

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η απολύμανση του πόσιμου νερού μπορεί να θεωρηθεί το σημαντικότερο μέτρο του τελευταίου αιώνα για την προστασία της δημόσιας υγείας. Η καταστροφή των παθογόνων στο πόσιμο νερό έχει συμβάλλει στην δραστική μείωση των ασθενειών που μεταδίδονται από το νερό στις αναπτυσσόμενες κυρίως χώρες, ενώ η έλλειψη του μέτρου αυτού σε ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες είναι η αιτία χιλιάδων θανάτων, κυρίως παιδιών. Ένα παράδειγμα της σημασίας της απολύμανσης είναι η επιδημία χολέρας στην Ν. Αμερική που ξεκίνησε το 1991 στο Περού και απλώθηκε σε 16 χώρες. Τον Ιούνιο του 1992 είχε προσβάλλει 590,000 ανθρώπους και προκάλεσε 5,000 θανάτους.

Το πρόβλημα των επικίνδυνων παραπροϊόντων που μπορεί να σχηματιστούν κατά την διάρκεια της απολύμανσης ανέκυψε στα μέσα της δεκαετίας του 70. Από τότε αποτελεί ένα από τα πλέον συζητημένα και ερευνούμενα ζητήματα της βιομηχανίας πόσιμου νερού στον κόσμο τοποθετώντας το ζήτημα αυτό αλλά και την επεξεργασία του πόσιμου νερού γενικότερα σε νέες βάσεις. Σε ορισμένες βιομηχανικές χώρες υπήρξε μία τάση πλήρους εγκατάλειψης του χλωρίου σαν κύριο απολυμαντικό, ενώ σε άλλες επιδιώχθηκε η σημαντική ελάττωση των χρησιμοποιούμενων ποσοτήτων.

ΚΥΡΙΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ

Χλωρίωση

Το χλώριο υπό την μορφή αερίου ή υποχλωριδών αλάτων όταν διαλυθεί στο νερό δίνει ενώσεις με ισχυρή δράση εναντίον των βακτηρίων και των ιών. Προσφέρει επίσης μία παραμένουσα προστασία στο νερό που διακινείται στο δίκτυο διανομής εναντίον πιθανής τοπικής μόλυνσης ή ανάπτυξης βακτηρίων που ευρίσκονται σε λανθάνουσα κατάσταση ("ύπνο"). Η απολυμαντική του δράση επηρεάζεται από την τιμή του pH, είναι ισχυρότερη σε όξινο περιβάλλον ($\text{pH} < 6$) και ασθενέστερη σε αλκαλικό ($\text{pH} > 8$). Η αμμωνία και το

άζωτο των οργανικών ενώσεων αντιδρούν με το χλώριο και σχηματίζουν οργανικές και ανόργανες χλωραμίνες. Τα τριαλογονομεθάνια (THM) που θεωρούνται επικίνδυνα παραπροϊόντα αυξάνονται στις υψηλότερες τιμές pH ενώ άλλες μη πτητικές οργανοχλωριούχες ενώσεις και έντονα μεταλλακτικά (mutagenic) φαινόμενα παρατηρούνται σε χαμηλές τιμές pH.

Χρήση Διοξειδίου του Χλωρίου (ClO₂)

Το διοξείδιο του χλωρίου είναι έντονα αποτελεσματικό εναντίον των βακτηρίων και των ιών και είναι σημαντικά σταθερό για αρκετές ώρες ώστε να προσφέρει προστασία στο δίκτυο διανομής έναντι πιθανής μεταμόλυνσης του νερού. Δεν σχηματίζει τριαλογονομεθάνια (THM). Όμως σχηματίζει μη πτητικές οργανοχλωριούχες ενώσεις σε πολύ μικρότερο ποσοστό από το χλώριο. Η απολυμαντική του δράση δεν επηρεάζεται από την τιμή του pH και την παρουσία αμμωνίας. Τα μόνα παραπροϊόντα που σχηματίζει και μπορεί να έχουν επίπτωση στον άνθρωπο είναι το χλωρικό και το χλωριώδες ιόν.

Χρήση χλωραμινών

Οι χλαμίνες και ιδίως οι μονοχλωραμίνη, είναι από τα πρώτα απολυμαντικά που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά, κυρίως στις ΗΠΑ. Επειδή όμως είναι σημαντικά λιγότερο δραστικές από το χλώριο, η χρήση τους στη συνέχεια μειώθηκε σημαντικά. Ωστόσο πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι η μονοχλωραμίνη είναι πιο δραστική εναντίον των βακτηριδίων από ότι αρχικά είχε εκτιμηθεί.

Επειδή είναι πολύ σταθερές ενώσεις είναι ιδανικές για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης βακτηρίων (μεταμόλυνση), κυρίως σε μεγάλα δίκτυα. Από μόνες τους όμως δεν μπορούν να επιτύχουν την ικανοποιητική αρχική απολύμανση του νερού και για το λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με κάποιο άλλο ισχυρό οξειδωτικό όπως το όζον ή το διοξείδιο του χλωρίου προκειμένου να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα.

Το γεγονός ότι η μονοχλωραμίνη δεν είναι τόσο ισχυρό αντιδραστήριο όσο το χλώριο, συμβάλλει στο να σχηματίζει περίπου την μισή ποσότητα οργανοχλωριούχων παραπροϊόντων σε σχέση με το χλώριο.

Χρήση όζοντος.

Το όζον είναι μία έντονα οξειδωτική και πολύ δραστική ένωση εναντίων των βακτηρίων και ιών. Εκτός από την βακτηριοκτόνα δράση του, έχει την τάση να οξειδώνει την οργανική ύλη γενικότερα καθώς και μέταλλα όπως ο σίδηρος και το μαγγάνιο. Επειδή είναι όμως ασταθής ένωση δεν έχει καμία παραμένουσα δράση στο δίκτυο διανομής. Αντίθετα, επειδή οξειδώνει σύνθετες οργανικές ενώσεις σε απλούστερες βιοαφομοιώσιμες μορφές, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να αυξήσουν την πιθανότητα ανάπτυξης βακτηρίων στο δίκτυο. Για το λόγο αυτό η οζόνωση χρησιμοποιείται σαν βασική απολύμανση, ακολουθούμενη από φίλτρανση άμμου ή ενεργού άνθρακα και εφαρμογή τελικής χλωρίωσης με κάποια ουσία με παραμένουσα απολυμαντική δράση στο δίκτυο.

Το όζον οξειδώνει πολλές επιβλαβείς ενώσεις σε απλούστερες αβλαβείς μορφές. Πολύ λίγα επιβλαβή παραπροϊόντα είναι γνωστό να σχηματίζονται με τον οζονισμό. Η φορμαδεϋδη που μπορεί να σχηματιστεί είναι συνήθως σε συγκεντρώσεις κάτω από το επικίνδυνο όριο για την ανθρώπινη υγεία. Ορισμένα ζιζανιοκτόνα όπως το μαλαθείο και το παραθείο αποσυντίθενται σε ενώσεις που είναι πιο επικίνδυνες από τις αρχικές ενώσεις. Τα πιο επικίνδυνα παραπροϊόντα θεωρούνται ορισμένες ενώσεις του βρωμίου που μπορεί να σχηματιστούν όταν το προς επεξεργασία νερό περιέχει σημαντικές ποσότητες βρωμιούχων ενώσεων. Μελέτες έχουν δείξει ότι ουσίες με γενετικές επιπτώσεις μετατρέπονται σε άλλες χωρίς την ιδιότητα αυτή.

Χρήση ακτινοβολίας UV

Η γενική τάση για αποφυγή προσθήκης χημικών στο νερό έχει δημιουργήσει νέο ενδιαφέρον για την χρήση της

υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας σαν μέσο αδρανοποίησης ή καταστροφής των βακτηρίων και ιών. Η μέθοδος αυτή μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματική σε νερό που δεν περιέχει αιωρούμενα στερεά που αποτελούν ασπίδα για τους προσκολλημένους σε αυτά οργανισμούς. Είναι προφανές ότι η μέθοδος αυτή δεν έχει παραμένουσα απολυμαντική δράση στο δίκτυο και συνεπώς πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με κάποιο χημικό που έχει την ιδιότητα αυτή.

Χρήση υπεροξειδίου του υδρογόνου

Το υπεροξείδιο του υδρογόνου όπως και το όζον είναι ισχυρό οξειδοτικό με καλή αντιβακτηριακή δράση. Το σχετικά υψηλό κόστος του έχει κρατήσει την εφαρμογή του σε περιορισμένη κλίμακα. Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με τα παραπροϊόντα που σχηματίζονται με την χρήση του.

Χρήση συνδυασμού απολυμαντικών μέσων

Πρόσφατα διάφορες εταιρίες προτείνουν τον συνδυασμό του όζοντος με το υπεροξείδιο του υδρογόνου ή όζοντος και UV ακτινοβολίας ή όζοντος με υπεροξείδιο του υδρογόνου και UV ακτινοβολίας με στόχο να δημιουργηθεί περίσσεια υδροξυλικών ριζών και να μειωθούν οι οργανικές ενώσεις σε όσο το δυνατόν απλούστερες μορφές. Ο κατασκευαστής ενός συστήματος που περιλαμβάνει και τα τρία μέσα διατείνεται ότι όλες οι οργανικές ενώσεις καταλήγουν σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

ΔΙΕΘΝΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗ

Παρά τις έντονες ανησυχίες μεταξύ των επιστημόνων σχετικά με τις επιπτώσεις που μπορεί να έχουν τα παραπροϊόντα της χρήσης του χλωρίου στο πόσιμο νερό, αυτό παραμένει σαν το πλέον συνηθισμένο μέσο απολύμανσης.

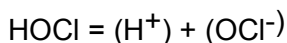
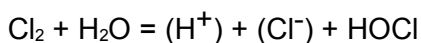
Για υπόγειο ή επεξεργασμένο επιφανειακό νερό προστίθεται συνήθως μία δόση γύρω στα 0.5 mg/l, εξασφαλίζοντας ένα χρόνο επαφής 30 λεπτών και pH μικρότερο του 8.

Το διοξειδίο του χλωρίου χρησιμοποιείται κυρίως στην Ελβετία, Γερμανία, Ιταλία, Γαλλία, Βέλγιο, Σουηδία και ΗΠΑ. Προστίθεται σε συγκεντρώσεις 0.2-0.3 mg/l με χρόνο επαφής 5 λεπτών για υπόγειο και επεξεργασμένο νερό.

Στην Δ. Ευρώπη υπάρχει μία σημαντική στροφή προς την χρήση του όζοντος που όμως η έκταση της είναι σχετικά περιορισμένη λόγω του αρχικού υψηλού κόστους επένδυσης. Η συνήθης δόση είναι γύρω στα 0.4 mg/l και χρόνο επαφής 4 λεπτών.

ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΧΛΩΡΙΟΥ (Cl₂)

Όταν το χλώριο διαλύεται στο νερό υδρολύεται σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



Οι σταθερές της κάθε αντίδρασης εξαρτώνται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία το pH. Μοριακό χλώριο μπορεί να υπάρχει μόνο σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις και χαμηλές τιμές pH. Το ποσοστό του υποχλωριώδους οξέος (HOCl) και του υποχλωριώδους ιόντος (OCl⁻) στους 15 °C και διάφορες τιμές pH δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

pH	HOCl %	OCl ⁻ %
5	99.7	0.3
6	97.5	2.5
7	79.7	20.3
8	28.0	72.0
9	3.8	96.2

Αν και τα δύο είδη, το υποχλωριώδες οξύ και το υποχλωριώδες ιόν, είναι βακτηριοκτόνα, το HOCl είναι πιο ισχυρό. Έχει δείχθει ότι το HOCl είναι 80 φορές πιο ισχυρό από το OCl⁻ στην καταστροφή των E.Coli και 300 έως 500 φορές στην καταστροφή των κυστών Entamoeba histolytica και Giardia.

Ο μηχανισμός καταστροφής των βακτηρίων πιστεύεται ότι είναι η καταστροφή της κυτοπλασμικής μεμβράνης και η αδρανοποίηση της ενζυματικής δραστηριότητας που σχετίζεται με αυτήν. Υπάρχει διχογνωμία ως προς τον μηχανισμό καταστροφής των ιών αλλά πιστεύεται ότι η αντίδραση του HOCl με τα νουκλεοτίδια του RNA είναι πιθανότερο να συμβαίνει παρά η καταστροφή της πρωτεϊνικής κάψουλας του ιού.

Παράλληλα με την διαδικασία της απολύμανσης το χλώριο αντιδρά και με πολλές οργανικές ενώσεις σχηματίζοντας χλωριωμένες οργανικές ενώσεις συμπεριλαμβανομένων των τριαλογονομεθανίων (THM).

Το βιομηχανικά παραγόμενο αέριο χλώριο και το υποχλωριώδες νάτριο μπορεί να περιέχουν προσμείξεις, όπως μέταλλα, που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην υγεία όπως έχει αναλυθεί σε άλλες παραγράφους.

Οι συνήθεις συγκεντρώσεις του χλωρίου που προστίθενται στο πόσιμο νερό, αν και είναι ικανές να καταστρέψουν βακτήρια και ιούς, όταν ληφθούν από το στόμα αντιδρούν με το σάλιο και τα γαστρικά υγρά και αδρανοποιούνται. Δεν έχουν παρατηρηθεί οποιαδήποτε αρνητικά αποτελέσματα σε ανθρώπους ή ζώα που πίνουν χλωριωμένο νερό. Πειράματα που έχουν γίνει σε τρωκτικά σε διάστημα 2 ετών έδειξαν ότι δόσεις μέχρι 15 mg ανά κιλό βάρους σώματος ανά ημέρα δεν προκάλεσαν οποιοδήποτε τοξικό αποτέλεσμα.

Σε ροφήματα που παρασκευάζονται από χλωριωμένο νερό όπως καφές, τσάι κλπ το χλώριο αδρανοποιείται εντελώς.

Οι πιο συνηθισμένες διαμαρτυρίες που σχετίζονται με το χλωριωμένο νερό είναι για άσχημη οσμή και γεύση. Σε νερό απαλλαγμένο από οργανικές ενώσεις, συγκεντρώσεις έως και 2 mg/l, δεν προκαλούν απαράδεκτη οσμή και γεύση. Μία έκθεση ανεβάζει το όριο ανοχής για το αποσταγμένο νερό στα 5.2 mg/l. Όταν όμως ορισμένες οργανικές ενώσεις όπως οι φαινόλες εφίσκονται στο νερό, ακόμα και σε ελάχιστες συγκεντρώσεις, αντιδρούν με το χλώριο και προσδίδουν στο

νερό μία δυσάρεστη οσμή που προκαλεί τις συνήθεις διαμαρτυρίες των καταναλωτών.

Η ΠΟΥ ορίζει ότι για αισθητικούς λόγους οι φαινόλες και οι χλωροφαινόλες δεν πρέπει να ξεπερνούν την συγκέντρωση των 0.1 µg/l.

Τριαλογονομεθάνια (THM).

Τα τριαλογονομεθάνια (THM) αποτελούν την πιο πολυσυζητημένη κατηγορία παραπροϊόντων χλωρίωσης. Για τις ενώσεις αυτές έχουν γίνει αρκετές έρευνες κυρίως σε τρωκτικά και τα συμπεράσματα συνοψίζονται παρακάτω.

Χλωροφόρμιο

Είναι τοξικό για το συκώτι και τα νεφρά και έχει δείχθει ότι προκαλεί όγκους στα όργανα αυτά των τρωκτικών. Αν και τα αποτελέσματα αυτά είναι σαφή σε πειραματόζωα ή φύση των όγκων και το γεγονός ότι η ουσία αυτή δεν φαίνεται να είναι γονιδοτοξική δημιουργεί πολλά ερωτηματικά ως προς το εάν τα στοιχεία αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να εκτιμηθεί ο κίνδυνος καρκινογένεσης στον άνθρωπο. Το IARC το έχει κατατάξει σαν πιθανά καρκινογόνο για τον άνθρωπο.

Βρωμοδιχλωρομεθάνιο

Μελέτες σε τρωκτικά έχουν δείξει ότι σε σχετικά υψηλές δόσεις προκαλεί βλάβες στα νεφρά και το συκώτι. Είναι αβέβαιο αν είναι γονιδοτοξικό και τα υπάρχοντα στοιχεία είναι ανεπαρκή για να υπολογιστεί με κάποια αξιοπιστία ο κίνδυνος καρκινογένεσης. Το IARC το έχει κατατάξει σαν πιθανά καρκινογόνο για τον άνθρωπο.

Χλωροδιβρωμομεθάνιο

Προκαλεί βλάβες στο συκώτι και τα νεφρά των τρωκτικών αλλά τα διαθέσιμα στοιχεία είναι

ανεπαρκή για την εκτίμηση του κινδύνου να προκαλέσει καρκίνο. Το IARC δεν το έχει κατατάξει σε κάποια κατηγορία επικινδυνότητας.

Βρωμοφόρμιο

Προκαλεί βλάβες στο συκώτι και τα νεφρά καθώς και μικρή αύξηση στους όγκους των εντέρων των τρωκτικών. Υπάρχουν ερωτηματικά ως προς την γονιδοτοξική του ικανότητα. Το IARC δεν το έχει κατατάξει σε κάποια κατηγορία επικινδυνότητας.

Τα ΤΗΜ σχετίζονται στενά με ενώσεις που συνήθως απαντώνται σαν μίγμα και σαν τέτοιο πρέπει να αντιμετωπιστούν. Ένα βασικό ερώτημα είναι αν θα πρέπει να ελέγχονται στη βάση της δυνατότητας τους να προκαλέσουν καρκίνο, με την χρήση μαθηματικών μοντέλων για τον υπολογισμό του κινδύνου σε χαμηλές δόσεις ή να υπολογιστεί μία ανεκτή ημερήσια δόση (ΑΗΔ) με την χρήση παραγόντων αβεβαιότητας. Σε κάθε περίπτωση οι επιδράσεις τους πρέπει να θεωρηθούν προσθετικά.

Χλωριωμένα οξικά οξέα.

Μια σημαντική ομάδα παραπροϊόντων χλωρίωσης είναι τα χλωριωμένα οξικά οξέα εκ των οποίων το διχλωροοξικό οξύ είναι ευρύτερα μελετημένο λόγω του ότι θεωρείται υπογλυκαιμικός παράγοντας. Λαμβάνοντας μία σειρά μελετών και στοιχείων το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ καθόρισε όριο για το διχλωροοξικό οξύ 0.12 mg/l και για το τριχλωροοξικό οξύ 0.05 mg/l για το πόσιμο νερό. Τα αντίστοιχα όρια της ΠΟΥ είναι 0.05 mg/l και 0.1 mg/l, όμως οι τιμές αυτές είναι προσωρινές διότι δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία. Τα στοιχεία για το αν οι ενώσεις αυτές είναι καρκινογόνες για τον άνθρωπο είναι εντελώς ανεπαρκή.

Αλογονο-ακετο-νιτρίλια

Το διχλωροακετονιτρίλιο, το διβρωμοακετονιτρίλιο και το βρωμοχλωροακετονιτρίλιο αποτελούν μία τρίτη κατηγορία παραπροϊόντων που έχουν ανιχνευθεί σε χλωριωμένο νερό, σε συγκεντρώσεις λίγων $\mu\text{g/l}$. Τα διαθέσιμα τοξικολογικά στοιχεία για τις ενώσεις αυτές είναι πολύ περιορισμένα. Με βάση στοιχεία που προέκυψαν από πειράματα σε ζώα το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ όρισε τα όρια 0.056 mg/l για το διχλωροακετονιτρίλιο και 0.023 mg/l για το διβρωμοακετονιτρίλιο, ενώ τα αντίστοιχα όρια της ΠΟΥ είναι 0.090 και 0.100 mg/l . Αν και υπάρχουν ενδείξεις ότι οι ενώσεις αυτές μπορεί να έχουν καρκινογόνο δράση τα διαθέσιμα δεδομένα κρίνονται ανεπαρκή προκειμένου να προσδιοριστεί με αξιοπιστία ο βαθμός επικινδυνότητάς τους.

Άλλες ενώσεις

Εκτός των παραπάνω, μια σειρά από άλλες ενώσεις όπως οι χλωροφαινόλες, οι χλωριομένες κετόνες, οι χλωριωμένες αλδεΐδες και η χλωριωμένη φουρανόνη (MX) έχουν ανιχνευθεί στο χλωριωμένο νερό. Ορισμένες από τις ενώσεις αυτές έχουν παρουσιάσει μεταλλακτικές ιδιότητες σε επίπεδο βακτηρίων, αλλά όλοι οι εθνικοί ή διεθνείς Οργανισμοί συγκλίνουν ότι δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για να εκτιμηθεί η επικινδυνότητά τους για τον άνθρωπο και να τεθούν τα αντίστοιχα όρια.

ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ (ClO_2)

Οι μέχρι τώρα έρευνες σχετικά με τις επιπτώσεις του διοξειδίου του χλωρίου έχουν επικεντρωθεί στο ίδιο το διοξείδιο του χλωρίου και στα δύο γνωστά ανόργανα ιόντα που σχηματίζονται κατά την διάλυση του στο νερό, το χλωριώδες (ClO_2^-) και το χλωρικό (ClO_3^-). Είναι διαπιστωμένο ότι το ClO_2 δεν παράγει τριαλογονομεθάνια ενώ υπάρχουν ελάχιστες πληροφορίες για πιθανά άλλα οργανικά παραπροϊόντα που μπορεί θεωρητικά να σχηματίσει.

Οι μελέτες για τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει το ClO_2 στο πόσιμο νερό έχουν γίνει κυρίως σε ποντίκια. Το Εθνικό

Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ χρησιμοποιώντας μαθηματική προέκταση των αποτελεσμάτων αυτών συμπέρανε ότι για ένα παιδί 10 κιλών που καταναλώνει 1 λίτρο νερό την ημέρα το ΜΕΟ είναι 0.3 mg/l. Η ΠΟΥ δεν έχει ορίσει κάποιο όριο με το σκεπτικό ότι το ClO₂ μετά την διάλυση του στο νερό διασπάται γρήγορα και το όριο που έχει τεθεί για το χλωριώδες ιόν αποτελεί ασφαλή περιορισμό και για το ClO₂.

Το χλωριώδες και το χλωρικό ιόν είναι γνωστό ότι προκαλούν μεθαιμογλοβιναιμία και πιο πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι το χλωριώδες ιόν προκαλεί αιμολυτική αναιμία σε δόσεις κάτω από αυτές που προκαλούν σχηματισμό μεθαιμογλοβίνης. Ο κίνδυνος μεταλλακτικής ή καρκινογόνου δράσης τους είναι λιγότερο σαφής από ότι για το χλώριο, και τα συμπεράσματα σχετικών εργαστηριακών ερευνών είναι αντικρουόμενα.

Μία έρευνα που έγινε στις ΗΠΑ σε ανθρώπινο πληθυσμό έδειξε ότι δόση 0.034 mg ανά κιλό βάρους ανά ημέρα δεν προκαλεί ανιχνεύσιμα αρνητικά αποτελέσματα. Το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών των ΗΠΑ είχε υιοθετήσει αρχικά το όριο των 0.21 mg/l, ενώ συνιστά το όριο των 0.06 mg/l για ένα παιδί 10 κιλών που εκτίθεται στις ενώσεις αυτές μόνο από το νερό. Τα όρια αυτά έχουν προκύψει από επέκταση μετρήσεων σε ζώα με την χρήση μαθηματικών μοντέλων. Η ΠΟΥ έχει υιοθετήσει την τιμή των 0.2 mg/l μόνο για το χλωριώδες ιόν.

ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΟΖΟΝΙΣΜΟΥ

Η προσθήκη όζοντος στο νερό είναι γνωστό ότι προκαλεί μία σειρά από παραπροϊόντα, αλλά υπάρχουν λίγα στοιχεία προκειμένου να εκτιμηθεί ο πιθανός τοξικολογικός κίνδυνος για τις συγκεντρώσεις που προκύπτουν στο πόσιμο νερό. Η ακεταλδεϋδη και η φορμαλδεϋδη που σχηματίζονται κατά τον οζονισμό, έχει διαπιστωθεί ότι έχουν καρκινογόνα αποτελέσματα σε ποντίκια όταν εισπνέονται, αλλά δεν υπάρχουν τοξικολογικές μελέτες των επιπτώσεων όταν λαμβάνονται από το στόμα.

ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΧΡΗΣΗΣ H₂O₂

Το υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2) όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το όζον παρουσιάζουν εξαιρετική οξειδωτική δράση. Όμως, ένα μέρος του H_2O_2 μπορεί να περάσει στο νερό που πηγαίνει προς κατανάλωση. Κάποιες μελέτες σε ζώα έχουν δείξει ότι μπορεί να έχει μεταλλακτική δράση τόσο σε κύτταρα βακτηρίων όσο και σε κύτταρα θηλαστικών. Η ΠΟΥ δεν προβλέπει κανένα όριο για το παραμένον H_2O_2 ενώ το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ με την χρήση μαθηματικών μοντέλων πρωτεΐνη 0.02 mg/l. Ωστόσο θεωρείται αμφισβητήσιμο κατά πόσον το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση του H_2O_2 .

ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΧΛΩΡΑΜΙΝΩΝ

Οι χλωραμίνες μπορεί να αποτελούν και οι ίδιες ένα κίνδυνο για την υγεία, όμως πολύ λίγη έρευνα έχει γίνει για την αξιόπιστη εκτίμηση του κινδύνου αυτού. Με βάση πειράματα που έχουν γίνει σε ποντίκια και χρήση μαθηματικών μοντέλων το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ προτείνει το όριο των 0.83 mg/l, αν υποθεθεί ότι το πόσιμο νερό είναι η μόνη πηγή έκθεσης του ανθρώπου σε χλωραμίνες. Η συγκέντρωση αυτή δεν είναι επαρκής για να δράσει αποκλειστικά σαν απολυμαντικό, μπορεί όμως να κριθεί ικανοποιητική για συντήρηση της υγιεινής κατάστασης του δικτύου. Η ΠΟΥ προτείνει το όριο των 3 mg/l.

Οι χλωραμίνες γενικώς παράγουν τα ίδια παραπροϊόντα με το χλώριο αλλά σε μικρότερες συγκεντρώσεις. Επιπλέον όμως παράγουν χλωριούχο κυάνιο, φορμαλδεΰδη και ακεταλδεΰδη. Οι επιπτώσεις της φορμαλδεΰδης και της ακεταλδεΰδης εκτέθηκαν παραπάνω. Το χλωριούχο κυάνιο είναι γενικώς τοξικό, αλλά το όριο των 300 ppb έχει οριστεί μόνο για τον αέρα. Για το πόσιμο νερό δεν υπάρχουν ανάλογες έρευνες ώστε να προσδιοριστεί το σχετικό όριο.