

Απολύμανση

Καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, σε τέτοιο βαθμό, ώστε η διάθεση των εκροών να μην δημιουργεί κινδύνους στην δημόσια υγεία και το περιβάλλον.

Σημαντικό μέρος των παθογόνων μικροοργανισμών καταστρέφεται κατά την βιολογική επεξεργασία των λυμάτων, παρόλα αυτά, εάν απαιτούνται εκροές με χαμηλότερο μικροβιακό φορτίο πρέπει να επεξεργαστούν με προσθήκη χημικών ουσιών ή με ακτινοβολήση.

Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι χλωρίωσης είναι:

- Χλωρίωση
- Οζονισμός
- Ακτινοβολήση με UV

Συστήματα απολύμανσης



Χλωρίωση



Οζονισμός



Ακτινοβολία UV

Η επιλογή της μεθόδου και της απαιτούμενης δοσολογίας είναι συνάρτηση της αρχικής και της επιθυμητής ποιότητας εκροής, των χαρακτηριστικών των αποβλήτων, του μεγέθους της εγκατάστασης, της εμπειρίας της ομάδας μελέτης και του διαθέσιμου κεφαλαίου

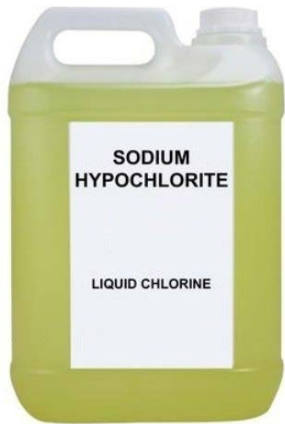
Χλωρίωση

Η χλωρίωση της εκροής εγκαταστάσεων υγρών αποβλήτων γίνεται με εφαρμογή είτε αέριου χλωρίου (Cl_2), είτε διοξειδίου του χλωρίου (ClO_2), είτε διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl), είτε υποχλωριώδους ασβεστίου (Ca(OCl)_2), τα οποία μπορούν να καταστρέψουν ένζυμα, πρωτεΐνες και την κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών.

- Το αέριο χλώριο κυκλοφορεί σε μεταλλικές φιάλες του ενός τόνου και σε βυτία χωρητικότητας έως 50 τόνων.
- Το υποχλωριώδες νάτριο κυκλοφορεί σε υδατικό διάλυμα περιεκτικότητας 12-15% σε ελεύθερο χλώριο.
- Το διοξείδιο του χλωρίου πρέπει να παρασκευαστεί επί τόπου με αντίδραση χλωρίου και υποχλωρικού νατρίου (NaClO_2).
- Το υποχλωριώδες ασβέστιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως υδατικό διάλυμα είτε σε στερεά μορφή



Υποχλωριώδες Νάτριο (NaClO)



Διάλυμα
υποχλωριώδους νατρίου



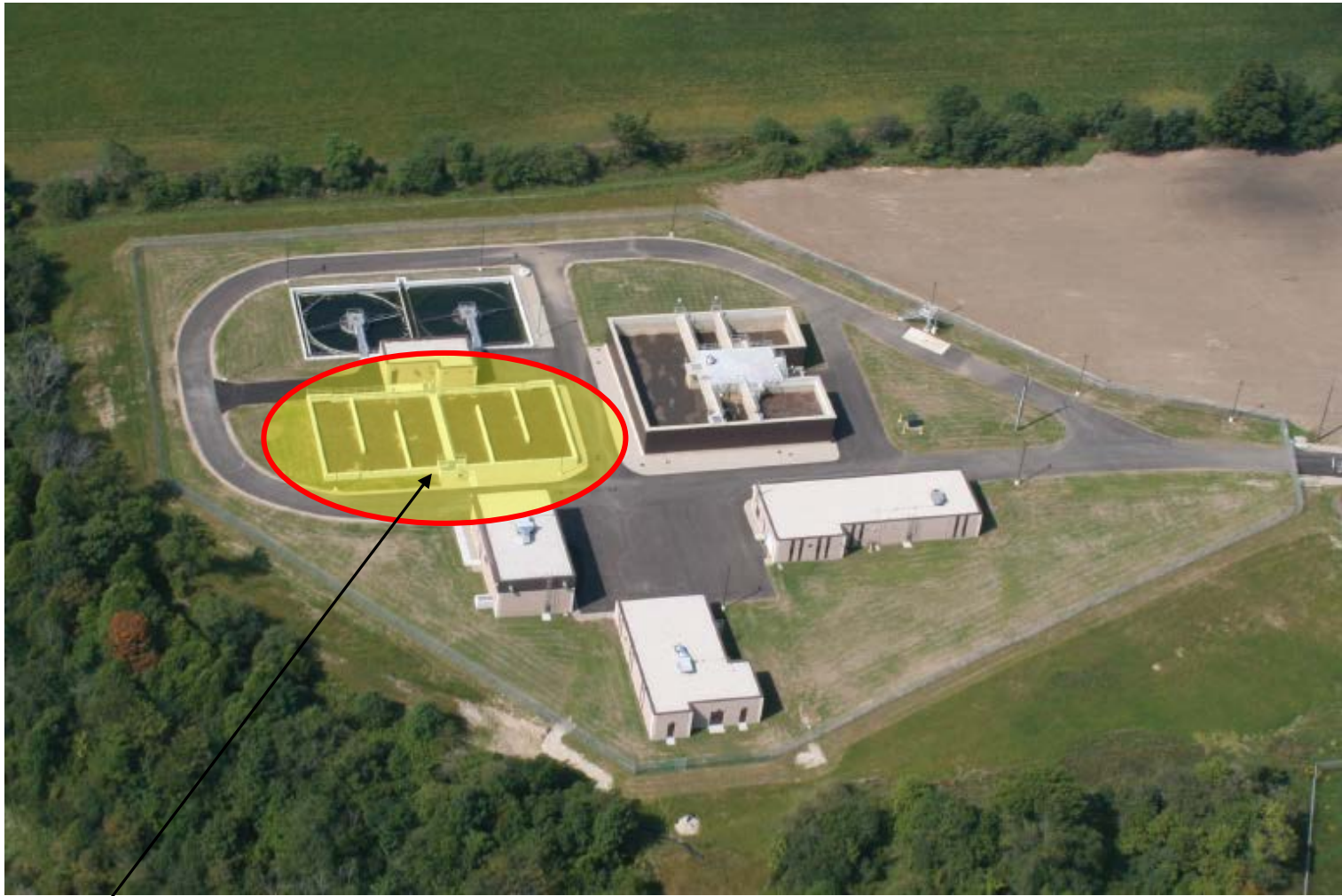
Διάλυμα
υποχλωριώδους νατρίου
(συσκευασία 1m^3)



Σύστημα δοσομέτρησης
υποχλωριώδους νατρίου

- Πρόκειται για την πιο διαδεδομένη μέθοδο απολύμανσης στην Ελλάδα
- Περιεκτικότητα σε χλώριο στο εμπορικό διάλυμα: 12-15%
- Η απολυμαντική του ικανότητα μειώνεται με το χρόνο αποθήκευσης
- Αντιδρά με την αμμωνία προς χλωραμίνες

ΕΕΛ-Απολύμανση με υποχλωριώδες νάτριο



Δεξαμενή
Χλωρίωσης

Αέριο/υγρό χλώριο (Cl_2)



Βαγόνι μεταφοράς χλωρίου



Κύλινδρος χλωρίου για χρήση σε ΕΕΛ



Αέριο χλώριο

- Δύσκολο σε εφαρμογή
- Απαιτεί ειδικές συνθήκες μεταφοράς
- Διατίθεται σε υπό πίεση δοχεία με χωρητικότητα έως και 50 tn
- Συνήθως επιλέγεται για χρήση σε μεγάλες ΕΕΛ

Διοξειδίο του χλωρίου (ClO_2)



- Παρασκευάζεται επιτόπου με ανάμειξη χλωρίου και χλωριώδους νατρίου (NaClO_2)
- Παρόμοια απολυμαντική δράση με το χλώριο
- Απαιτεί σημαντική μικρότερο χρόνο παραμονής σε σχέση με υποχλωριώδες νάτριο
- Είναι πιο αποτελεσματικό ως προς την καταπολέμηση των πρωτόζων και των ιών
- Δεν αντιδρά με την αμμωνία στον ίδιο βαθμό με το NaClO

ΕΕΛ-Απολύμανση με διοξείδιο του χλωρίου



Δεξαμενή
Χλωρίωσης

Υποχλωριώδες ασβέστιο $\text{Ca}(\text{ClO})_2$



Σύστημα δοσομέτρησης στερεού υποχλωριώδους ασβεστίου



Ταμπλέτες υποχλωριώδους ασβεστίου

- Διατίθεται σε στερεή μορφή
- Παρόμοια απολυμαντική δράση με το NaClO
- Η απολυμαντική του ικανότητα μειώνεται με το χρόνο αποθήκευσης (ειδικά σε χώρους με υγρασία)
- Δεν είναι κατάλληλο για νερά με μεγάλη σκληρότητα
- Συνήθως επιλέγεται για χρήση σε μικρές ΕΕΛ και ΕΕΛ ξενοδοχείων

Αποχλωρίωση



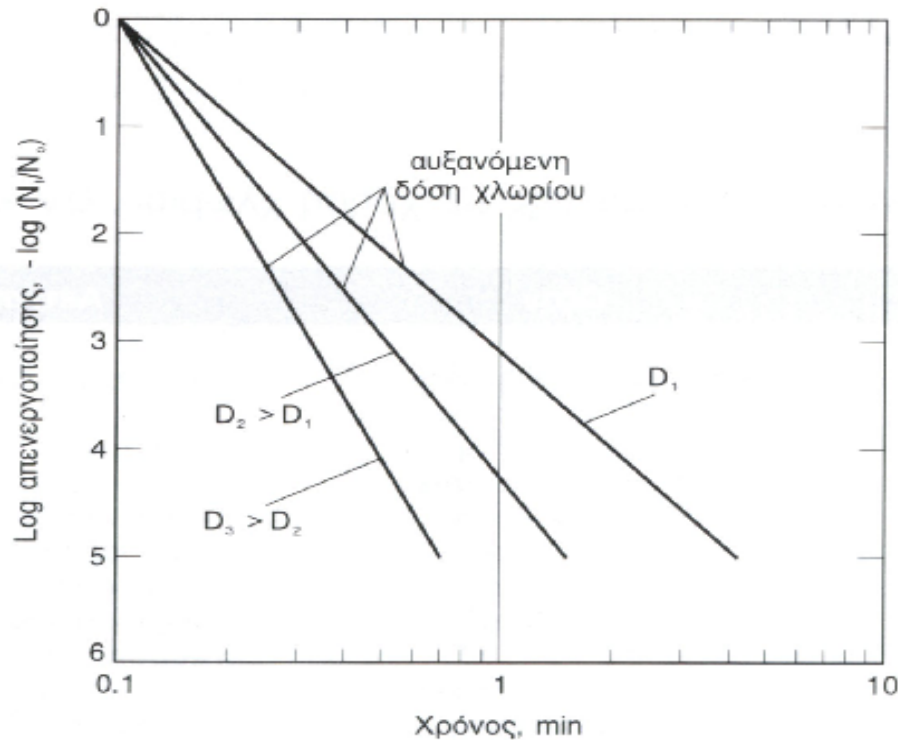
Δεξαμενή αποχλωρίωσης



Δεξαμενές θειοθεικού νατρίου

- Επιτυγχάνεται με προσθήκη διαλύματος θειοθεικού νατρίου ή θειώδους νατρίου
- Πρόκειται για ακαριαία αντίδραση (δεν απαιτούνται μεγάλοι χρόνοι παραμονής)
- Εφαρμόζεται όπου υπάρχουν αυστηρά όρια απόρριψης χλωρίου στον αποδέκτη

Χρόνος επαφής χλωρίου



Επίδραση του χρόνου επαφής και της συγκέντρωσης, στην επιβίωση αιωρούμενων βακτηρίων *E. Coli*, σε αντιδραστήρα ασυνεχούς λειτουργίας με τη χρήση χλωρίου ως απολυμαντικό, στους 20 °C

dN_t/d_t = ρυθμός μεταβολής της συγκέντρωσης των οργανισμών με το χρόνο

k = σταθερά ρυθμού απενεργοποίησης T^{-1}

N_t = σταθερά των οργανισμών σε χρόνο t

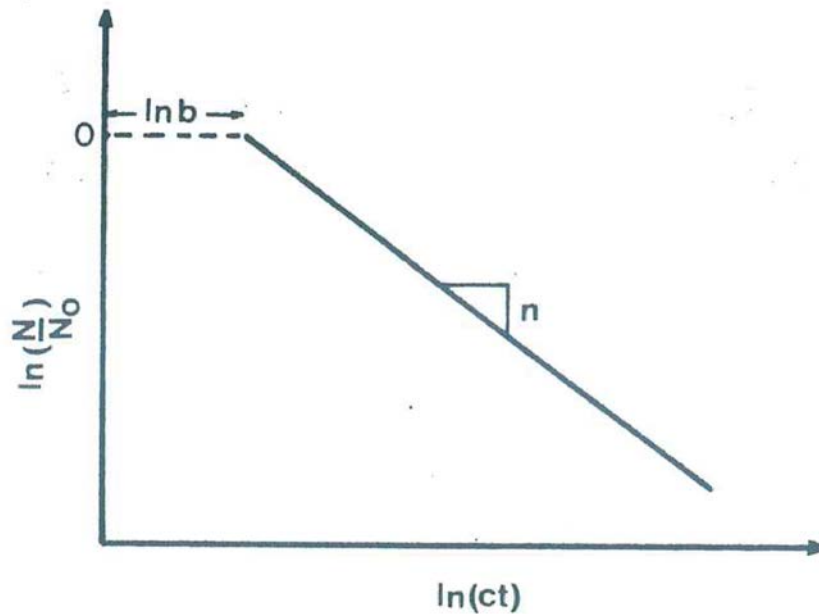
t = χρόνος

$$\left(\frac{dN_t}{dt} \right) = -kN_t$$

$$\frac{N_t}{N_o} = e^{-kt}$$

$$\ln \frac{N_t}{N_o} = -kt$$

Χρόνος επαφής χλωρίου



$$\frac{N}{N_0} = \left[\frac{b}{ct} \right]^n \text{ για } ct \geq b$$

$$\frac{N}{N_0} = 1 \text{ για } ct < b$$

N = αριθμός μικροοργανισμών σε χρόνο t

N_0 = αριθμός μικροοργανισμών σε χρόνο $t=0$

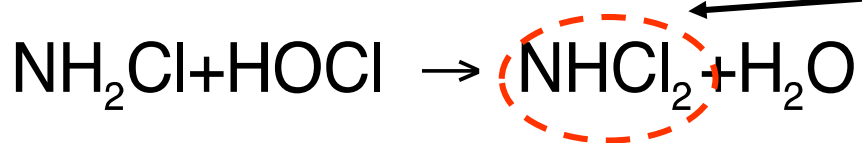
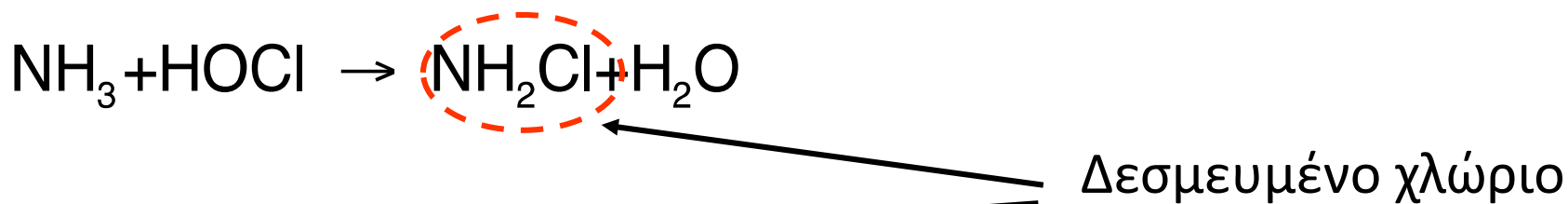
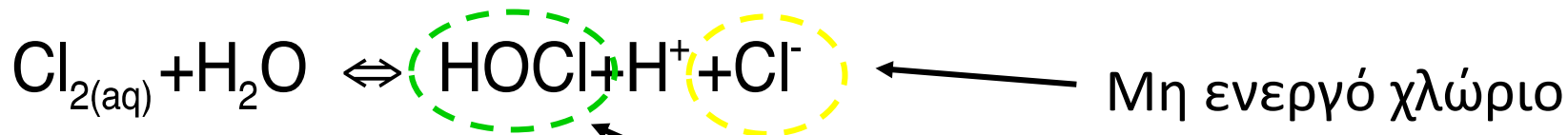
c = συγκέντρωση απολυμαντικού-χλωρίου

Ο σχεδιασμός των δεξαμενών χλωρίωσης γίνονται με βάση το γινόμενο “ct”

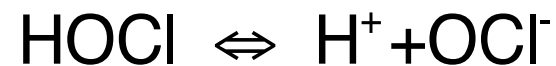
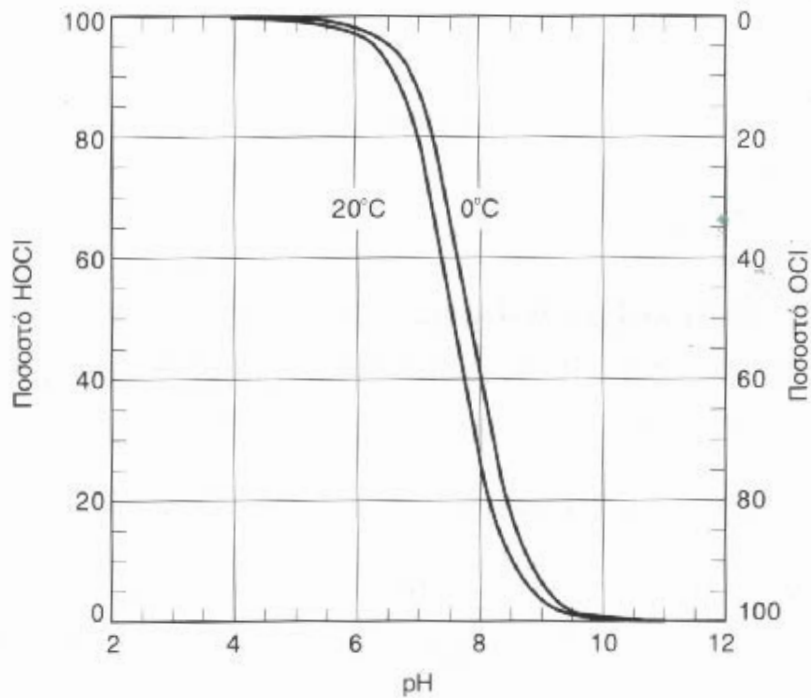
Το “ct” είναι σταθερό για δεδομένο βαθμό απολύμανσης

Το “ct” πρέπει να είναι μεγαλύτερο από μια δεδομένη τιμή για να υπάρξει ελάχιστη αδρανοποίηση των μικροοργανισμών

Αντιδράσεις του χλωρίου στο νερό, παρουσία αμμωνίας

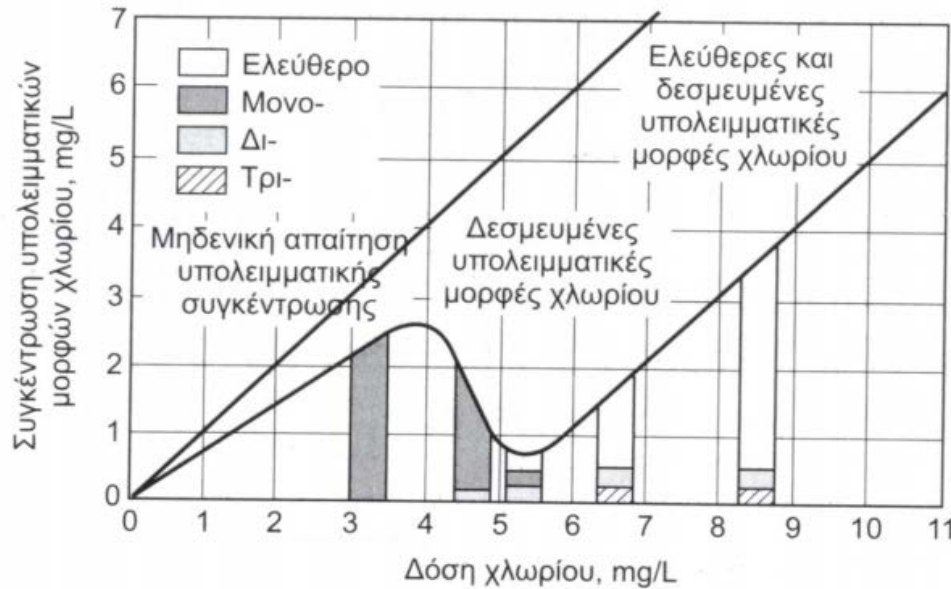


Επίδραση του pH στην χημική ισορροπία



Ποσοστό κατανομής του υποχλωριώδους οξέως και του υποχλωριώδου ιόντος σε νερό σε συνάρτηση με την τιμή του pH στους 0 και 20 °C

Χλωρίωση-Μορφές χλωρίου

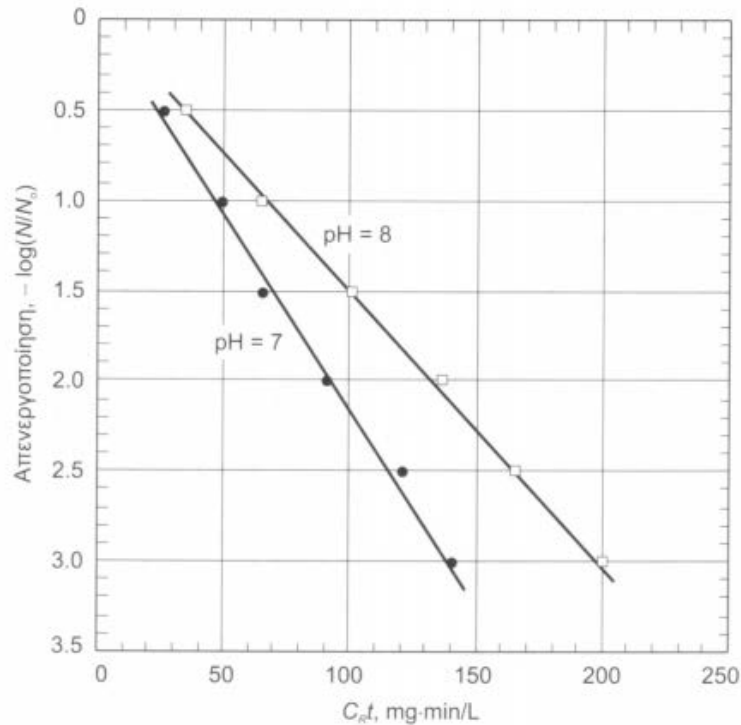


Μεταβολή υπολειματικού χλωρίου κατά την απολύμανση αποβλήτων που περιέχουν αμμωνιακό άζωτο

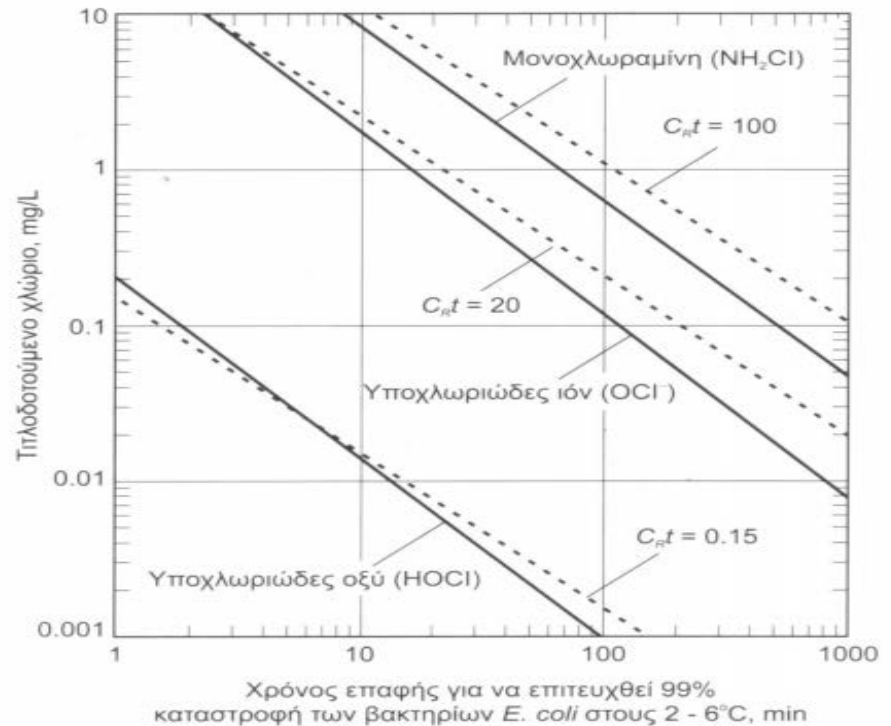


Μεταβολή υπολειματικού χλωρίου κατά την απολύμανση αποβλήτων που περιέχουν άζωτο με τη μορφή αμμωνίας και οργανικού αζώτου

Απενεργοποίηση μικροοργανισμών με χλωρίωση

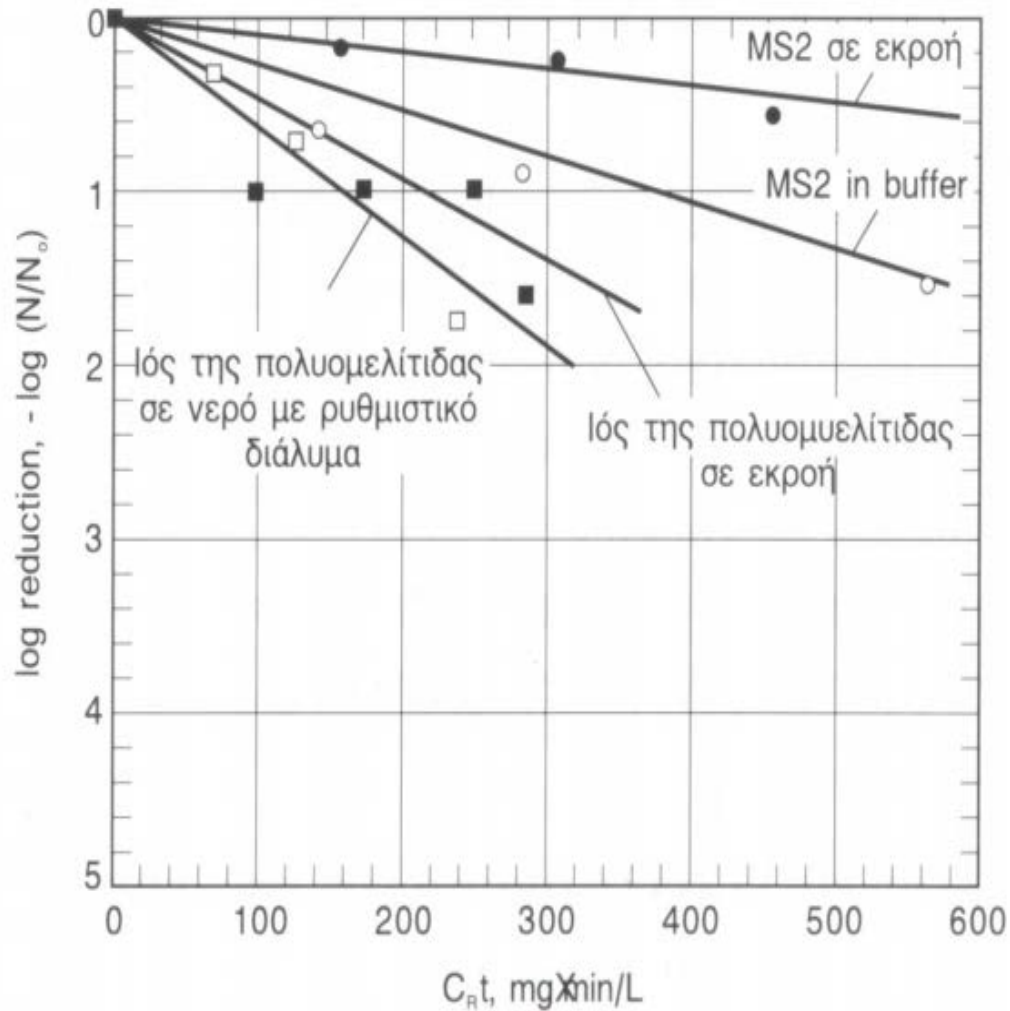


Απενεργοποίηση των κυστών
Giardia με ελεύθερο χλώριο
στους 10 °C



Σύγκριση της μικροβιοκτόνου δράσης του υποχλωριώδους οξέος, του υποχλωριώδους ιόντος και της μονοχλωραμίνης, για 99% καταστροφή του *E. coli* στους 2-6 °C. (Οι τιμές $C_R t$ προστέθηκαν προς σύγκριση)

Απενεργοποίηση μικροοργανισμών με χλωρίωση



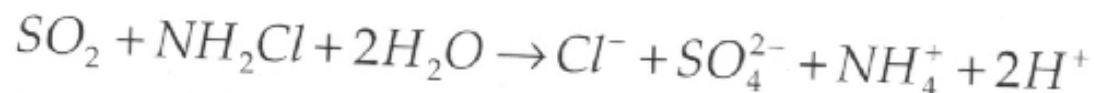
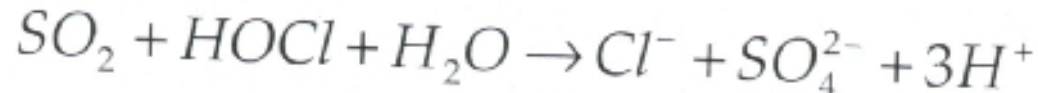
Απενεργοποίηση του
κολιφάγου (coliphage) και
του ιού της
πολιομυελίτιδας με
εφαρμογή χλωρίου

Χημεία αποχλωρίωσης

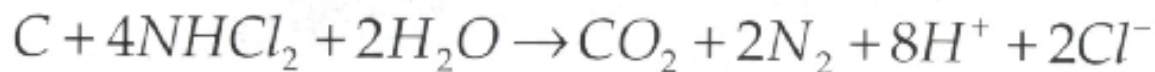
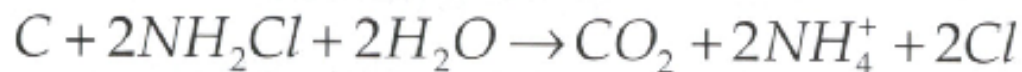
- Αποχλωρίωση με θειούχες ενώσεις:



- Αποχλωρίωση με διοξείδιο του θείου:



- Αποχλωρίωση με ενεργό άνθρακα:



Περιεκτικότητα-διαθεσιμότητα χλωρίου

Η περιεκτικότητα μιας χημικής ένωσης σε χλώριο εξαρτάται αποκλειστικά από το ποσοστό βάρους των ατόμων χλωρίου στην ένωση

$$\text{Περιεκτικότητα χλωρίου (\%): } (Cl_2)_{\text{παρόν}} = \frac{\text{Βάρος χλωρίου στην ένωση}}{\text{Μοριακό βάρος της ένωσης}} \times 100$$

Η ενεργότητα (διαθεσιμότητα προς οξείδωση) του χλωρίου σχετίζεται με την οξειδωτική βαθμίδα που βρίσκονται τα άτομα του χλωρίου στην χημική ένωση (η οξειδωτική βαθμίδα των χλωριόντων (Cl^-) είναι -1). π.χ.:



- Για το αέριο χλώριο, το παρόν ($(Cl_2)_{\text{παρόν}}$) και το ενεργό χλώριο ($(Cl_2)_{\text{ενεργό}}$) ταυτίζονται:
 $(Cl_2)_{\text{παρόν}} = 100\%$, $(Cl_2)_{\text{ενεργό}} = 100\%$
- Για το $NaClO$, το $(Cl_2)_{\text{παρόν}}$ είναι: $35,5/74,5 \times 100 = 47,7\%$, ενώ το $(Cl_2)_{\text{ενεργό}}$: $2 \times 47,7 = 95,4\%$
- Για το ClO_2 , το $(Cl_2)_{\text{παρόν}}$ είναι: $35,5/67,5 \times 100 = 52,5\%$, ενώ το $(Cl_2)_{\text{ενεργό}}$: $5 \times 52,5 = 260\%$

Δοσομετρία χλωρίωσης

Τύπος υγρών αποβλήτων	Αρχική μέτρηση κολοβακτηριδίων, MPN/100 mL	Δόση χλωρίου, mg/L			
		Προδιαγραφές για εκροή, MPN/100mL	1000	200	23 ≤ 2.2
Ανεπεξέργαστα απόβλητα	$10^7 - 10^9$	15 - 40			
Πρωτοβάθμια εκροή	$10^7 - 10^9$	10 - 30	20 - 40		
Εκροή βιολογικού φίλτρου	$10^5 - 10^6$	3 - 10	5 - 20	10-40	
Εκροή ενεργού ιλύος	$10^5 - 10^6$	2 - 10	5 - 15	10-30	
Διηθημένη εκροή ενεργού ιλύος	$10^4 - 10^6$	4 - 8	5 - 15	6-20	8 - 30
Εκροή από νιτροποίηση	$10^4 - 10^6$	4 - 12	6 - 16	8-18	8 - 20
Διηθημένη εκροή από νιτροποίηση	$10^4 - 10^6$	4 - 10	6 - 12	8-14	8 - 16
Εκροή μικροδιήθησης	$10^1 - 10^3$	1 - 3	2 - 4	2-6	4 - 10
Αντίστροφη όσμωση ^β	~0	0	0	0	0 - 2
Εκροή σιπτικής δεξαμενής	$10^7 - 10^9$	20 - 40	40 - 60		
Εκροή αμμόφιλτρου διακοπτόμενης λειτουργίας	$10^2 - 10^4$	1 - 5	2-8	5-10	8 - 18

^α ΠΗΓΗ: U.S. EPA (1986), White (1999)

^β Βασίζεται σε ελεύθερο χλώριο

Τυπικές απαιτούμενες δόσεις χλωρίου, βασισμένες στο δεσμευμένο χλώριο (εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά), για να επιτευχθούν διαφορετικές προδιαγραφές απολύμανσης ολικών κολοβακτηριδίων για διάφορα απόβλητα με χρόνο επαφής 30 min. Η δοσολογία του χλωρίου αναφέρεται σε ενεργό (διαθέσιμο) χλώριο.

Διάλυμα NaClO

Απαιτείται προσοχή σε ότι αφορά τη συγκέντρωση των διαλυμάτων NaClO, ώστε να γίνεται χρήση των κατάλληλων μονάδων

Ο πιο κάτω πίνακας αφορά σε χαρακτηριστικά των διαλυμάτων NaClO, σε 25 °C

NaClO (w/w%)	(Cl ₂) _{ενεργό} (w/w%)	(Cl ₂) _{ενεργό} (w/v%)	Πυκνότητα (g/mL)
5,25	5,0	5,4	1,0793
8	7,6	8,5	1,1204
10	9,5	11,0	1,1511
12	11,4	13,5	1,1826
12,5	11,9	14,2	1,1906
13	12,4	14,8	1,1986
14	13,3	16,2	1,2148
15	14,3	17,6	1,2312
16	15,2	19,0	1,2477

- Το εμπορικό διάλυμα NaClO, συνήθως περιέχει ενεργό χλώριο ((Cl₂)_{ενεργό}) 12-15 w/w%
- Το pH του διαλύματος κυμαίνεται μεταξύ 12-13

Μείωση οξειδωτικής ικανότητας NaClO

Το NaClO χάνει την οξειδωτική του ικανότητα με τον χρόνο, σύμφωνα με τη σχέση:

$$C = \frac{C_0}{1 + t/t_{0,5}}$$

C = συγκέντρωση ενεργού Cl₂ σε χρόνο t (d)

C₀ = συγκέντρωση ενεργού Cl₂ σε χρόνο t=0

t_{0,5} = χρόνος για τον οποίο C = 0,5 C

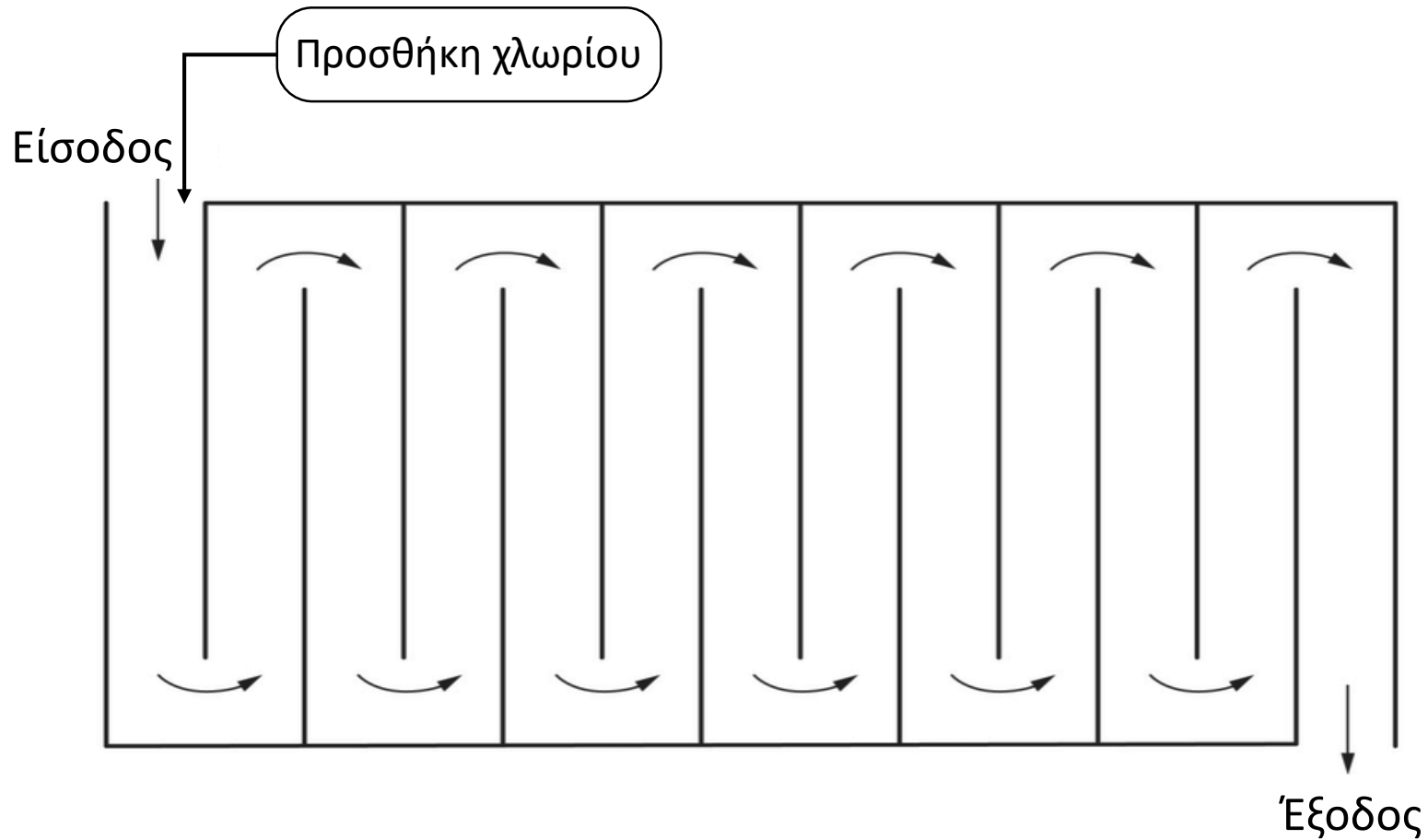
Ο χρόνος ημιζωής (t_{0,5}) εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τη συγκέντρωση σε ενεργό Cl₂:

(Cl ₂) _{ενεργό}	5 (w/w%)	10 (w/w%)	15 (w/w%)
t _{0,5} @ 25 °C	790 d	220 d	100 d

Γενικά αποφεύγεται αποθήκευση διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου για περιόδους μεγαλύτερες των δύο εβδομάδων.

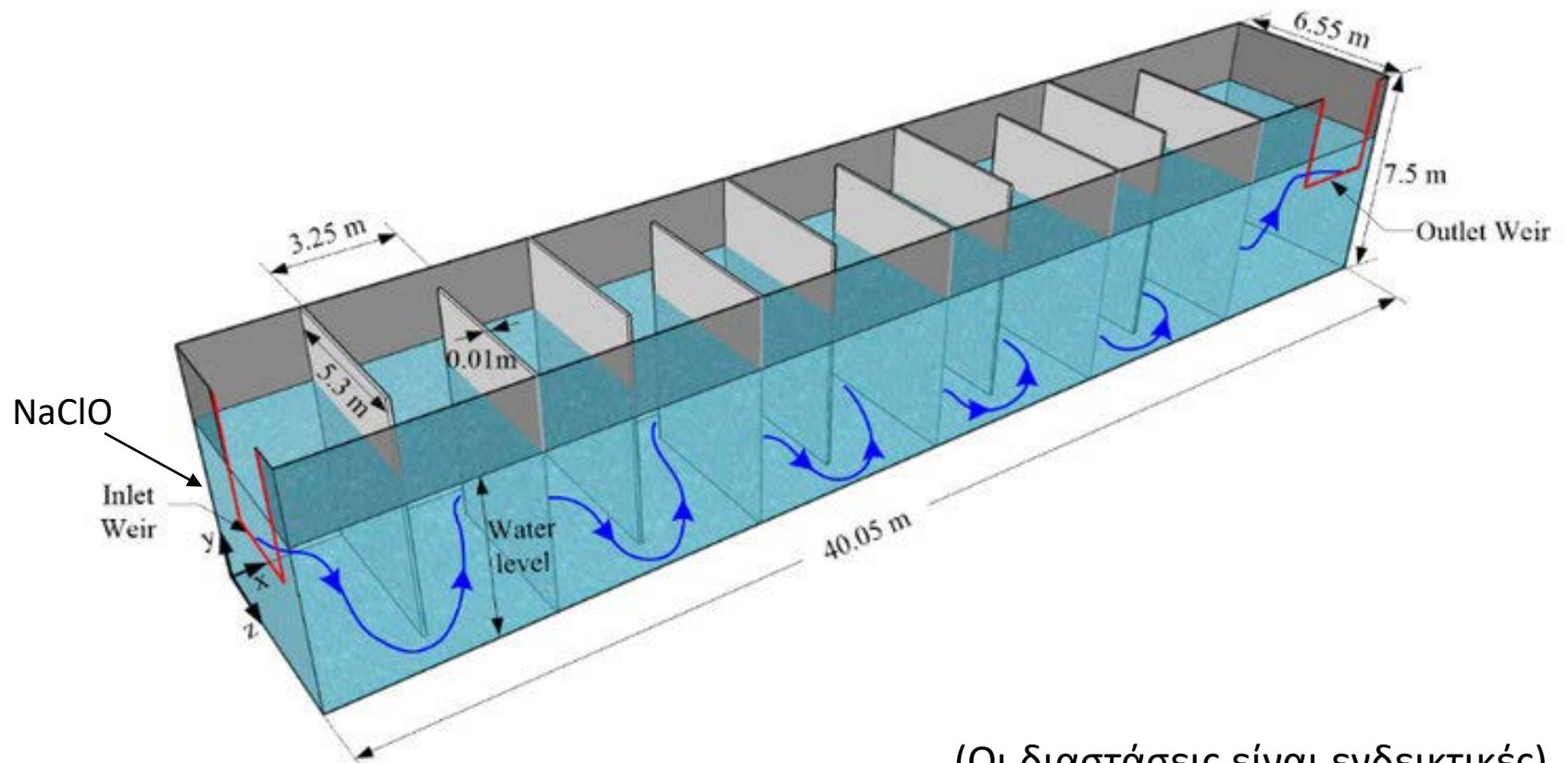
Σε μικρές μονάδες ΕΕΛ, μπορεί η προμήθεια να γίνεται κάθε μήνα (για λογιστικούς λόγους), αλλά μετά τις δύο εβδομάδες καλό είναι να αναπροσαρμόζεται η δοσομέτρηση.

Τυπική διάταξη δεξαμενής χλωρίωσης



Η χλωρίωση συνήθως λαμβάνει χώρα σε δεξαμενές επαφής μαιανδρικής ροής, με χρόνο παραμονής 30-120 min.
Εντός της δεξαμενής επαφής επικρατούν συνθήκες εμβολικής ροής.

Τυπική διάταξη δεξαμενής χλωρίωσης



(Οι διαστάσεις είναι ενδεικτικές)

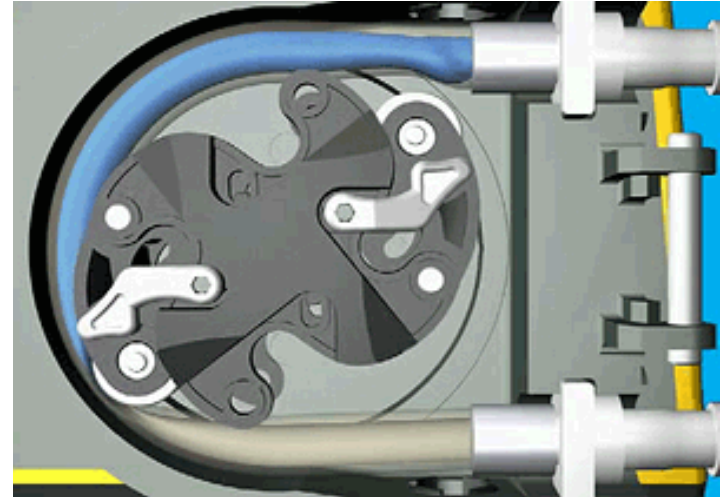
Κύριοι τύποι δοσομετρικών αντλιών

- Περισταλτικές αντλίες
- Εμβολοφόρες αντλίες
- Λοβοειδείς αντλίες
- Αντλίες διαφράγματος ή μεμβράνης

Περισταλτικές αντλίες



Περισταλτική αντλία



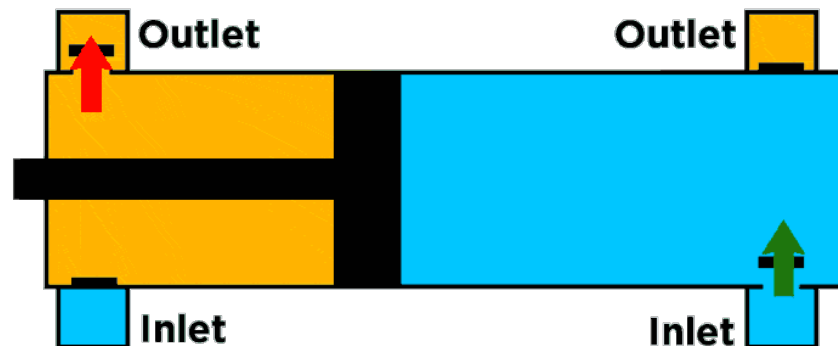
Αρχή λειτουργίας

- Κατάλληλες για δοσομέτρηση
- Ακριβείς
- Πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή του υλικού του σωλήνα
- Απαιτείται συχνή επίβλεψη, λόγω πιθανής αστοχίας στο σωλήνα
- Χρησιμοποιούνται ευρέως για δοσομέτρηση NaClO

Εμβολοφόρες αντλίες



Εμβολοφόρος αντλία



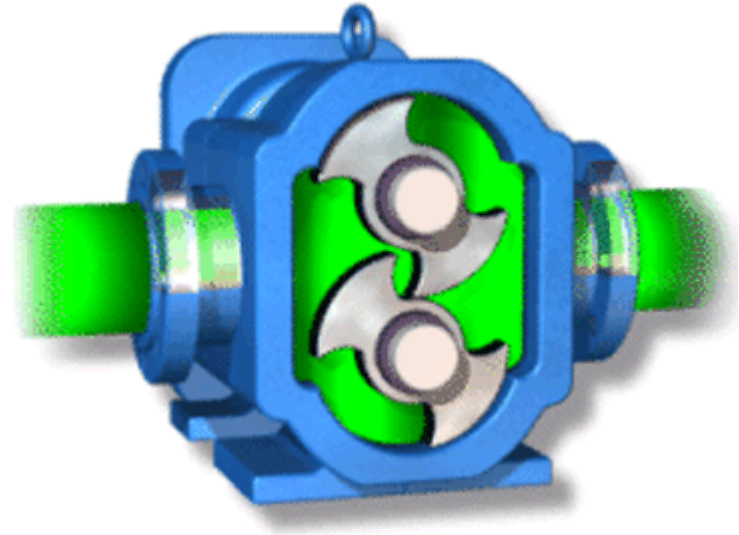
Αρχή λειτουργίας

- Κατάλληλες για δοσομέτρηση
- Ακριβείς
- Αιωρούμενα σωματίδια πιθανόν να φράξουν τις βαλβίδες αντεπιστροφής
- Γενικά, πιο πολύπλοκο σύστημα λειτουργίας σε σχέση με άλλες δοσομετρικές αντλίες
- Χρησιμοποιούνται για δοσομέτρηση NaClO

Λοβοειδείς αντλίες



Λοβοειδής αντλία



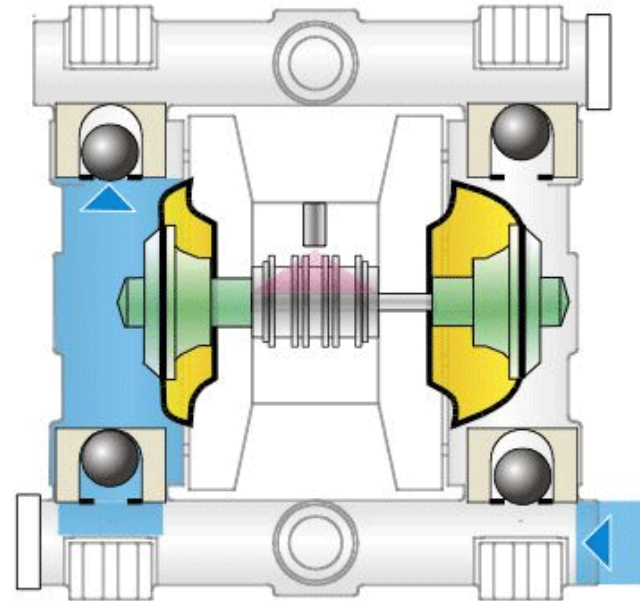
Αρχή λειτουργίας

- Κατάλληλες για δοσομέτρηση
- Ακριβείς
- Κατάλληλες για μεγάλες διαφορές πιέσεων
- Συνήθως δεν χρησιμοποιούνται για δοσομέτρηση NaClO

Αντλίες διαφράγματος ή μεμβράνης



Αντλία διαφράγματος



Αρχή λειτουργίας

- Κατάλληλες για δοσομέτρηση
- Ακριβείς
- Απαιτείται προσεκτική επιλογή του υλικού της μεμβράνης
- Χρησιμοποιούνται ευρέως για δοσομέτρηση NaClO

Σχεδιαστικές παράμετροι χλωρίωσης

Η δοσολογία εξαρτάται από το είδος του αποβλήτου και την προοριζόμενη χρήση

- Γινόμενο $C_R t$ (τουλάχιστον 200 mg min/L για δευτεροβάθμια εκροή, 450 mg min/L για επαναχρησιμοποίηση)
- Χρόνος επαφής: 30-120 min για παροχή αιχμής (60 min είναι συνήθως ικανοποιητικός χρόνος)
- Ελάχιστη ταχύτητα ροής στο κανάλι 2m/s (τουλάχιστον κατά την μέση παροχή)
- Λόγος μήκος/πλάτος τουλάχιστον 40 (για να διασφαλίζεται εμβολική ροή)
- Το εμπορικό διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου έχει συνήθως περιεκτικότητα σε χλώριο 12-15%
- Τυπική αρχική συγκέντρωση χλωρίου 5-20 mg/L
- Για απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση νερού η δόση (μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία και αμμόφιλτρο) είναι 8-30 mg/L, ενώ απαιτείται υπολειμματικό χλώριο τουλάχιστον 2mg/L και ελάχιστος χρόνος επαφής 60 min

Παράδειγμα σχεδιασμού δεξαμενής χλωρίωσης (1/5)

Να σχεδιάσετε δεξαμενή χλωρίωσης (ΔΧ) (με χρήση υποχλωριώδους νατρίου), για δευτεροβάθμια εκροή με Q_{max} και Q_{av} 9.000 και 5.000 m³/d, αντίστοιχα, για απόρριψη της εκροής σε θαλάσσιο αποδέκτη. Υπολογίστε την ικανότητα του χλωριωτή και την ημερήσια κατανάλωση χλωρίου, και τον απαιτούμενο όγκο της δεξαμενής αποθήκευσης του διαλύματος NaClO, εάν η ΕΕΛ προμηθεύεται NaClO κάθε δύο εβδομάδες.

Το σύνηθες όριο για απόρριψη σε θαλάσσιο αποδέκτη είναι 1000MPN/100mL.

Με βάση τον σχετικό πίνακα δοσολογίας χλωρίου, η συγκέντρωση του χλωρίου πρέπει να είναι 2-10 mg/L. Επιλέγουμε δόση: 7 mg/L (εκφρασμένο σε ενεργό χλώριο).

Για χρόνο επαφής 30 min, ισχύει:

$$C t = 7 \text{ mg/L} \times 30 \text{ min} = 201 \text{ min mg/L}.$$

$$\text{Ο όγκος της ΔΧ υπολογίζεται } V = 9000 \text{ m}^3/\text{d} \times 30 \text{ min} / 1440 \text{ min/d} = 187,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Επιλέγω συντελεστή ασφαλείας 1,5, οπότε } V = 1,5 \times 187,5 \text{ m}^3 = 281 \text{ m}^3.$$

$$\text{Επιλέγεται βάθος ροής } H = 0,7 \text{ m. Οπότε η επιφάνεια της ΔΧ υπολογίζεται: } A = 281 \text{ m}^3 / 0,7 \text{ m} = 402 \text{ m}^2.$$

$$\text{Επιλέγεται πλάτος ΔΧ: } W = 15 \text{ m. Οπότε προκύπτει μήκος } L = 402 \text{ m}^2 / 15 \text{ m} = 26,8 \text{ m}.$$

$$\text{Διαμοιράζεται το πλάτος σε 5 λωρίδες, με πλάτος λωρίδας } W_{\text{ροής}} = 15 \text{ m} / 5 = 3 \text{ m}.$$

$$\text{Υπολογίζεται το μήκος ροής } L_{\text{ροής}} = 5 \times 26,8 \text{ m} = 134 \text{ m}.$$

Παράδειγμα σχεδιασμού δεξαμενής χλωρίωσης (2/5)

Υπολογίζεται ο λόγος $L_{\text{ροής}} / W_{\text{ροής}} = 134 \text{ m} / 3 \text{ m} = 44,67 > 40$ (αποδεκτό).

Υπολογίζεται η ταχύτητα ροής: $v_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{max}}}{A} = \frac{9000 \text{ m}^3/\text{d}}{0,7 \text{ m} \times 3 \text{ m}} = 4285 \text{ m/d} = 2,98 \text{ m/min}$ (αποδεκτή).

Υπολογίζεται η ταχύτητα ροής: $v_{\text{av}} = \frac{Q_{\text{max}}}{A} = \frac{5000 \text{ m}^3/\text{d}}{0,7 \text{ m} \times 3 \text{ m}} = 2381 \text{ m/d} = 1,65 \text{ m/min}$ (μη αποδεκτή).

Οπότε διαμοιράζεται εκ νέου το πλάτος σε 6 λωρίδες, με πλάτος λωρίδας $W_{\text{ροής}} = 15 \text{ m} / 6 = 2,5 \text{ m}$.

Υπολογίζεται εκ νέου το μήκος ροής $L_{\text{ροής}} = 6 \times 26,8 \text{ m} = 160 \text{ m}$.

Υπολογίζεται ο λόγος $L_{\text{ροής}} / W_{\text{ροής}} = 160 \text{ m} / 2,5 \text{ m} = 64 > 40$ (αποδεκτό).

Υπολογίζονται εκ νέου οι ταχύτητες ροής η ταχύτητα ροής v_{max} & v_{av} : $3,57 \text{ m/min}$ & $1,98 \text{ m/min}$ (αποδεκτές).

Οπότε η ΔΧ έχει πλάτος $W = 15 \text{ m}$, μήκος $L = 26,8 \text{ m}$, βάθος ροής $H = 0,7 \text{ m}$, και είναι χωρισμένη σε 6 κανάλια ροής.

Το ύψος της ΔΧ θα πρέπει να είναι τουλάχιστον $0,5 \text{ m}$ πλέον του βάθους ροής.

Παράδειγμα σχεδιασμού δεξαμενής χλωρίωσης (3/5)

Υπολογίζεται ο λόγος $L_{\text{ροής}} / W_{\text{ροής}} = 134 \text{ m} / 3 \text{ m} = 44,67 > 40$ (αποδεκτό).

Η ικανότητα του χλωριωτή υπολογίζεται ως: $M(\text{Cl}_2)_{\text{ενεργό}}/d = \frac{7 \text{ mg/L} \times 9000 \text{ m}^3/d}{1000 \text{ L/m}^3} = 63 \text{ kg}(\text{Cl}_2)_{\text{ενεργό}}/d$

Υπολογίζεται η ημερήσια κατανάλωση χλωρίου: $M(\text{Cl}_2)_{\text{ενεργό}}/d = \frac{7 \text{ mg/L} \times 5000 \text{ m}^3/d}{1000 \text{ L/m}^3} = 35 \text{ kg}(\text{Cl}_2)_{\text{ενεργό}}/d$

Εάν γίνεται προμήθεια διαλύματος NaClO κάθε δύο εβδομάδες, τότε η δόση ενεργού χλωρίου κατά την πρώτη ημέρα πρέπει να αυξηθεί αναλόγως (λόγω μείωσης δραστηριότητας) ώστε κατά την τελευταία ημέρα η δόση να μην πέσει κάτω από $35 \text{ kg}(\text{Cl}_2)_{\text{ενεργό}}/d$. (Αποθήκευση σε 25°C).

Οπότε: $M(\text{Cl}_2)_{\text{αρχική}}/d = M(\text{Cl}_2)_{\text{τελική}}/d \times (1 + (t/t_{0,5})) =$

$35 \text{ kg}(\text{Cl}_2)_{\text{ενεργό}}/d \times (1 + (14d/100d)) = 39,9 \text{ kg}(\text{Cl}_2)_{\text{ενεργό}}/d$

Παράδειγμα σχεδιασμού δεξαμενής χλωρίωσης (4/5)

Εάν χρησιμοποιηθεί εμπορικό διάλυμα NaClO, περιεκτικότητας σε $(\text{Cl}_2)_{\text{ενεργό}}$ 15% w/w, τότε η ημερήσια μάζα διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου είναι:

$$M_{\text{διαλ. NaClO}} = \frac{39,9 \text{ kg}_{\text{Cl}_2} \times 100 \text{ kg}_{\text{διαλ. NaClO}}}{15 \text{ kg } (\text{Cl}_2)_{\text{ενεργό}}} = 266 \text{ kg}_{\text{διαλ. NaClO}}/\text{d}$$

Η πυκνότητα διαλύματος που περιέχει 15 w/w% $(\text{Cl}_2)_{\text{ενεργό}}$ στους 25 °C είναι περίπου 1,247 kg/L (από τον σχετικό πίνακα), οπότε ο απαιτούμενος ημερήσιος όγκος διαλύματος 15% w/w $(\text{Cl}_2)_{\text{ενεργό}}$ στους 25 °C είναι: $233 / 1,247 = 213,3 \text{ L}_{\text{διαλ. NaClO}}/\text{d}$.

Για επάρκεια δύο εβδομάδων, η δεξαμενή NaClO θα πρέπει να έχει όγκο τουλάχιστον 3m^3 .

Θέτοντας συντελεστή ασφαλείας 1,5:

Ο ελάχιστος όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης διαλύματος NaClO προκύπτει $4,5\text{m}^3$.

Παράδειγμα σχεδιασμού δεξαμενής χλωρίωσης (5/5)

Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Χλωρίωσης	
Παράμετρος	Τιμή
Μήκος	26,8 m
Πλάτος	15 m
Βάθος ροής	0,7 m
Ύψος δεξαμενής	1,2 m
Αριθμός καναλιών	6
Δεξαμενή αποθήκευσης NaClO	4,5 m ³
Εξοπλισμός	
Δοσομετρική αντλία διαφράγματος	✓
Ρυθμιζόμενο θυρόφραγμα εξόδου (υπερχειλιστής)	✓