

Η χλωρίωση του νερού, πόσο ασφαλής είναι για την ανθρώπινη υγεία;

Αυτό που έσωσε την ανθρωπότητα από παλιότερες ασθένειες, όπως η χολέρα, ο τύφος, η γαστρεντερίτιδα κ.λ.π., έρχεται σήμερα να μας καταδικάσει σε πολύ μεγαλύτερες ασθένειες όπως: καρκίνο, νεφρικές παθήσεις και σε πολλές άλλες εκφυλιστικές ασθένειες.

Το χλώριο, όπως έχει αποδειχθεί πλέον, όταν μπαίνει στο νερό αντιδρά με διάφορα οργανικά στοιχεία του νερού και δημιουργεί πολλές επικίνδυνες ενώσεις όπως το χλωροφόρμιο που ευθύνεται κατά μεγάλο ποσοστό στη δημιουργία των ανωτέρω ασθενειών. Αυτό συμβαίνει ακόμη και στη περίπτωση που δεν υπάρχουν οργανικά στοιχεία στο νερό, αφού, όταν πίνουμε χλωριωμένο νερό, δημιουργούνται μέσα στο στομάχι μας αυτές οι επικίνδυνες χημικές ενώσεις, από τα οργανικά υπολείμματα των τροφών.

Ιστορικό

Η απολύμανση με χλώριο εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από την Jersey City water Company στο Jersey City της Αμερικής το 1910 η οποία μετά από μελέτη εφάρμοσε την χλωρίωση σαν μέθοδο απολύμανσης του νερού, μετά από καταγγελία και μήνυση των κατοίκων περί ύπαρξης παθογόνων μικροβίων στο νερό και εμφάνισης κρουσμάτων. Το δικαστήριο δέχθηκε την μέθοδο χλωρίωσης με απόφασή του στις 10 Μαΐου και από τότε διαδόθηκε και εφαρμόστηκε σε Παγκόσμια κλίμακα. (Στην Ελλάδα αναγνωρίστηκε σαν επίσημη μέθοδο απολυμάνσεως το 1958 Υγ. Διάταξη , αριθ. ΥΜ5673/4-12-1957)



Η χλωρίωση του νερού έλυσε πολλά προβλήματα νόσων υδρικών προέλευσης στις αναπτυσσόμενες χώρες και όχι μόνο.

Αυτό το ιστορικό επίτευγμα ήταν το αποτέλεσμα της ευρείας χρήσης του χλωρίου στα δίκτυα ύδρευσης, ένας θεαματικά αποτελεσματικός απολυμαντικός παράγοντας, ο οποίος καταπολέμησε τις ασθένειες υδρικής προέλευσης θανατώνοντας τα βακτηρίδια, τους ιούς, και άλλα μικρόβια

Η απολυμαντική δράση του χλωρίου

Όταν προσθέτουμε χλώριο σε ένα μολυσμένο με μικρόβια νερό, ένα μέρος της προστιθέμενης ποσότητας χλωρίου, αντιδρά με διάφορα συστατικά του νερού και τους μικροοργανισμούς που θανατώνει και δεσμεύεται, ενώ το υπόλοιπο παραμένει στο νερό ως υπολειμματική ποσότητα.

Το υπολειμματικό χλώριο αποτελεί μια δικλίδρα προστασίας του νερού από πιθανές επιμολύνσεις, σε περίπτωση εισχώρησης μολυσματικών παραγόντων σε κάποιο σημείο του δικτύου ύδρευσης, μετά το σημείο εφαρμογής της απολύμανσης.

Η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης, δηλαδή ο βαθμός εξόντωσης των μικροοργανισμών του νερού με τη χρήση χλωρίου, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το είδος των μικροβίων, η ποσότητα του προστιθέμενου χλωρίου, ο χρόνος επίδρασής του, το pH του νερού, η θερμοκρασία του και φυσικά η περιεκτικότητα του νερού σε διάφορα ανόργανα ή οργανικά συστατικά, τα οποία δεσμεύουν κάποια ποσότητα του προστιθέμενου χλωρίου και ενδεχομένως η συγκέντρωση του υπολειμματικού να μην αρκεί για μια αποτελεσματική απολυμαντική δράση.

Έτσι, σε νερά με ουδέτερο ή ελαφρά αλκαλικό pH (όπως είναι τα νερά των περισσότερων υδραγωγείων της χώρας συμπεριλαμβανομένου και του Βόλου), όπου η αποτελεσματικότητα του προστιθέμενου χλωρίου είναι πολύ μειωμένη, σε νερά με διαλυμένα άλατα αμμωνίου, σε νερά με οργανική ουσία ή σε πολύ μολυσμένα νερά, αναγκαζόμαστε να αυξήσουμε υπερβολικά τις δόσεις του χλωρίου ώστε να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό απολυμαντικό αποτέλεσμα, οδηγούμενοι αναπόφευκτα στην υπερχλωρίωση.

Οι αρνητικές επιπτώσεις του χλωρίου στην υγεία μας

Ο αρχικός ενθουσιασμός των πλεονεκτημάτων της χλωρίωσης και η μέχρι πριν κάποιες δεκαετίες άγνοια των επιπτώσεων της υπερχλωρίωσης, κλονίστηκε μετά την διαπίστωση ότι η μέθοδος δεν είναι τελείως αβλαβής αλλά μπορεί ορισμένες φορές να καταστεί δηλητηριώδης για την ανθρώπινη υγεία. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 25 ετών, οι επιστήμονες έχουν ανακαλύψει ότι ενώ το χλώριο



Μαζί με το χλωριωμένο νερό, μπορεί να πίνουμε και εκατοντάδες τοξικές ενώσεις που οφείλονται στο χλώριο.

σκοτώνει τα μικρόβια, αντιδρά επίσης με την οργανική ουσία που υπάρχει στο νερό για να σχηματίσει κάποιες τοξικές χημικές ουσίες που αποκαλούνται οργανοχλωροπαράγωγα, ενώσεις που ανήκουν σε μια ευρύτερη κατηγορία ενώσεων τα τριαλογονομεθάνια (THM's). Μέχρι σήμερα, αρκετά γνωστά THM's έχουν βρεθεί στο πόσιμο νερό αλλά πολλές φορές ότι ο αριθμός τους είναι χημικά μη αναγνωρισμένος.

Αυτό είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό επειδή μεγάλος αριθμός αυτών των οργανοχλωριωμένων παραγώγων

(επίσης γνωστών ως υποπροϊόντα απολύμανσης) είναι γνωστές καρκινογόνες και μεταλλαξιογόνες ουσίες. Η επιδημιολογική έρευνα επίσης άμεσα έχει συνδέσει το χλωριωμένο πόσιμο νερό με τον καρκίνο και τις αποβολές.

Πολλές λίμνες και ποταμοί, είναι πλούσιοι σε **αόρατη** οργανική ουσία που προέρχεται από την αποσύνθεση των φύλλων και των αλγών, από την αποσύνθεση των νεκρών οργανισμών (ψάρια, μικρόβια κλπ), τις περιττωματικές ουσίες που απελευθερώνουν οι μεγαλοοργανισμοί των νερών, τις απορροές οργανικών λυμάτων (π.χ. αστικά απόβλητα), αλλά και το χώμα (χουμικά και φουλβικά οξέα), τα λίπη και έλαια που μπορούν να υπεισέλθουν στο νερό κλπ.

Κατά τη διάρκεια της απολύμανσης το χλώριο αντιδρά και ενώνεται με την οργανική ουσία σχηματίζοντας τις χιλιάδες αυτές νέες χημικές ουσίες, τα οργανοχλωροπαράγωγα. Το πλέον χαρακτηριστικό οργανοχλωροπαράγωγο που βρίσκεται στην υψηλότερη συγκέντρωση είναι το καρκινογόνο χλωροφόρμιο, το οποίο είναι ένωση του χλωρίου και του μεθανίου, κύριου συστατικού της οργανικής ουσίας. Το χλωροφόρμιο λοιπόν που είναι προϊόν της αντίδρασης του χλωρίου με την οργανική ουσία, εξηγεί το τόσο τοξικό αποτέλεσμα της χλωρίωσης κατά τον μοριακό Βιολόγο Joe Thornton, συγγραφέα του βιβλίου «Τα δηλητήρια της Πανδώρας».

Η ποσότητα των THMs που δημιουργείται στο πόσιμο νερό μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους εποχιακούς παράγοντες και της προέλευσης της πηγής του ύδατος. Παραδείγματος χάριν, οι συγκεντρώσεις THM είναι γενικά χαμηλότερες το χειμώνα απ' ό,τι το καλοκαίρι, επειδή αφ' ενός μεν, οι συγκεντρώσεις της οργανικής ουσίας είναι χαμηλότερες το χειμώνα και αφ' εταίρου απαιτείται λιγότερο χλώριο για να απολυμάνει το νερό στις χαμηλές θερμοκρασίες. Τα επίπεδα THM είναι επίσης χαμηλά όταν χρησιμοποιούνται υπόγεια φρεάτια ή μεγάλες λίμνες ως πηγή πόσιμου νερού, επειδή οι συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας είναι γενικά χαμηλές σε αυτές τις πηγές. Αντίθετα υψηλές συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας και υψηλότερα επίπεδα THM διαπιστώνονται όταν χρησιμοποιούνται ποταμοί ή άλλα επιφανειακά νερά ως πηγή υδροληψίας του πόσιμου νερού.

Για τους περισσότερους ζωικούς οργανισμούς του πλανήτη μας, συμπεριλαμβανομένων και των ανθρώπων, τα οργανοχλωριωμένα παράγωγα είναι νέες για το περιβάλλον τους ουσίες. Σύμφωνα με τον Thornton, μερικά φυτά και ζώα, συνήθως τα άγλη και οι μικροοργανισμοί, παράγουν οργανοχλωριωμένα προϊόντα. Αυτά τα φυσικά οργανοχλωροπαράγωγα χρησιμεύουν γενικά ως χημικοί αποτρεπτικοί παράγοντες στα αρπακτικά ζώα και τα παράσιτα. Στην πραγματικότητα πάντα εμφανίζονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις και παράγονται σε μικρές ποσότητες και πάντα στις στενά ρυθμισμένες διαδικασίες για να αποτρέψουν τις τοξικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μόνο ένα φυσικής προέλευσης οργανοχλωροπαράγωγο ανακυκλώνεται σε ελεγχόμενους ρυθμούς στη βιόσφαιρα. Η σημερινή συνεχής έκθεσή μας σε χιλιάδες οργανοχλωροπαράγωγα είναι ριζικά αφύσικη.

Επιπλέον, εκτός του ότι οι οργανοχλωριωμένες ενώσεις που παράγονται από την απολύμανση του νερού αντιπροσωπεύουν ένα πολύ μεγάλο ποσοστό σε σχέση με τα φυσικής παραγωγής οργανοχλωριωμένα παράγωγα, η επίδρασή τους στην ανθρώπινη υγεία είναι μεγάλη, επειδή η έκθεσή μας στο χλωριωμένο πόσιμο νερό είναι άμεση και συνεχής. Διοχετεύονται με σωλήνες μέσα στα σπίτια μας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η έκθεση στα παραπροϊόντα αυτά του χλωρίου **με τη λήψη καυτών ντους, είναι ένας τεράστιος παράγοντας κινδύνου υγείας**, σύμφωνα με την έρευνα που παρουσιάστηκε στο Αναχάιμ της Καλιφόρνιας. Τα ντους και τα λουτρά οδηγούν σε μια μεγαλύτερη έκθεση στις τοξικές χημικές ουσίες που περιλαμβάνονται στις παροχές του νερού από εκείνη που προέρχεται από την πόση του. Οι χημικές ουσίες εξατμίζονται από το νερό και εισπνέονται ή εισέρχονται μέσα από το δέρμα στο σώμα μας. Μπορούν επίσης να διαδοθούν μέσα στο σπίτι και να εισπνευστούν και από άλλα άτομα και κυρίως από μικρά παιδιά. Οι κάτοικοι των σπιτιών μπορούν να λάβουν από 6 έως 100 φορές περισσότερη ποσότητα της χημικής ουσίας με την αναπνοή του αέρα γύρω από τα ντους και τα λουτρά από ότι με την κατανάλωση του ύδατος.

Πολλοί ισχυρίζονται ότι , όταν η απουσία οργανικών ουσιών στο νερό, διασφαλίζεται από την προέλευσή του όπως το υπόγειο νερό (νερό γεωτρήσεων ή πηγών) που κατα κανόνα οι συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας είναι



η έκθεση στα παραπροϊόντα του χλωρίου με τη λήψη καυτών ντους, είναι ένας τεράστιος παράγοντας κινδύνου υγείας

χαμηλές έως μηδενικές, δεν υφίσταται λόγος ανησυχίας ακόμα και σε περιπτώσεις υπερχλωρίωσης του νερού (δηλαδή παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων υπολειμματικού χλωρίου στο νερό κατανάλωσης).

Αυτό είναι εντελώς ανυπόστατο διότι :

1) η οργανική ουσία μπορεί να υπεισέλθει με το χλώμα στο νερό των δικτύων σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου , ανα πάσα στιγμή (κακή υδρομάστευση, διαρροές στο δίκτυο διανομής κλπ) και στην περίπτωση που «συναντήσει» μεγάλες ποσότητες υπολειμματικού χλωρίου, να δημιουργηθούν τα τοξικά οργανοχλωροπαράγωγα

2) Η οργανική ουσία που δημιουργείται από τα νεκρά κύτταρα αυτών των ίδιων των μικροοργανισμών που θανατώνει το χλώριο, αντιδρά με το υπολειμματικό χλώριο και δημιουργεί επίσης οργανοχλωροπαράγωγα

Οι παραπάνω μηχανισμοί γένεσης χλωροπαραγώγων σε δίκτυα ύδρευσης που τροφοδοτούνται από υπόγεια – εν γένει απαλλαγμένων αρχικά από οργανική ουσία – νερά, έχουν επαληθευτεί, τόσο από μετρήσεις του εργαστηρίου μας, όσο και από φορείς όπως η πρόσφατη έρευνα του ΑΠΘ που ανίχνευσε παραπροϊόντα χλωρίου σε όλες τις μεγάλες πόλεις που χρησιμοποιούν χλωρίωση σαν μέθοδο απολύμανσης του νερού (Η Πάτρα μόνο εξαιρείται, σύμφωνα με την έρευνα, διότι είναι η μόνη που χρησιμοποιεί σαν απολυμαντικό το διοξείδιο του χλωρίου και όχι το χλώριο)

3) Η οργανική ουσία των τροφών μας (πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες, κυτταρίνες κλπ) που υπάρχει σε όλες τις ζωικές ή φυτικές πρώτες ύλες, αντιδρά με το υπολειμματικό χλώριο του νερού που χρησιμοποιούμε για το μαγείρεμα και δημιουργεί , ειδικά στη χύτρα, μεγάλες ποσότητες οργανοχλωριωμένων τοξικών παραγώγων.



Το μαγείρεμα τροφών με χλωριωμένο νερό είναι επισφαλές

4) Η οργανική ουσία από τα υπολείμματα των τροφών στο στομάχι μας αντιδρά με το υπολειμματικό χλώριο του νερού που πίνουμε και δημιουργεί τις ενώσεις αυτές, μέσα στον ίδιο μας τον οργανισμό.

Πέραν τούτου, εκτός των τοξικών και μεταλλαξιογόνων επιπτώσεων που έχουν για την υγεία μας τα οργανοχλωροπαράγωγα που δημιουργούνται από την αντίδραση του χλωρίου με την οργανική ουσία του νερού, επιστημονικές μελέτες έχουν συνδέσει το χλώριο από μόνο του , για την δημιουργία του καρκίνου του αίματος, του στομάχου, του συκωτιού, του πρωκτού και του εντέρου, τόσο, όσο και με καρδιακές παθήσεις, με αρτηριοσκλήρωση, αναιμία, υψηλή πίεση του αίματος και αλλεργικές αντιδράσεις. Υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν ότι **το χλώριο μπορεί να καταστρέψει την πρωτεΐνη** κάποιων κυττάρων στο σώμα μας και να προκαλέσει δυσμενείς επιδράσεις στο δέρμα και τα μαλλιά.

Η υφιστάμενη κατάσταση και η αντιμετώπιση του προβλήματος

Η υφιστάμενη κατάσταση στα δίκτυα ύδρευσης της χώρας μας δεν είναι ότι το καλύτερο. Από πανελλήνια έρευνα που πραγματοποίησε το εργαστήριό μας το 2005 – 2006 σε δίκτυα ύδρευσης πολλών πόλεων και χωριών και η οποία παρουσιάστηκε στο τηλεοπτικό κανάλι ANT1, αποδείχθηκε ότι το νερό των μεγάλων αστικών κέντρων υπερχλωριώνεται με ανιχνεύσιμες και πολλές φορές υπερβάσιμες ως προς τις προδιαγραφές συγκεντρώσεις παραπροϊόντων

χλωρίωσης, ενώ αντίθετα στα μικρά υδραγωγεία επαρχιακών πόλεων και χωριών, το νερό δεν χλωριώνεται καθόλου, ή χλωριώνεται περιστασιακά και πλημμελώς, με αποτέλεσμα να καταγράφονται υπερβάσεις των προδιαγραφών ως προς τα μικρόβια, δηλαδή το νερό να είναι απροστάτευτο και εν δυνάμει επικίνδυνο για μολυσματικούς νοσογόνους παράγοντες.

Η ανάγκη λοιπόν της προστασίας της υγείας μας από τα παθογόνα μικρόβια που μπορεί να εισχωρήσουν στο νερό, επιβάλλει την εφαρμογή αποτελεσματικών μεθόδων απολύμανσης, από τη μία, οι κίνδυνοι όμως από την παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων υπολειμματικού χλωρίου στο πόσιμο νερό, από την άλλη, καθιστούν την διαδικασία χλωρίωσης του νερού, όχι τόσο απλή υπόθεση, όπως την αντιμετωπίζουν πολλοί από τους υπεύθυνους ύδρευσης.

Το πρόβλημα της υγειονομικής προστασίας των δικτύων ύδρευσης είναι ένα γενικότερο πρόβλημα που δεν αντιμετωπίζεται συμπτωματικά, δηλαδή «κουκουλώνοντας» το πρόβλημα της παρουσίας μικροοργανισμών, θανατώνοντάς τους απλά με χλώριο. Με την ενέργεια αυτή και μόνο, μπορεί αφ' ενός να καταστρέφει μόνο κάποιους δείκτες μικροοργανισμών (π.χ. κολοβακτηρίδια), αφήνοντας «ανεόχλητους» πολλούς παθογόνους ανθεκτικούς στο χλώριο μικροοργανισμούς και ιούς και δεν μπορούν να διαπιστωθούν τόσο απλά όσο αυτοί. Από την άλλη, η εστία μόλυνσης δεν εντοπίζεται και παράλληλα αυξάνεται η έκθεση στα παραπροϊόντα της χλωρίωσης. Είναι σαν κάποιος ασθενής να προσπαθεί να αντιμετωπίσει την ασθένειά του μόνο με ασπιρίνες. Η αντιμετώπιση πρέπει να είναι θεραπευτική, δηλαδή, η παρουσία μικροβιολογικών δεικτών στο νερό, θα πρέπει να μας οδηγεί στον εντοπισμό της εστίας επιμόλυνσης και με τις κατάλληλες παρεμβάσεις να την εξουδετερώσουμε.



Ο καταναλωτής μπορεί εύκολα να διαπιστώσει την παρουσία υπερβολικής ποσότητας χλωρίου στο νερό από τη μυρωδιά. Όταν όμως η υπερχλωρίωση είναι μόνιμη, το αίσθημα αυτό αμβλύνεται.

Κατ' αρχήν, θα πρέπει να εξετάζονται ασφαλέστερες για την υγεία του καταναλωτή μέθοδοι απολύμανσης, όπως η χρήση ακτινοβολίας, το όζον, ή εναλλακτικές μορφές απολυμαντικών με βάση το χλώριο όπως το διοξείδιο του χλωρίου, οι χλωραμίνες κλπ.

Για υφάλμυρα νερά, (όπως λ.χ. το νερό του Πολεοδομικού συγκροτήματος του Βόλου, που για μεγάλες χρονικά διαστήματα του έτους είναι υφάλμυρο) και περιέχουν αυξημένες συγκεντρώσεις βρωμιούχων, η απολύμανση με όζον δεν ενδείκνυται, διότι τα παραπροϊόντα της αντίδρασης του όζοντος με τα βρωμιούχα (βρωμικά ιόντα) είναι εξόχως τοξικά και καρκινογόνα, ενδεχομένως περισσότερο ακόμα και από αυτά ακόμα τα παραπροϊόντα της χλωρίωσης.

Από την άλλη ο συνδυασμός χρήσης διοξειδίου του χλωρίου (κύρια απολύμανση) με χλώριο (επικουρική), είναι πολύ δαπανηρός, γι' αυτό και αποφεύγεται από τις περισσότερες εγκαταστάσεις διανομής νερού.

Το χλώριο σαν απολυμαντικό, πρέπει επικουρικά και όχι κυριαρχικά να παρεμβαίνει στην όλη διαδικασία, και μόνο κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες.

Μεσο-βραχυπρόθεσμα και μέχρι να ακολουθηθεί ασφαλέστερη και πιο σύγχρονη μέθοδος απολύμανσης, στα δίκτυα που κατ' ανάγκη θα πρέπει να απολυμούνται μόνο με χλώριο (υπο μορφή αερίου ή υγρού διαλύματος υποχλωριώδους άλατος), θα πρέπει να διασφαλίζεται η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης με το μικρότερο δυνατό ρίσκο της δημόσιας υγείας από το χλώριο.

Αυτό επιτυγχάνεται όταν τα επίπεδα των συγκεντρώσεων του χλωρίου στο νερό δεν ξεπερνούν τα 0,5 mg/l στα σημεία κατανάλωσης και δεν είναι λιγότερα από 0,1-0,2 mg/l.



Η χρήση οικιακών φίλτρων ενεργού άνθρακα, αμέσως πριν το κρουνό κατανάλωσης νερού, αποτελεί μια λύση προστασίας σε ικανοποιητικό βαθμό από το χλώριο

Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι, δεδομένου ότι το χλώριο δεν είναι μια σταθερή ουσία μέσα στο νερό και η συγκέντρωσή του μεταβάλλεται για πολλούς λόγους από στιγμή σε στιγμή μέσα σε ένα δίκτυο ύδρευσης, θα πρέπει να υπάρχουν αυτοματοποιημένες διατάξεις αναφοράς – ελέγχου (Report – Control) της ποσότητας του προστιθέμενου χλωρίου, σε διάφορα σημεία (κύρια και δευτερεύοντα) ανάλογα με την δομή του δικτύου διανομής του νερού και την πολυπλοκότητα του δικτύου ύδρευσης.

Το σίγουρο πάντως είναι ότι η «μέθοδος της κανάτας», δηλαδή η προσθήκη «χύμα» υγρού χλωρίου κατά περιόδους στις δεξαμενές ή η μόνιμη προσθήκη χλωρίου με δοσομετρικές αντλίες και όχι ανάλογα με την ζήτηση ή την κατανάλωση του νερού, είναι τακτικές που θα πρέπει να εγκαταλειφτούν.

Επιπλέον, οι έλεγχοι – μετρήσεις του υπολειμματικού χλωρίου θα πρέπει να είναι συνεχείς και αξιόπιστοι, σε διάφορα αντιπροσωπευτικά σημεία των δικτύων και σε περιπτώσεις υπερβάσεων θα πρέπει να λαμβάνονται άμεσα μέτρα για την μείωση των συγκεντρώσεων, ώστε να προστατεύεται η υγεία του καταναλωτή και να έχει εμπιστοσύνη στο νερό του δικτύου ύδρευσης.