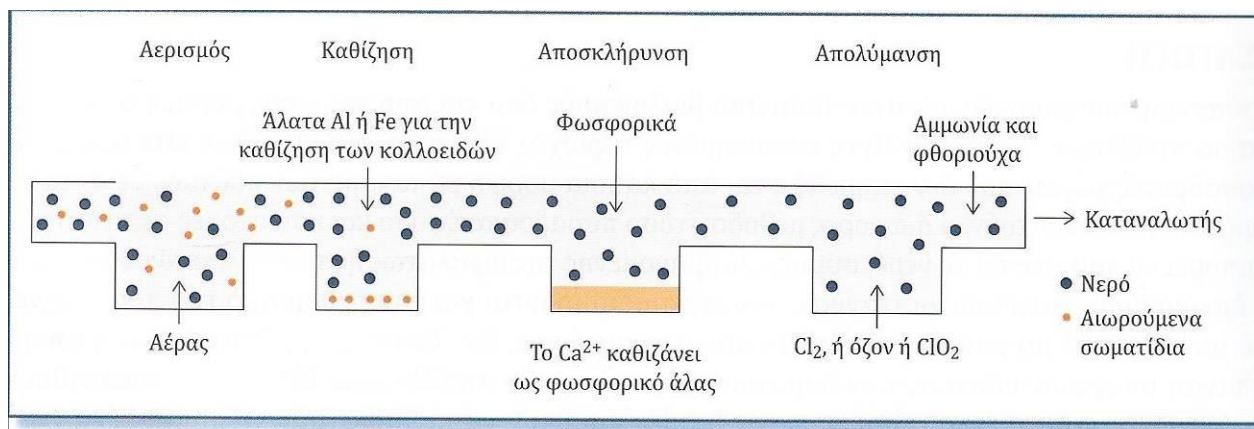


Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΝΕΡΟΥ

Η ποιότητα το «ακατέργαστου» νερού που προέρχεται από επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα και προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση ποικίλλει (από σχεδόν άριστη έως πολύ υποβαθμισμένη).

Τόσο οι μορφές όσο και η ποσότητα των ρύπων στο νερό επίσης ποικίλουν και αυτό ισχύει και για τις διαδικασίες καθαρισμού του. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες διαδικασίες δίνονται σχηματικά ως εξής:



Αερισμός του Νερού

Βελτίωση της ποιότητας του νερού. Αύξηση περιεκτικότητας σε οξυγόνο.

- Απομάκρυνση διαλυμένων αερίων τα οποία έχουν έντονη/ανιχνεύσιμη οσμή (H₂S, πτητικές οργανικές ενώσεις) ιδιαίτερα σε ύδατα που αντλούνται από υπόγειους υδροφορείς
- Πιο εύκολη οξείδωση διαλυμένου οργανικού υλικού προς παραγωγή CO₂
- Οξείδωση του ευδιάλυτου Fe²⁺ σε Fe³⁺, ο οποίος στη συνέχεια σχηματίζει αδιάλυτα υδροξείδια που μπορούν να απομακρυνθούν ως στερεά (Fe³⁺ + OH⁻ → Fe(OH)₃(s))

Μετά τον αερισμό, αφαιρούνται τα κολλοειδή σωματίδια, γίνεται διήθηση του νερού, και στη συνέχεια αν το νερό είναι υπερβολικά σκληρό γίνεται απομάκρυνση Ca²⁺ και Mg²⁺ και ακολουθεί η διαδικασία απολύμανσης. Επιπλέον μπορεί να γίνει προσθήκη διαφόρων ουσιών όπως αμμωνίας (για ενίσχυση/υποστήριξη της απολυμαντικής δράσης) ή φθορίου.

Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

Αφαίρεση Κολλοειδών Σωματιδίων με Καθίζηση

Μεγάλο μέρος της αδιάλυτης ύλης μέσα στο νερό (από πετρώματα και έδαφος και από την αποσύνθεση υδρόβιων φυτικών και ζωικών οργανισμών) δεν καταβυθίζεται αυθόρμητα μέσα στο νερό (στις κλασικές δεξαμενές καθίζησης) γιατί αιωρείται μέσα στο νερό με τη μορφή κολλοειδών σωματιδίων.

Κολλοειδή: Σωματίδια με διαμέτρους από 0,001 – 1 μm τα οποία αποτελούνται από ομάδες μορίων ή ιόντων που συνδέονται ασθενώς μεταξύ τους.

Αυτές οι ομάδες συμπεριφέρονται ενιαία και δεν διασπώνται ή διαλύονται ως μεμονωμένα ιόντα ή μόρια. Η επιφάνεια ενός κολλοειδούς σωματιδίου περιέχει ιοντικές ομάδες ίδιου φορτίου.

Τα ιοντικά φορτία γειτονικών κολλοειδών σωματιδίων είναι όμοια και έτσι αυτά απωθούνται μεταξύ τους και δεν μπορούν να συσσωματωθούν σε μεγάλα σωματίδια τα οποία μπορούν να υποστούν αυθόρμητη καθίζηση.

Για την απομάκρυνση των κολλοειδών από μια μάζα νερού:

- Μικρή ποσότητα $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ή $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ διαλύεται σκόπιμα στο νερό.
- Στη συνέχεια, το pH του νερού καθίσταται ουδέτερο ή ελαφρώς αλκαλικό με προσθήκη μιας αλκαλικής ουσίας (πχ $\text{Ca}(\text{OH})_2$).
- Τα ιόντα Al^{3+} και Fe^{3+} που προήλθαν από τα άλατα δημιουργούν ζελατινώδη υδροξείδια ($\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$) τα οποία ενσωματώνουν φυσικά τα κολλοειδή σωματίδια σχηματίζοντας ίζημα το οποίο μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί με διήθηση. Αυτή η διαδικασία δημιουργίας ιζήματος ονομάζεται και **κροκίδωση**.

Διήθηση του Νερού (συμβατική)

Τα μεγαλύτερα σωματίδια που αιωρούνται μέσα στο νερό απομακρύνονται με απλή διήθηση.

Η διήθηση γίνεται μέσα από στρώμα άμμου (αρχαία τεχνική) ή άλλου κοκκώδους υλικού.

Η διήθηση συγκρατεί αιωρούμενα μικροσκοπικά σωματίδια όλων των τύπων (διαμέτρου της τάξης των 10 μm) όπως αργιλικά από τη διάβρωση του εδάφους και των πετρωμάτων, λόγω άροσης της γης για γεωργία, λόγω εξόρυξης ή εμπορικής ή οικιστικής ανάπτυξης ακόμα και μικροοργανισμούς.

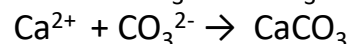
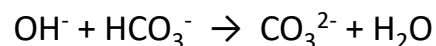
Βέβαια για την πλήρη απομάκρυνση όλων των παθογόνων μικροοργανισμών που τυχόν υπάρχουν απαιτείται και απολύμανση. Η συμβατική διήθηση για παράδειγμα δεν μπορεί να αφαιρέσει ιούς λόγω του πολύ μικρού μεγέθους τους.

Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

Αφαίρεση Ασβεστίου και Μαγνησίου

Νερό που προέρχεται από γεωτρήσεις σε περιοχές με **ασβεστολιθική βάση**, θα περιέχει μεγάλες ποσότητες ιόντων Ca^{2+} και Mg^{2+} , τα οποία αφαιρούνται με αντιδράσεις καθίζησης.

Ιόντα ασβεστίου: Απομακρύνονται με καθίζηση και διήθηση του αδιάλυτου άλατος CaCO_3 . Για να επιτευχθεί αυτό προστίθενται ανθρακικά ιόντας είτε ως Na_2CO_3 ή αν υπάρχει επαρκές HCO_3^- στο νερό, γίνεται προσθήκη OH^- για την μετατροπή του σε ανθρακικό.



Ιόντα μαγνησίου: Καθίζηση ως $\text{Mg}(\text{OH})_2$ όταν το νερό γίνεται αρκετά αλκαλικό ($\text{Mg}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$)

Μετά την απομάκρυνση με διήθηση των στερεών CaCO_3 και $\text{Mg}(\text{OH})_2$, το pH του νερού ρυθμίζεται ξανά κοντά στο 7 με διοχέτευση CO_2 .

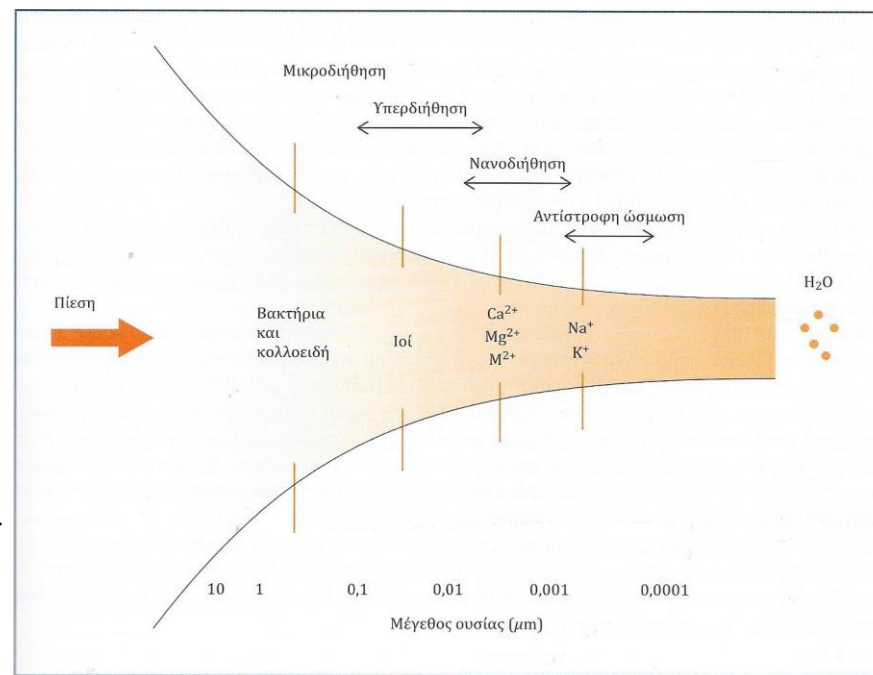
Απολύμανση νερού με τεχνολογία μεμβράνης

Καθαρισμός του νερού από τα περισσότερα ανεπιθύμητα ή και μολυσματικά συστατικά περνώντας το διαμέσου μεμβράνης της οποίας **οι μεμονωμένες σπές (πόροι) έχουν ομοιόμορφο και μικροσκοπικό μέγεθος το οποίο βέβαια πρέπει να είναι μικρότερο από το μέγεθος της ανεπιθύμητης/μολυσματικής ουσίας.**

Υπερδιήθηση – Μικροδιήθηση: Πόροι διαμέτρου 0,002-10 μm (2 – 10.000 nm)

Νανοδιήθηση: Πόροι διαμέτρου της τάξεως 1 nm. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μαλακώσει το νερό καθώς τα ενυδατωμένα ιόντα έχουν διάμετρο > 1 nm.

Αν οι νανοπόροι έχουν διάμετρο < 1 nm τότε συστήματα νανοδιήθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για αφαλάτωση.



Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

Αντίστροφη Όσμωση

Στο φυσικό φαινόμενο της ώσμωσης τα μόρια του νερού διέρχονται αυθόρμητα μέσα από τους πολύ μικρούς πόρους μιας ημιδιαπερατής μεμβράνης προς το διάλυμα αραιώνοντάς το.

Στην **αντίστροφη ώσμωση**, το φαινόμενο της ώσμωσης αντιστρέφεται τεχνητά και με την επίδραση πολύ υψηλής πίεσης το νερό αναγκάζεται να περάσει μέσα από την ημιδιαπερατή μεμβράνη (**νανοπόροι < 1 nm**) αφήνοντας πίσω ουσίες όπως **ιόντα αλκαλίων και αλκαλικών γαιών καθώς και άλατα βαρέων μετάλλων**.

Η ημιδιαπερατή μεμβράνη αποτελείται από οργανικό πολυμερές όπως οξική ή τριοξική κυτταρίνη ή πολυαμίδιο.

- Χρήση αντίστροφης ώσμωσης σε νοσοκομεία και μονάδας νεφρικής αιμοκάθαρσης για την παραγωγή νερού ιδιαίτερα απαλλαγμένου από ιόντα.

- Χρήση αντίστροφης ώσμωσης σε μεγάλη κλίμακα για την αφαλάτωση θαλασσινού και υφάλμυρου νερού

Η αντίστροφη ώσμωση είναι μια **διεργασία εντατικής κατανάλωσης ενέργειας** λόγω των υψηλών πιέσεων που απαιτούνται για να ωθηθεί το νερό μέσω των νανοπόρων (10 έως 80 bar για μονάδες αφαλάτωσης).

Επιπλέον, η αντίστροφη ώσμωση **τείνει να είναι σπατάλη για το νερό** καθώς ένα αρκετά μεγάλο μέρος αυτού (το 1/3 έως και το μισό) δεν περνά στο διήθημα.

Απολύμανση με Υπεριώδη Ακτινοβολία

Υπεριώδες φως (μήκος κύματος της τάξης των 250 nm, UV-C) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση και τον καθαρισμό του νερού.

Η υπεριώδης ακτινοβολία **διαταράσσει το DNA των μικροοργανισμών** (δημιουργία διμερών θυμίνης – δομική παραμόρφωση DNA), αποτρέποντας την αναπαραγωγή τους.

Πρόβλημα μπορεί να είναι η ύπαρξη διαλυμένου σιδήρου και χουμικών ουσιών στο νερό καθώς και τα δύο απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία μειώνοντας έτσι τη διαθέσιμη ποσότητα για απολύμανση.

Επίσης **μικρά στερεά αιωρούμενα σωματίδια** εμποδίζουν τη δράση της UV ακτινοβολίας καθώς μπορούν να την απορροφήσουν ή να τη διασκορπίσουν.

Πλεονέκτημα της απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησής με μικρές μονάδες για την εξυπηρέτηση μικρών πληθυσμών, αποφεύγοντας τη συνεχή παρακολούθηση που απαιτούν τα χημικά συστήματα απολύμανσης.

Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

Απολύμανση με Χημικές Μεθόδους: Όζον και Διοξείδιο του Χλωρίου

Το όζον (O₃) είναι ισχυρό χημικό οξειδωτικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απολύμανση του νερού από επιβλαβή βακτήρια και ιούς και για την χημική οξείδωση οργανικής ύλης μέσα στο νερό.

Το O₃ δεν μπορεί να αποθηκευτεί ή να μεταφερθεί λόγω της πολύ μικρής διάρκειας ζωής του.

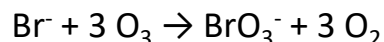
Παράγεται επί τόπου με σχετικά ακριβή διαδικασία (ηλεκτρική εκφόρτιση σε ξηρό αέρα σε τάση 20.000 V).

Διοχέτευση επί 10 min είναι αρκετός χρόνος για απολύμανση.

Δεν μένει υπολειμματική προστασία στο νερό για να καλύψει μελλοντική ρύπανση.

Άλλα προβλήματα χρήσης όζοντος:

- Η αντίδρασή του με την οργανική ύλη στο νερό μπορεί να οδηγήσει σε οργανικές ενώσεις που περιέχουν οξυγόνο όπως για παράδειγμα φορμαλδεΰδη (HCHO) και άλλες καρβονυλικές ενώσεις μερικές από τις οποίες είναι τοξικές
- Το O₃ αντιδρά με το ιόν βρωμίου, Br⁻, που συναντιέται συχνά στο νερό σε συγκεντρώσεις της τάξης των ppm, για να παράγει το βρωμικό ιόν, BrO₃⁻, το οποίο έχει αποδειχθεί ότι είναι καρκινογόνο σε πειραματόζωα και πιθανώς καρκινογόνο στον άνθρωπο.



Το βρωμικό ιόν ανήκει στην κατηγορία ενώσεων που ονομάζονται υποπροϊόντα απολύμανσης (DBP – Disinfection by-Products). Τουλάχιστον 600 τέτοιες ουσίες έχουν αναγνωριστεί.

Υπάρχουν συγκεκριμένα θεσπισμένα όρια ως μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα ρύπων (MCL – Maximum Contaminant Level) για διάφορες ουσίες στο νερό. Για το BrO₃⁻ το MCL = 10 ppb (U.S. EPA).

Το αέριο διοξείδιο του χλωρίου, ClO₂, είναι μια ελεύθερη ρίζα που οξειδώνει οργανικά μόρια εξάγοντας ηλεκτρόνια από αυτά.



Σε αντίθεση με το μοριακό χλώριο, Cl₂, το ClO₂ δεν εισάγει άτομα χλωρίου στις ουσίες με τις οποίες αντιδρά (δηλαδή δεν δημιουργεί οργανοχλωριωμένες ενώσεις) και μπορεί να οξειδώσει πλήρως τη διαλυμένη οργανική ύλη (προς CO₂ και H₂O). Έτσι η χρήση του για καθαρισμό-απολύμανση του νερού οδηγεί σε πολύ μικρότερες ποσότητες τοξικών οργανικών χημικών παραπροϊόντων (σε σχέση με τη χρήση Cl₂).

Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

Απολύμανση με Χημικές Μεθόδους: Όζον και Διοξείδιο του Χλωρίου (συνέχεια)

Όπως και με την περίπτωση του O_3 , το ClO_2 δεν μπορεί να αποθηκευτεί γιατί είναι εκρηκτικό στις υψηλές συγκεντρώσεις που απαιτούνται στην πράξη.

Έτσι πρέπει να δημιουργηθεί επί τόπου, με αρχικό αντιδρών το χλωριώδες ιόν (ClO_2^-).

Μέρος του παραγόμενου ClO_2 μετατρέπεται σε χλωρικό ιόν (ClO_3^-).

Η παρουσία των χλωριωδών και χλωρικών ιόντων ως υπολείμματα στο νερό προκαλεί ανησυχίες για τη δημόσια υγεία λόγω της πιθανής τοξικότητάς τους.

Έχει οριστεί MCL = 1,0 ppm για τα ClO_2^- και Μέγιστο επίπεδο υπολειμματικού απολυμαντικού (MRDL) για το ClO_2 .

Απολύμανση με Χλωρίωση

Το πιο κοινά χρησιμοποιούμενο απολυμαντικό του νερού είναι το υποχλωριώδες οξύ, HOCl.

Είναι ένωση που διέρχεται εύκολα μέσα από τις κυτταρικές μεμβράνες των μικροοργανισμών, απενεργοποιεί βασικά τους ένζυμα και τους σκοτώνει.

Εκτός από αποτελεσματική, η απολύμανση με χλωρίωση είναι σχετικά φθηνή.

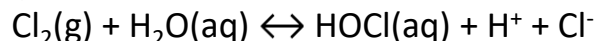
Επιπλέον, η προσθήκη μιας μικρής περίσσειας HOCl στο νερό παρέχει υπολειμματική ισχύ απολύμανσης κατά την αποθήκευση και τη μεταφορά στον καταναλωτή.

Παραγωγή HOCl

Όπως και το όζον, το HOCl δεν είναι σταθερό σε υψηλές συγκεντρώσεις και έτσι δεν μπορεί να αποθηκευτεί.

Έτσι παράγεται επί τόπου.

Για εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας (π.χ δημοτικές μονάδες επεξεργασίας νερού) παράγεται με διάλυση αερίου χλωρίου, Cl_2 , σε νερό.



Σε μεσαίες τιμές pH (όχι πάνω από 7,0) και αραιά διαλύματα Cl_2 , η παραπάνω ισορροπία είναι μετατοπισμένη πολύ δεξιά και επιτυγχάνεται σε λίγα δευτερόλεπτα.

Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

Απολύμανση με Χλωρίωση (συνέχεια)

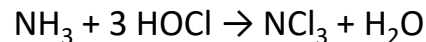
Όμως, προσοχή: Αν το pH αυξηθεί (>7,5) τότε θα ενισχυθεί ο ιονισμός του HOCl προς το υποχλωριώδες ιόν (OCl⁻) [HOCl ↔ H⁺ + OCl⁻], το οποίο είναι λιγότερο ικανό να διεισδύσει σε βακτήρια λόγω του ηλεκτρικού του φορτίου και έτσι έχει χαμηλότερη απολυμαντική ικανότητα.

Εναλλακτικός τρόπος παραγωγής HOCl σε πιο μικρή κλίμακα (πχ πισίνες) είναι μέσω υδατικού διαλύματος υποχλωριώδους ασβεστίου (Ca(OCl)₂) ή υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl).



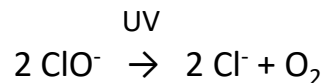
Απαιτείται έλεγχος του pH για να μην γίνει πολύ αλκαλικό και η παραπάνω ισορροπία μετατοπιστεί προς τα αριστερά. Ταυτόχρονα όμως, δεν πρέπει το pH να γίνει και πολύ όξινο γιατί μπορεί να συμβεί διάβρωση των δομικών υλικών της πισίνας. Συνήθως το pH διατηρείται περίπου ίσο με 7,5.

Η διατήρηση ενός αλκαλικού pH είναι επίσης σημαντική γιατί **αποτρέπει τη μετατροπή της διαλυμένης αμμωνίας, NH₃, στο νερό σε μονο- ή διχλωραμίνη (NH₂Cl, NHCl₂) ή ακόμα χειρότερα σε τριχλωριούχο άζωτο (NCl₃)** το οποίο είναι ισχυρό ερεθιστικό για τα μάτια.



Πηγές της αμμωνίας σε μια πισίνα είναι συνήθως ο ιδρώτας και τα ούρα των κολυμβητών.

Σε εξωτερικές πισίνες το χλώριο πρέπει να αναπληρώνεται συνεχώς, καθώς σε συνθήκες ηλιοφάνειας η ακτινοβολία UV-B και τα μικρά μήκη κύματος της UV-A απορροφώνται και αποσυνθέτουν τόσο το HOCl όσο και το OCl⁻, επηρεάζοντας έτσι την ισορροπία OCl⁻ ↔ HOCl προς σχηματισμό χλωριούχου ιόντος, Cl⁻.



Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

Απολύμανση με Χλώριο: Παραπροϊόντα

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της χλωρίωσης είναι η ταυτόχρονη παραγωγή χλωριωμένων οργανικών ουσιών, μερικές από τις οποίες είναι τοξικές.

Τέτοια παραδείγματα είναι υποπροϊόντων είναι τα αλογονωμένα οξικά οξέα όπως το διχλωροοξικό οξύ CHCl_2COOH το οποίο είναι πιο ισχυρό καρκινογόνο από το χλωροφόρμιο, οι αλοακεταλδεΐδες όπως η διχλωροακεταλδεΐδη, CHCl_2CHO .

Επίσης, αν το νερό που πρόκειται να απολυμανθεί περιέχει φαινόλη ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) το χλώριο αντικαθιστά εύκολα τα άτομα υδρογόνου στον δακτύλιο παράγοντας χλωροφαινόλες, οι οποίες έχουν δυσάρεστη οσμή και γεύση και είναι τοξικές.

Ένα γενικότερο πρόβλημα της χλωρίωσης του νερού έγκειται στην παραγωγή τριαλογονομεθανίων (THM – trihalomethanes) που έχουν γενικό τύπο CHX_3 , όπου $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$ ή συνδυασμός των δύο.

Το THM βασικού ενδιαφέροντος είναι το χλωροφόρμιο, CHCl_3 , το οποίο παράγεται όταν το υποχλωριώδες οξύ αντιδρά με οργανική ύλη διαλυμένη στο νερό.



Το χλωροφόρμιο είναι ύποπτο καρκινογόνο του ήπατος στους ανθρώπους και μπορεί να προκαλέσει αρνητικές αναπαραγωγικές και αναπτυξιακές επιδράσεις.

Ο μέγιστος στόχος επιπέδου ρύπανσης για τα THM στο πόσιμο νερό είναι κάτω από 100 ppb (πολύ χαμηλός).

Απολύμανση με Χλώριο: Πλεονεκτήματα Έναντι Άλλων Μεθόδων

Παρά την πιθανή ύπαρξη επιβλαβών παραπροϊόντων, η απολύμανση του νερού μέσω χλωρίωσης είναι εξαιρετικά σημαντική για την προστασία της δημόσιας υγείας και οι θετικές πλευρές της υπερτερούν των όποιων πιθανών αρνητικών. (Εξάλειψη τύφου και χολέρας από Ευρώπη και Β. Αμερική)

Ένα πλεονέκτημα της χλωρίωσης έναντι της απολύμανσης με ClO_2 , O_3 ή υπεριώδη ακτινοβολία είναι ότι μέρος του χλωρίου παραμένει διαλυμένο στο νερό που έχει φύγει από τη μονάδα καθαρισμού, παρέχοντας έτσι προστασία από βακτηριακή ρύπανση για αρκετή ώρα πριν αυτό καταναλωθεί.

Υπάρχει πολύ μικρός κίνδυνος σημαντικής παραγωγής χλωροφορμίου στο καθαρισμένο νερό, καθώς η οργανική ύλη στο νερό έχει σχεδόν εξαλειφθεί πριν τη χλωρίωση.

Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

Απολύμανση με Χλώριο: Πλεονεκτήματα Έναντι Άλλων Μεθόδων (συνέχεια)

Το υπολειμματικό χλώριο στο νερό υπάρχει συχνά με τη μορφή χλωραμινών (NH_2Cl , NHCl_2 , NCl_3), οι οποίες παράγονται από την αντίδραση με διαλυμένη αμμωνία.

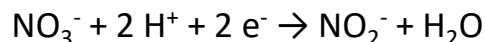
Οι μονο- και διχλωραμίνες δεν είναι τόσο γρήγορες όσο το HOCl στην απολύμανση του νερού αλλά είναι καλά απολυμαντικά. Το μείγμα χλωραμινών, ονομάζεται **δεσμευμένο χλώριο**, και παρέχει μεγαλύτερη υπολειμματική προστασία γιατί έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με το HOCl .

Στο καθαρό πόσιμο νερό, συχνά προστίθεται NH_3 προκειμένου το υπολειμματικό χλώριο να μετατραπεί σε δεσμευμένη μορφή. Οι χλωραμίνες έχουν το πλεονέκτημα έναντι του HOCl ότι παράγουν λίγες ποσότητες **ΤΗΜ και αλογονοξικών οξέων** (όχι όμως μηδενικές). Από την άλλη πλευρά όμως, αντιδρούν με ορισμένες οργανικές ενώσεις που περιέχουν άζωτο και παράγουν **νιτροζαμίνες που είναι τοξικές ενώσεις**.

Κίνδυνοι στην Υγεία από τα Νιτρικά στο Πόσιμο Νερό

Η περίσσεια νιτρικών (NO_3^-) στο πόσιμο νερό είναι ένας πιθανός κίνδυνος για την υγεία, επειδή μπορεί να οδηγήσει σε μια παθολογική κατάσταση του αίματος γνωστή ως **μεθαιμοσφαιριναιμία** σε νεογέννητα βρέφη, καθώς και σε ενήλικες με συγκεκριμένη ανεπάρκεια ενζύμων.

Βακτήρια, π.χ. σε μη αποστειρωμένα μπιμπερό ή στο στομάχι του μωρού, μετατρέπουν μέρος των νιτρικών σε νιτρώδη, NO_2^-



Στη συνέχεια, τα νιτρώδη αντιδρούν με τον τα ιόντα σιδήρου της αιμοσφαιρίνης στο αίμα οξειδώνοντας τα ($\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$). Ο οξειδωμένος σίδηρος της αιμοσφαιρίνης (μεθαιμοσφαιρίνη – **methemoglobin**) δεν μπορεί να μεταφέρει οξυγόνο στα κύτταρα.

Έτσι το μωρό γίνεται μπλε και πάσχει από αναπνευστική ανεπάρκεια.

Στους υγιείς ενήλικες κατά κανόνα όταν σχηματίζεται οξειδωμένη αιμοσφαιρίνη αυτή ανάγεται εύκολα στην ανηγμένη μορφή από το ένζυμο $\text{NADH-cytochrome } b_5 \text{ reductase}$. Στα νεογέννητα μωρά το ένζυμο αυτό είναι ακόμα σε χαμηλή συγκέντρωση. Η εμφάνιση του συνδρόμου του μπλε μωρού είναι σπάνια στις βιομηχανικές χώρες.

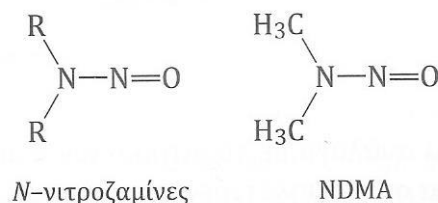
Η περίσσεια νιτρικών στο πόσιμο νερό προκαλεί ανησυχία λόγω πιθανής σύνδεσης με τον καρκίνο του στομάχου.

Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

Νιτροζαμίνες σε Τρόφιμα και Νερό

Υπάρχει η ανησυχία ότι η περίσσεια νιτρικών στο πόσιμο νερό και στα τρόφιμα θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση της συχνότητας εμφάνισης καρκίνου του στομάχου, καθώς μέρος αυτών μετατρέπεται στο στομάχι σε νιτρώδη.

Τα νιτρώδη μπορούν στη συνέχεια να αντιδράσουν με αμίνες για να παράγουν **N-νιτροζαμίνες**, ενώσεις που είναι γνωστό ότι είναι καρκινογόνες στα ζώα. Οι N-νιτροζαμίνες είναι αμίνες στις οποίες δύο οργανικές ομάδες και μια ομάδα $-N=O$ συνδέονται με το κεντρικό άτομο.



Ειδικά η **N-νιτροζοδιμεθυλαμίνη (NDMA)**, στην οποία η οργανική ομάδα R είναι μεθυλομάδα, προκαλεί ανησυχία όχι μόνο όσον αφορά στην παραγωγή της στο στομάχι αλλά και για την εμφάνισή της σε τρόφιμα και ποτά (π.χ. τυριά, τηγανητό μπέικον, καπνιστό και/ή επεξεργασμένο κρέας και ψάρι, μπύρα και άλλα ποτά ζύμωσης) καθώς και ως περιβαλλοντικός ρύπος στο πόσιμο νερό.

Στα τρόφιμα δεν προστίθεται επί τούτου, αλλά μπορεί να σχηματιστεί ως ανεπιθύμητο προϊόν όταν νιτρώδη αντιδρούν με αμίνες κατά την επεξεργασία, αποθήκευση ή το μαγείρεμα.

Κατά την επεξεργασία προϊόντων χοιρινού κρέατος (όπως μπέικον και λουκάνικα) χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες νιτρικών. Μέρος των νιτρικών ανάγεται βιοχημικά σε νιτρώδη, τα οποία εμποδίζουν την ανάπτυξη του μικροοργανισμού που προκαλεί τη νόσο της αλλαντίασης.

Το νιτρώδες ιόν δίνει σε αυτά τα προϊόντα κρέατος τη χαρακτηριστική τους γεύση και χρώμα. Οι νιτροζαμίνες παράγονται από την περίσσεια νιτρικών κατά το τηγάνισμα και στο στομάχι. Οι υπηρεσίες τροφίμων και φαρμάκων θεσπίζουν προγράμματα για τη μείωση των υπολειμματικών επιπέδων νιτρωδών στα αλλαντικά.

Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

Νιτροζαμίνες σε Τρόφιμα και Νερό (συνέχεια)

Ορισμένοι παρασκευαστές αυτών των τροφίμων προσθέτουν βιταμίνες C ή E στο κρέας για να εμποδίσουν το σχηματισμό νιτροζαμινών.

Ομοίως και η επεξεργασία **διαφόρων τυριών** εμπεριέχει τη χρήση μεγάλων ποσοτήτων νιτρικών αλάτων οπότε και αυτά μπορούν να αποτελέσουν εν δυνάμει πηγή νιτροζαμινών.

Η Προέλευση και η Απομάκρυνση της Περίσσειας Φωσφορικών

Τα **φωσφορικά και νιτρικά άλατα** αποτελούν θρεπτικές ουσίες για το νερό και όσο μεγαλύτερη είναι η παροχή τους σε μια μάζα νερού (πχ σε μια λίμνη) τόσο πιο πολύ ενισχύεται **η ανάπτυξη των φυκών**.

Όταν η τεράστια μάζα φυκών λόγω της υπέρμετρης ανάπτυξής τελικά πεθάνει και **αρχίζει και αρχίζει να αποσυντίθεται**, το **διαλυμένο οξυγόνο στο νερό καταναλώνεται γρήγορα** πράγμα που επηρεάζει αρνητικά τη ζωή των ψαριών.

Το νερό της λίμνης αποκτά άσχημη γεύση, γίνεται πράσινο και γλοιώδες και δημιουργούνται μάζες νεκρών ψαριών και υδρόβιων φυτών.

Η παραπάνω σειρά φαινομένων που επιτελούνται όταν σε μια λίμνη εισέρχεται περίσσεια θρεπτικών συστατικών ονομάζεται ευτροφισμός.

Τα θρεπτικά αυτά συστατικά (κυρίως άλατα φωσφόρου ή/και αζώτου) σε μεγάλο βαθμό προέρχονται από **ανθρώπινες δραστηριότητες (πχ γεωργία, αστικά λύματα).**

Οι πηγές εισόδου φωσφορικών στα νερά μπορεί να είναι είτε **σημειακές** είτε **μη σημειακές**.

Σημειακές: Τοποθεσίες όπως εργοστάσια, χώροι υγειονομικής ταφής, μονάδες επεξεργασίας λυμάτων που απορρίπτουν ρύπους.

Μη σημειακές: Μεγάλες χερσαίες εκτάσεις όπως αγροκτήματα, δάση, ιδιωτικές αυλές κατοικιών. Επίσης σηπτικές δεξαμενές, δίκτυα απορροής ομβρίων υδάτων ακόμα και ατμοσφαιρική εναπόθεση.

Οι μη σημειακές πηγές, παρ' όλο που παρέχουν μικρή ποσότητα ρύπανση, συνολικά παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες φωσφορικών λόγω του μεγάλου αριθμού τους.

Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

Η Προέλευση και η Απομάκρυνση της Περίσσειας Φωσφορικών

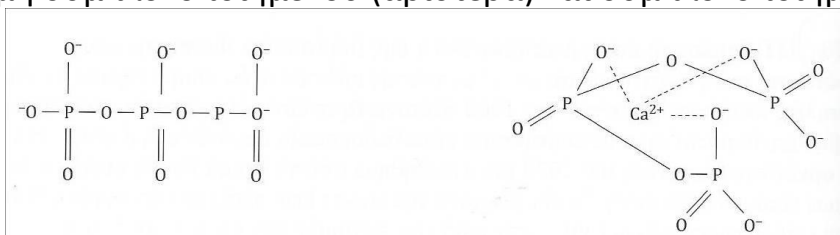
Ο ρόλος των φωσφορικών από τα απορρυπαντικά

Τα **πολυφωσφορικά ιόντα** είναι ανιόντα που περιέχουν πολλές μονάδες φωσφορικών που συνδέονται μεταξύ τους μέσω ατόμων οξυγόνου και προστίθενται στα απορρυπαντικά ως **αποσκληρυντικά**.

Σχηματίζουν διαλυτά σύμπλοκα με τα ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} που υπάρχουν στο νερό και κατ' αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η σύμπλεξη με αυτά των μορίων του απορρυπαντικού, τα οποία έτσι παραμένουν διαθέσιμα για καθαριστική δράση.

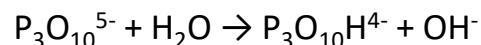
Ένας άλλος ρόλος των πολυφωσφορικών είναι να κάνουν το νερό πλύσης ελαφρά αλκαλικό, γεγονός που βοηθά την αφαίρεση της βρωμιάς από ορισμένα υφάσματα.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η περίπτωση του **τριπολυφωσφορικού ιόντος** που προστίθεται υπό τη μορφή άλατος Na ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) μη συμπλοκοποιημένου (αριστερά) και συμπλοκοποιημένου με ιόν ασβεστίου (δεξιά).

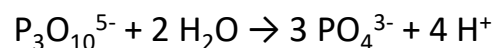


Ουσίες όπως το τριπολυφωσφορικό ιόν που έχουν περισσότερες από μια θέσεις σύνδεση με το μεταλλικό ιόν και έτσι παράγουν δακτυλίους (κλουβιά) που ενσωματώνουν το μέταλλο, ονομάζονται **χηλικές ενώσεις**. Είναι πολύ σταθερές και **δεν ελευθερώνουν ξανά τα μέταλλα σε ελεύθερη μορφή**.

Το ιόν είναι μια ασθενής βάση σε υδατικό διάλυμα και δημιουργεί το αλκαλικό περιβάλλον που απαιτείται για αποτελεσματικό καθαρισμό:



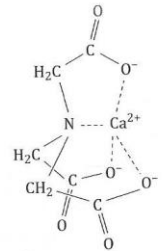
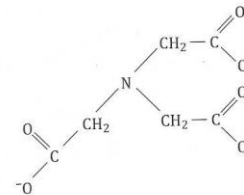
Όμως, όταν απορρίπτεται το νερό πλύσης, η περίσσεια του τριπολυφωσφορικού αντιδρά με νερό και μετατρέπεται σταδιακά σε φωσφορικό ιόν, το οποίο συμβάλλει στον ευτροφισμό.



Ρύπανση και καθαρισμός υδάτων - Εισαγωγή

Η Προέλευση και η Απομάκρυνση της Περίσσειας Φωσφορικών (συνέχεια)

Σε πολλές περιοχές του κόσμου το τριπολυφωσφορικό αντικαθίσταται από το **νιτριλοτριξικό νάτριο (NTA)** για να δράσει ως αποσκληρυντικό το οποίο δεν συμβάλλει στον ευτροφισμό. Το μόριο του νιτριλοτριξικού ιόντος και του αντίστοιχου συμπλόκου του με ιόν Ca^{2+} φαίνονται στο διπλανό σχήμα. Ένα πρόβλημα του NTA είναι ο πολύ αργός ρυθμός αποικοδόμησής του, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε κινδύνους για την υγεία



Το φωσφορικό ιόν μπορεί να απομακρυνθεί από τα αστικά και βιομηχανικά λύματα με την προσθήκη επαρκούς ασβεστίου (πχ με τη μορφή $\text{Ca}(\text{OH})_2$), έτσι ώστε να σχηματιστούν ως ιζήματα αδιάλυτα άλατα όπως $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ή το $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ (υδροξυφωσφορικό ασβέστιο ή υδροξυαπατίτης) τα οποία μπορούν στη συνέχεια να αφαιρεθούν εύκολα και πριν την απόρριψη των λυμάτων.

Άλλα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στα απορρυπαντικά περιλαμβάνουν ουσίες όπως το κιτρικό νάτριο, ανθρακικό νάτριο και πυριτικό νάτριο.

Επίσης ως πρόσθετα, χρησιμοποιούνται **ζεόλιθοι** τα οποία είναι αργιλοπυριτικά ορυκτά που βρίσκονται σε αφθονία και αποτελούνται από νάτριο, αργίλιο, πυρίτιο και οξυγόνο (Na, Al, Si, O). Ένα μειονέκτημά των ζεολιθών είναι ότι αδιάλυτοι και επομένως η χρήση τους αυξάνει την ποσότητα λάσπης που πρέπει να αφαιρεθεί στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων.