησιμοποίησης. Αντίθετα, οι **οδηγίες (guidelines)** έχουν συμβουλευτικό χαρακτήρα και η εφαρμογή τους δεν είναι υποχρεωτική, ωστόσο μπορούν να ενσωματωθούν στις άδειες χρήσεις των κέντρων επεξεργασίας λυμάτων διασφαλίζοντας την προστασία της δημόσιας υγείας. Οι περισσότεροι διεθνείς οργανισμοί προτιμούν την υιοθέτηση οδηγιών, εξασφαλίζοντας έτσι ελαστικότητα που επιτρέπει μικρές διαφοροποιήσεις, οι οποίες μπορεί να επιβάλλονται απ' τις διάφορες κλιματικές και γεωμορφολογικές συνθήκες μίας περιοχής. Οι διαφορετικές προσεγγίσεις που έχουν υιοθετηθεί για την αντιμετώπιση των κινδύνων, οφείλονται κυρίως στις διαφορετικές κοινωνικοοικονομικές καταστάσεις που επικρατούν στις χώρες. Οι ανεπτυγμένες χώρες υιοθετούν συντηρητικά όρια ποιοτικών παραμέτρων που απαιτούν σύγχρονες τεχνολογίες και

χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος, όπως ο κανονισμός της Καλιφόρνια (2006). Αντίθετα, οι αναπτυσσόμενες χώρες υιοθετούν λιγότερο αυστηρά όρια και τεχνολογίες χαμηλού κόστους, που βασίζονται κυρίως στην οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (1989).

Τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης επικεντρώνονται κυρίως στις παραμέτρους του προηγούμενου κεφαλαίου. Οι παράμετροι που έχουν σχέση με την συγκέντρωση αλάτων, θρεπτικών στοιχείων, τοξικών οργανικών και ανόργανων ρυπαντών και συνδέονται με περιβαλλοντικές επιπτώσεις σπάνια περιλαμβάνονται στα κριτήρια.

3.5.1 Οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας

Το 1973, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) πρότεινε κριτήρια αλλά και μεθόδους επεξεργασίας για διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης. Τα κριτήρια που προτάθηκαν σχετικά με την άρδευση καλλιεργειών που τα προϊόντα που δίνουν καταναλώνονται ωμά ήταν ιδιαίτερα αυστηρά, με το όριο να είναι 100 fc/100 ml για απεριόριστη άρδευση, και βασίζονταν στη φιλοσοφία του 'μηδενικού ρίσκου'. Επίσης, η οδηγία του ΠΟΥ περιελάμβανε και συστάσεις σχετικά με τις μεθόδους επεξεργασίας. Πρότεινε δευτεροβάθμια επεξεργασία (σύστημα ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα ή λίμνες σταθεροποίησης) και έπειτα χλωρίωση ή διήθηση και χλωρίωση. Επειδή το κόστος αυτών των τεχνολογιών ήταν ιδιαίτερα υψηλό, η οδηγία δεν βρήκε ανταπόκριση.

Το 1985 έγινε μια ανασκόπηση της οδηγίας και επανεξετάστηκαν οι κινδύνοι που σχετίζονται με την άρδευση και τις ιχθυοκαλλιέργειες. Η έρευνα βασίστηκε σε νέες επιδημιολογικές έρευνες και σε διάφορες μεθόδους αποτίμησης του κινδύνου, και το 1989 προτάθηκαν νέα κριτήρια μικροβιολογικής ποιότητας για την επαναχρησιμοποίηση νερού στην άρδευση και στις ιχθυοκαλλιέργειες. Η οδηγία χωρίζει την άρδευση σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τις καλλιέργειες που πρόκειται να αρδευτούν. Η πρώτη κατηγορία είναι η απεριόριστη άρδευση, που αφορά την καλλιέργεια προϊόντων που δεν καταναλώνονται ωμά, ενώ η δεύτερη κατηγορία είναι η περιορισμένη άρδευση, και αφορά όλα τα είδη της καλλιέργειας καθώς και το πότισμα πάρκων, γηπέδων και άλλων. Παρόλο που στην περιορισμένη άρδευση δεν υπήρχαν μικροβιολογικά κριτήρια, η οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας έλαβε υπόψη, τις εκτιθέμενες ομάδες πληθυσμού, τη μέθοδο επεξεργασίας των αποβλήτων και το σύστημα άρδευσης. Συνιστά πρόσθετες ειδικές προφυλάξεις, όπως παροχή επαρκών εγκαταστάσεων πλυσήματος, χρήση ειδικού ρουχισμού, υψηλά επίπεδα υγιεινής, έλεγχο ανθρώπινης έκθεσης, προώθηση της υγιεινής και άλλα. Η οδηγία αυτή υιοθετήθηκε από αρκετές χώρες.

Προτεινόμενα μικροβιολογικά κριτήρια για τη χρήση λυμάτων στη γεωργία (ΠΟΥ, 1989)¹

Κατηγορία	A	B	Γ
Εκτιθέμενη ομάδα πληθυσμού	<ul style="list-style-type: none"> • Εργαζόμενοι • Καταναλωτές 	Εργαζόμενοι	Καμία
Επεξεργασία	Λίμνες σταθεροποίησης ή άλλη ισοδύναμη επεξεργασία	Λίμνες σταθεροποίησης ($t_R=8-10$ days) ή άλλη ισοδύναμη επεξεργασία	Η επεξεργασία εξαρτάται απ' το σύστημα άρδευσης, αλλά τουλάχιστον πρωτοβάθμια επεξεργασία
Κατηγορία άρδευσης	<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση καλλιεργειών με τρόφιμα που καταναλώνονται ωμά • Άρδευση δημοσίων πάρκων • Άρδευση γηπέδων 	<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση δημητριακών • Άρδευση βιομηχανικών καλλιεργειών • Άρδευση βοσκότοπων • Άρδευση ζωοτροφών • Άρδευση δέντρων³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση δημητριακών • Άρδευση βιομηχανικών καλλιεργειών • Άρδευση βοσκότοπων • Άρδευση ζωοτροφών • Άρδευση δέντρων³
Κολοβακτηρίδια (fc/100 ml)	$\leq 1000^4$	Δεν τίθενται όρια	Δεν έχουν εφαρμογή
Νηματοειδή εντερικά αυγά (egg/lt)²	≤ 1	≤ 1	Δεν έχουν εφαρμογή

¹ Σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τοπικοί επιδημιολόγοι, κοινωνικοπολιτικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες και η οδηγία να τροποποιείται κατάλληλα

² Κατά τη διάρκεια της άρδευσης

³ Στην περίπτωση οπωροφόρων δέντρων, η άρδευση θα πρέπει να σταματά 2 εβδομάδες πριν τη συλλογή των φρούτων, και κανένα φρούτο δε θα πρέπει να συλλέγεται απ' το έδαφος. Άρδευση με καταιονισμό δεν πρέπει να χρησιμοποιείται

⁴ Το αυστηρότερο κριτήριο των 100 fc/100 ml εφαρμόζεται στην περίπτωση γκαζόν όπου υπάρχει πρόσβαση κοινού, όπως γκαζόν ξενοδοχείου

Το 2006, ο ΠΟΥ αναθεώρησε την οδηγία του 1989. Η νέα οδηγία βασίστηκε σε νέα επιδημιολογικά δεδομένα και σε μία ανάλυση αποτίμησης του κινδύνου, λαμβάνοντας υπόψη τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στον κοινωνικοπολιτικό και τεχνολογικό τομέα. Βασικός σκοπός της νέας οδηγίας είναι η προστασία της υγείας των αγροτών, της κοινότητας και των καταναλωτών, αναπτύσσοντας περαιτέρω πληροφορίες και προσεγγίσεις, που περιλαμβάνονταν στις προηγούμενες οδηγίες, και εμπεριέχοντας πρόσθετα στοιχεία σε θέματα:

- Ασθενειών που έχουν σχέση με το νερό, καθώς και πως η χρήση επεξεργασμένων λυμάτων στη γεωργία συνεισφέρει στην εκδήλωσή τους.
- Ανάλυσης επικινδυνότητας.

- Χημικών συστατικών.
- Στρατηγικών εφαρμογής της οδηγίας.
- Στρατηγικών διαχείρισης του κινδύνου.

Για την εκτίμηση του μικροβιολογικού κινδύνου και των διάφορων χημικών κινδύνων χρησιμοποιήθηκαν αποτελέσματα μικροβιολογικών μελετών σε συνδυασμό με ένα μοντέλο ποσοτικοποίησης του κινδύνου απο συγκεκριμένα παθογόνα. Μελετήθηκαν διάφορες ομάδες πληθυσμού, ανάλογα με τα επίπεδα έκθεσης στους κινδύνους που έχουν σχέση με επαναχρησιμοποίηση νερού για αρδευτικούς σκοπούς.

3.5.2 Κανονισμός της Καλιφόρνια

Ο πρώτος κανονισμός για την επαναχρησιμοποίηση νερού θεσπίστηκε το 1918 στην Καλιφόρνια. Το 1933, το Υπουργείο Υγείας της Καλιφόρνια έθεσε τα πρώτα μικροβιολογικά κριτήρια που αφορούσαν κηπευτικά προϊόντα τα οποία καταναλώνονταν ωμά. Αυτά τα κριτήρια αναθεωρούνται συνεχώς απο τότε, προκειμένου να λαμβάνονται υπόψη νέες εφαρμογές και τεχνολογίες. Το 1978, εκδόθηκαν τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης νερού της Καλιφόρνια απ' το Υπουργείο Υγείας της, και τα οποία αναθεωρήθηκαν το 2000. Αυτά τα κριτήρια περιλαμβάνουν απαιτήσεις σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού και μεθόδους επεξεργασίας. Τα μικροβιολογικά κριτήρια και τα απαιτούμενα επίπεδα επεξεργασίας, δεν βασίζονται σε επιδημιολογικές έρευνες, αλλά στην φιλοσοφία του 'μηδενικού κινδύνου' προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι θεωρητικοί κίνδυνοι που υπάρχουν απ' την επαναχρησιμοποίηση νερού.

Κριτήρια της Καλιφόρνια (2000)

Είδος χρήσης	Κολοβακτηρίδια (tc/100 ml)	Απαιτούμενη επεξεργασία
<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση μη βρώσιμων καλλιεργειών • Άρδευση αμπελώνων¹ • Άρδευση φυτώριων² • Άρδευση ζωοτροφών • Άρδευση οπωροφόρων δέντρων¹ • Άρδευση χλοοταπήτων² 	Δεν τίθενται όρια	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια
<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση φυτώριων • Άρδευση βοσκότοπων για ζώα που δίνουν γάλα • Άρδευση ζωοτροφών • Άρδευση οπωροφόρων δέντρων¹ • Άρδευση χλοοταπήτων • Άρδευση γηπέδων γκολφ περιορισμένης πρόσβασης 	<ul style="list-style-type: none"> • ≤23 (μέση τιμή 7 ημερών) • 240 (μέγιστη τιμή 30 ημερών) 	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια • Απολύμανση

<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση νεκροταφείων • Πυροπροστασία, εκτός της οικοδομικής • Ψύξη νερού και άλλα 		
<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση βρώσιμων καλλιιεργειών¹ • Τεχνητές λίμνες αναψυχής περιορισμένης πρόσβασης • Εκκολαπτήρια ψαριών 	<ul style="list-style-type: none"> • ≤2.2 (μέση τιμή 7 ημερών) • 23 (μέγιστη τιμή 30 ημερών) 	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια • Απολύμανση
<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση βρώσιμων καλλιιεργειών³ • Άρδευση δημοσίων πάρκων • Άρδευση κήπων • Άρδευση γηπέδων γκολφ απεριόριστης πρόσβασης • Άρδευση παιδικών χαρών • Άρδευση σχολικών αυλών • Οικοδομική πυροπροστασία • Καθαρισμός τουαλετών • Συντριβάνια • Τροφοδοσία λιμνών αναψυχής • Εκκολαπτήρια ψαριών • Τεχνητό χιόνι και άλλα 	<ul style="list-style-type: none"> • ≤2.2 (μέση τιμή 7 ημερών) • 23 (μέγιστη τιμή 30 ημερών) 	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια • Κροκίδωση⁴ • Διήθηση⁵ • Απολύμανση
<ul style="list-style-type: none"> • Τεχνητές λίμνες αναψυχής απεριόριστης πρόσβαση 	<ul style="list-style-type: none"> • ≤2.2 (μέση τιμή 7 ημερών) • 23 (μέγιστη τιμή 30 ημερών) 	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια επεξεργασία • Κροκίδωση • Καθίζηση⁶ • Διήθηση⁵ • Απολύμανση

¹ Δεν πρέπει να υπάρχει επαφή του νερού άρδευσης με τους καρπούς

² Παύση της άρδευσης για τουλάχιστον 14 μέρες πριν τη συγκομιδή, την πώληση ή την πρόσβαση κοινού

³ Υπάρχει επαφή μεταξύ νερού άρδευσης και καρπών

⁴ Δεν απαιτείται, αν η θολότητα του νερού στο φίλτρο δεν ξεπερνά τα 5 NTU για περισσότερο από 15 λεπτά, δεν υπερβαίνει ποτέ τα 10 NTU και υπάρχει η δυνατότητα αυτόματης προσθήκης χημικών ή εκτροπής νερού αν η θολότητα ξεπερνά τα 5 NTU για περισσότερο από 15 λεπτά

⁵ Μετά τη διήθηση σε φίλτρα, η θολότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2 NTU για κανένα 24ωρο διάστημα, τα 5 NTU για χρόνο περισσότερο απ' το 5% μιας 24ωρης περιόδου και τα 10 NTU οιαδήποτε στιγμή. Έπειτα από διήθηση σε μεμβράνες η θολότητα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0.2 NTU για χρόνο μεγαλύτερο του 5% μιας 24ωρης περιόδου και τα 0.5 NTU οιαδήποτε στιγμή

⁶ Δεν απαιτείται αν το νερό ελέγχεται για εντερικούς ιούς, Giardia και Cryptosporidium

Τα παθογόνα σχετίζονται άμεσα με τα στερεά σωματίδια καθώς αυτά έχουν την ιδιότητα να παρέχουν προστασία σε ιούς και βακτήρια έναντι των απολυμαντών. Για το λόγο αυτό, ο κανονισμός δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην θολότητα προκειμένου να εξασφαλίζεται ένα χαμηλό ποσοστό σωματιδίων και συνεπώς μία αποτελεσματική αντιμετώπιση των ιών κατά την απολύμανση.

Ο κανονισμός επαναχρησιμοποίησης νερού της Καλιφόρνια, εκτός απ' τις απαιτήσεις επεξεργασίας, τα όρια της θολότητας και των παθογόνων

μικροοργανισμών, περιλαμβάνει και προδιαγραφές για την αξιοπιστία της επεξεργασίας. Οι προδιαγραφές αυτές αφορούν θέματα σχεδιασμού για πιο ευέλικτη λειτουργία, πολλαπλές ή εφεδρικές μονάδες επεξεργασίας, αυτοματοποίηση λειτουργίας, συστήματα ασφαλείας, μηχανισμούς παρακολούθησης, εφεδρικά συστήματα ενέργειας και αποθήκευση ή διάθεση μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων σε περίπτωση ανάγκης. Επίσης, ο κανονισμός θέτει ορισμένες απαιτήσεις σχετικά με τις αποστάσεις ασφαλείας:

- Απαγορεύεται η άρδευση με επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα που δεν έχουν απολυμανθεί σε απόσταση 50 m από οιαδήποτε γεώτρηση πόσιμου νερού.
- Για υγρά απόβλητα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία η απόσταση είναι 30 m.
- Απαγορεύεται η αποθήκευση τριτοβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων σε απόσταση μικρότερη από 30 m, από κατοικίες ή μέρη όπου είναι αυξημένος ο κίνδυνος να υπάρξει επαφή των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων με ανθρώπους.
- Για λύματα που έχουν υποστεί τριτοβάθμια επεξεργασία η απόσταση είναι 15 m.

Ακόμα, ο κανονισμός λαμβάνει πρόσθετα μέτρα, όπως η απαγόρευση σύνδεσης συστημάτων επαναχρησιμοποίησης νερού με συστήματα διανομής πόσιμου νερού, η τοποθέτηση προειδοποιητικών πινακίδων, ο περιορισμός των απορροών απ' την επαναχρησιμοποίηση νερού, η προστασία των συντριβανιών για την αποφυγή ανθρώπινης επαφής και άλλα.



Προειδοποιητική πινακίδα στην Σάντα Μόνικα, Καλιφόρνια, ΗΠΑ

Σε γενικές γραμμές, ο κανονισμός έχει υιοθετήσει ιδιαίτερα αυστηρά κριτήρια, με στόχο την ελαχιστοποίηση ακόμα και των θεωρητικών κινδύνων, αλλά και την δημιουργία αισθήματος ασφάλειας. Ο κανονισμός δέχεται πολλές κριτικές, οι περισσότερες σχετικά με το ότι δε στηρίζεται σε επιστημονικά δεδομένα και αποτελέσματα επιδημιολογικών ερευνών. Σύμφωνα με έρευνα που δημοσιεύτηκε το 1998, η εφαρμογή ενός τόσο υψηλού επιπέδου επεξεργασίας για την άρδευση καλλιεργειών αλλά και για άλλες εφαρμογές είναι αδικαιολόγητη και σε πολλές περιπτώσεις οικονομικά απαγορευτική.

3.5.3 Οδηγία της Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ

Η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (USEPA), εξέδωσε οδηγία σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, το 1980. Η οδηγία αυτή αναθεωρήθηκε το 1992 και το 2004, προκειμένου να συμπεριλάβει νέες πληροφορίες και περισσότερες λεπτομέρειες για τις εφαρμογές της επαναχρησιμοποίησης και τις τεχνολογίες επεξεργασίας.

Η οδηγία της USEPA περιλαμβάνει προτάσεις για τις μεθόδους επεξεργασίας, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ανακτημένου νερού, τη συχνότητα παρακολούθησης και τις αποστάσεις ασφαλείας. Οι προτεινόμενες οδηγίες επαναχρησιμοποίησης νερού αφορούν τις παρακάτω χρήσεις:

- **Αστική χρήση.**
- **Αρδευόμενες περιοχές περιορισμένης πρόσβασης.**
- **Αγροτική χρήση:** αφορά βρώσιμες καλλιέργειες.
- **Αγροτική χρήση:** αφορά μη βρώσιμες καλλιέργειες.
- **Τεχνητές λίμνες αναψυχής απεριόριστης πρόσβασης.**
- **Τεχνητές λίμνες αναψυχής περιορισμένης πρόσβασης.**
- **Κατασκευαστική χρήση.**
- **Βιομηχανική χρήση.**
- **Περιβαλλοντική χρήση.**
- **Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων**, με διανομή ή έγχυση σε υπόγειους υδροφορείς που δεν χρησιμοποιούνται για την κάλυψη αναγκών σε νερό.
- **Έμμεση πόσιμη χρήση**, με διανομή ή έγχυση σε υπόγειους υδροφορείς που έχουν πόσιμο νερό και αύξηση των υδατικών αποθεμάτων.

Οι οδηγίες αυτές εφαρμόζονται κυρίως στα αστικά λύματα και όχι τόσο στα βιομηχανικά, και βασίζονται κυρίως σε πληροφορίες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων απ' τις ΗΠΑ.

Οι προτεινόμενες μέθοδοι επεξεργασίας, η ποιότητα του ανακτημένου νερού, η συχνότητα ελέγχου και οι αποστάσεις ασφαλείας βασίζονται:

- Στην έρευνα και στα δεδομένα μελετών.
- Σε κανονισμούς και οδηγίες επαναχρησιμοποίησης νερού διάφορων πολιτειών.
- Στην εμπειρία πάνω σε θέματα επαναχρησιμοποίησης νερού στις ΗΠΑ.

Επίσης, η οδηγία λαμβάνει υπόψη τους κινδύνους που έχει για την υγεία η επαναχρησιμοποίηση νερού. Για μη πόσιμες χρήσεις δίνει έμφαση στον έλεγχο των παθογόνων μικροοργανισμών, ενώ για τις έμμεσες πόσιμες εφαρμογές ελέγχει πρόσθετα και την περιεκτικότητα σε χημικά.

Η USEPA καθορίζει τον απαιτούμενο βαθμό επεξεργασίας αλλά και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ανακτημένων λυμάτων για τους παρακάτω λόγους:

- Η επεξεργασία και οι απαιτήσεις ποιότητας εξαλείφουν την παρακολούθηση ορισμένων συστατικών, όπως παθογόνων και χημικών μικροοργανισμών.

- Τα κριτήρια ποιότητας που περιέχουν μόνο ενδεικτικές παραμέτρους δεν μπορούν να χαρακτηρίσουν επαρκώς την ποιότητα του ανακτημένου νερού.
- Αυξάνεται η αξιοπιστία της επεξεργασίας.

Η οδηγία της USEPA προτείνει ένα ελάχιστο επίπεδο απολύμανσης, ανεξάρτητα απ' το είδος της εφαρμογής, προκειμένου να αποφευχθούν οι δυσμενείς συνέπειες απ' την ανθρώπινη επαφή. Για μη πόσιμες εφαρμογές υπάρχουν δύο επίπεδα απολύμανσης. Τα επεξεργασμένα λύματα που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου δεν υπάρχει ανθρώπινη επαφή, θα πρέπει να απολυμαίνονται σε τέτοιο βαθμό ώστε η συγκέντρωση των κολοβακτηριδίων να μην υπερβαίνει τα 200 fc/100 ml. Το όριο αυτό τίθεται για τους εξής λόγους:

- Τα περισσότερα βακτήρια θα καταστραφούν ή τουλάχιστον θα μειωθούν σε πολύ χαμηλά επίπεδα.
- Η συγκέντρωση των βιώσιμων ιών θα μειωθεί σημαντικά.
- Η απολύμανση που οδηγεί σ' αυτή τη συγκέντρωση των κολοβακτηριδίων, έχει πολύ χαμηλό κόστος.

Οι οδηγίες της USEPA δεν περιλαμβάνουν όρια για παράσιτα ή ιούς. Με την επεξεργασία και τα ποιοτικά όρια που προτείνει η οδηγία, τα παράσιτα δεν έχουν αποδειχτεί να είναι πρόβλημα. Για τους ιούς δεν έχουν τεθεί όρια για τους εξής λόγους:

- Η ανίχνευση των ιών παρεμποδίζεται απ' την πολυπλοκότητα και το υψηλό κόστος των εργαστηριακών μετρήσεων, καθώς επίσης και απ' τον περιορισμένο αριθμό εγκαταστάσεων που διαθέτουν το κατάλληλο προσωπικό και τον απαραίτητο εξοπλισμό για να πραγματοποιηθούν οι διάφορες εργαστηριακές αναλύσεις.
- Η εργαστηριακή ανάλυση για την ανίχνευση ιών σ' ένα δείγμα ανακτημένου νερού διαρκεί 14 μέρες, ενώ το ίδιο διάστημα απαιτείται και για την ταυτοποίηση τους.
- Η τεχνολογία που υπάρχει σήμερα, για την ανίχνευση των ιών στο νερό, δεν επαρκεί για την ποσοτικοποίηση τους και τον διαχωρισμό τους σε μολυσματικούς και μη μολυσματικούς.
- Υπάρχουν αρκετές πληροφορίες που δείχνουν ότι οι ιοί μειώνονται ή αδρανοποιούνται σε χαμηλά ή μη μετρήσιμα επίπεδα μέσω κατάλληλης επεξεργασίας, που περιλαμβάνει διήθηση και απολύμανση.
- Στις ΗΠΑ δεν έχουν καταγραφεί ιώσεις απ' την επαναχρησιμοποίηση νερού

Η απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων σχετίζεται άμεσα με τους ιούς. Πολλά παθογόνα έχουν την ιδιότητα να προστατεύουν τους ιούς και τα

βακτήρια απο απολυμαντές, όπως η χλωρίνη και η ακτινοβολία UV. Επίσης, η οργανική ύλη καταναλώνει μέρος της χλωρίνης, μειώνοντας έτσι την ποσότητα του απολυμαντή που είναι διαθέσιμη για απολύμανση. Προκειμένου λοιπόν να εξασφαλιστεί η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών κατά τη διάρκεια της απολύμανσης, θα πρέπει η θολότητα να μην υπερβαίνει τα 2 NTU πριν την απολύμανση. Η συνεχής μέτρηση της θολότητας είναι πιο ενδεικτική της δράσης της επεξεργασίας απ' την καθημερινή μέτρηση των αιωρούμενων στερεών, που δείχνει μόνο μία μέση τιμή. Η οργανική ύλη μπορεί να είναι δύσοσμη ή να δίνει ένα περίεργο χρώμα στο νερό, αποτελεί τροφή για τους μικροοργανισμούς, επιδρά αρνητικά στη διαδικασία της απολύμανσης και η απομάκρυνση της σχετίζεται με επιμέρους κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης. Το προτεινόμενο όριο για το BOD₅ στοχεύει στο να υποδεικνύει ότι η οργανική ύλη έχει σταθεροποιηθεί σε μία τιμή και έχει μειωθεί στα επιτρεπτά επίπεδα ανάλογα με την αναμενόμενη χρήση. Τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) είναι μέτρο της οργανικής και ανόργανης ύλης που περιέχεται στα ανακτημένα λύματα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία.

3.5.4 Κανονισμοί και οδηγίες στις ΗΠΑ

Στις ΗΠΑ, δεν υπάρχει ένας ενιαίος κανονισμός επαναχρησιμοποίησης νερού. Ωστόσο, διάφορες πολιτείες έχουν αναπτύξει κανονισμούς και οδηγίες. Μέχρι σήμερα, 25 πολιτείες έχουν υιοθετήσει κανονισμούς σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, 16 έχουν υιοθετήσει οδηγίες και οι υπόλοιπες 9 δεν έχουν ούτε κανονισμούς ούτε οδηγίες.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο αριθμός των πολιτειών που έχει αναπτύξει κανονισμούς ή οδηγίες για κάθε κατηγορία επαναχρησιμοποίησης. Η κατηγορία της απεριόριστης αστικής χρήσης έχει υποδιαιρεθεί σε επιμέρους κατηγορίες, προκειμένου να φαίνεται ακριβώς ο αριθμός των πολιτειών που έχει κανονισμούς ή οδηγίες και αφορούν την αστική χρήση και όχι συγκεκριμένα την γεωργία.

Αριθμός πολιτειών με κανονισμούς ή οδηγίες για κάθε κατηγορία επαναχρησιμοποίησης (USEPA, 2004)

Κατηγορία επαναχρησιμοποίησης	Αριθμός πολιτειών
Απεριόριστη αστική χρήση:	28
• Άρδευση	28

• Τεχνητές λίμνες	11
• Καθαρισμός τουαλέτας	10
• Κατασκευή	9
• Πυροπροστασία	9
• Καθαρισμός δρόμων	6
Περιορισμένη αστική χρήση	34
Αγροτική χρήση (μη βρώσιμες καλλιέργειες)	40
Αγροτική χρήση (βρώσιμες καλλιέργειες)	21
Χρήση αναψυχής (απεριόριστη χρήση)	7
Χρήση αναψυχής (περιορισμένη χρήση)	9
Βιομηχανική χρήση	9
Περιβαλλοντική χρήση (υδροβιότοποι)	3
Τροφοδοσία υπόγειων υδάτων	5
Έμμεση πόσιμη χρήση	5

Οι πολιτείες που διαθέτουν οδηγίες ή κανονισμούς θέτουν όρια ποιότητας για το ανακτημένο νερό και καθορίζουν ένα ελάχιστο επίπεδο επεξεργασίας των αποβλήτων. Σε γενικές γραμμές, όταν υπάρχει πιθανότητα ανθρώπινης έκθεσης στα λύματα, τότε αυτά θα πρέπει να επεξεργάζονται σε μεγάλο βαθμό πριν την εφαρμογή τους. Όταν όμως, μία τέτοια πιθανότητα είναι μικρή ή μηδαμινή, μπορούν να εφαρμοστούν χαμηλότερα επίπεδα επεξεργασίας. Οι πολιτείες με την μεγαλύτερη ποσότητα επαναχρησιμοποίησης είναι η Αριζόνα, η Καλιφόρνια, η Φλόριντα και το Τέξας.

3.6 Κανονισμοί και οδηγίες επαναχρησιμοποίησης νερού σε χώρες της Ευρώπης

Μέχρι σήμερα, δεν έχει υιοθετηθεί ένας ενιαίος κανονισμός απ' την ΕΕ για την επαναχρησιμοποίηση νερού, με τις χώρες-μέλη να πρέπει απλώς να συμμορφώνονται με την οδηγία 91/271/EEC. Η απουσία ενός ενιαίου νομοθετικού πλαισίου ωφείλεται κυρίως στη χωρική ανισοκατανομή των υδατικών πόρων ανάμεσα στις χώρες της ΕΕ.

Οι περισσότερες χώρες της βόρειας Ευρώπης διαθέτουν επαρκή υδατικά αποθέματα και γι' αυτό δίνουν προτεραιότητα στην προστασία της ποιότητας του νερού. Δεν έχουν την ανάγκη να εφαρμόσουν την επαναχρησιμοποίηση του νερού, αλλά πρωταρχική σημασία έχει η προστασία των αποδεκτών στους οποίους καταλήγουν τα επεξεργασμένα λύματα. Στην νότια Ευρώπη, οι χώρες έχουν θεσπίσει τους δικούς τους κανονισμούς, καθώς τα επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιούνται ευρέως στην γεωργία και σε διάφορες άλλες αστικές χρήσεις. Κάποιες περιοχές και χώρες, όπως η Σικελία, η Ανδαλουσία, οι Βαλεαρίδες Νήσοι και η Γαλλία, έχουν υιοθετήσει ορισμένα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης βασιζόμενες στις οδηγίες του WHO.

Κάποιες άλλες όμως, όπως η Κύπρος και η Ιταλία, έχουν βασιστεί τα πιο συντηρητικά κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνια, ενώ άλλες χώρες αναφέρονται απλά σε κριτήρια υγείας. Οι διαφορές στους κανονισμούς των χωρών αφορούν, τους κανονισμούς λειτουργίας και διαχείρισης, καθώς και τις προσεγγίσεις τους σε θέματα περιβάλλοντος και ανθρώπινης υγείας. Για παράδειγμα, κάποιες χώρες έχουν ως στόχο της ελαχιστοποίηση οιοδήποτε κινδύνου, ενώ κάποιες άλλες την προστασία έναντι μόνω των αναμενόμενων κινδύνων. Αυτό έχει οδηγήσει σε διαφορετικά κριτήρια μεταξύ των χωρών, αλλά και μεταξύ περιοχών της ίδιας χώρας, όπως η Ιταλία.

3.6.1 Κύπρος

Στην Κύπρο έχουν θεσπιστεί ιδιαίτερα αυστηρά κριτήρια σχετικά με την ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων, προκειμένου να διασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας. Για το λόγο αυτό, συμπληρωματικά των κριτηρίων, υπάρχει και ένας Κώδικας Εφαρμογών.

Κώδικας Εφαρμογών για την χρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς

1. Για το διάστημα εκείνο κατά το οποίο οι εκροές χρησιμοποιούνται για άρδευση, η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων θα πρέπει να βρίσκεται σε ικανοποιητική και αποτελεσματική λειτουργία.
2. Στην εγκατάσταση επεξεργασίας θα πρέπει να υπάρχει έμπειρο προσωπικό, το οποίο να έχει εγκριθεί απ' τις αρμόδιες αρχές.
3. Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων θα πρέπει να παρακολουθείται κάθε μέρα και να καταχωρούνται σε αρχεία όλες οι λειτουργίες.
4. Στο δίκτυο διανομής επεξεργασμένων λυμάτων, θα πρέπει οι έξοδοι του νερού, οι βάνες και οι δικλείδες του αρδευτικού συστήματος να είναι ασφαλισμένες ώστε να αποτρέπεται η χρήση τους από μη εξουσιοδοτημένα άτομα. Θα πρέπει να υπάρχει ειδική σήμανση και χρωματισμός που να προειδοποιεί το κοινό ότι το νερό είναι ακατάλληλο για πόση.
5. Δε θα πρέπει να υπάρχει καμία σύνδεση με σωλήνες του δικτύου που φέρουν πόσιμο νερό. Οι σωλήνες των επεξεργασμένων λυμάτων θα πρέπει να χρωματίζονται με κόκκινο χρώμα και θα πρέπει να τοποθετούνται 0.5 m χαμηλότερα απ' το δίκτυο διανομής πόσιμου νερού.

6. Οι μέθοδοι άρδευσης και οι συνθήκες εφαρμογής διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος των αρδευόμενων εκτάσεων ως εξής:

i. Πάρκα και διακοσμητικοί χώροι σε χώρους αναψυχής απεριόριστης πρόσβασης:

- Υπόγεια άρδευση
- Στάγδην άρδευση
- Ψηλοί, μικρής γωνίας και χαμηλής πίεσης καταιονιστήρες

Ο καταιονισμός είναι προτιμότερο να γίνεται το βράδυ που δεν υπάρχουν πολύς κόσμος γύρω απ' τις αρευόμενες περιοχές.

ii. Πάρκα και διακοσμητικοί κήποι σε χώρους αναψυχής περιορισμένης πρόσβασης, βιομηχανικές καλλιέργειες και καλλιέργειες που προορίζονται για ζωτροφές:

- Υπόγεια άρδευση
- Στάγδην άρδευση
- Επιφανειακή άρδευση
- Καταιονισμός (ύπαρξη προστατευτικής ζώνης 300 m)

Για τις καλλιέργειες ζωτροφών, η άρδευση πρέπει να διακοπεί τουλάχιστον 1 βδομάδα πριν τη συγκομιδή. Τα ζώα που παράγουν γάλα απαγορεύεται να βόσκουν σε καλλιέργειες που αρδεύονται με επεξεργασμένα λύματα.

iii. Αμπέλια:

- Στάγδην άρδευση
- Καταιονισμός (η άρδευση πρέπει να σταματάει τουλάχιστον 2 βδομάδες πριν τη συγκομιδή)

iv. Δέντρα με φρούτα που τρώγονται με τη φλούδα:

- Στάγδην άρδευση
- Άρδευση με λάχιστα που τοποθετούνται σε αυλάκια
- Άρδευση μέσω αυλακιών που τοποθετούνται γύρω απ' τα δέντρα και φέρουν ειδικές διατάξεις εκπομπής νερού

Κανένα φρούτο δεν πρέπει να συλλέγεται απ' το έδαφος.

v. Δέντρα με φρούτα που τρώγονται χωρίς τη φλούδα, όπως καρύδια και άλλα:

- Στάγδην άρδευση
- Καταιονιστήρες (η άρδευση πρέπει να διακόπτεται τουλάχιστον 1 βδομάδα πριν τη συγκομιδή)

Κανένα φρούτο δεν πρέπει να δυλλέγεται απ' το έδαφος. Μπορούν να εφαρμοστούν και άλλοι τύποι άρδευσης,

7. Σε περίπτωση άρδευσης δέντρων που φέρουν φρούτα ή χώρων αναψυχής απεριόριστης πρόσβασης, απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία προκειμένου να πληρούνται τα απαραίτητα όρια. Αποδεκτές μέθοδοι επεξεργασίας είναι οι εξής:
 - i. Καθίζηση μέσω αποθήκευσης σε ανοιχτές λεκάνες για όχι λιγότερο από 30 μέρες χωρίς διαταραχή
 - ii. Κροκίδωση και συσσωμάτωση με ταχεία διήθηση μέσω άμμου.Οιαδήποτε άλλη μέθοδος που μπορεί να εξασφαλίσει την απομάκρυνση των εντερικών σκωλήκων και τη μείωση των περιπτωματικών κολοβακτηριδίων είναι αποδεκτή.
8. Θα πρέπει να εφαρμόζονται κατάλληλες μέθοδοι απολύμανσης για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Στην περίπτωση της χλωρίωσης το υπολειμματικό και ολικό χλώριο των λυμάτων θα πρέπει να είναι ≥ 0.5 mg/lit και ≥ 2 mg/lit, αντίστοιχα, στο σημείο εφαρμογής.
9. Στην εγκατάσταση επεξεργασίας θα πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες διατάξεις για τον έλεγχο των ποιοτικών παραμέτρων του νερού.

3.6.2 Ιταλία

Η επαναχρησιμοποίηση νερού στην Ιταλία ρυθμίζεται από μία σειρά κανόνων που θεσπίστηκαν το 2003. Τα Ιταλικά κριτήρια είναι πολύ αυστηρά, με μερικά απ' αυτά να ταυτίζονται με αυτά για το πόσιμο νερό. Το γεγονός αυτό δυσκολεύει την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, καθώς για την ικανοποίηση αυτών των κριτηρίων απαιτείται μεγάλο οικονομικό κόστος. Ένα ακόμα μειονέκτημα είναι ο μεγάλος αριθμός των παραμέτρων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τα πρωτόκολλα παρακολούθησης. Απ' το σύνολο των 54 παραμέτρων το 20% έχει ίδια ποιοτικά κριτήρια με το πόσιμο νερό, το 37% δεν λαμβάνεται υπόψη για το πόσιμο νερό, ενώ η ύπαρξη ορισμένων απ' αυτές τις παραμέτρους, όπως τα μικροβιοκτόνα, δεν χρειάζονται για γεωργικές εφαρμογές. Όλα αυτά, έχουν σαν αποτέλεσμα πολύ μεγάλο οικονομικό κόστος για την ανάκτηση λυμάτων, αποτελώντας εμπόδιο για την επαναχρησιμοποίηση νερού σε μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Στους Ιταλικούς κανονισμούς δεν γίνεται καμία διαφοροποίηση σχετικά με τις κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης, ενώ δεν υπάρχει και καμία διάκριση στη γεωργική χρήση σχετικά με το είδος των καλλιεργειών που πρόκειται να αρδευτούν.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην Ιταλία. Με με κόκκινο χρώμα χρωματίζονται τα κελιά που περιλαμβάνουν παραμέτρους που δε λαμβάνονται υπόψη στο πόσιμο νερό, ενώ με μπλε χρώμα, χρωματίζονται τα κελιά των κριτηρίων εκείνων που είναι ίδια με αυτά του πόσιμου νερού.

Κριτήρια επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στην Ιταλία

Παράμετρος	Κριτήρια
pH	6-9.5
SAR	10
Αδρομερή στερεά	0
TSS (mg/l)	10
BOD ₅ (mg/l)	20
COD ₂ (mg/l)	100
Ολικός φώσφορος (mg/l)	2
Ολικό άζωτο (mg/l)	15
Αμμωνία (mg/l)	2
EC _w (μS/cm)	3
Αλουμίνιο (mg/l)	1
Αρσενικό (mg/l)	0.02
Βάριο (mg/l)	10
Βόριο (mg/l)	1
Κάδμιο (mg/l)	0.005
Κοβάλτιο (mg/l)	0.05
Χρώμιο (mg/l)	0.1
Χρώμιο VI (mg/l)	0.005
Σίδηρος (mg/l)	2
Μαγγάνιο (mg/l)	0.2
Υδράργυρος (mg/l)	0.001
Νικέλιο (mg/l)	0.2
Μόλυβδος (mg/l)	0.1
Χαλκός (mg/l)	1
Σελήνιο (mg/l)	0.01
Κασσίτερος (mg/l)	3
Θάλλιο (mg/l)	0.001
Βανάδιο (mg/l)	0.1
Ψευδάργυρος (mg/l)	0.5
Κυανίδιο (mg/l)	0.05
Υδρόθειο (mg/l)	0.5
Θειώδη ιόντα (mg/l)	0.5
Θειικά ιόντα (mg/l)	500
Υπολειμματικό χλώριο (mg/l)	0.2
Χλώριο (mg/l)	250
Φθόριο (mg/l)	1.5
Έλαια και λίπη φυτικής και ζωικής προέλευσης (mg/l)	10
Ορυκτέλαια (mg/l)	0.05
Ολικές φαινόλες (mg/l)	0.1

Πενταχλωροφαινόλη (mg/l)	0.003
Ολικές αλδεύδες (mg/l)	0.5
Τριχλωροαιθυλένιο και τετραχλωροαιθυλένιο (mg/l)	0.01
Ολικοί χλωριωμένοι διαλύτες (mg/l)	0.04
ΤΤΗΜ (mg/l)	0.03
Ολικοί αρωματικοί διαλύτες (mg/l)	0.001
Βενζένιο (mg/l)	0.01
Βενζοπυρένιο (mg/l)	0.00001
Ολικοί οργανικοί νιτρικοί διαλύτες (mg/l)	0.01
Ολικά απολυμαντικά (mg/l)	0.5
Χλωριωμένα βιοκτόνα (mg/l)	0.00001
Φωσφωριωμένα βιοκτόνα (mg/l)	0.00001
Άλλα ολικά βιοκτόνα (mg/l)	0.05
Κολοβακτηρίδια (fc/100 ml)	10 (μέγιστη τιμή για το 80% των δειγμάτων)
Σαλμονέλα (FC/100 ml)	0

3.6.3 Ισπανία

Μέχρι σήμερα, δεν υπάρχει ένας ενιαίος κανονισμός απ' τις κεντρικές αρχές που να αφορά την χρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων, ωστόσο υπάρχει μία σειρά από οδηγίες που προτάθηκαν απ' το Υπουργείο Περιβάλλοντος το 2006, και πάνω σ' αυτούς βασίζονται όλα τα έργα επαναχρησιμοποίησης. Για να γίνει οιαδήποτε εφαρμογή τέτοιου έργου θα πρέπει να γίνεται διεξοδική συζήτηση με τα Υπουργεία Υγείας και Γεωργίας, καθώς και με τις διάφορες αυτόνομες τοπικές αρχές για πιθανές αλλαγές σε διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Στην Καταλονία, την Ανδαλουσία και τις Βαλεαρίδες νήσους έχουν θεσπιστεί διαφορετικές οδηγίες για την χρήση επεξεργασμένων λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς. Οι οδηγίες αυτές βασίζονται κυρίως στην οδηγία του ΠΟΥ (1989), ενώ τα κριτήρια που θέτει η Καταλονία είναι λίγο πιο αυστηρά απ' αυτά που προτείνει το Υπουργείο Περιβάλλοντος

Η πρόταση του υπουργείου Περιβάλλοντος περιλαμβάνει 5 βασικές κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης:

- Αστική χρήση
- Γεωργική χρήση
- Βιομηχανική χρήση
- Χρήσεις αναψυχής
- Περιβαλλοντική χρήση

Τα κριτήρια για κάθε κατηγορία επαναχρησιμοποίησης καθορίζονται με βάση τις ακόλουθες παραμέτρους:

<ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση καλλιεργειών που περνάνε από βιομηχανίες κονσερβοποίησης • Άρδευση βοσκοτόπων που τα ζώα δίνουν γάλα ή κρεας⁶ • Άρδευση οπωροφόρων δέντρων με μεθόδους εκτός καταιονισμού • Υδροβιότοποι⁷ • Άρδευση σιτηρών και ελαιοκάρπου • Άρδευση σιτηρών και ελαιοκάρπου • Άρδευση βιομηχανικών καλλιεργειών • Άρδευση φυτωρίων • Άρδευση ζωοτροφών 				
Βιομηχανική χρήση: <ul style="list-style-type: none"> • Βιομηχανική ψύξη^{8,9} 	<35	<15	<10000	Δεν τίθενται όρια
Χρήσεις αναψυχής: <ul style="list-style-type: none"> • Πότισμα γηπέδων γκολφ • Αύξηση ροής όπου επιτρέπεται η πρόσβαση στο κοινό εκτός της κολύμβησης^{10, 11, 12} • Αύξηση ροής όπου δεν επιτρέπεται η πρόσβαση στο κοινό^{10, 12} 	<20	<10	<200	<1 egg/10 lt
	<35	Δεν τίθενται όρια	<10000	Δεν τίθενται όρια
Τροφοδοσία υδροφορέων: <ul style="list-style-type: none"> • Άρδευση δασότοπων • Άρδευση πράσινων ζωνών και άλλων παρόμοιων χώρων περιορισμένης πρόσβασης • Τροφοδοσία υδροφορέων με διήθηση • Τροφοδοσία υδροφορέων με έγχυση 	<35	Δεν τίθενται όρια	Δεν τίθενται όρια	Δεν τίθενται όρια
	<35	Δεν τίθενται όρια	<1000	Δεν τίθενται όρια
	<10	<2	0	<1 egg/1 lt

¹ Οι χρήσεις που αναφέρονται δεν είναι οι μόνες δυνατές. Για οιοδήποτε άλλη χρήση καθορίζονται συγκεκριμένοι κανονισμοί απ' τις αρμόδιες αρχές

² Τα προτεινόμενα ποιοτικά κριτήρια είναι τα ελάχιστα απαιτούμενα. Οι αρμόδιες αρχές μπορούν να εφαρμόσουν ακόμα πιο αυστηρά κριτήρια

³ Στην κατηγορία των εντερικών νηματοειδών ανήκουν και τα *Ancylostoma* (σκώληκας), *Trichuris* και *Ascaris* (νηματόζωο)

⁴ Η επαναχρησιμοποίηση νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οικιακή χρήση, με εξαίρεση την ανθρώπινη κατανάλωση η οποία μπορεί να επιτραπεί σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης και καταστροφών

⁵ Άλλη παράμετρος είναι η ύπαρξη *Legionella* spp. με τιμή <1000 fc/lt, για τις περιπτώσεις

όπου υπάρχει κίνδυνος από ψεκασμό

⁶ Άλλη παράμετρος είναι η ύπαρξη *Taenia saginata* και *Taenia solium* με τιμή <1 egg/lit

⁷ Απαγορεύεται η επαναχρησιμοποίηση νερού για την καλλιέργεια σαλιγκαριών σε υδροβιότοπους

⁸ Απαγορεύεται η επαναχρησιμοποίηση νερού για βιομηχανική ψύξη σε βιομηχανίες τροφίμων

⁹ Άλλη παράμετρος είναι η ύπαρξη *Legionella* spp. με τιμή <100 fc/lit

¹⁰ Εκτός απ' την αυμόρφωση με τις παραμέτρους τα λύματα θα πρέπει να είναι απαλλαγμένα και από οσμές

¹¹ Άλλη παράμετρος είναι η ύπαρξη *Legionella* spp. με τιμή <1000 fc/lit, για τις περιπτώσεις όπου υπάρχει κίνδυνος από ψεκασμό

¹² Άλλη παράμετρος είναι η ύπαρξη ολικού φωσφόρου με τιμή <2 mg/lit, για τις περιπτώσεις όπου υπάρχουν στάσιμα νερά

3.6.4 Πορτογαλία

Οι Πορτογαλικοί κανονισμοί σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση νερού θεσπίστηκαν τον Ιανουάριο του 2006. Τα κριτήρια αυτά αφορούν τη χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για την άρδευση καλλιεργειών και εξωτερικών χώρων. Ο κανονισμός, δίνει έμφαση όχι μόνο στα ποιοτικά κριτήρια των λυμάτων, αλλά και στη μέθοδο άρδευσης, στην προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, καθώς και στον έλεγχο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Σύμφωνα με τον κανονισμό, οι καλλιέργειες ταξινομούνται σε 4 κατηγορίες ανάλογα με το επίπεδο του κινδύνου μόλυνσης:

- **Κατηγορία Α:** λαχανικά που καταναλώνονται ωμά.
- **Κατηγορία Β:** δημόσια πάρκα και κήποι, δάση με δημόσια πρόσβαση και αθλητικές εγκαταστάσεις.
- **Κατηγορία Γ:** αμπέλια, λαχανικά που μαγειρεύονται, ζωοτροφές και οπωροφόρα δέντρα.
- **Κατηγορία Δ:** καλλιέργειες για την εξαγωγή λαδιού, καλλιέργειες για βιομηχανίες υφασμάτων, δημητριακά εκτός από ρύζι, λαχανικά που υφίστανται επεξεργασία πριν την κατανάλωση, δάση και γρασίδια σε περιοχές με δύσκολη ή ελεγχόμενη πρόσβαση κοινού.

Η άρδευση με επεξεργασμένα λύματα λαχανικών των οποίων το βρώσιμο τμήμα βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος απαγορεύεται.

Κριτήρια επαναχρησιμοποίησης νερού για αρδευτικούς σκοπούς (2006)

Κατηγορία	Επεξεργασία	Περιττωματικά	Νηματοιδή
-----------	-------------	---------------	-----------

		κολοβακτηρίδια (fc/100 ml)	εντερικά αυγά (αυγό/lt)
A	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια • Διήθηση • Απολύμανση¹ <p>ή</p> <ul style="list-style-type: none"> • Τριτοβάθμια • Διήθηση • Απολύμανση¹ 	<100	<1
B²	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια • Διήθηση • Απολύμανση¹ <p>ή</p> <ul style="list-style-type: none"> • Τριτοβάθμια • Διήθηση • Απολύμανση¹ 	<200	<1
Γ^{2, 3}	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια • Διήθηση • Απολύμανση¹ <p>ή</p> <ul style="list-style-type: none"> • Τριτοβάθμια • Διήθηση • Απολύμανση¹ <p>ή</p> <ul style="list-style-type: none"> • Λίμνες σταθεροποίησης (λίμνες≥3 και t_R≥25 ημερών) 	1000	1
Δ^{1, 2}	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια • Λίμνες ωρίμανσης (t_R≥10 ημερών) <p>ή</p> <ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια • Διήθηση • Απολύμανση¹ 	10000	1

¹ Προτιμάται η απολύμανση με αυτοκαθαριζόμενους λαμπτήρες (UV) ή O₃

² Δεν πρέπει να υπάρχει ανθρώπινη επαφή κατά την διάρκεια της άρδευσης

³ Κατά την άρδευση αμπελώνων και οπωροφόρων θα πρέπει να αποφεύγεται η επαφή με τον καρπό. Τα φρούτα που πέφτουν στο έδαφος δεν πρέπει να συλλέγονται

3.7 Κανονισμοί επαναχρησιμοποίησης νερού στην Ελλάδα

Η κείμενη ελληνική νομοθεσία, ταξινομεί την επαναχρησιμοποίηση νερού σε 5 κατηγορίες:

- **Απεριόριστη άρδευση:** αφορά καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά και θερμοκήπια.
- **Περιορισμένη άρδευση:** αφορά καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα θα υποβληθούν σε επεξεργασία πριν την κατανάλωση, καλλιέργειες σπόρων, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, δάση και περιοχές περιορισμένης πρόσβασης, λιβάδια και δέντρα, συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων με την προϋπόθεση ότι οι καρποί που βρίσκονται στο έδαφος δεν συλλέγονται. Άρδευση με καταιονισμό δεν επιτρέπεται.
- **Αστική χρήση:** αφορά δημόσια πάρκα, γήπεδα γκολφ, εγκαταστάσεις αναψυχής, νεκροταφεία, καθαρισμός τουαλέτας, συντριβάνια, κατάσβεση πυρκαγιών και καθαρισμός οδών και πεζοδρόμων.
- **Βιομηχανική χρήση:** αφορά νερό ψύξης, νερό για λέβητες και άλλα.
- **Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα:** αφορά υδροφορείς που δεν χρησιμοποιούνται για ύδρευση.

Στους χώρους όπου γίνεται χρήση επεξεργασμένων λυμάτων, θα πρέπει να υπάρχει ειδική σήμανση, στα ελληνικά και στα αγγλικά, που να προειδοποιεί ότι το χρησιμοποιούμενο νερό είναι ανακυκλωμένο και ακατάλληλο για πόση. Επίσης, οι σωλήνες που φέρουν τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα θα πρέπει να έχουν ιώδες χρώμα ώστε να διαφοροποιούνται απ' τους σωλήνες του δικτύου ύδρευσης.

Από οικονομικές μελέτες έχει προκύψει ότι το κόστος της πρόσθετης τριτοβάθμιας επεξεργασίας δεν ξεπερνά το 20% του κόστους της βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων, δηλαδή προκύπτει ένα κόστος των 0.04-0.05 €/m³.

Προτεινόμενα όρια επαναχρησιμοποίησης νερού

Κατηγορία επαναχρησιμοποίησης	Επεξεργασία	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κολοβακτηρίδια (fc/100 ml)
-------------------------------	-------------	-------------------------	------------	----------------	----------------------------

ης					
Περιορισμένη άρδευση	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια²₃ • Απολύμανση⁴ 	<25 (για το 80% των δειγμάτων)	<35 (για το 80% των δειγμάτων)	-	<200 (μέση τιμή)
Βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση ¹					
Απεριόριστη άρδευση	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια • Τριτοβάθμια⁵ • Απολύμανση⁶ 	<10 (για το 80% των δειγμάτων)	<10 (για το 80% των δειγμάτων)	<2 (μέση τιμή)	<5 (για το 80% των δειγμάτων)
Αστική χρήση					
Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα					
Βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση					

¹ Αφορά νερό μιας ψύξης

² Οι προτεινόμενες μέθοδοι επεξεργασίας περιλαμβάνουν διάφορους τύπους του συστήματος ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα και περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους. Άλλα συστήματα που δίνουν εκροή με την ίδια ποιότητα είναι αποδεκτά. Οι συγκεντρώσεις αζώτου στην εκροή πρέπει να είναι <35 mg/l, εκτός των περιπτώσεων όπου υπάρχει μεγάλης διάρκειας αποθήκευση των λυμάτων σε ταμειυτήρες ή γίνεται άρδευση ευπρόσβλητων στη νιτρορύπανση ζωνών. Στις περιπτώσεις αυτές οι μέσες συγκεντρώσεις αζώτου θα πρέπει να είναι <15 mg/l

³ Σε οικισμούς με πληθυσμό μικρότερο των 2000 κατοίκων είναι δυνατή η εφαρμογή συστημάτων επεξεργασίας που δεν εξασφαλίζουν τα όρια του BOD₅ και TSS, εφόσον δεν υπάρχει ανθρώπινη επαφή με τα επεξεργασμένα λύματα. Σε τέτοιες περιπτώσεις η τιμή της συγκέντρωσης των κολοβακτηριδίων πρέπει να είναι <1000 fc/100 ml

⁴ Η απολύμανση μπορεί να είναι χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV), ή άλλοι μέθοδοι καταστροφής ή απομάκρυνσης των παθογόνων, που να εξασφαλίζουν την απαιτούμενη συγκέντρωση κολοβακτηριδίων. Σε περίπτωση εφαρμογής της χλωρίωσης θα πρέπει να εξασφαλίζεται γινόμενο υπολειμματικού χλωρίου επί του χρόνου επαφής ≥30 mg·min/l. Για απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία, θα πρέπει να εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 70 mW·sec/cm² στο τέλος ζωής των λαμπτήρων, ενώ για τον σχεδιασμό του συστήματος υπεριώδους ακτινοβολίας δεν πρέπει να λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη του 50%

⁵ Κατ' ελάχιστον προσθήκη θειικού αργιλίου σε δόση μεγαλύτερη των 10 mg/l και απευθείας διύλιση σε διυλιστήριο άμμου με τα εξής χαρακτηριστικά: βάθος διυλιστικού μέσου L≥1.4 m, ενεργή διάμετρο κόκκων άμμου De≈1 mm, συντελεστή ομοιομορφίας κόκκων άμμου 1.45≤u≤1.6 και επιφανειακή φόρτιση≤8 m³/m²/hr

⁶ Η απολύμανση μπορεί να είναι χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV), ή άλλοι μέθοδοι καταστροφής ή απομάκρυνσης των παθογόνων, που να εξασφαλίζουν την απαιτούμενη συγκέντρωση κολοβακτηριδίων. Σε περίπτωση εφαρμογής της χλωρίωσης θα πρέπει να εξασφαλίζεται συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου≥2 mg/l, με ελάχιστο χρόνο επαφής τα 60 min, ενώ είναι πιθανόν να χρειάζεται και αποχλωρίωση πριν την επαναχρησιμοποίηση. Για απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία, θα πρέπει να εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 50 mW·sec/cm² στο τέλος ζωής των λαμπτήρων, ενώ για τον

σχεδιασμό του συστήματος υπεριώδους ακτινοβολίας δεν πρέπει να λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη του 70%

Προτεινόμενα μέγιστα όρια βαρέων μετάλλων σε ανακτημένα λύματα

Βαρέα μέταλλα	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)
Αργίλιο	5
Αρσενικό	0.1
Βηρύλλιο	0.1
Κάδμιο	0.01
Κοβάλτιο	0.05
Χρώμιο	0.1
Χαλκός	0.2
Φθόριο	1
Σίδηρος	5
Λίθιο	2.5
Μαγγάνιο	0.2
Μολυβδαίνιο	0.01
Νικέλιο	0.2
Μόλυβδος	5
Σελήνιο	0.02
Βανάδιο	2
Ψευδάργυρος	2
Υδράργυρος	0.005

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΙ ΥΔΑΤΙΝΟΙ ΠΟΡΟΙ ΤΟΥ ΝΑΥΠΛΙΟΥ

4.1 Οι υδάτινοι μύθοι της Αργολίδα

Στην αρχαία Ελλάδα, το νερό στην Αργολίδα ήταν ενταγμένο σε διάφορες θρησκευτικές τελετουργίες των κατοίκων, καθώς είχαν διαπιστώσει ότι ήταν το σημαντικότερο στοιχείο για την επιβίωση τους. Η αφθονία και η έλλειψη του ενέπνευσε τη δημιουργία μύθων και παραδόσεων, που συνδέθηκαν με την ανάπτυξη, την ευημερία και την καταστροφή.

Η Λέρνη ήταν μία παραθαλάσσια τοποθεσία, περίπου 7 km νότια του Άργους, που στην θέση της σήμερα υπάρχει ο οικισμός Μύλοι. Ήταν γνωστή για τα άφθονα νερά της, τα οποία τροφοδοτούσαν και τροφοδοτούν το Αργολικό Πεδίο. Η Λέρνη αναφέρεται άλλοτε ως πηγή, άλλοτε ως λίμνη και άλλοτε ως ποταμός, και έχει δώσει την ονομασία της σε ολόκληρη την περιοχή. Απ' τα άφθονα νερά της, καθώς και άλλων κοντινών πηγών όπως του Αμφιαράου, σχηματίζονταν πολλά τέλματα απ' τα οποία και γεννήθηκε ο μύθος της Λερναίας Ύδρας, ένα μυθικό τέρας που σκοτώθηκε απ' τον Ηρακλή με πυρκαγιές και επιχώματα, αποξηραίνοντας την περιοχή. Επίσης, στην περιοχή βρισκόταν και η λίμνη Αλκυονία, την οποία θεωρούσαν απύθμενη και είσοδο του Κάτω Κόσμου. Σύμφωνα με την μυθολογία, απ' την Αλκυονία κατέβηκε ο Διόνυσος στον Άδη για να φέρει την μητέρα του, την Σεμέλη. Σε απόσταση μικρότερη των 400 m απ' την ακτή, μέσα στη θάλασσα, υπάρχει μία τεράστιων αποθεμάτων πηγή γλυκού νερού, ο Ανάβαλος, που κατά τον Πausanias οι Αργείοι θυσίαζαν, ρίχνοντας μέσα στην πηγή, διακοσμημένα ζωντανά άλογα για τον Ποσειδώνα, και τα οποία ύστερα τα ελευθέρωνε και επέστρεφαν στην ακτή.

Η Αμυμώνη, ήταν μία απ' τις Δαναίδες, δηλαδή μία απ' τις 50 κόρες του Δαναού, βασιλιά της Λιβύης και μητέρα της ήταν η Ευρώπη. Κατά την επικρατούσα εκδοχή, η Αμυμώνη παντρεύτηκε τον γιο του Αιγύπτου, Εγκέλαδο, τον οποίο και δολοφόνησε την πρώτη νύχτα του γάμου τους. Το ίδιο πράγμα έπραξαν και οι άλλες 48 απ' τις Δαναίδες. Ωστόσο, το όνομά της που σημαίνει 'αθώα', την ταυτίζει ίσως με την Υπερμήστρα, τη μόνη Δαναίδα που δεν δολοφόνησε τον σύζυγό της. Ύστερα απ' αυτό το γεγονός, έφυγαν απ' την Λιβύη και τελικά κατέληξαν στο Άργος. Μία μέρα η Αμυμώνη στάλθηκε με τις αδελφές τις για να βρουν νερό. Όμως, ο Ποσειδώνας είχε αποξηράνει όλες τις πηγές του κάμπου επειδή η Αργολίδα είχε περάσει στην προστασία της Ήρας. Τότε, ένας Σάτυρος προσπάθησε να την βιάσει, ωστόσο ο Ποσειδώνας επενέβη και την έσωσε, φανερώνοντας της στην

συνέχεια τις πηγές της Λέρνης. Η Αμυμώνη για να τον ευχαριστήσει, ζευγάρωσε μαζί του και έτσι απέκτησαν έναν γιο, τον Ναύπλιο.

Ο Ίναχος ήταν μυθικός βασιλιάς του Άργους. Ήταν γιος του Ωκεανού και της Τηθύος και ιδρυτής του βασιλικού γένους των Ιναχιδών που έδωσε στο Άργος 8 βασιλιάδες. Όταν έγινε ο κατακλυσμός του Δευκαλίωνα, ο Ίναχος έσωσε τους κατοίκους της περιοχής οδηγώντας τους στα όρη. Στην συνέχεια αφού μάζεψε τα νερά σε μία κοίτη, δημιουργώντας τον ποταμό Ίναχο, έφερε τους Αργείους στην κατοικήσιμη και εύφορη πλέον πεδιάδα του Άργους. Αργότερα, έχτισε το Άργος και θεώρησε προστάτιδα της πόλης του την Ήρα, εξοργίζοντας τον Ποσειδώνα, ο οποίος για να εκδικηθεί αποξήρανε τα ποτάμια. Ωστόσο, η γη ποτιζόταν με βροχές που έστελνε ο Δίας. Ο Ίναχος είχε γυναίκα τη Μελία, κόρη επίσης του Ωκεανού, κατ' άλλους την Αργεία, και είχε έξι παιδιά: τον Άργο, τον Φορωνέα, τον Αιγιαλέα, τον Πανόπτη, τον Πελασγό και την Ιώ, ή κατά μία εκδοχή τη Μυκίτη.

4.2 Πηγαία ύδατα Αργολίδας

Στην Αργολίδα, ανάλογα με τον τύπο του υδροφόρου συτήματος, διακρίνουμε 4 υδρογεωλογικές κατηγορίες:

- Το καρστικό σύστημα της Δυτικής Αργολίδας, όπου ανήκει και το Ναύπλιο.
- Τους κοκκώδεις υδροφορείς που υπάρχουν στο βύθισμα του Αργολικού Πεδίου και στην Ασίνη.
- Το καρστικό σύστημα του Αραχναίου Όρους.
- Το ρωγμώδες-καρστικό σύστημα μεταξύ Τραχειάς και Ερμιόνης.

Παρότι το καρστικό σύστημα της Δυτικής Αργολίδας παρουσιάζει μεγάλα αποθέματα και καλής ποιότητας νερό, οι υπόλοιπες τρεις υδρογεωλογικές κατηγορίες παρουσιάζουν προβλήματα ποσότητας και ποιότητας, κυρίως με μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικών και χλωριόντων.

Οι αλλουβιακοί υδροφόροι αναπτύσσονται στις Νεογενείς-Τεταρτογενείς λεκάνες της Αργολίδας και αποτελούνται από λεπτομερή υλικά, όπως άμμους, αργίλους, ψηφίδες και κροκαλοπαγή, που εναλλάσσονται τόσο κατά την οριζόντια όσο και κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Στις διάφορες μεταβολές της σύστασης των σχηματισμών τους οφείλεται και η διακύμανση της υδατοπερατότητας τους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να παρατηρούνται μεγάλες διαφορές στις παροχές των γεωτρήσεων, οι οποίες μπορεί να είναι 2-3 m³/h ή και μεγαλύτερες από 150 m³/h. Πάνω σ' αυτούς τους υδροφόρους ορίζοντες αναπτύσσεται το μεγαλύτερο μέρος των γεωτρήσεων και των καλλιεργειών του νομού, με το υδατικό ισοζύγιο να έχει μέσες ετήσιες εισροές περίπου 85.000.000 m³/year. Αυτές οι εισροές προκύπτουν από διάφορες

πηγές, όπως είναι η βροχόπτωση, η διήθηση χειμάρρων, οι απώλειες δικτύων άρδευσης και ο τεχνητός εμπλουτισμός.

Στην Δυτική Αργολίδα παρατηρούνται αρκετά σημεία εκφόρτισης μεγάλων ποσοτήτων νερού. Τα σημεία αυτά μπορεί να είναι:

- **Παραθαλάσσια:** Λέρνη, Αμυμώνη και Κεφαλάρι
- **Υποθαλάσσια:** Κιβέρι και Ανάβαλος
- **Ορεινά:** Αχλαδόκαμπος και Κεφαλόβρυσο

Απ' τις παραπάνω πηγές, μεγαλύτερη σημασία από πλευράς ποσότητας, ποιότητας και θέσης έχουν οι πηγές της Λέρνης και της Αμυμώνης.

Η πηγή της Λέρνης αναβλύζει σε υψόμετρο +0.6 m και βρίσκεται στους Μύλους, έναν οικισμό 8 km απ' το Ναύπλιο, σε απόσταση περίπου 500 m απ' την θάλασσα. Οι παροχές της κυμαίνονται μεταξύ 37.000.000-63.500.000 m³/year.

Η πηγή της Αμυμώνης βρίσκεται και αυτή στους Μύλους, λίγο βορειότερα απ' την πηγή της Λέρνης και έχει παροχές που κυμαίνονται μεταξύ 3.800.000-11.300.000 m³/year.

Οι πηγές του Κιβερίου αποτελούνται από μία ομάδα παράκτιων, υποθαλάσσιων πηγών, οι οποίες αναβλύζουν σε υψόμετρο μεταξύ +0.25 m και -7.5 m. Μέχρι το 1970 οι πηγές αυτές έρεαν ελεύθερα στη θάλασσα, ενώ απ' το 1970 ρέουν μέσα σ' ένα ημικυκλικό φράγμα. Η κατασκευή του συγκεκριμένου φράγματος είχε ως στόχο την προστασία των πηγαίων νερών απ' την ανάμιξη τους με θαλασσινό. Μετρήσεις της παροχής των πηγών μπόρεσαν να πραγματοποιηθούν μετά την κατασκευή του φράγματος και διήρκεσαν μόνο για ένα περίπου χρόνο, μεταξύ Νοεμβρίου '71 και Σεπτεμβρίου '72, δείχνοντας μία παροχή περίπου 409.000.000 m³/year.

Η πηγή του Κεφαλαρίου αναβλύζει σε υψόμετρο +24.3 m. Οι παροχές της παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις και εξαρτώνται απ' τις βροχοπτώσεις στην περιοχή τροφοδοσία της, που είναι το Αρκαδικό οροπέδιο και κυρίως η περιοχή μεταξύ Στυμφαλίας, Σκοτεινής και Αλέας. Οι παροχές της κυμαίνονται μεταξύ 25.000.000-140.000.000 m³/year, ενώ συνήθως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η παροχή της μηδενίζεται. Τα νερά της πηγής τα εκμεταλευόταν κατά την δεκαετία του '50 και του '60 το Άργος.

Η ποιότητα του νερού που εκφορτίζεται απ' τις πηγές της Λέρνης και της Αμυμώνης είναι εντός των επιτρεπτών ορίων ποσιμότητας, ενώ αντίθετα η πηγή του Κιβερίου παρουσιάζει υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου, μαγγανίου,

χλωριόντων, οι οποίες είναι συνήθως μεγαλύτερες των 250 mg/lit και οριακές συγκεντρώσεις μολύβδου. Το νερό του Κιβερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση σε εναλλαγή όμως με καλύτερο ποιοτικά νερό, καθώς με αποκλειστική χρήση του υπάρχει η πιθανότητα απόθεσης μεγάλων ποσοτήτων αλάτων στο καλλιεργούμενο έδαφος.

4.3 Υφιστάμενες υποδομές

4.3.1 Τεχνητός εμπλουτισμός

Κατά την δεκαετία του '50 και του '60 έγινε για πρώτη φορά αντιληπτό το φαινόμενο της υφαλμύρωσης στο Αργολικό Πεδίο. Το 1962, ξένοι εμπειρογνώμονες έφτασαν απ' το Ισραήλ, οι οποίοι και πραγματοποίησαν αρκετές έρευνες για το πως θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο αυτό. Η λύση που πρότειναν ήταν ο τεχνητός εμπλουτισμός σε συνδυασμό με ένα πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας και της πιεζομετρίας των υδάτινων πόρων. Η πρόταση αυτή υιοθετήθηκε απ' το Υπουργείο Γεωργίας και είχε ιδιαίτερη επιτυχία στην αρχή. Η πρώτη φάση τεχνητού εμπλουτισμού, διήρκεσε μεταξύ 1964 και 1968, ήταν περιορισμένης κλίμακας και εκτελέστηκε στις περιοχές της Άριας, του Αγίου Ανδριανού, των Λευκακίων, της Ασίνης και του Δρεπάνου με παροχές που δεν ξεπέρασαν το 1.500.000 m³/year. Όμως, ύστερα από 4 χρόνια εφαρμογής, ο τεχνητός εμπλουτισμός διεκόπη λόγω διάφορων πολιτικών καταστάσεων. Η συστηματική εφαρμογή του ξεκίνησε το 1990 στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος και ολοκληρώθηκε το 1996. Την περίοδο 1990-1993 ο τεχνητός εμπλουτισμός πραγματοποιούνταν με νερά της πηγής Κεφαλαρίου, τα οποία μεταφέρονταν μέσω της διώρυγας της Νέας Κίου σε περίπου 120 γεωτρήσεις στο Αργολικό Πεδίο, μέχρι τα όρια του τότε αρδευτικού δικτύου, και της περιοχής Ασίνης, Δρεπάνου. Το 1994 ολοκληρώθηκε η κατασκευή της διώρυγας του Ανάβαλου, διευρύνοντας τις δυνατότητες του τεχνητού εμπλουτισμού, οι οποίες αρχικά είχαν περιοριστεί μόνο στο νότιο κομμάτι του Αργολικού Πεδίου. Απ' το 1997 ο τεχνητός εμπλουτισμός εφαρμόζεται υπό την εποπτεία της Νορμαχίας Αργολίδας. Το 1999 δεν έγινε εμπλουτισμός λόγω εργασιών ανακατασκευής της διώρυγας του Αναβάλου, το 2000 επειδή δεν ολοκληρώθηκαν έγκαιρα οι διοικητικές διαδικασίες που απαιτούνταν για την επανέναρξη του έργου, το 2005 και το 2006 εξαιτίας γραφειοκρατικών διαδικασιών και το 2007 λόγω έλλειψης νερού της πηγής του Κεφαλαρίου. Το 2008 εφαρμόστηκε τεχνητός εμπλουτισμός περιορισμένης κλίμακας μόνο στην περιοχή Ασίνης, Δρεπάνου με νερό απ' την πηγή της Λέρνης.

Σήμερα, ο τεχνητός εμπλουτισμός πραγματοποιείται κατά τους υγρούς μήνες, με νερό το οποίο προέρχεται απ' τα πλεονάσματα των πηγών του

Κεφαλαρίου, κατά προτεραιότητα, και της Λέρνης. Για την εφαρμογή αυτού του σχεδίου χρησιμοποιούνται 91 γεωτρήσεις βάθους 60-80 m, 3 φρέατα 4-15 m στην περιοχή του Αργολικού Πεδίου, δηλαδή απ' το Ναύπλιο ως το Άργος, 35 φρέατα βάθους 6-8 m στην περιοχή Ασίνης-Δρεπάνου. Οι μέγιστες επιτρεπόμενες διατιθέμενες ποσότητες νερού είναι 25.000.000 m³/year για το Αργολικό Πεδίο και 4.300.000 m³/year για την περιοχή Ασίνης-Δρεπάνου.

Η διώρυγα του Αναβάλου είναι τραπεζοειδής διατομής στο μεγαλύτερο κομμάτι της, διατρέχει το Αργολικό Πεδίο και στην συνέχεια τροφοδοτεί με αγωγό τα Ίρια και αποτελεί το κύριο αρδευτικό έργο μεταφοράς νερού για την εκτέλεση του έργου. Η μεταφορά νερού πραγματοποιείται με άντληση, βαρύτητα και αναρρόφηση για τις ανάντη περιοχές και αποτελεί το κύριο αρδευτικό έργο μεταφοράς νερού για την εκτέλεση του έργου.

Η διώρυγα της Νέας Κίου ξεκινάει απ' το Κεφαλάρι, καταλήγει στην Γλυκιά και από εκεί τροφοδοτεί την περιοχή της Ασίνης και του Δρεπάνου. Η μεταφορά νερού μέσω της διώρυγας της Νέας Κίου πραγματοποιείται στα σημεία διάθεσης με άντληση, και περιορίζεται για τις περιοχές της Ασίνης και του Δρεπάνου.

Η περιοχή του έργου καταλαμβάνει ένα σημαντικό τμήμα του Αργολικού πεδίου και της περιοχής Ασίνης, Δρεπάνου. Η καλλιεργούμενη έκταση που αντιστοιχεί στο έργο είναι περίπου 95.000 στρέμματα για το Αργολικό Πεδίο και 13.000 στρέμματα για την περιοχή Ασίνης, Δρεπάνου. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η κυριότερη καλλιέργεια σ' αυτές τις περιοχές είναι τα εσπεριδοειδή, με μέση ανάγκη για νερό άρδευσης 700 m³/year/στρέμμα, επιστήμονες έχουν εκτιμήσει ότι οι ανάγκες για νερό είναι περίπου 76.000.000 m³, εκ των οποίων τα 15.000.000 m³ καλύπτονται απ' το φράγμα του Αναβάλου και τα υπόλοιπα 61.000.000 m³ από υπόγεια ύδατα.

Για την εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού, η Περιφέρεια Πελοποννήσου συνεργάζεται με τους παρακάτω φορείς:

- Δήμος Ναυπλίου (γραφείο Αγροτικής Ανάπτυξης).
- ΓΟΕΒ Ακροναυπλίας.
- ΤΟΕΒ Ασίνης-Δρεπάνου, Αγίας Τριάδας και Πουλακίδας-Μάνεση.
- Αγροτικός Συνεταιρισμός Αγίας Τριάδας, Ήρας και Κουρτακίου.

Σήμερα, τεχνητός εμπλουτισμός εφαρμόζεται σε 3 περιοχές:

- **Στην περιοχή Ασίνης, Δρεπάνου** σε ιδιωτικά φρέατα. Υπεύθυνος για τον εμπλουτισμό είναι ο τοπικός ΤΟΕΒ.
- **Κατά μήκος της διώρυγας του Αναβάλου από Ήρα ως Αργολικό** σε ιδιωτικές γεωτρήσεις, φρέατα καθώς και στις γεωτρήσεις των Αγροτικών Συνεταιρισμών. Η περιοχή αυτή χωρίζεται σε 3 επιμέρους περιοχές: i)

περιοχή Αγίας Τριάδας, ii) περιοχή Ανυφίου και iii) περιοχή Ήρας, Κουρτακίου. Υπεύθυνες για τον εμπλουτισμό σ' αυτές τις περιοχές είναι οι αντίστοιχοι ΤΟΕΒ και Αγροτικοί Συνεταιρισμοί.

- Στην περιοχή Πουλακίδας, Μάνεση σε ιδιωτικές γεωτρήσεις και φρέατα. Υπεύθυνος για τον εμπλουτισμό είναι ο τοπικός ΤΟΕΒ.

Κυριότεροι στόχοι του έργου είναι οι εξής:

- Η αποθήκευση νερού κατά τους υγρούς μήνες, με στόχο την χρήση του κατά τους ξηρούς μήνες για αρδευτικούς σκοπούς.
- Η ανακοπή του φαινομένου της υφαλμύρωσης και η σταδιακή αποκατάσταση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων.
- Η επαναφορά της πιεζομετρίας και των υπόγειων αποθεμάτων του νερού της περιοχής στα αντίστοιχα επίπεδα της Άνοιξης του 1964, έτος που θεωρείται ότι η ποιότητα και η ποσότητα των υπόγειων υδάτων δεν είχε ακόμα επηρεαστεί απ' την υπεράντληση.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται στοιχεία για τον τεχνητό εμπλουτισμό για την περίοδο 1990-2011.

Παροχές και κόστος τεχνητού εμπλουτισμού για την περίοδο 1990-2011

Έτος	Παροχή διώρυγας Ανάβαλου (m ³ /year)	Παροχή μέσω διώρυγας Νέα Κίου (m ³ /year)	Συνολικές ποσότητες νερού (m ³)	Κόστος τεχνητού εμπλουτισμού (€) ¹
1990	0	3.094.000	3.094.000	73.848
1991	0	6.929.580	6.929.580	70.761
1992	0	5.685.370	5.685.370	112.451
1993	0	3.891.590	3.891.590	128.508
1994	9.500.000	4.500.000	14.000.000	80.538
1995	12.228.000	1.364.200	13.592.200	36.125
1996	7.224.000	0	7.224.000	13.923
1997	4.000.000	0	4.000.000	22.522
1998	4.320.000	598.920	4.918.920	34.837
1999	0	0	0	0
2000	0	0	0	0
2001	2.195.000	423.000	2.618.000	16.815
2002	5.136.385	1.406.470	6.542.855	58.845
2003	2.800.000	0	2.800.000	17.556
2004	3.103.000	255.000	3.358.000	27.150
2005	0	0	0	0
2006	0	0	0	0
2007	0	0	0	0
2008	0	144.320	144.320	3.057
2009	6.877.596	0	6.877.596	40.000
2010	4.587.466	0	4.587.466	43.124
2011	1.353.200	0	1.353.200	22.747

Σύνολο	63.324.647	28.292.450	91.616.897	802.806
---------------	------------	------------	------------	---------

¹ Το κόστος άντλησης αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού κόστους του τεχνητού εμπλουτισμού. Γι' αυτό το λόγο το κόστος είναι αισθητά μειωμένο όταν χρησιμοποιείται η διώρυγα του Ανάβαλου, καθώς οι δαπάνες ηλεκτρικού ρεύματος είναι κατά πολύ μικρότερες απ' τις αντίστοιχες της διώρυγας της Νέας Κίου

Για την επιτυχή εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού πρέπει να αντιμετωπίζονται κάποια προβλήματα. Το σημαντικότερο είναι η κάλυψη των δαπανών του έργου, καθώς πέραν των εξόδων της ηλεκτροδότησης που καλύπτονται απ' την Περιφερειακή Ενότητα Αργολίδας, απαιτούνται και άλλες πιστώσεις, όπως είναι οι δαπάνες για υδρονομείς, αγορά διαφόρων υλικών και άλλες, τις οποίες λόγω οικονομικών προβλημάτων οι υπόλοιποι φορείς δυσκολεύονται να καλύψουν. Επίσης, παρά την συμμετοχή των ΤΟΕΒ στο έργο, ο τεχνητός εμπλουτισμός οδηγεί σε απώλεια των εσόδων τους καθώς αρκετοί αγρότες, μετά την ποιοτική και ποσοτική αναβάθμιση των υπόγειων νερών, επαναλειτουργούν τις υδροληψίες τους, τουλάχιστον για τους πρώτους μήνες της αρδευτικής περιόδου, και δεν χρησιμοποιούν τα αρδευτικά δίκτυα.

4.3.2 Άρδευση

Τα πρώτα αρδευτικά δίκτυα κατασκευάστηκαν την δεκαετία του '60, προκειμένου να καλύψουν τις αρδευτικές ανάγκες των περιοχών γύρω απ' τις πηγές της Λέρνης και του Κεφαλαρίου. Στην συνέχεια, κατασκευάστηκαν δίκτυα για τις περιοχές των Λευκακίων και της Ασίνης, τα οποία μετέφεραν νερό απ' την πηγή του Κιβερίου. Το 1970, στην πηγή του Ανάβαλου κατασκευάστηκε ένα απ' τα ελάχιστα παγκοσμίως έργα σύλληψης καθαρού νερού από υποθαλάσσιες πηγές, ένα ημικυκλικό φράγμα με θυρίδες που ανοιγοκλείνουν ώστε να διατηρούν τη στάθμη του νερού εντός του φράγματος υψηλότερα απ' τη στάθμη της θάλασσας. Για την άντληση του νερού έχουν εγκατασταθεί 4 αντλίες με δυνατότητα άντλησης 40.000 m³/h, ενώ υπάρχει χώρος και για τοποθέτηση 5^{ης} αντλίας, η οποία θα μπορεί να αντλεί επιπλέον 12.000 m³/h. Ωστόσο, μέχρι και πριν από μερικά χρόνια, οι 4 αντλίες του Ανάβαλου δεν συντηρούνταν σωστά. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, οι αντλίες να απορροφούν συχνά χόρτα, ξύλα, κομμάτια τσιμέντου και μέταλλα, ενώ στους σωλήνες εισχωρούσε θαλασσινό νερό. Αυτό οδηγούσε στην δημιουργία βλάβων, ενώ απ' το 2006 λειτουργούσε μόνο η μία αντλία, με δυνατότητα άντλησης 12.000 m³/h. Το 2009, αποφασίστηκε η επέκταση του αρδευτικού δικτύου του Αναβάλου και η αποκατάσταση των όποιων προβλημάτων υπήρχαν, με το πρόγραμμα 'Αλέξανδρος Μπαλτατζής'.

Το αρδευτικό δίκτυο του Ανάβαλου περιλαμβάνει αγωγούς μεταφοράς νερού συνολικού μήκους περίπου 80 km. Περίπου τα 35 km απ' αυτά αποτελούνται από ανοιχτούς τσιμεντένιους αγωγούς, τραπεζοειδούς διατομής, ενώ τα υπόλοιπα από κλειστούς υπόγειους αγωγούς. Η παροχή πραγματοποιείται με τη βοήθεια 10 αντλιοστασίων και 4 λιμνοδεξαμενών, συνολικής χωρητικότητας 76.000 m³. Εκτός των κύριων αγωγών μεταφοράς έχουν κατασκευαστεί και αρκετά χιλιόμετρα δευτερευόντων αγωγών και αρδευτικών δικτύων, αλλά και 6 λιμνοδεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 18.000 m³ για τους τελικούς χρήστες. Όπου ο αγωγός είναι ανοιχτής διατομής, η άρδευση γίνεται συνήθως με την μέθοδο της κατάκλυσης, με αυτό να έχει σαν αποτέλεσμα την κατανάλωση πολύ μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού απ' όσες χρειάζονται. Σύμφωνα με στοιχεία του ΓΟΕΒ Αργοναυπλίας, οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις που αρδεύονται με νερό απ' τον Ανάβαλο ανέρχονται σε περίπου 50.000 στρέμματα, ενώ ο σχεδιασμός του έργου μπορεί θεωρητικά να καλύψει περίπου 180.000 στρέμματα. Τα τελευταία έξι χρόνια έχουν αντληθεί περίπου 13.000.000-15.000.000 m³/year νερού, εξαιτίας των διάφορων προβλημάτων, ενώ οι απώλειες του ασυντήρητου δικτύου, λόγω διαρροών και ανοιχτής διατομής, εκτιμάται ότι φτάνουν το 40%. Τα σχέδια της Περιφέρειας Πελοποννήσου προβλέπουν επέκταση στις περιοχές της Επιδαύρου και της Ερμιόνης, όπου υπάρχουν περίπου 50.000 στρεμμάτων καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

Το 1938 η αρδευόμενη έκταση του Αργολικού Πεδίου ήταν περίπου 56.000 στρέμματα, με τις πηγές άρδευσης να είναι κυρίως ρηχά πηγάδια και τις αρδευτικές ανάγκες να ανέρχονται σε περίπου 32.000.000 m³/year. Το 1950 και το 1960 έγινε η πράσινη επανάσταση, που είχε σαν αποτέλεσμα την υπερεκμετάλευση των πηγών και την δημιουργία του φαινομένου της υφαλμύρωσης. Η υφαλμύρωση έγινε για πρώτη φορά αντιληπτή την δεκαετία του '50 και του '60. Μέχρι και το 1964, η στάθμη των υπόγειων υδάτων ήταν πάνω απ' το επίπεδο της θάλασσας. Το 1965 η στάθμη ήταν στα -20 m και απ' το 1967 και έπειτα, η θάλασσα αρχίζει να εισχωρεί προς τα μέσα. Εκείνη την εποχή, στην περιοχή της Ασίνης και του Τολού ξεράθηκαν όλα τα δέντρα, καθώς αρδευόντουσαν με υφάλμυρο νερό. Έτσι, είχαμε μία απ' τις πρώτες περιπτώσεις ερημοποίησης στην Ελλάδα, δηλαδή μετανάστευση εξαιτίας ξήρανσης καλλιεργειών. Για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού εφαρμόστηκε τεχνητός εμπλουτισμός, ο οποίος όμως διήρκεσε μόνο για 4 χρόνια. Στην συνέχεια, μία λύση που προτάθηκε ήταν η δημιουργία φραγμάτων, ωστόσο αυτή η πρόταση εγκαταλείφθηκε καθώς διαπιστώθηκε ότι το έδαφος δεν ήταν κατάλληλο για να δεχθεί και να αποθηκεύσει νερό. Όμως, τέλη του '60 αυτή η πρόταση ήρθε ξανά στο προσκήνιο και υιοθετήθηκε, με αποτέλεσμα την κατασκευή του φράγματος του Κιβερίου, η οποία και ολοκληρώθηκε το 1972, με στόχο την άρδευση όλου του Αργολικού Πεδίου. Την περίοδο 1989-1990, η Αργολίδα πέρασε μία κρίση ανομβρίας και λειψυδρίας, με αποτέλεσμα να στερέψει ο υδροφόρος ορίζοντας. Το 2003 η

αρδευόμενη έκταση του Αργολικού Πεδίου ήταν 136.000 στρέμματα, με τις αρδευτικές ανάγκες να ανέρχονται σε περίπου 100.000.000 m³/year. Οι πηγές άρδευσης ήταν κυρίως γεωτρήσεις, και οι οποίες εξαιτίας της υπερεκμετάλλευσης είχαν φτάσει και στα -400 m απ' την στάθμη της θάλασσας. Όμως, ο υδροφόρος ορίζοντας δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις αρδευτικές ανάγκες, καθώς η ποσότητα νερού που μπορεί να δώσει ανέρχεται σε περίπου 65.000.000 m³/year. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την εντατικοποίηση του φαινομένου της υφαλμύρωσης. Εκτός των εκτάσεων που εξυπηρετούνται από αρδευτικά δίκτυα, απ' τις οποίες οι περισσότερες εξυπηρετούνται και από υπόγεια ύδατα σαν εναλλακτική λύση ή για παγοπροστασία, οι υπόλοιπες εκτάσεις εξυπηρετούνται αποκλειστικά από γεωτρήσεις ή πηγάδια. Παρότι δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για τον αριθμό των ιδιωτικών γεωτρήσεων, εκτιμάται ότι σήμερα λειτουργούν περίπου 8.500, με τις μισές απ' αυτές να είναι παράνομες.

Στην Αργολίδα εκτιμάται ότι η κατανάλωση νερού στην γεωργία φτάνει το 92% των χρησιμοποιούμενων υδάτινων πόρων, ποσοστό πολύ μεγαλύτερο του εθνικού μέσου όρου, χωρίς να συνυπολογίζονται οι ποσότητες νερού που αντλούνται το χειμώνα για παγοπροστασία από υπόγεια ύδατα. Εκτιμάται ότι για την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών των 153.000 περίπου στρεμμάτων απαιτούνται 92.000.000-110.000.000 m³/year νερού. Απ' αυτή την ποσότητα, το 15% περίπου καλύπτεται απ' τα αρδευτικά δίκτυα και το υπόλοιπο 85% από γεωτρήσεις και πηγάδια. Παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχουν αξιόπιστοι υπολογισμοί για τις ποσότητες νερού που αντλούνται κατά την διάρκεια του χειμώνα για παγοπροστασία, εκτιμάται ότι φτάνουν το 35% περίπου των αναγκαίων ποσοτήτων για άρδευση. Την άνοιξη του 2008, ενώ επικρατούσαν συνθήκες ολικού παγετού, στις περιοχές μεταξύ των πηγών Λέρνης, Αμυμώνης και Κεφαλαρίου οι γεωτρήσεις λειτούργησαν με μέση παροχή 50 m³/h και για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 60 ωρών, με σκοπό την παγοπροστασία. Υπολογίζεται ότι σ' αυτό το χρονικό διάστημα αντλήθηκαν τουλάχιστον 1.710.000 m³ νερού, όταν για την άρδευση αυτών των στρεμμάτων απαιτούνταν 10.560.000-12.660.000 m³.

4.3.3 Ύδρευση

Το Νάυπλιο υδρεύεται απ' τις αρχές της δεκαετίας του '60 απ' την πηγή της Αμυμώνης, ενώ απ' το 1988 χρησιμοποιεί και την πηγή της Λέρνης. Για την άντληση του νερού έχουν κατασκευαστεί 4 αντλιοστάσια, της Λέρνης, της Αμυμώνης, του Κανελλόπουλου και του ΟΤΕ, με δυνατότητα συνολικής άντλησης 600 m³/h, ενώ για την μεταφορά του νερού χρησιμοποιείται υπόγειος αγωγός με μήκος περίπου 13 km. Για την υδροδότηση του

Ναυπλίου, η πόλη έχει χωριστεί σε δύο ζώνες, την υψηλή και την χαμηλή, ενώ υπάρχουν και οι παρακάτω δεξαμενές αποθήκευσης:

- Η δεξαμενή της Ακροναυπλίας, η οποία τροφοδοτεί την υψηλή ζώνη (παλιό Ναύπλιο) και έχει χωρητικότητα 2.800 m³.
- Η δεξαμενή του Προφήτη Ηλία, η οποία τροφοδοτεί την χαμηλή ζώνη (νέο Ναύπλιο), καθώς και αρκετές περιοχές της ευύτερης περιοχής του Ναυπλίου, και έχει χωρητικότητα 2.500 m³.
- Η δεξαμενή της Καραθώνας, η οποία τροφοδοτεί την περιοχή της Καραθώνας και έχει χωρητικότητα 120 m³.

Το όλο σύστημα διαχειρίζεται η ΔΕΥΑ Ναυπλίου, η οποία και εξυπηρετεί το μεγαλύτερο μέρος της τουριστικής υποδομής της Αργολίδας (Ναύπλιο, Τολό), υδροδοτώντας πολυάριθμες τουριστικές εγκαταστάσεις και επιχειρήσεις εστίασης και διασκέδασης.

Ισχύς αντλιών του υδρευτικού δικτύου Ναυπλίου

Αντλιοστάσιο	Ισχύς αντλιών (KW)
Λέρνης ¹	<ul style="list-style-type: none"> • 1^η αντλία: 110 • 2^η αντλία: 90
Αμυμώνης ²	<ul style="list-style-type: none"> • 1^η αντλία: 110 • 2^η αντλία: 110 • 3^η αντλία: 30 • 4^η αντλία: 15
Κανελλόπουλου ³	<ul style="list-style-type: none"> • 1^η αντλία: 75 • 2^η αντλία: 75 • 3^η αντλία: 75
ΟΤΕ ⁴	<ul style="list-style-type: none"> • 1^η αντλία: 110 • 2^η αντλία: 55 • 3^η αντλία: 55 • 4^η αντλία: 45 • 5^η αντλία: 30

¹ Λειτουργεί το πολύ η μία αντλία

² Λειτουργούν το πολύ η 1^η ή η 2^η αντλία και οι δύο μικρές

³ Λειτουργούν το πολύ δύο αντλίες, οι οποίες και τροφοδοτούν με νερό την δεξαμενή του Προφήτη Ηλία

⁴ Η 1^η, 2^η, 3^η και 4^η αντλία στέλνει νερό στην δεξαμενή της Ακροναυπλίας και λειτουργούν το

πολύ η 1^η και δύο μικρής ισχύος. Η 5^η αντλία τροφοδοτεί με νερό την δεξαμενή της Καραθώνας

Κόστος υδροδότησης Ναυπλίου για το 2011

Αντλιοστάσιο	Κόστος (€/year)
Λέρνης	110000
Αμμώνης	160000
Κανελλόπουλου	45000
ΟΤΕ	140000
Σύνολο	455000

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανάλωση νερού στον Δήμο Ναυπλίου για τα έτη 2004-2011.

Κατανάλωση νερού (m³/h)

Έτος	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Ναύπλιο	182	169	185	193	184	185	140	160
Ασίνη	50	21	23	11	8	17	22	89
Νέα Τίρυνθα							11	26
Μηδέα								37
Σύνολο	232	190	208	204	192	202	173	312

Στην ΔΕΥΑΝ δεν υπάρχει σύστημα ελέγχου εισροών-εκροών στο δίκτυο ύδρευσης. Η ποσότητα του νερού που αντλείται συμπεραίνεται απ' την εμπειρία των μηχανικών, οι οποίοι εκτίμησαν ότι η ποσότητα αυτή, για το 2011, κυμαίνεται από 350-600 m³/h. Απ' αυτό το εύρος τιμών προκύπτει μία μέση τιμή των 475 m³/h. Αν την συγκρίνουμε με την κατανάλωση νερού για το 2011, συμπαιρένουμε ότι το 34% περίπου του νερού που εισρέει στο δίκτυο ύδρευσης του Ναυπλίου δεν φτάνει στους καταναλωτές.

Απ' το 2003 και το Άργος, που μέχρι τότε χρησιμοποιούσε γεωτρήσεις με νερό ακατάλληλο λόγω υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών, άρχισε να χρησιμοποιεί την πηγή της Λέρνης για την υδροδότησή του. Για το λόγο αυτό κατασκευάστηκε αντλιοστάσιο με δυνατότητα άντλησης 500 m³/h και αγωγό μήκους περίπου 10 km. Το όλο σύστημα διαχειρίζεται η ΔΕΥΑ Άργους.

Απ' τις δύο ΔΕΥΑ εξυπηρετούνται σήμερα περίπου 52.000 άτομα, ενώ προγραμματίζεται να επεκταθεί η υδροδότηση και σε άλλες περιοχές, καλύπτοντας επιπλέον 17.000 άτομα περίπου.

Τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί αρκετά προβλήματα στην υδροδότηση του Ναυπλίου. Η κύρια αιτία είναι η λανθασμένη διαχείριση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτινων πόρων του Ναυπλίου και της ευρύτερης περιοχής του. Τα προβλήματα έχουν σχέση με την ποιότητα του νερού και με την ανεπάρκεια αναγκαίων ποσοτήτων νερού για την ύδρευση.

Το καλοκαίρι του 2007 πραγματοποιήθηκαν καθημερινές πολύωρες διακοπές στην υδροδότηση. Το καλοκαίρι του 2008, χωρίς πόσιμο νερό έμειναν για αρκετές εβδομάδες περίπου 40.000 κάτοικοι και 10.000 τουρίστες στο Ναύπλιο, στο Άργος και στις ευρύτερες περιοχές. Πρώτος, ο Δήμος Άργος ανακοίνωσε ότι το νερό του δικτύου ύδρευσης είναι υφάλμυρο και επομένως ακατάλληλο προς πόση, ενώ λίγες μέρες μετά την ίδια ανακοίνωση εξέδωσε και ο Δήμος Ναυπλίου. Αιτία ήταν η έλλειψη σχεδιασμού, οι περίπου 4.300 παράνομες γεωτρήσεις και η λειψυδρία. Σε κάποια ορεινά χωριά που είχαν ακόμα νερό, συνέρρεαν κάτοικοι απ' το Ναύπλιο και το Άργος για να γεμίσουν νερό μπιτόνια και πλαστικά μπουκάλια. Στον Άγιο Ανδριανό, που βρίσκεται λίγο έξω απ' το Ναύπλιο, πλήθος κόσμου συνωστιζόταν στη βρύση του χωριού, περιμένοντας στην ουρά για να πάρουν προμήθειες νερού για δύο-τρεις μέρες, ενώ οι πωλήσεις εμφιαλωμένου νερού αυξήθηκαν κατακόρυφα, ξεπερνώντας τις 80.000 την μέρα. Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, λόγω των πολυάριθμων γεωτρήσεων είχε φτάσει μέχρι τα -25 m απ' την στάθμη της θάλασσας. Τα νερά είχαν υψηλές συγκεντρώσεις σε νιτρικά, λόγω της ανεξέλεγκτης χρήσης φυτοφαρμάκων και αζωτούχων λιπασμάτων, ενώ πολλά πηγάδια που υπήρχαν στην περιοχή είχαν μετατραπεί σε βόθρους. Βασικές πηγές ύδρευσης, όπως της Αμυμώνης και του Κεφαλαρίου στέρεψαν, μειώνοντας την αποδοτικότητα της πηγής της Λέρνης κάτω απ' τα όρια ασφαλείας, δίνοντας παροχές μικρότερες των 400 m³/h, και μολύνοντας τα ύδατα της με αλμυρό νερό. Σε μία προσπάθεια αντιμετώπισης του προβλήματος, ο Δήμος Ναυπλίου άντλησε νερό απ' τις πηγές του Κιβερίου, το οποίο όμως ήταν ακατάλληλο προς πόση, καθώς περιείχε υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων. Το πρόβλημα αυτό, σύμφωνα με τους επιστήμονες, μπορεί να οφειλόταν σε δύο πράγματα. Είτε στην υφαλμύρωση, είτε στον ανύπαρκτο καθαρισμό της λεκάνης του φράγματος σε τακτική βάση, η οποία οδηγεί στην ανάμιξη αλμυρού με γλυκό νερό κοντά στις εκβολές. Ένα άλλο πρόβλημα που υπάρχει είναι η μη ύπαρξη αυτοματισμού στην διακοπή των αντλιών όταν γεμίζουν οι δεξαμενές, με αποτέλεσμα το νερό να υπερχειλίζει και να καταλήγει στην θάλασσα.

Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα των υδάτινων πόρων του Ναυπλίου είναι η ποιότητα του νερού. Τα προβλήματα αυτά οφείλονται στην υπερβολική χρήση

λιπασμάτων απ' τους καλλιεργητές, που έχουν σαν αποτέλεσμα την ύπαρξη νιτρικών ιόντων, και στην ύπαρξη χλωριόντων, λόγω της υφαλμύρωσης. Σύμφωνα με στοιχεία του 2008, στο μεγαλύτερο μέρος του υδροφόρου ορίζοντα παρουσιάζονται περιεκτικότητες σε χλωριόντα μεγαλύτερες των 250 mg/lit και με μέγιστη τιμή τα 1000 mg/lit. Την ίδια στιγμή, η ΕΟΚ καθορίζει το ανώτατο επιτρεπτό όριο για νιτρικά ιόντα σε υπόγεια ύδατα στα 50 mg/lit. Μόνο κοντά στις δυτικές παρυφές του Αργολικού Πεδίου οι τιμές αυτές είναι μικρότερες.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μετρήσεις πανεπιστημίων σχετικά με τις συγκεντρώσεις των νιτρικών στα εδάφη του Αργολικού Πεδίου.

Συγκεντρώσεις νιτρικών

Έτος	Πανεπιστήμιο	Νιτρικά (mg/lit)
1996-1998	Πάτρας	4.4-235.4
2007	Αιγίου	Σε ορισμένες περιπτώσεις >350

Τον Νοέμβρη του 2009, το Πανελλήνιο Κέντρο Οικολογικών Ερευνών (ΠΑΚΟΕ) χαρακτήρισε ακατάλληλο το πόσιμο νερό σε πολλές περιοχές της Αργολίδας. Σύμφωνα με μετρήσεις που έγιναν, το πρόβλημα με το πόσιμο νερό εντοπίστηκε στις περιοχές Ναύπλιο, Άργος, Μυκήνες, Κουτσοπόδι, Μηδέα και Φίχτια. Έπειτα από καταγγελίες των κατοίκων των περιοχών αυτών για την διαύγεια και την γεύση του νερού, το ΠΑΚΟΕ προχώρησε σε δειγματοληψίες, οι οποίες έδειξαν ότι το νερό είναι ακατάλληλο για πόση σε 5 δήμους του νομού. Κολοβακτηρίδια, εντερόκοκκοι και εξασθενές χρωμίο ξεπερνούν τα μέγιστα επιτρεπτά όρια. Στο Ναύπλιο, οι δειγματοληψίες που έγιναν σε δύο σημεία, έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις των κολοβακτηριδίων έφταναν τα 12 mg/lit και 9 mg/lit, των εντερόκοκκων έφταναν τα 5 mg/lit και τα 7 mg/lit, ενώ του εξασθενές χρωμίου τα 1.62 mg/lit και 2.41 mg/lit, όταν το ανώτατο επιτρεπτό όριο είναι μηδέν. Το 2012 δημοσιεύτηκε απ' το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης ο μέσος όρος των μετρήσεων που έγιναν στον Αργολικό Κόλπο την τελευταία δεκαετία. Οι μετρήσεις έδειξαν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, με μέση τιμή τα 140 mg/lit, όταν το μέγιστο επιτρεπτό όριο είναι τα 50 mg/lit, ενώ μερικά δείγματα εμφάνισαν τιμές των 578 mg/lit. Οι υψηλές τιμές οφείλονται, σύμφωνα με επιστήμονες στην υπέρμετρη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων που έχει σαν συνέπεια την ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα.

Αυτήν την περίοδο η ΔΕΥΑΝ εκτελεί τα εξής έργα:

- Αναβάθμιση και βελτίωση του αντλιοστασίου της Λέρνης.
- Αλλαγή κεντρικού αγωγού ύδρευσης στον Αμαριανό.
- Αντικατάσταση του παλιού λιθόκτιστου αγωγού στην οδό Βύρωνα στο Ναύπλιο.

Για το προσεχές μέλλον προβλέπονται τα εξής έργα:

- Δημοπρατήθηκε το έργο για την ολοκλήρωση της ύδρευσης του Ναυπλίου. Το έργο, το οποίο αφορά 3,65 km αγωγού μεταξύ Ναυπλίου, Εξώστη, Καραθώνας και δύο μεταλλικές δεξαμενές, θα πραγματοποιηθεί με έκπτωση 45% και τελικό ποσό 1.900.000€
- Προσπάθεια μεταφοράς μεγαλύτερης ποσότητας μέσω του εκσυγχρονισμού της μηχανολογικής υποδομής.
- Έλεγχος κατανάλωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

5.1 Έκταση αρδευόμενου πρασίνου

Ο υπολογισμός της συνολικής αρδευόμενης έκτασης πρασίνου του Ναυπλίου έγινε με την χρήση του Κτηματολογίου, μέσω ορθοφωτογραφιών που προέκυψαν από φωτοληψίες μεταξύ της περιόδου 2007-2009. Η έκταση του εκτιμάται σε 52.3 στρέμματα. Πιο αναλυτικά:

- Πράσινο στο πάρκο του ΟΣΕ: 12 στρέμματα.



- Διαστάσεις ΔΑΚ Ναυπλίου: 7.8 στρέμματα.





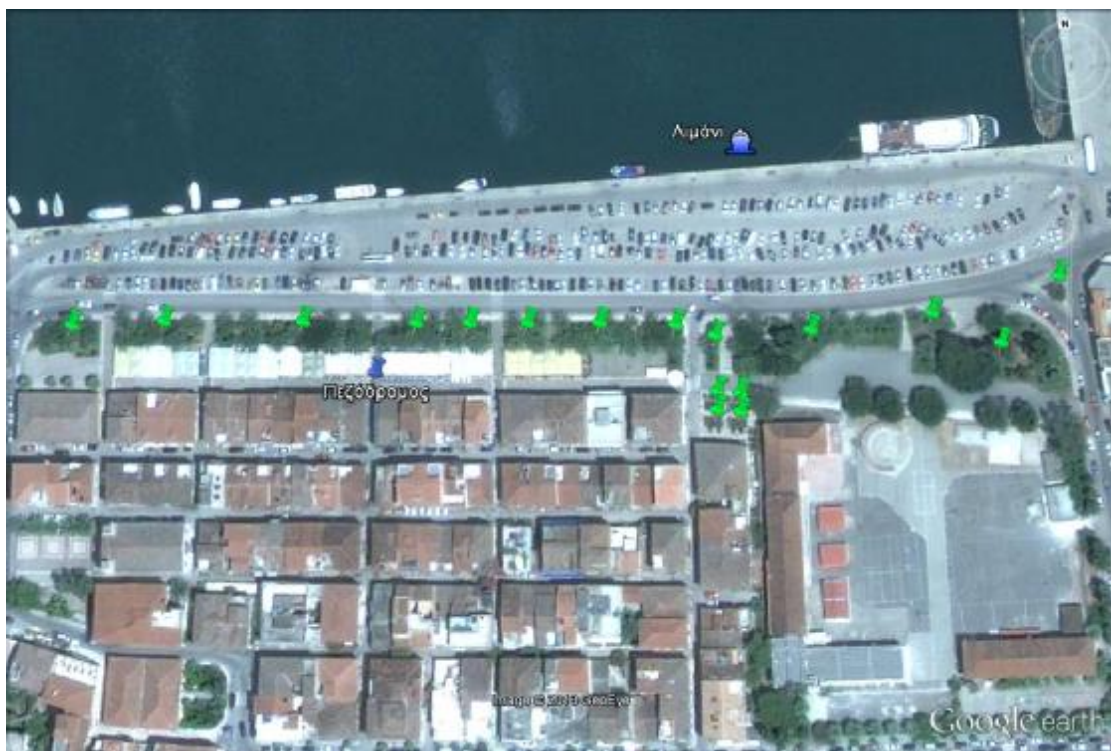
- Πράσινο στην παραλιακή οδό Ναυπλίου-Νέας Κίου: 7.2 στρέμματα.



- Πράσινο κοντά στην Περιφερειακή Ενότητα Αργολίδας: 4.8 στρέμματα.



- Πράσινο στον πεζόδρομο της οδού Μπουμπουλίνας: 3.4 στρέμματα.



- Πράσινο στο πάρκο του Θεόδωρου Κολοκοτρώνη: 3 στρέμματα.



- Πράσινο στην οδό Αιγίου: 2.8 στρέμματα.



- Πράσινο απέναντι απ' την ΔΕΗ: 1.4 στρέμματα.



- Πράσινο στο πάρκο της Πρόνοιας: 1.3 στρέμματα.



- Πράσινο στην οδό Ασκληπιού: 1.1 στρέμματα.



- Πράσινο στην Σχολή Καλών Τεχνών: 0.7 στρέμματα.



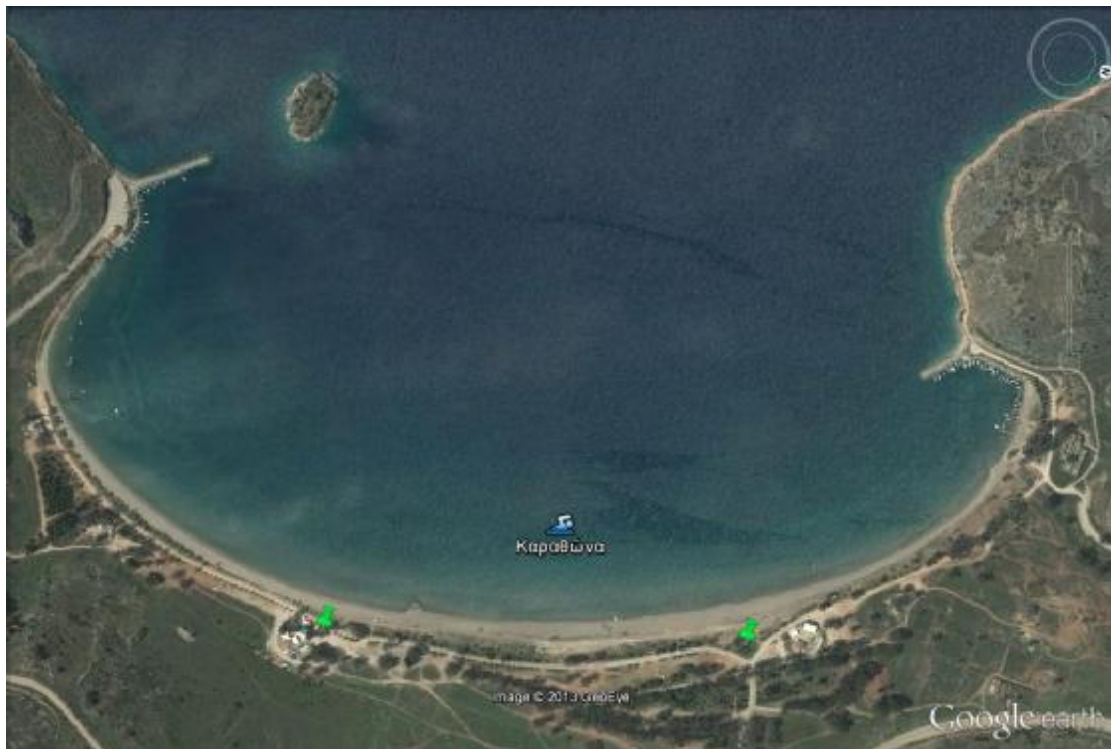
- Πράσινο στην οδό Μητροπολίτου Χρυσοστόμου: 0.7 στρέμματα.



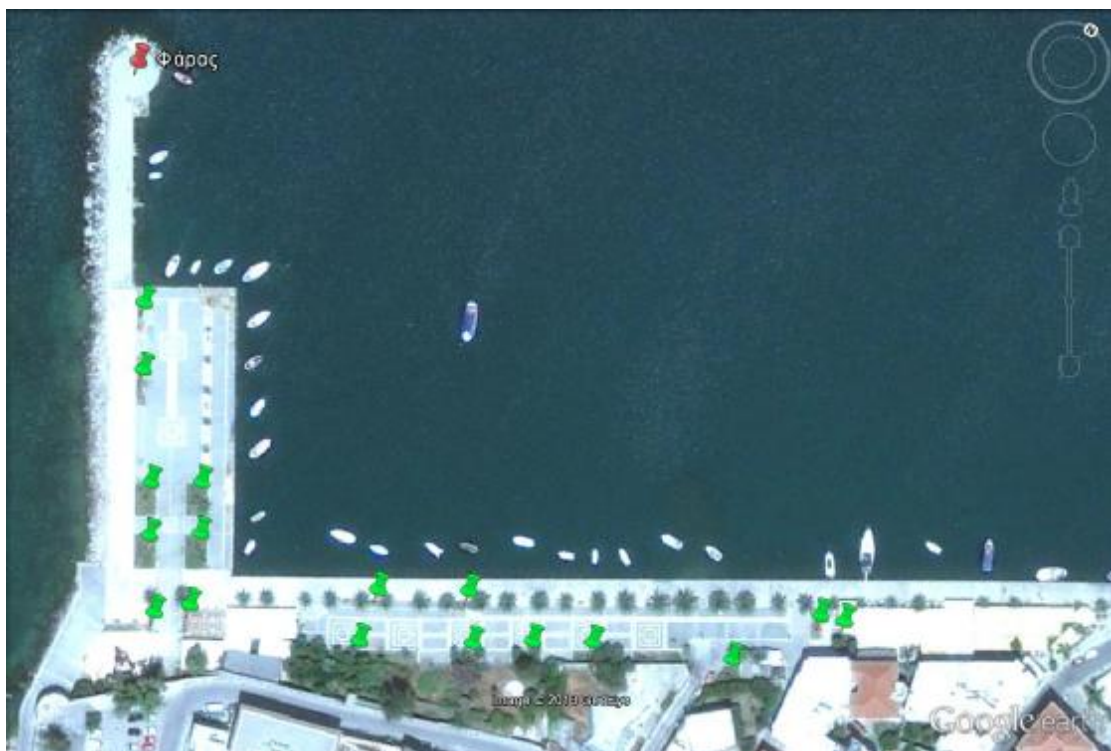
- Πράσινο στην οδό Ιατρού: 0.7 στρέμματα.



- Πράσινο στην παραλία Καραθώνα: 0.7 στρέμματα.



- Πράσινο στον φάρο: 0.6 στρέμματα.



- Πράσινο στην πλατεία Φιλελλήνων: 0.6 στρέμματα.



- Πράσινο στο Δημαρχείο: 0.6 στρέμματα.



- Πράσινο στις οδούς Αγαπητού και Ανδριανουπόλεως: 0.6 στρέμματα.



- Πράσινο στον Άγιο Αναστάσιο: 0.6 στρέμματα.



- Πράσινο στο πάρκο στις οδούς Λάμπρου και Παλαιολόγου: 0.5 στρέμματα.



- Πράσινο στις οδούς 25^{ης} Μαρτίου και Κύπρου: 0.4 στρέμματα.



- Πράσινο στο πάρκο του Ιωάννη Καποδίστρια: 0.3 στρέμματα.



- Πράσινο στην οδό Ευαγγελίστρια: 0.3 στρέμματα.



- Πράσινο στις Εργατικές Κατοικίες: 0.2 στρέμματα.



Σύνολο: 52.3 στρέμματα.

5.2 Επαναχρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού για άρδευση πρασίνου

Κατά την διάρκεια των θερινών μηνών, για την άρδευση 1 στρέμματος πρασίνου χρησιμοποιούνται $7 \text{ m}^3/\text{day}$.

Άρα, $52.3 \times 7 = 366.1 \text{ m}^3/\text{day} = 15.25 \text{ m}^3/\text{h}$.

Επίσης, στον πεζόδρομο που συνδέει την παραλία της Αρβανιτιάς με την παραλία της Καραθώνας υπάρχουν περίπου 2000 σταλάκτες, οι οποίοι αρδεύουν δέντρα με παροχή $0.05 \text{ m}^3/\text{day}/\text{σταλάκτης}$.

Άρα, $2000 \times 0.05 = 100 \text{ m}^3/\text{day} = 4.17 \text{ m}^3/\text{h}$.

Σύνολο, η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την άρδευση του πρασίνου στο Ναύπλιο κατά τους θερινούς μήνες ανέρχεται σε:

$15.25 + 4.17 = 19.42 \text{ m}^3/\text{h}$.

Επειδή, κατά τους χειμερινούς μήνες το πράσινο σπάνια αρδεύεται, μπορούμε να θεωρήσουμε ως μέση τιμή τα:

$$19.42/2 \approx 10 \text{ m}^3/\text{h}.$$

5.3 Συνολική επαναχρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού

Η επαναχρησιμοποίηση νερού στο Ναύπλιο, εκτός απ' την άρδευση πρασίνου, θα μπορούσε να εφαρμοστεί και για την άρδευση κήπων, καθώς και για βιομηχανικούς σκοπούς.

Το 2010 οι Δήμοι Ναυπλίου, Ασίνης, Ν. Τίρυνθας και Μιδέας ενώθηκαν σ' έναν, στον Δήμο Ναυπλίου, με τον πληθυσμό σύμφωνα με την απογραφή του 2011 να φτάνει τους 33260 κατοίκους. Λόγω λοιπόν του 'Καλλικράτη', δεν υπάρχουν στοιχεία για τον πληθυσμό της πόλης του Ναυπλίου. Ωστόσο, μπορεί να γίνει μία εκτίμηση.

Έτος	Πληθυσμός	Αύξηση πληθυσμού (%)
1961	8102	
1971	9320	11.5
1981	10611	11.4
1991	11987	11.3
2001	13822	11.5

Παρατηρούμε, ότι ο πληθυσμός του Ναυπλίου αυξάνεται κατά μέσο όρο, κατά 11.4% ανά δέκα χρόνια. Μπορούμε λοιπόν να εκτιμήσουμε ότι ο πληθυσμός για το 2011 θα ήταν:

$$13822 \times 1.114 = \mathbf{15397 \text{ κάτοικοι.}}$$

Οι 15397 κάτοικοι του Ναυπλίου κατανάλωναν κάθε χρόνο κατά μέσο όρο 175 m³/h. Σύμφωνα με την Unesco, η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού στις ανεπτυγμένες χώρες για κάθε άτομο είναι 150 lt/day.

Με βάση αυτά τα στοιχεία, η κατανάλωση νερού στο Ναύπλιο θα έπρεπε να είναι:

$$15397 \times 150 \text{ lt/day} = 2309550 \text{ lt/day}.$$

$$2309550 / 24 \text{ hr} = 96231 \text{ lt/h}.$$

$$96231 / 1000 = \mathbf{96.2 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Αν αυτή την τιμή την προσαυξίσουμε και κατά 34%, που είναι οι απώλειες δικτύου, τότε προκύπτει μία παροχή $96.2 \times 1.34 = 129 \text{ m}^3/\text{hr}$. Αυτή είναι η ποσότητα νερού για τις καθημερινές ανάγκες ενός ατόμου, όπως πόση, πλύσιμο πιάτων και ρούχων και καθαριότητα.

Προκύπτει όμως, ένα υπόλοιπο $175 - 129 = 46 \text{ m}^3/\text{day}$, το οποίο στην πραγματικότητα χωρίς τις απώλειες είναι $46 \times 0.66 = 30 \text{ m}^3/\text{h}$. Απ' αυτή την ποσότητα, τα $10 \text{ m}^3/\text{h}$ χρησιμοποιούνται για την άρδευση πρασίνου και τα υπόλοιπα $20 \text{ m}^3/\text{day}$ για άρδευση κήπων, ξενοδοχειακή χρήση και βιομηχανική χρήση, όπως εργοστάσια και οικοδομές.

Η ποσότητα που χρησιμοποιείται για τους κήπους και την βιομηχανία δεν μπορούμε να την υπολογίσουμε, ωστόσο μπορούμε να εκτιμήσουμε την ποσότητα που χρησιμοποιείται για ξενοδοχειακού σκοπούς.

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι αφίξεις στα ξενοδοχειακά καταλύματα της Αργολίδας από κατοίκους χωρών **εντός ΕΕ**, για τα έτη 2007 και 2009.

Δήμος	Τουρίστες (2007)	Ποσοστό (2007) (%)	Τουρίστες (2009)	Ποσοστό (2009) (%)	Μέσος όρος ποσοστού (%)
Ναυπλίου	15476	20.83	15140	22.45	21.64
Τολού	41402	55.72	38474	57.04	56.38
Πορτοχελίου	7229	9.73	4367	6.47	8.1
Ερμιόνης	4601	6.19	4837	7.17	6.68
Δρεπάνου	3935	5.3	2965	4.4	4.85
Αρχαίας Επιδαύρου	1657	2.23	1411	2.09	2.16
Νέας Κίου	-	-	253	0.38	0.19
Σύνολο	74300	100	67447	100	100

Παρατηρούμε, ότι το απ' το σύνολο των τουριστών που προέρχονται από χώρες **εντός ΕΕ**, το 21.64% έχει ως προορισμό το Ναύπλιο.

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται οι διανυκτερεύσεις σε ξενοδοχειακά καταλύματα της Αργολίδας, για τα έτη 2007, 2009 και 2010.

Μήνας	Διανυκτερεύσεις			Μέσος αριθμός διανυκτερεύσεων ¹
	2007	2009	2010	
Ιανουάριος	11.993	8.405	8.201	8.303
Φεβρουάριος	15.096	9.544	8.824	9.184
Μάρτιος	23.122	19.468	19.162	19.315
Απρίλιος	73.492	35.521	37.752	36.637
Μάιος	81.917	33.998	32.881	33.440
Ιούνιος	100.838	41.722	43.478	42.600
Ιούλιος	146.851	48.479	66.429	57.454
Αύγουστος	180.457	62.397	67.206	64.802
Σεπτέμβριος	69.697	33.267	42.153	37.710
Οκτώβριος	36.439	19.805	17.784	14.349
Νοέμβριος	14.443	7.517	6.640	7.079
Δεκέμβριος	12.487	6.910	6.932	6.921

¹ Απ' το 2009 και μετά, μπορούμε να παρατηρήσουμε τις επιπτώσεις που είχε η οικονομική κρίση στον τουρισμό της Αργολίδας. Γι' αυτό το λόγο, κατά τον υπολογισμό του μέσου όρου δεν λήφθηκαν υπόψη οι διανυκτερεύσεις για το 2007, καθώς οι συνέπειες της κρίσης αναμένεται να είναι εμφανές και τα επόμενα χρόνια.

Με τον μέσο αριθμό διανυκτερεύσεων, μπορούμε να εκτιμήσουμε το ποσοστό που αφορά το Ναύπλιο, συγκρίνοντας το με το ποσοστό των τουριστών που προέρχονται από χώρες εντός ΕΕ, δηλαδή το 21.64% του μέσου αριθμού.

Μήνας	Μέσος αριθμός διανυκτερεύσεων	Μέσος αριθμός διανυκτερεύσεων Ναυπλίου
Ιανουάριος	8.303	1.797
Φεβρουάριος	9.184	1.987
Μάρτιος	19.315	4.180
Απρίλιος	36.637	7.928
Μάιος	33.440	7.236
Ιούνιος	42.600	9.219
Ιούλιος	57.454	12.433
Αύγουστος	64.802	14.023
Σεπτέμβριος	37.710	8.160
Οκτώβριος	14.349	3.105
Νοέμβριος	7.079	1.532
Δεκέμβριος	6.921	1.498

Ο μήνας που μας ενδιαφέρει περισσότερο είναι ο Αύγουστος. Τότε το Ναύπλιο παρουσιάζει την μεγαλύτερη τουριστική κίνηση μες στο έτος, και κατά συνέπεια και την μεγαλύτερη ζήτηση για νερό.

Οι ανάγκες του Ναυπλίου για την κάλυψη των ξενοδοχειακών αναγκών για τον μήνα Αύγουστο είναι:

$14.024/30 \text{ days} = 467 \text{ διανυκτερεύσεις/day}$.

$467 \times 150 \text{ lt/day} = 70.050 \text{ lt/day} = 3 \text{ m}^3/\text{h}$.

Άρα, η μέγιστη παροχή για ξενοδοχειακούς σκοπούς φτάνει τα $3 \text{ m}^3/\text{h}$.

Η εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης θα μπορούσε να γίνει σε 1^η φάση για την άρδευση πρασίνου, με μία παροχή max κατά τους θερινούς μήνες ίση με $20 \text{ m}^3/\text{h}$.

Σε 2^η φάση η επαναχρησιμοποίηση θα μπορούσε να γίνει και για άρδευση κήπων, καθώς και για βιομηχανικούς σκοπούς. Η παροχή γι' αυτούς τους σκοπούς θα μπορούσε κατά τους θερινούς μήνες να φτάνει τουλάχιστον τα $20-3 = 17 \text{ m}^3/\text{h}$.

Για την κατασκευή του αγωγού επαναχρησιμοποίησης θα θεωρήσουμε παροχή ίση με 20 (άρδευση πρασίνου max)+ 17 (άρδευση κήπων και βιομηχανική χρήση)= $37 \text{ m}^3/\text{day}$. Μία ποσότητα νερού, η οποία κατά τους θερινούς μήνες, όπου η ζήτηση είναι ιδιαίτερα υψηλή και το δίκτυο ύδρευσης είναι συνεχώς στο 'κόκκινο', θα μπορούσε να 'ανακουφίσει' το δίκτυο κατά $37 \times 1.34 = 50 \text{ m}^3/\text{h}$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

6.1 Σημεία δικτύου

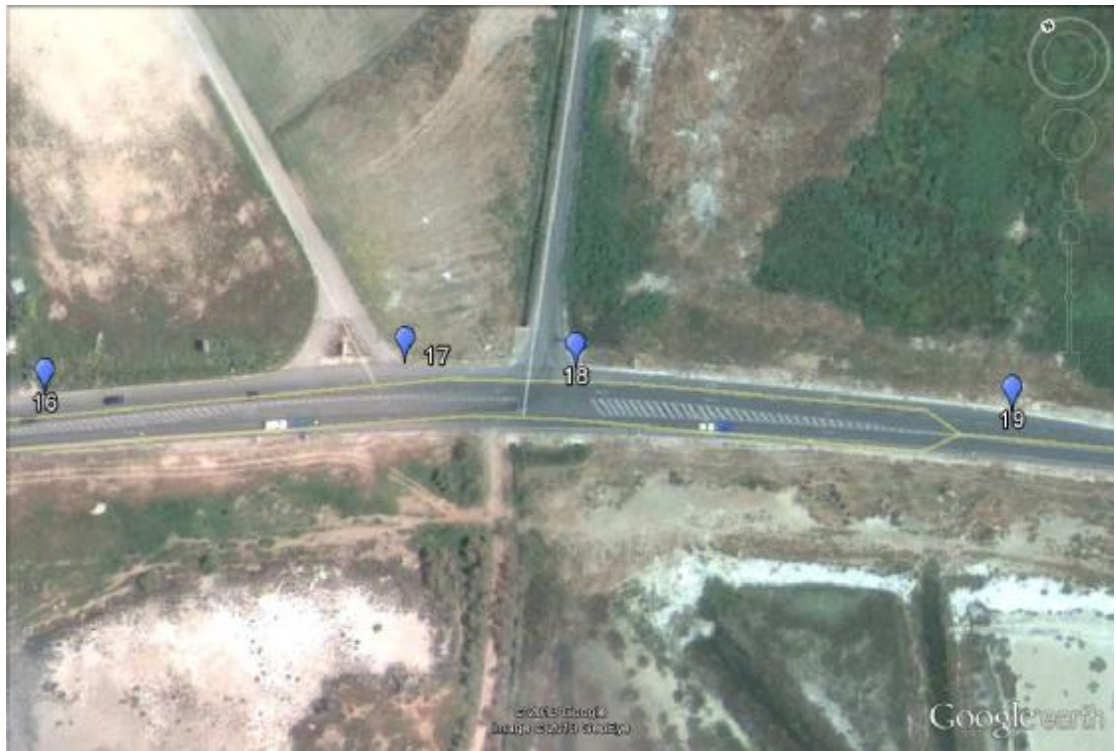
Σημείο	Απόσταση απ' το προηγούμενο σημείο (m)	Απόσταση απ' την αρχή (m)	Υψόμετρο (m)
1	0	0	0
2	77	77	1
3	85	162	1
4	74	236	1
5	81	317	1
6	79	396	2
7	108	504	2
8	6	510	2
9	29	539	1
10	8	547	1
11	69	616	1
12	36	652	0
13	55	707	0
14	97	804	0
15	54	858	0
16	34	892	0
17	87	979	0
18	41	1020	0
19	105	1125	0
20	52	1177	0
21	26	1203	0
22	53	1256	1
23	29	1285	0
24	49	1334	0
25	70	1404	0
26	60	1464	0
27	133	1597	0
28	51	1648	0
29	47	1695	0
30	34	1729	0
31	130	1859	1
32	119	1978	0
33	129	2107	1
34	98	2205	0
35	94	2299	1
36	133	2432	1
37	118	2550	1
38	34	2584	0
39	116	2700	0

40	61	2761	0
41	128	2889	1
42	46	2935	0



Στο σημείο 1 ξεκινάει ο αγωγός που μεταφέρει το επεξεργασμένο νερό στην θάλασσα. Απ' αυτό σημείο θα μπορούσε και να ξεκινήσει ο αγωγός επαναχρησιμοποίησης.







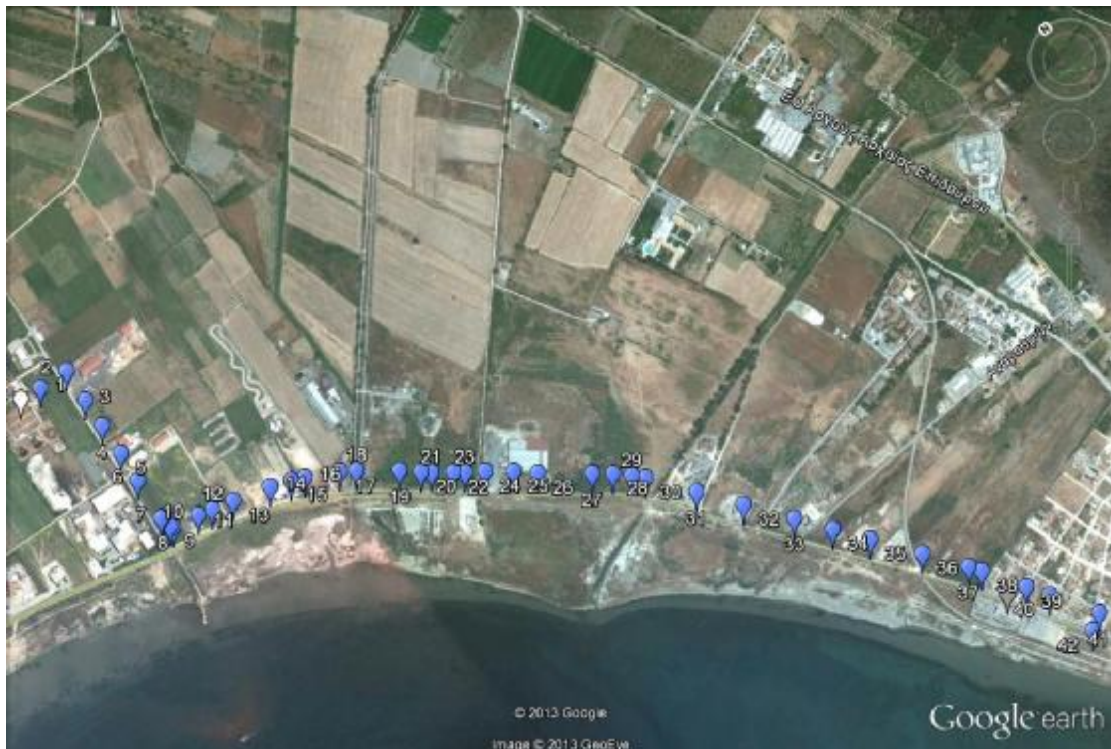








Στο σημείο 42 θα υπάρχει μία δεξαμενή στην οποία θα καταλήγει ο αγωγός επαναχρησιμοποίησης. Η δεξαμενή θα μπορούσε να έχει χωρητικότητα 450 m³, μία χωρητικότητα αρκετή ώστε να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση για 16 ώρες, ώστε να μη λειτουργεί συνέχεια η αντλία.



6.2 Υπολογισμοί

Η ταχύτητα U με την οποία ρέει το νερό στον αγωγό πρέπει να είναι $1 < U < 2$. Έστω, ότι θέλουμε η ταχύτητα να είναι 1.5 m/s .

$$Q = 37 / (60 \times 60) \Rightarrow Q = 0.011 \times 2 \Rightarrow \mathbf{Q = 0.021 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Πολαπλασιάζουμε την παροχή Q με 2 επειδή το αντλιοστάσιο θα λειτουργεί για 12 ώρες την ημέρα.

$$Q = U \times A \Rightarrow 0.021 = 1.5 \times A \Rightarrow \mathbf{A = 0.014 \text{ m}^2}$$

$A = (\pi \times d^2) / 4 \Rightarrow 0.014 = (3.14 \times d^2) / 4 \Rightarrow d^2 = 0.017 \Rightarrow \mathbf{d = 0.132 \text{ m}^2}$, οπότε επιλέγω **Ø16**, τον αγωγό με την αμέσως μεγαλύτερη διατομή απ' αυτήν που υπολόγισα που κυκλοφορεί στο εμπόριο.

$$R = d / 4 \Rightarrow R = 0.132 / 4 \Rightarrow \mathbf{R = 0.33 \text{ m}}$$

Χρησιμοποιώ την εξίσωση του Manning για να βρω την κλίση:

$$U = (1/n) \times R^{2/3} \times I^{1/2} \Rightarrow$$

$$1.5 = (1/0.01) \times 0.033^{2/3} \times I^{1/2} \Rightarrow$$

$$1.5 = 100 \times 0.103 \times I^{1/2} \Rightarrow$$

$$I^{1/2} = 0.146 \Rightarrow I = 0.021 \Rightarrow \mathbf{I = 2.1\%}$$

Υπολογισμός απωλειών:

$$I = h_f / L \Rightarrow 0.021 = h_f / 2.935 \Rightarrow \mathbf{h_f = 62.31 \text{ m}}$$

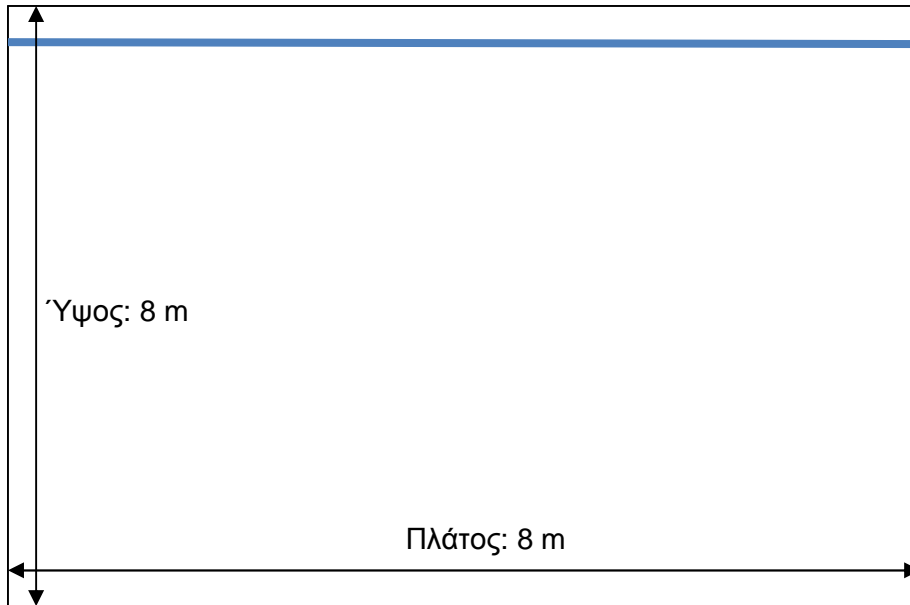
Στο εμπόριο κυκλοφορούν σωλήνες 6 και 10 atm. Εμείς θα επιλέξουμε σωλήνες αντοχής 10 atm, καθώς οι απώλειες είναι 62.31 m και θα χρησιμοποιήσουμε μόνο μία αντλία στο σημείο 1. Άρα, ο αγωγός θα είναι PVC, θα έχει αντοχή 10 atm, το πάχος των τοιχωμάτων θα είναι ίσο με 2 mm και το βάρος του ίσο με 0.062 kg/m.

6.3 Δεξαμενή

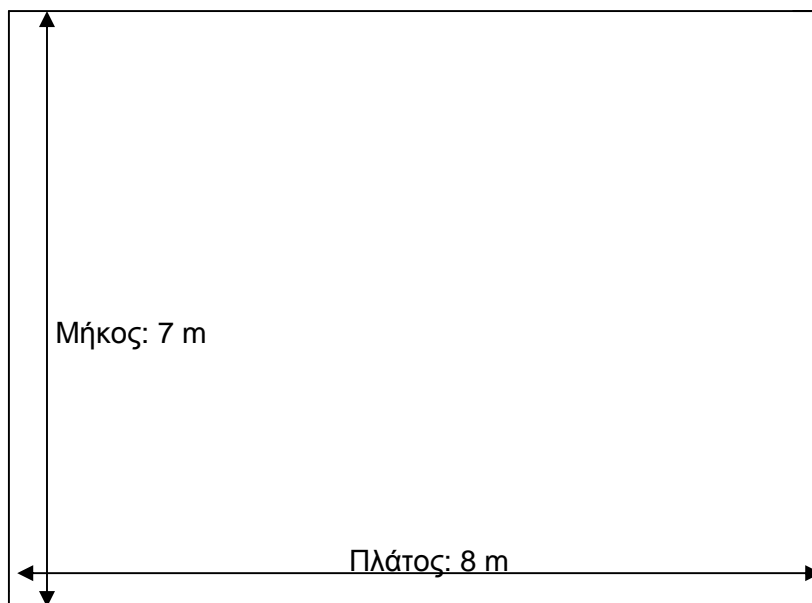
Η χωρητικότητα της δεξαμενής θα είναι 450 m^3 .

Παρακάτω παρουσιάζεται η όψη και κάτοψη της δεξαμενής.

ΌΨΗ



ΚΑΤΟΨΗ



Η δεξαμενή θα έχει διαστάσεις 8x8x7 m.

Πηγές

www.argolidablogs.gr

www.econews.gr

www.eea.eu.int

www.eletaen.gr

www.epa.gov

www.fao.org

www.news247.gr

www.pelopsnews.gr

www.tanea.gr

www.wikipedia.com

alliprotasi.wordpress.com

nafplioargolidas.blogspot.gr

ga.water.usgs.gov

xerouveim.blogspot.gr

ΔΕΥΑ Ναυπλίου

ΔΕΥΑ Άργους

Περιφέρεια Αργολίδας/Περιφερειακή Ενότητα Αργολίδας

ΚΕΛ Ναυπλίου

Αναστάσιος Λιάκης, Γεωπόνος-Δήμος Ναυπλίου

Αθανασία Τζίμα, Μηχανολόγος Μηχανικός-Διεύθυνση Τεχνικών Έργων/Περιφερειακής Ενότητας Αργολίδας

Μπάμπης Αντωνιάδης, Τοπογράφος Μηχανικός-Αρχαιολογικό Μουσείο Ναυπλίου

Φώτης Δρούλιας, Χημικός-ΚΕΛ Ναυπλίου