

ΤΕΧΝΙΚΟ - ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ .

1. Σύγκριση μεθόδων απολύμανσης.

Παρακάτω συγκρίνονται οι μέθοδοι απολύμανσης που αναφέρθηκαν παραπάνω με κριτήρια τα οποία μπορούν να διακριθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες .

A. Απολυμαντική ικανότητα

B. Επικινδυνότητα χρησιμοποιούμενων χημικών και παραπροϊόντων και επίδραση στον αποδέκτη .

Γ. Οικονομικά στοιχεία (κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας - συντήρησης)

1.1. Απολυμαντική ικανότητα

- Το χλώριο δρα διαπερνώντας την κυτταρική μεμβράνη και αδρανοποιώντας ορισμένα ένζυμα, σε ότι αφορά τα βακτηρίδια , ενώ σε ότι αφορά τους ιούς και τους άλλους μικροοργανισμούς, ο τρόπος δράσης του δεν έχει εξηγηθεί πλήρως και πιθανολογείται ότι επιδρά απευθείας στο DNA και το RNA του πυρήνα. Η διαδικασία αδρανοποίησης των ενζυμων έχει διαπιστωθεί ότι είναι αναστρέψιμη.
- Η υπεριώδης ακτινοβολία δρα «στειώνοντας» τους μικροοργανισμούς και συγκεκριμένα αλλοιώνοντας το DNA και το RNA, εμποδίζει την μεταφορά γενετικού υλικού και άρα την αναπαραγωγή των μικροοργανισμών. Παρόλα αυτά αρκετοί μικροοργανισμοί είναι ικανοί να επιδιορθώσουν μόνοι τους τις βλάβες του γενετικού υλικού (φωτοεπιδιόρθωση), αναιρώντας την απολυμαντική επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας.
- Το όζον καταστρέφει την κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών με αποτέλεσμα την μη συγκράτηση του κυτταρικού υλικού και την πλήρη καταστροφή του κυτάρου. Περιπτώσεις αναζωογόνησης μικροοργανισμών δεν έχουν αναφερθεί.

Τόσο η χλωρίωση, όσο και η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) «δυσκολεύονται» να αντιμετωπίσουν συγκεκριμένα είδη μικροοργανισμών. Η δράση του χλωρίου κατά των ιών είναι μικρότερη από εκείνη του όζοντος. Επιπλέον έχει διαπιστωθεί και αποδειχτεί η δράση του όζοντος σε είδη μικροοργανισμών που διαφεύγουν μιας και των δυο άλλων μεθόδων (πχ. *Escherichia Coli*, *Cryptosporidium*, πολυιοί, *Giardia myris*, *Giardia lamblia* κ.ά.) .

Η υπεριώδης ακτινοβολία αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα με τα αιρούμενα στερεά, (η διείσδυση UV ακτινοβολίας σε στρώματα απεσταγμένου νερού 7,5 cm, πέφτει από το 93% στο 7% παρουσία σιδήρου σε συγκέντρωση 1 mg/l) .

Επίσης, με την υπεριώδη ακτινοβολία δεν καταστρέφονται μικροοργανισμοί προσκολλημένοι σε σχεδόν άορατα σωματίδια, ή μικροοργανισμοί που διέρχονται από το σημείο ακτινοβολίας σε μεγάλους σχηματισμούς. Μεγάλη είναι η μείωση της απολυμαντικής δράσης της UV ακτινοβολίας από την συσσώρευση ακαθαρσιών και λιπών στην επιφάνεια των λαμπτήρων. Αντίθετα το όζον δεν εξαρτάται από αντίστοιχους παράγοντες και έχει, γενικά, ταχύτερη και ισχυρότερη απολυμαντική δράση, η υπολειμματική του δράση όμως είναι ελάχιστη.

1.2. Επικινδυνότητα μεθόδου παραπροϊόντων

Όσο αφορά το αέριο χλώριο και το ClO₂, είναι και τα δυο τοξικά αέρια και κάθε διαφυγή τους χαρακτηρίζεται σοβαρότατο ατύχημα. Ταυτόχρονα το ClO₂ είναι ιδιαίτερα ασταθές ακόμη και σε υδατικά διαλύματα (>10% w/v), ιδιαίτέρως εάν συμπιεστεί. Οι διάφορες τροποποιήσεις της μεθόδου για την βελτίωση της απόδοσης αλλά και την μεγαλύτερη ασφάλεια δεν είναι ιδιαίτέρως αποδοτικές, καθώς οι χλωριωτές προδιάλυσης όταν λειτουργούν υπό πίεση εμφανίζουν μεγαλύτερους κινδύνους διαφυγής. Αντίθετα το όζον που και αυτό είναι αέριο έχει πολύ μικρό χρόνο ζωής (30 min, ενώ είναι χαρακτηριστικό ότι η έκθεση σε 1000 ppm όζοντος για 30 sec μπορεί να προκαλέσει ελαφρό ερεθισμό, ενώ ισοδύναμη έκθεση σε χλώριο ή ClO₂ συχνά αποβαίνει μοιραία. Σε κάθε περίπτωση η παραγωγή και η κατανάλωση του παραγόμενου όζοντος γίνεται σε κλειστό κύκλωμα και η περίσσεια καταστρέφεται σε θερμοκαταλυτικό αντιδραστήρα (καταστροφέας όζοντος).

Η διαφορά του αέριου χλωρίου και του ClO₂, είναι ότι το χλώριο διακινείται και χρησιμοποιείται αποθηκευμένο σε χαλύβδινες φιάλες υπό πίεση, ενώ το διοξείδιο του χλωρίου παράγεται έπη τόπου στις δόσεις που απαιτούνται και προστίθεται κατευθείαν στο νερό. Κατά συνέπεια, ο σωστός σχεδιασμός των διατάξεων αποθήκευσης των αντιδρώντων διαλυμάτων και η στοιχειώδης συντήρηση του αντιδραστήρα παραγωγής του πυκνού διαλύματος ελαχιστοποιούν τους κινδύνους ατυχήματος. Ωστόσο, η όλη διαδικασία παραγωγής και δοσομέτρησης είναι πιο σύνθετη από αυτή της προσθήκης υποχλωριωδών αλάτων και δεν συνίσταται αν δεν υπάρχει κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό για επίβλεψη και συντήρηση.

Η χρήση του όζοντος, με τα μέχρι στιγμής λίγα επιστημονικά στοιχεία, δεν δημιουργεί επικίνδυνα παραπροϊόντα, αλλά αντίθετα έχει θετική επίδραση στα φυσικά χαρακτηριστικά του αποδέκτη, καθώς συντελεί στην απομάκρυνση του χρώματος, των οσμών και στην καταστροφή ορισμένων επικίνδυνων οργανικών ουσιών.

1.3. Κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας - συντήρησης

Το κόστος εγκατάστασης των μονάδων όζοντος και UV είναι παραπλήσιο, ενώ αυτό των μονάδων χλωρίωσης είναι μικρότερο, καθώς δεν συμπεριλαμβάνονται εξελιγμένες τεχνολογικές διατάξεις.

Από την άλλη πλευρά το κόστος λειτουργίας των μονάδων όζοντος είναι μικρότερο, καθώς μοναδική απαίτηση είναι ηλεκτρικό ρεύμα, (ή και οξυγόνο), ενώ οι μονάδες UV εκτός του ηλεκτρικού ρεύματος, έχουν μια επιπρόσθετη επιβάρυνση λόγω αλλαγής των λαμπτήρων, που η συχνότητα αλλαγής εξαρτάται από την ποιότητα του νερού και από κάποιες άλλες κατασκευαστικές παραμέτρους. Οι διατάξεις χλωρίωσης είναι προφανές ότι έχουν ένα σημαντικό κόστος προμήθειας των χρησιμοποιούμενων χημικών.

Η απαίτηση εργατικού δυναμικού για την λειτουργία των μονάδων όζοντος είναι μικρή, καθώς δεν χρειάζεται συνεχής παρακολούθηση, ενώ οι όποιοι περιοδικοί έλεγχοι ή διορθώσεις γίνονται από το υπάρχον προσωπικό βάρδιας. Οι δυο άλλες εγκαταστάσεις απαιτούν μεγαλύτερο εργατικό δυναμικό λόγω της συνεχούς παρακολούθησης που απαιτείται.

Το κόστος υλικών και εργασιών συντήρησης είναι ιδιαίτερα υψηλό στις εγκαταστάσεις UV, καθώς πέρα από τις όποιες τακτικές εργασίες συντήρησης, η πράξη έχει δείξει ότι απαιτείται αλλαγή των λαμπτήρων περίπου μια φορά τον χρόνο.

Αυτή η μεγάλη συχνότητα αντικατάστασης ενός τόσο σημαντικού τμήματος της μονάδας, επιφέρει δραματική αύξηση του κόστους υλικών. Η συντήρηση των μονάδων όζοντος ακολουθεί το πρόγραμμα συντήρησης όλης της μονάδας και δεν προβλέπονται τακτικές αντικαταστάσεις τμημάτων του εξοπλισμού, πριν από χρονικό διάστημα λειτουργίας 5 χρόνων (τα δεδομένα προκύπτουν και από την λειτουργία μονάδων στον Ελληνικό χώρο) .

Πάντως , ασφαλείς συγκρίσεις και τελικά συμπεράσματα για τα επί μέρους κόστη λειτουργίας και συντήρησης των διαφόρων τρόπων και τύπων απολύμανσης, ασφαλώς και δεν μπορεί να υπάρχουν, καθώς λείπουν και τα πραγματικά αντίστοιχα ποσά, αναφερόμενα σε ίδιας δυναμικότητας εγκαταστάσεις .

Θεωρούμε πάντως, ότι η διερεύνηση του κόστους των διαφόρων τρόπων απολύμανσης του πόσιμου νερού , οφείλει και πρέπει να γίνεται από τους φορείς του νερού, ακόμα και με δεδομένο ότι η απολύμανση γενικά, δεν συμμετέχει με μεγάλο ποσοστό στο κόστος παραγωγής, επεξεργασίας και διανομής του πόσιμου νερού .

2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων απολύμανσης .

2.1. Χλωρίωση

Πλεονεκτήματα :

Η χλωρίωση είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική ενάντια στους περισσότερους πιθανούς παθογόνους οργανισμούς, είναι εύκολη στην εφαρμογή, στον έλεγχο, και στην επίβλεψη της, ενώ και το κόστος είναι σχετικά χαμηλό.

Λειτουργικά είναι η πιο αξιόπιστη μέθοδος απολύμανσης και αποτελεί το απολυμαντικό με τον καλύτερο συντελεστή απόδοσης ως προς το κόστος και την αποτελεσματικότητα απολύμανσης.

Το σημαντικότερο όμως πλεονέκτημα της είναι ότι παρέχει ένα υπόλειμμα στο δίκτυο ύδρευσης που προστατεύει από πιθανή μόλυνση στο δίκτυο (παραμένει ως προστατευτικός παράγοντας για αρκετό χρονικό διάστημα μέσα στο νερό) και βοηθάει στην μείωση της προσκόλλησης των μικροοργανισμών σε τοιχώματα των σωλήνων αποτρέποντας έτσι την δημιουργία ενός είδους κρούστας (βιοφίλμ) .

Μειονεκτήματα :

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της χλωρίωσης είναι η δημιουργία οργανικών παραπροϊόντων χλωρίωσης τα οποία και απειλούν άμεσα την ανθρώπινη

υγεία.

Επίσης η χλωρίωση προσδίδει χαρακτηριστικά έντονη οσμή και γεύση στο νερό, η οποία οφείλεται όχι μόνο στο χλώριο αλλά και σε διάφορα παραπροϊόντα απολύμανσης.

Τα διαλύματα των υποχλωριωδών αλάτων δεν είναι σταθερά, αλλά το ενεργό χλώριο μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, ειδικά σε συνθήκες αυξημένων θερμοκρασιών (καλοκαίρι). Συνεπώς η αποθήκευση για μεγάλα χρονικά διαστήματα δεν συνίσταται.

Αυτό συνεπάγεται μια συνεχή διαδικασία προμήθειας φρέσκου υλικού για έτοιμα διαλύματα, όπως το υποχλωριώδες νάτριο.

2.2 UV

Πλεονεκτήματα :

Κατά την απολύμανση του νερού με υπεριώδης ακτινοβολία (UV), αντίθετα με τη χλωρίωση, δεν παράγεται κανένα γνωστό παραπροϊόν σε επίπεδα ανησυχητικά για την υγεία του ανθρώπου. Η UV είναι αποτελεσματική ενάντια στο παθογόνο *Cryptosporidium* και στην αδρανοποίηση των περισσοτέρων ιών, σπόρια και κύστες υπό την προϋπόθεση της απόλυτης καθαρότητας του νερού. Επίσης δεν χρειάζεται να παράγεται, να αποθηκεύεται ή να ελέγχεται κανένα χημικό κατά την απολύμανση, με αποτέλεσμα να μην υφίσταται κίνδυνος υπερδοσολογίας. Δεν δημιουργεί υπολειμματική τοξικότητα, παρέχει βελτιωμένη ασφάλεια σε σχέση με την χρήση χημικών απολυμαντικών, ενώ απαιτεί και μικρότερο χώρο από την απολύμανση με χλώριο.

Μειονεκτήματα :

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της απολύμανσης του πόσιμου νερού με UV είναι ότι δεν παρέχει καμία υπολειμματική προστασία στο δίκτυο ύδρευσης. Εξίσου σημαντικό μπορεί να χαρακτηριστεί και το φαινόμενο της φωτοενεργοποίησης ορισμένων οργανισμών : η επίδραση του φωτός ορισμένου μήκους κύματος είναι δυνατόν αν ενεργοποιήσει ορισμένους μικροοργανισμούς μετά από την απολύμανση με UV, οι οποίοι στην συνέχεια θα μπορούν να πολλαπλασιαστούν και να γίνουν λοιμογόνοι. Η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης δύσκολα ελέγχεται. Ακόμη απαιτείται υψηλό κόστος για την δημιουργία ενός εφεδρικού συστήματος απολύμανσης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Δεν παρέχει άμεση μέτρηση για τον έλεγχο της επιτυχίας της απολύμανσης. Καταναλώνει ενέργεια, είναι κρίσιμος ο υδραυλικός σχεδιασμός του UV συστήματος, ενώ είναι και σχετικά ακριβό . Τέλος απαιτεί μεγάλο αριθμό UV λυχνιών, όταν χρησιμοποιούνται συστήματα χαμηλής πίεσης, χαμηλής έντασης, ενώ και η λυχνία του απαιτεί συχνό καθαρισμό για να απομακρυνθούν οι όποιες επικαθίσεις αλάτων.

2.3 Όζον.

Πλεονεκτήματα :

Το όζον είναι το ισχυρότερο απολυμαντικό λόγω της ισχυρής οξειδωτικής του δράσης. Επίσης κατά την απολύμανση δεν παράγονται χλωριωμένα παράγωγα (CBPs) και σε αντίθεση με την χλωρίωση είναι αποτελεσματικό ενάντια στο *Cryptosporidium* σε υψηλές συγκεντρώσεις. Συντελεί στην απομάκρυνση του χρώματος, των οσμών και στην καταστροφή ορισμένων επικίνδυνων οργανικών ουσιών.

Δεν παρουσιάζει προβλήματα ασφαλείας σε σχέση με την μεταφορά και την αποθήκευσή του. Έχει εξαιρετικές απολυμαντικές ιδιότητες. Καταστρέφει ταχύτατα μικροοργανισμούς ανθεκτικούς στο χλώριο ή άλλα απολυμαντικά όπως αμοιβάδες, κόκκους, μύκητες, μυξομύκητες, φύκια, σπόρους και κύστες. Απαιτεί μικρούς χρόνους εφαρμογής (ο οζονισμός απαιτεί περίπου 10 min, ενώ η χλωρίωση 30 - 350 min). Η απολύμανση πραγματοποιείται σχεδόν ακαριαία. Η μέθοδος με όζον έχει μικρότερη ευαισθησία στο pH και στην θερμοκρασία. Η απολυμαντική δράση μένει αναλλοίωτη για 2 - 30 C και 6 - 10.

Μειονεκτήματα :

Το μεγαλύτερο ίσως μειονέκτημα της απολύμανσης με όζον είναι ότι δεν παρέχει καμία υπολειμματική δράση, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει καμία προστασία στο δίκτυο ύδρευσης. Αν στο νερό υπάρχουν βρωμιόντα τότε κατά την απολύμανση παράγονται βρωμιωμένα οργανικά παραπροϊόντα. Ακόμη το όζον σπάει περισσότερα σύμπλοκα οργανικής ύλης σε μικρότερες ενώσεις που μπορούν να προάγουν την επανανάπτυξη των μικροοργανισμών μέσα στο δίκτυο ύδρευσης και να αυξήσουν την δημιουργία παραπροϊόντων κατά την διάρκεια δευτεροβάθμιων διαδικασιών απολύμανσης. Μειονέκτημα επίσης αποτελεί η δυσκολία στον έλεγχο και στην παρακολούθηση του ειδικά κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες φορτίου και απαιτείται μεγαλύτερο αρχικό κεφάλαιο από την χλωρίωση. Τέλος, απαιτεί πιλοτική εγκατάσταση προκειμένου να βρεθεί βέλτιστη δόση όζοντος.

2.4 Διοξείδιο του χλωρίου

Πλεονεκτήματα

- Δεν σχηματίζει τα παραπροϊόντα του χλωρίου ή των υποχλωριωδών αλάτων
- Σχηματίζει ελάχιστα μικρού κινδύνου παραπροϊόντα
- Έχει καλή υπολειμματική δράση.
- Παράγεται επι τόπου στις απαιτούμενες ποσότητες από απολύτως σταθερά διαλύματα που μπορεί να αποθηκεύονται επ' αόριστον.
- Είναι εξαιρετικό οξειδωτικό όπως το όζον και απαιτεί πολύ μικρό χρόνο επαφής για να επιτύχει την απολυμαντική δράση.
- Δεν αντιδρά με την αμμωνία αλλά οξειδώνει το σίδηρο και άλλα τυχόν μέταλλα που ευρίσκονται διαλυμένα στο νερό.

Μειονεκτήματα

- Απαιτείται παρασκευή επιτόπου και συνεπώς προσεκτική επίβλεψη και συντήρηση.
- Υπάρχει πιθανότητα διαφυγής μικρής ποσότητας αερίου διοξειδίου του χλωρίου σε περίπτωση διαρροής.
- Είναι έντονα τοξικό στην αναπνοή

3. ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΧΩΡΟ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με τη διεθνή πρακτική στο θέμα της απολύμανσης νερού. Τα αποτελέσματα πάρθηκαν από ένα ερωτηματολόγιο το οποίο είχε σταλεί σε μεγάλες μονάδες επεξεργασίας νερού της Ευρώπης και της Αμερικής. Τα στοιχεία αυτά τα οποία παρουσιάζονται στους δυο πιο κάτω πίνακες 4.1. και 4.2., αφορούσαν την δυναμικότητα της κάθε μονάδας επεξεργασίας, τον τύπο του νερού που επεξεργάζονται και τις μεθόδους απολύμανσης.

Σύμφωνα με τα στοιχεία παρατηρείται πως η κύρια μέθοδος απολύμανσης που εφαρμόζεται είναι η χλωρίωση, ενώ η πλειοψηφία των εταιριών που παρουσιάζονται χρησιμοποιούν ενεργό άνθρακα για την απομάκρυνση φυτοφαρμάκων και οργανικών ενώσεων. Υπάρχουν ωστόσο και εταιρίες που χρησιμοποιούσαν μόνο όζον , ή μόνο UV , αλλά σε μικρότερο ποσοστό. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι το όζον χρησιμοποιείται κυρίως κατά την επεξεργασία αντικαθιστώντας την αποχλωρίωση. Με αυτή την αλλαγή επιτυγχάνονται δυο πράγματα : α) αποφυγή δημιουργίας CBPs καθώς σε αυτή την φάση το νερό είναι συνήθως πλούσιο σε οργανικά και β) την αναβάθμιση της απόδοσης μεθόδων καθαρισμού του νερού (κυρίως στην κροκίδωση), λόγω της οξειδωτικής δράσης του όζοντος.

Στην Κύπρο υπάρχουν δυο μονάδες επεξεργασίας νερού την Λεμεσό και στην Λευκωσία. Η μονάδα επεξεργασίας νερού της Λεμεσού λειτουργεί από το 1944 και τροφοδοτείται με ακατέργαστο νερό από το φράγμα του Κούρη. Έχει δυναμικότητα επεξεργασίας 40.000 m³ την ημέρα , με δυνατότητα αύξησης της στα 80.000 m³ την ημέρα. Τα κύρια στάδια επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται είναι η κροκίδωση, η συσσωμάτωση, η καθίζηση, η διήθηση και η χλωρίωση.

Η μονάδα επεξεργασίας νερού Τερσεφάνου στην Λευκωσία λειτουργεί από το 1999 και έχει δυναμικότητα επεξεργασίας 60.000 m³ την ημέρα, με δυνατότητα αύξησης στα 90.000 m³ την ημέρα. Η μονάδα τροφοδοτείται με ακατέργαστα νερά προερχόμενα από φράγματα του Κούρη και του Καλαβάσου μεσω νοτίου αγωγού. Επιπρόσθετα είναι δυνατή η παροχή αφαλατωμένου νερού από μονάδα αφαλάτωσης της Δεκελίας της Λευκωσίας. Τα κύρια στάδια επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται είναι η αποχλωρίωση, αερισμός, κροκίδωση, συσσωμάτωση, διήθηση, φιλτράρισμα, μεταχλωρίωση και διόρθωση του pH. Επιπλέον υπάρχει πρόνοια εγκατάστασης συστήματος οζονίωσης στο μέλλον αν καταστεί απαραίτητο.

Στην Ελλάδα εξετάζονται κατ' αρχήν μονάδες επεξεργασίας νερού στην Θεσσαλονίκη και την Αθήνα.

Η μονάδα επεξεργασίας νερού Αλιάκμονα στη Θεσσαλονίκη λειτουργεί από το 2003 και επεξεργάζεται επιφανειακά νερά δυναμικότητας 150.000 m³ την ημέρα στο παρόν στάδιο της Α φάσης των εργασιών, ενώ στο μέλλον με την ολοκλήρωση κάποιων φάσεων θα υπάρχει δυναμικότητα επεξεργασίας 600.000 m³ την ημέρα.

Οι διεργασίες που υφίσταται το νερό κατά την επεξεργασία του είναι οι εξής :

προοζόνωση (για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και των αλγών που ενδεχομένως να εμφανιστούν κατά περιόδους στο νερό), ρύθμιση του pH, (για βελτιστοποίηση της όλης επεξεργασίας του), με την προσθήκη διαλύματος θειικού οξέος, προσθήκη κροκιδωτικού, (ως κροκιδωτικό χρησιμοποιείται διάλυμα θειικού αργίλου), κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση σε κλίνες άμμου, οζόνωση για την διάσπαση των φυτοφαρμάκων, (που ενδεχομένως να εμφανιστούν στο επιφανειακό νερό κατά περιόδους), διύλιση σε κλίνες ενεργού άνθρακα, (για την προσρόφηση και κατακράτηση των προϊόντων που προκύπτουν από την διάσπαση των φυτοφαρμάκων), ρύθμιση του pH στην τελική επιθυμητή τιμή και απολύμανση με χλώριο.

Στην Αθήνα οι μονάδες επεξεργασίας πόσιμου νερού είναι τέσσερις :

του Γαλασίου, των Αχαρνών, του Πολυδενδρίου και της Μάνδρας (Ασπροπύργου).

Τα στάδια επεξεργασίας που χρησιμοποιούν και οι τέσσερις προαναφερθείσες μονάδες είναι η εσχάρωση, η αποχλωρίωση, η κροκίδωση, (θειικό αργίλιο), η καθίζηση, η φίλτραση (αμμόφιльтра), μεταχλωρίωση (εφόσον δεν είναι ικανοποιητική η μεταχλωρίωση).

Η μονάδα Γαλασίου λειτουργεί από το 1931 και επεξεργάζεται νερό δυναμικότητας 540.000 m³ την ημέρα, συγκεκριμένα για απολύμανση νερού χρησιμοποιείται χλώριο στην εγκατάσταση και χλωραμίνη στην εισαγωγή του δικτύου διανομής.

Η μονάδα Αχαρνών κατασκευάστηκε το 1978 και ανακατασκευάστηκε το 1992 με νέα συστήματα, όπως πλύσης φίλτρων με εμφύσηση αέρα και ανάστροφη ροή του νερού, χρησιμοποιεί μόνο την χλωρίωση για απολύμανση. Οι μονάδες επεξεργασίας νερού Πολυδενδρίου περιλαμβάνουν δυο ισοδύναμες μονάδες με ονομαστική δυναμικότητα 100.000 m³ την ημέρα η καθεμία και λειτουργούν από το 1986, χρησιμοποιούν μόνο την χλωρίωση για απολύμανση.

Η μονάδα Ασπροπύργου λειτουργεί από το 1997 και αποτελείται από τέσσερις ισοδύναμους κλάδους με συνολική ικανότητα επεξεργασίας νερού 200.000 m³ την ημέρα και χρησιμοποιούν μόνο την χλωρίωση για απολύμανση.

Ο τρόπος απολύμανσης σε υπόλοιπες Ελληνικές πόλεις, μαζί με τον αντίστοιχο όγκο νερού που απολυμαίνονται, φαίνεται στον τελευταίο επισυναπτόμενο Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.1. Αποτελέσματα έρευνας Με ερωτηματολόγιο για τις πρακτικές απολύμανσης στην Ευρώπη .

Αγγλία			
(1) Thames Water Utilities			
Νερό που επεξεργάζεται	1 x 109 m3/y	Μέθοδος απολύμανσης	Χλωρίωση/Χλώριο, χλωραμίνη 0,5 ml/l
Πληθυσμός που εξυπηρετείται	7,38 εκατο	Χρήση όζοντος	Ναι, προεπεξεργασία
Συνολικό μήκος δικτύου	31280 km	Χρήση Ενεργού άνθρακα	Ναι, (GAC)
Επιφανειακά / Υπόγεια ύδατα		Ε/Υ=77% / 23%	
(2) AWG (Anglian Water)			
Νερό που επεξεργάζεται	475 x 106 m3/y	Μέθοδος απολύμανσης	Χλωρίωση/Χλώριο, χλωραμίνη 0,5-1,2 ml/l
Πληθυσμός που εξυπηρετείται	4 εκατό.	Χρήση όζοντος	Ναι, προεπεξεργασία
Συνολικό μήκος δικτύου	35000 km	Χρήση Ενεργού άνθρακα	Ναι, (GAC)
Επιφανειακά / Υπόγεια ύδατα		Ε/Υ=55% / 45%	
Ολλανδία			
(3) Water Supply Company Oerijssel (WMO N.V)			
Νερό που επεξεργάζεται	76 x 106 m3/y	Μέθοδος απολύμανσης	Ενεργός άνθρακας + UV (40 mJ/cm2)
Πληθυσμός που εξυπηρετείται	1,1 εκατό.	Χρήση όζοντος	Όχι
Συνολικό μήκος δικτύου	12000 km	Χρήση Ενεργού άνθρακα	Ναι, (GAC)
Επιφανειακά / Υπόγεια ύδατα		Ε/Υ=25% / 75%	
(4) N.V. Waterleidingmaatschappij			
Νερό που επεξεργάζεται	30 x 106 m3/y	Μέθοδος απολύμανσης	Δεν χρειάζεται απολύμανση
Πληθυσμός που εξυπηρετείται	450000	Χρήση όζοντος	Όχι
Συνολικό μήκος δικτύου	4000 km	Χρήση Ενεργού άνθρακα	Όχι
Επιφανειακά / Υπόγεια ύδατα		Ε/Υ=0% / 100%	
Δανία			
(5) Vindeby Vandforsyning A.M.B.A.			
Νερό που επεξεργάζεται	-	Μέθοδος απολύμανσης	Ενεργός άνθρακας + UV
Πληθυσμός που εξυπηρετείται	-	Χρήση όζοντος	Όχι
Συνολικό μήκος δικτύου	-	Χρήση Ενεργού άνθρακα	Ναι, (GAC)
Επιφανειακά / Υπόγεια ύδατα		-	
Σουηδία			
(6) Stockholm Water Co			
Νερό που επεξεργάζεται	130 x 106 m3/y	Μέθοδος απολύμανσης	Χλωρίωση (Χλώριο + χλωραμίνη) +UV
Πληθυσμός που εξυπηρετείται	1 εκατό.	Χρήση όζοντος	Όχι
Συνολικό μήκος δικτύου	-	Χρήση Ενεργού άνθρακα	Όχι
Επιφανειακά / Υπόγεια ύδατα		Ε/Υ=100% / 75%	

(7) Sagep			
Νερό που επεξεργάζεται	240 x 106 m ³ /y	Μέθοδος απολύμανσης	Χλωρίωση (Χλώριο)
Πληθυσμός που εξυπηρετείται	2,5 εκατό.	Χρήση όζοντος	Ναι, σε συνδυασμό με ενεργό άνθρακα
Συνολικό μήκος δικτύου	2000 km	Χρήση Ενεργού άνθρακα	Ναι, (PAC)
Επιφανειακά / Υπόγεια ύδατα		E/Y=50% / 50%	
Βέλγιο			
(8) AWW Antwerpse Waterwieren			
Νερό που επεξεργάζεται	150 x 106 m ³ /y	Μέθοδος απολύμανσης	Χλωρίωση (Χλώριο)
Πληθυσμός που εξυπηρετείται	1 εκατό.	Χρήση όζοντος	Όχι
Συνολικό μήκος δικτύου	2500 km	Χρήση Ενεργού άνθρακα	Ναι, (GAC)
Επιφανειακά / Υπόγεια ύδατα		E/Y=100% / 0%	
(9) PIDPA - Provinciale en Intercommunale Drinkwatermaatschappij de Provincie Antwerpen			
Νερό που επεξεργάζεται	64 x 106 m ³ /y	Μέθοδος απολύμανσης	UV (40 mJ/cm ²) η /και χλωρίωση
Πληθυσμός που εξυπηρετείται	1,1 εκατό.	Χρήση όζοντος	Όχι
Συνολικό μήκος δικτύου	12000 km	Χρήση Ενεργού άνθρακα	Όχι
Επιφανειακά / Υπόγεια ύδατα		E/Y=0% / 100%	
Ιρλανδία			
(10) Cork Corporation - Sanitary Services [Cork]			
Νερό που επεξεργάζεται	23 x 106 m ³ /y	Μέθοδος απολύμανσης	Φθορίωση/Χλωρίωση στην έξοδο
Πληθυσμός που εξυπηρετείται	-	Χρήση όζοντος	Όχι
Συνολικό μήκος δικτύου	650 km	Χρήση Ενεργού άνθρακα	Όχι
Επιφανειακά / Υπόγεια ύδατα		E/Y=100% / 0%	
Νορβηγία			
(11) Frevar KF			
Νερό που επεξεργάζεται	16 x 106 m ³ /y	Μέθοδος απολύμανσης	Χλωρίωση (Χλώριο με μορφή NaOCl)
Πληθυσμός που εξυπηρετείται	70000	Χρήση όζοντος	Όχι
Συνολικό μήκος δικτύου	650 km	Χρήση Ενεργού άνθρακα	Όχι
Επιφανειακά / Υπόγεια ύδατα		E/Y=100% / 0%	
Ελβετία			
(12) SIG (Servises industriels de Geneve)			
Νερό που επεξεργάζεται	50 x 106 m ³ /y	Μέθοδος απολύμανσης	Οζόνωση
Πληθυσμός που εξυπηρετείται	420000	Χρήση όζοντος	Ναι
Συνολικό μήκος δικτύου	1240 km	Χρήση Ενεργού άνθρακα	Ναι

Πίνακας 4.2. Πρακτικές απολύμανσης στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης .

Χώρες/Απολύμανση	Χλώριο	Διοξείδιο του χλωρίου	Χλωραμίνες	Όζον
Αυστρία	1	3	-	3
Βέλγιο	1	3	-	3
Δανία	-	-	-	-
Φιλανδία	1	3	3	3
Γαλλία	2	2	-	-
Γερμανία	1		1	3
Μεγάλη Βρετανία	1	3	3	3
Ελλάδα	1	-	-	-
Ιρλανδία	1	-	-	-
Ιταλία	1	1	-	-
Λουξεμβούργο	-	-	-	-
Ολλανδία	2	2	-	3
Πορτογαλία	1	-	-	-
Ισπανία	1	3	2	-
Σουηδία	1	3	2	-

Μέθοδοι απολύμανσης. 1· Κυρίαρχη πρακτική, 2. Κοινή πρακτική, 3. Περιστασιακή πρακτική.

Πίνακας 4.3. Τρόποι Απολύμανσης πόσιμου νερού σε Ελληνικές πόλεις .

A/a/	Πόλη	Νερό που επεξεργάζεται σε εκ. m ³ / έτος	Τρόπος Απολύμανσης
1	Δράμα	11	Υποχλωριώδες Νάτριο
2	Αγρίνιο	5	Υποχλωριώδες Νάτριο
3	Κομοτηνή	5	Αέριο Χλώριο
4	Ναύπλιο	3	Υποχλωριώδες Νάτριο
5	Λειβαδειά	4	Υποχλωριώδες Νάτριο
6	Μυτιλήνη	4	Υποχλωριώδες Νάτριο
7	Λαμία	7,5	Υποχλωριώδες Νάτριο
8	Κοζάνη	7	Υποχλωριώδες Νάτριο
9	Λάρισα	17	Υποχλωριώδες Νάτριο
10	Σέρρες	8	Υποχλωριώδες Νάτριο
11	Τύρναβος	4	Υποχλωριώδες Νάτριο

Συμπερασματικά :

Καμία μέθοδος απολύμανση από μόνη της δεν είναι κατάλληλη για να εξασφαλίσει στο δίκτυο ύδρευσης νερό κατάλληλο για πόση. Η χρήση χλωρίου ενώ είναι αποτελεσματική για την θανάτωση των περισσοτέρων μικροοργανισμών , συμβάλει στην δημιουργία οργανικών παραπροϊόντων επικίνδυνων μακροχρόνια για την ανθρώπινη υγεία.

Η εναλλακτική μέθοδος με χρήση χλωραμινών συμβάλει στην δημιουργία λιγότερων οργανικών παραπροϊόντων συγκριτικά με το χλώριο , αλλά είναι λιγότερο αποτελεσματική ενάντια στους μικροοργανισμούς και ειδικά ενάντια των ιών και των πρωτόζωων. Λόγω αυτού απαιτείται συνδυασμός με ένα ισχυρότερο απολυμαντικό για βασική απολύμανση.

Η χρήση διοξειδίου του χλωρίου είναι αποτελεσματικότερη από το χλώριο ή την χλωραμίνη ως απολυμαντικό ενάντια στους μικροοργανισμούς , συμβάλλοντας στην δημιουργία λιγότερων θερμοθετημένων οργανικών προϊόντων. Παρόλα αυτά συμβάλει στην δημιουργία πρόσθετων DBPs και απαιτεί για την εφαρμογή του ακριβότερο εξοπλισμό και εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις απ' ότι οι προαναφερόμενες μέθοδοι απολύμανσης.

Το όζον αν και είναι αποτελεσματικότερο συγκριτικά με το διοξείδιο του χλωρίου ενάντια των πρωτόζωων , συμβάλει στην δημιουργία πρόσθετων DBPs όταν τα ακατέργαστα νερά είναι βρωμιούχα , για τα οποία υπάρχουν ελάχιστα στοιχεία όσον αφορά τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και δεν υπάρχει επιπλέον προστασία στο νερό κατά την διάρκεια διανομής του. Επίσης απαιτείται εξειδικευμένη τεχνική ικανότητα στη χρήση.

Επιπρόσθετα η βιβλιογραφία υποστηρίζει ότι η χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι αποτελεσματική στα βακτήρια και στα πρωτόζωα και δεν συμβάλει στην δημιουργία επιπρόσθετων DBPs. Η συγκεκριμένη μέθοδος όμως είναι λιγότερο αποτελεσματική στην διαδικασία της απολύμανσης κατά ορισμένων ιών και δεν παρέχει επιπλέον προστασία στο νερό ούτως ώστε να συνοδεύεται πάντα από δευτεροβάθμιο απολυμαντικό μέσο συμβάλλοντας έτσι στο σχηματισμό νέων DBPs.



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Αχαρνών 364 & Γλαράκι 10B, Αθήνα, 11145

Τηλ: 211 1820 163-4-5 Φαξ: 211 1820 166

e-mail: enerchem@enerchem.gr

web site: www.enerchem.gr