



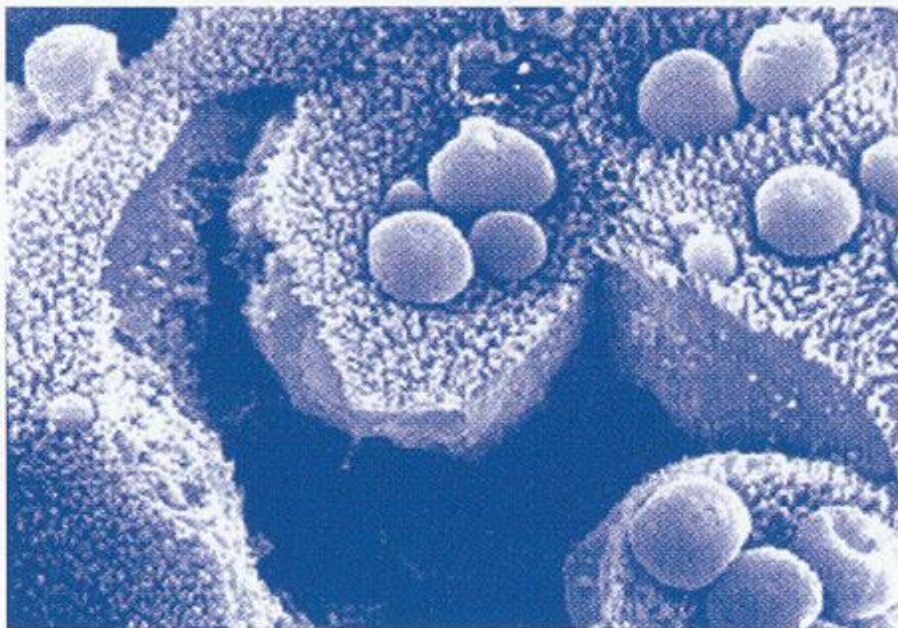
Τμήμα Χημικών Μηχανικών- Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ



UV disinfection provides effective inactivation of Cryptosporidium and Giardia.

Τι είναι απολύμανση

Είναι η επεξεργασία εκείνη του νερού η οποία έχει ως σκοπό την καταστροφή ή την αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών που τυχόν περιέχει, ώστε να προστατευθεί η δημόσια υγεία.

Δεν είναι αποστείρωση

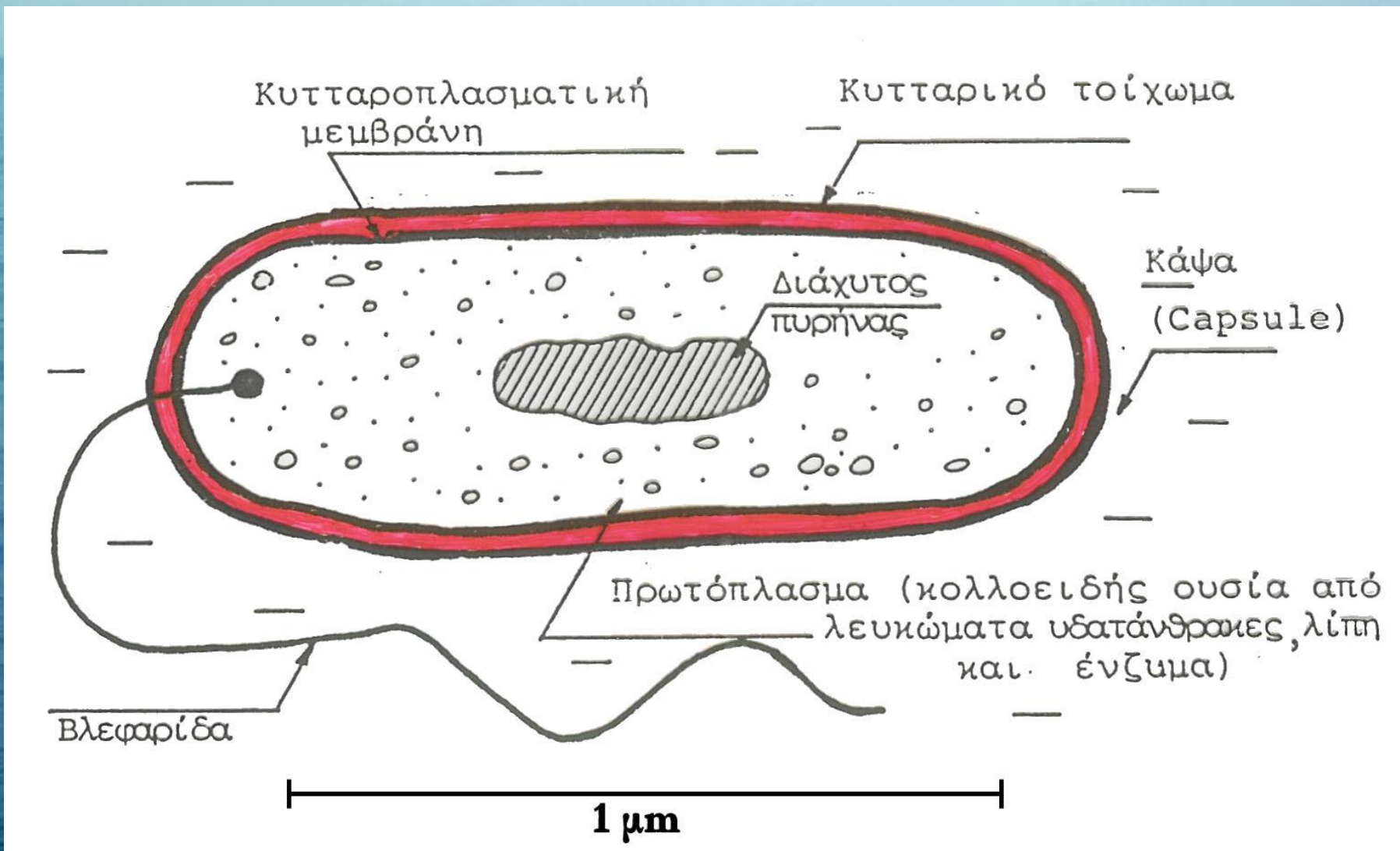
Καταπολέμηση Των Μικροοργανισμών Του Νερού

- Οι μικροοργανισμοί υπάρχουν παντού στη φύση
- Διατηρούν τη φυσική ισορροπία του κύκλου ζωής
- Το νερό είναι δυνατόν να περιέχει:
Βακτήρια – Ιούς – Άλγη – Μύκητες
- Αδύνατη η απομάκρυνση με φυσικά μέσα – γίνεται καταστροφή με απολυμαντικά μέσα

Μηχανισμοί Απολύμανσης

- Καταστροφή ή εξασθένηση της οργάνωσης της κυτταρικής δομής
- Παρέμβαση στον μεταβολισμό που είναι υπεύθυνος για την παραγωγή ενέργειας
- Παρέμβαση στη βιοσύνθεση και την ανάπτυξη

Σχηματική οργάνωση μικροβιακού κυττάρου



Μηχανισμοί απολυμάνσεως

Παραδείγματα

- Φθορά ή καταστροφή του κυτταρικού τοιχώματος (πενικιλίνη)
- Αλλαγή της εκλεκτικής διαπερατότητας της κυτταρο-πλασματικής μεμβράνης (φαινολικές ουσίες, απορρυπαντικά)
- Αλλαγή της κολλοειδούς φύσεως του πρωτοπλάσματος (θέρμανση)
- Παρεμπόδιση της ενζυματικής δραστηριότητας (οξειδωτικά, π.χ. χλώριο)
- Αντικατάσταση Η πρωτεϊνών από Cl. Η χλωραμίνη είναι τοξική και προκαλεί θάνατο

Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης

- Χαρακτηριστικά μέσου απολύμανσης
- Ανθεκτικότητα μικροοργανισμών
- Χρόνος επαφής
- Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού
- Άλλοι παράγοντες

Χαρακτηριστικά μέσου απολύμανσης

Μικροβιοκτόνος ικανότητα:

- **Δυναμικό οξειδοαναγωγής**
($O_3 > ClO_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$)
- **Μοριακό βάρος**
- **Φορτίο**
- **Διάχυση μέσα στο κύτταρο**
- **Πειραματικά δεδομένα**

Ανθεκτικότητα μικροοργανισμών

Φθίνουσα ανθεκτικότητα κατά σειρά:

Σπόρια βακτηρίων > σπόρια πρωτόζωων > ιοί > φυτικά
βακτήρια

Οφείλεται σε διαφορές στην κυτταρική δομή

Π.χ. Οι εντερικοί ιοί είναι ανθεκτικοί γιατί δεν έχουν ένζυμα, τα φυτικά βακτήρια είναι ευαίσθητα γιατί η αναπνοή γίνεται στην επιφάνεια του κυττάρου.

Χρόνος επαφής

Η απολύμανση ακολουθεί κινητική αντίδρασης πρώτης τάξης. Συνεπώς εξαρτάται άμεσα από το χρόνο επαφής. Επηρεάζεται επίσης και από πολλούς άλλους παράγοντες

Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού που επηρεάζουν την απολύμανση

- **Θολότητα**
- **Αναγωγικά στοιχεία – Οργανικά**
- **pH – επηρεάζει τη δραστηριότητα του απολυμαντικού**
- **Θερμοκρασία**

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την απολύμανση

- Πάγιο και λειτουργικό κόστος
- Ευκολία λειτουργίας – συντήρησης
- Δημιουργία ανεπιθύμητων παραπροϊόντων (χλωροφαινόλες, THMs, χλωραμίνες)
- Επίδραση στη υπόλοιπη εγκατάσταση επεξεργασίας νερού (οξείδωση Fe^{2+} , συγκράτηση σε φίλτρο)
- Υπολειμματική δράση μέχρι την κατανάλωση

Κινητική Της Απολυμαντικής Δράσεως

Ο ρυθμός της απολυμαντικής δράσεως εξαρτάται από:

- Το χρόνο επαφής
- Τη συγκέντρωση ή την ένταση και το είδος του απολυμαντικού
- Τη συγκέντρωση και το είδος των μικροβίων
- Τη θερμοκρασία
- Τη φύση του υγρού

Νόμος Chick-Watson

$$\ln \frac{N}{N_0} = -kt$$

N: αριθμός μικροοργανισμών σε χρόνο **t**

N₀: αριθμός μικροοργανισμών σε χρόνο **t=0**

t: χρόνος

k: σταθερά/εξαρτάται από το απολυμαντικό και το μικροοργανισμό

Πειραματική εμπειρική σχέση Watson

$$\ln \frac{N}{N_0} = \Lambda \cdot C^n \cdot t$$

C: συγκέντρωση απολυμαντικού

Λ: συντελεστής θνησιμότητας

n: συντελεστής διάχυσης - ενεργότητας

Η τιμή του **n** εξαρτάται από το είδος του απολυμαντικού, pH. (συνήθως $n=1$)

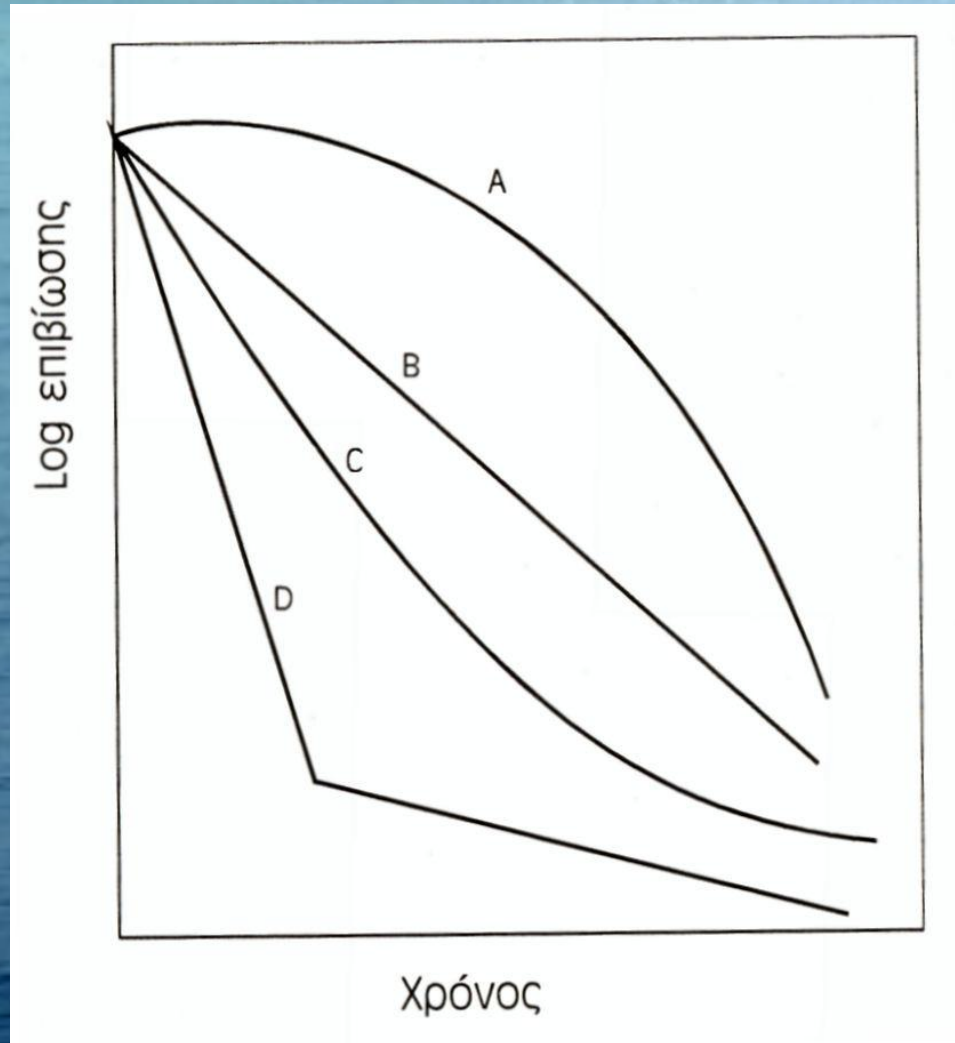
Βασικό μειονέκτημα ότι ο ρυθμός καταστροφής των μικροοργανισμών δεν παραμένει σταθερός.

Τιμές του ειδικού συντελεστή θνησιμότητας για διάφορα απολυμαντικά σε σχέση με ορισμένα είδη μικροοργανισμών

Απολυμαντικό	Βακτήρια E.coli	Ιός Poliovirus I	Κύστες Entamoeba Histolytica
O_3	2300	920	3.1
HOCl	120	4.6	0.23
Cl_2	16	2.4	-
OCl ⁻	5	0.44	-
NHCl ₂	0.84	0.00092	-
NH ₂ Cl	0.12	0.014	-

Παρεκκλίσεις από το νόμο Chick – Watson

Τύποι καμπυλών επιβίωσης των μικροοργανισμών



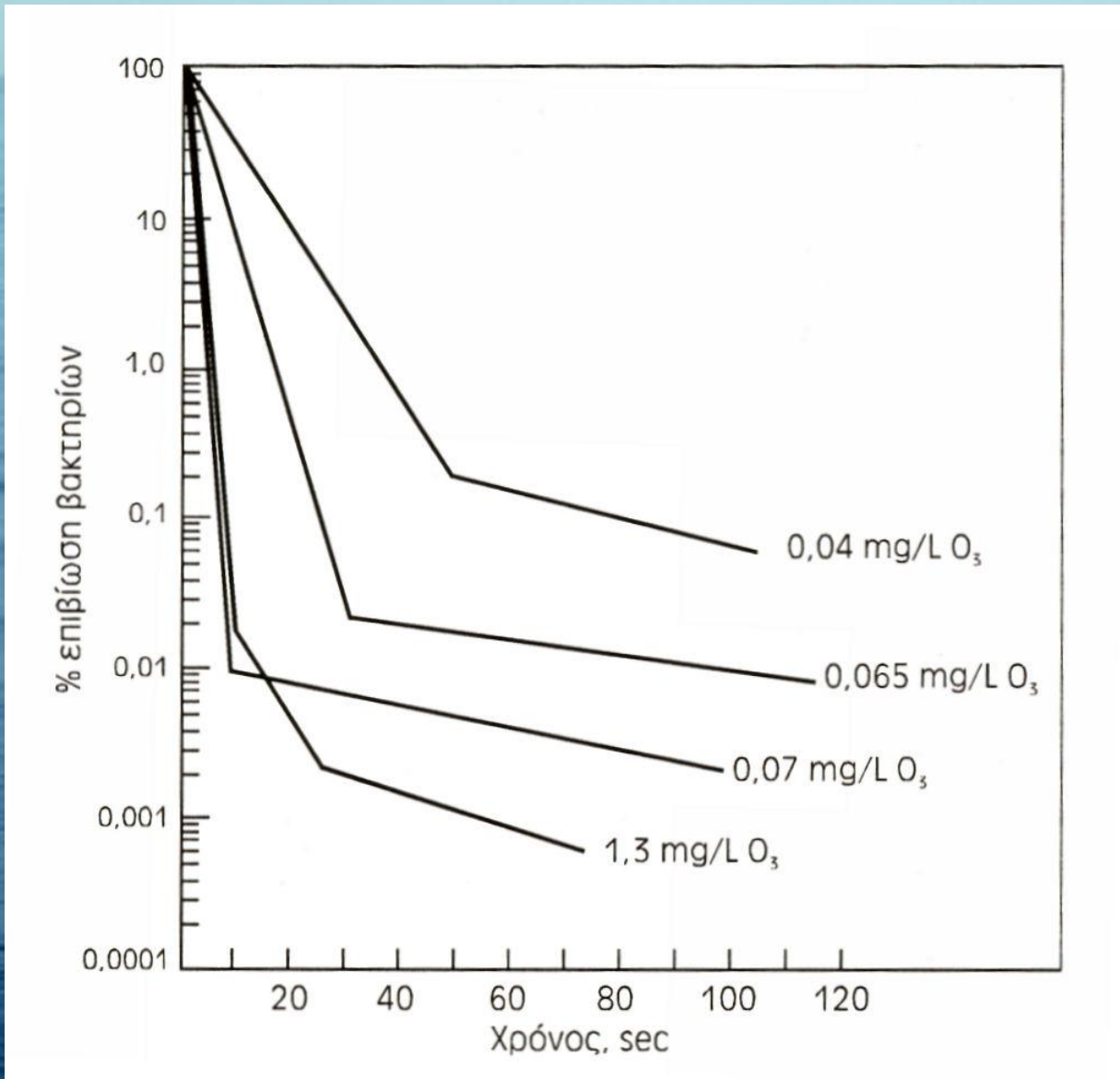
A. Αύξηση ρυθμού καταστροφής με το χρόνο
Καταστροφή Coliforms από ClO_2 + χλωραμίνες

B. Σταθερός ρυθμός

C. Μείωση ρυθμού καταστροφής με το χρόνο
Χλωρίωση νερού

D. Δύο διαφορετικοί σταθεροί ρυθμοί
Οζονισμός

Κινητική καταστροφής E. coli (1°C) από όζον



Άλλα μοντέλα κινητικής της απολύμανσης

Μοντέλο Gard

$$\frac{N}{N_0} = (1 + \alpha \cdot C \cdot t)^{-k/a}$$

Περιγράφει ρυθμό καταστροφής που μειώνεται με το χρόνο

N: Συγκέντρωση ζωντανών μικροοργανισμών σε χρόνο t

C: Συγκέντρωση Απολυμαντικού

k: ρυθμός για καταστροφή A' τάξης, $t=0$

α : συντελεστής

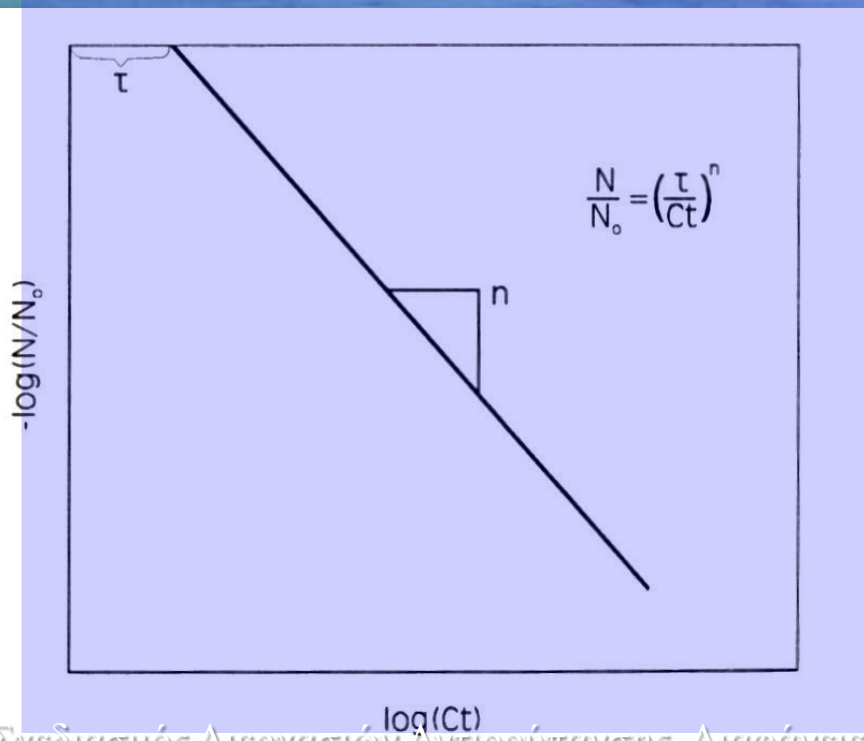
r: το μέγεθος Ct που πρέπει να υπερβούμε για να αρχίσει η απενεργοποίηση του μικροοργανισμού.

Άλλα μοντέλα κινητικής της απολύμανσης

Μοντέλο Collins-Selleck

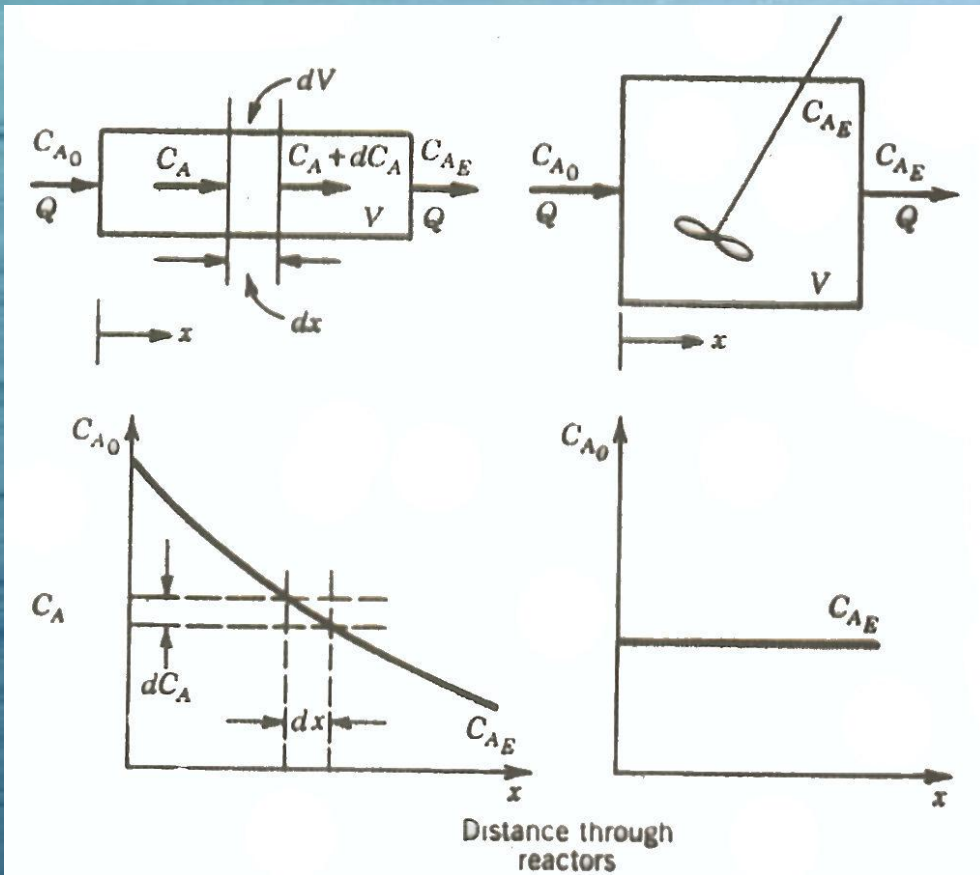
$$\frac{dN}{dt} = -kN \quad \frac{N}{N_0} = 1 \quad \text{για } C \cdot t < \tau \quad \text{αρχική χρονική υστέρηση}$$

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{C \cdot t}{\tau}\right)^{-n} \quad \text{για } C \cdot t > \tau \quad \text{ρυθμός καταστροφής}$$



**Περιγράφει ικανοποιητικά
τα περισσότερα συστήματα.**

Σχεδιασμός δεξαμενών απολύμανσης



$$\frac{C_{AE}}{C_{A0}} = e^{-kt}$$

$$\theta_{CSTR} = \frac{1}{k} \left[\frac{C_{A0} - C_{AE}}{C_{AE}} \right]$$

$$\theta_{PF} = \frac{1}{k} \ln \frac{C_{A0}}{C_{AE}}$$

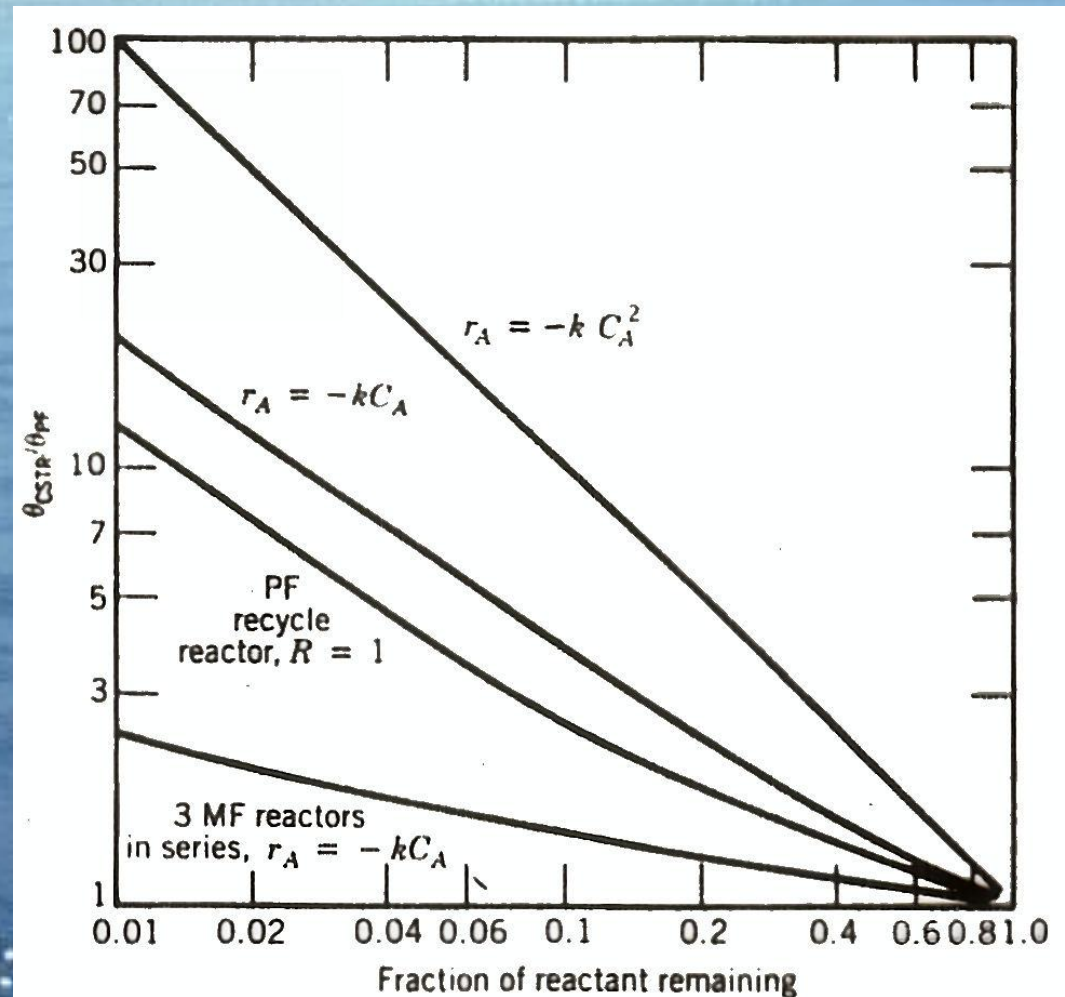
για απόδοση 95% \Rightarrow

$$\frac{C_{AE}}{C_{A0}} = 0,05 \Rightarrow \frac{\theta_{CSTR}}{\theta_{PF}} = 6$$

Σχεδιασμός δεξαμενών απολύμανσης

για απόδοση 99% \Rightarrow

$$\frac{C_{AF}}{C_{A0}} = 0,05 \Rightarrow \frac{\theta_{CSTR}}{\theta_{PF}} = 22$$



Σχεδιασμός δεξαμενών απολύμανσης

Προσέγγιση της συμπεριφοράς εμβολικής ροής όταν ο αριθμός διασποράς $d < 0,01$

Για δεξαμενές χλωρίωσης νερού ισχύει:

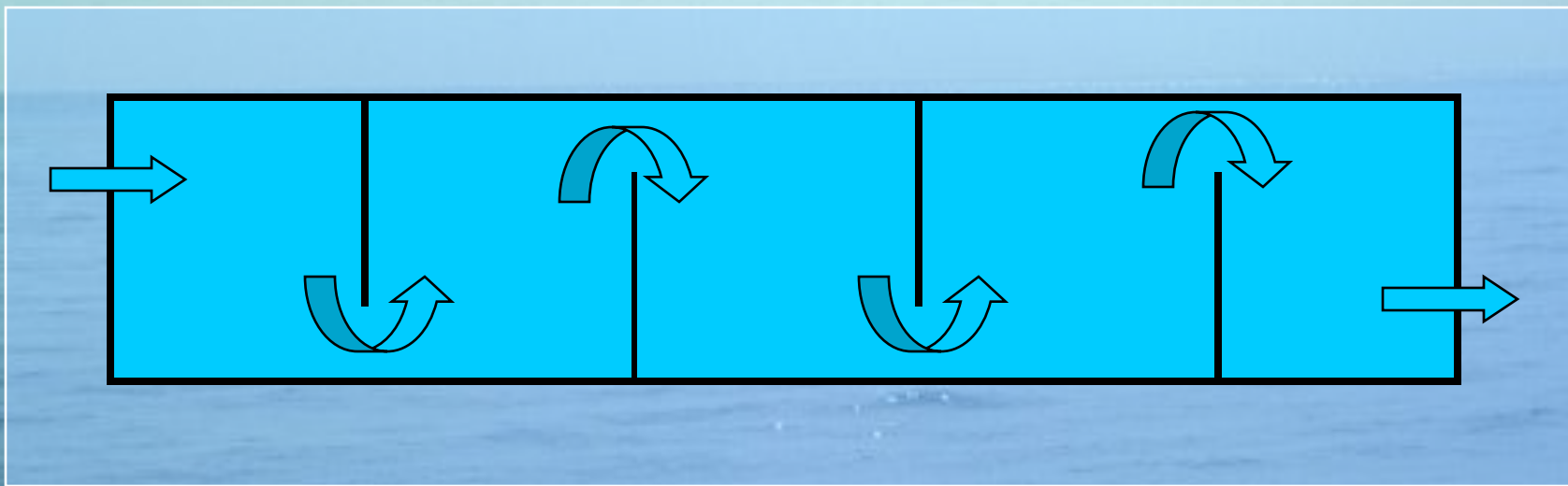
$$d = \frac{0.014}{\beta}$$

β : μήκος/πλάτος της δεξαμενής

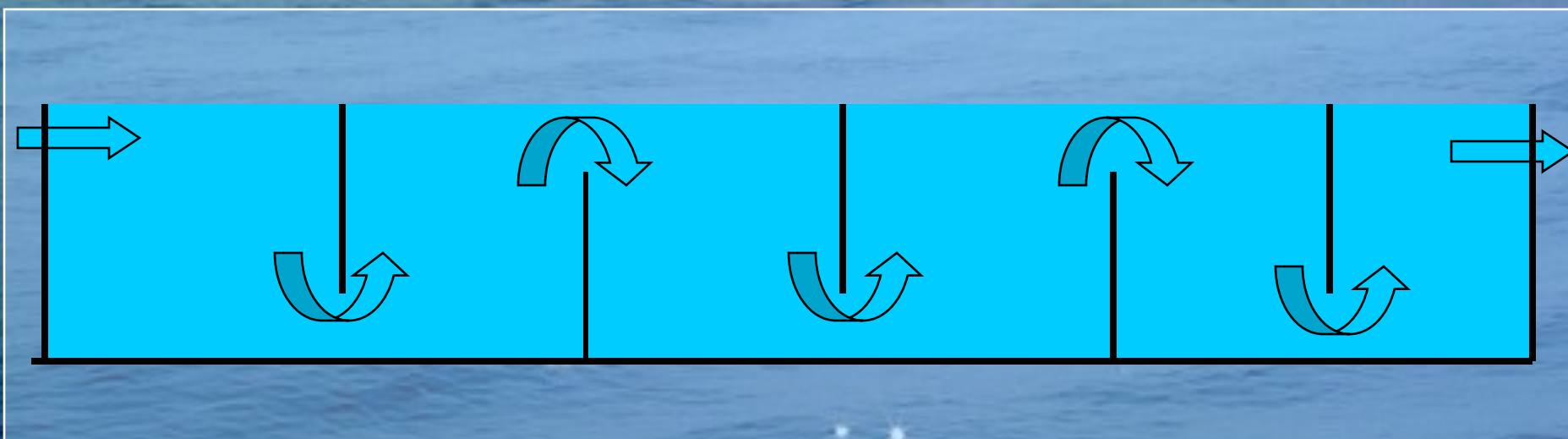
Άρα για $d = 0.01 \Rightarrow \beta = 14$

Η ίδια συνθήκη πληρείται με τη χρήση τουλάχιστον τεσσάρων τμημάτων πλήρους ανάμιξης.

Σχεδιασμός δεξαμενών απολύμανσης



t = 20 min



Ταξινόμηση απολυμαντικών μέσων

➤ Μη χημικά μέσα απολύμανσης

➤ Χημικά μέσα απολύμανσης

➤ Μη οξειδωτικά

➤ Οξειδωτικά μέσα απολύμανσης

Μη χημικά μέσα απολύμανσης

➤ Υπεριώδης ακτινοβολία

➤ Αποστειρωτική διήθηση

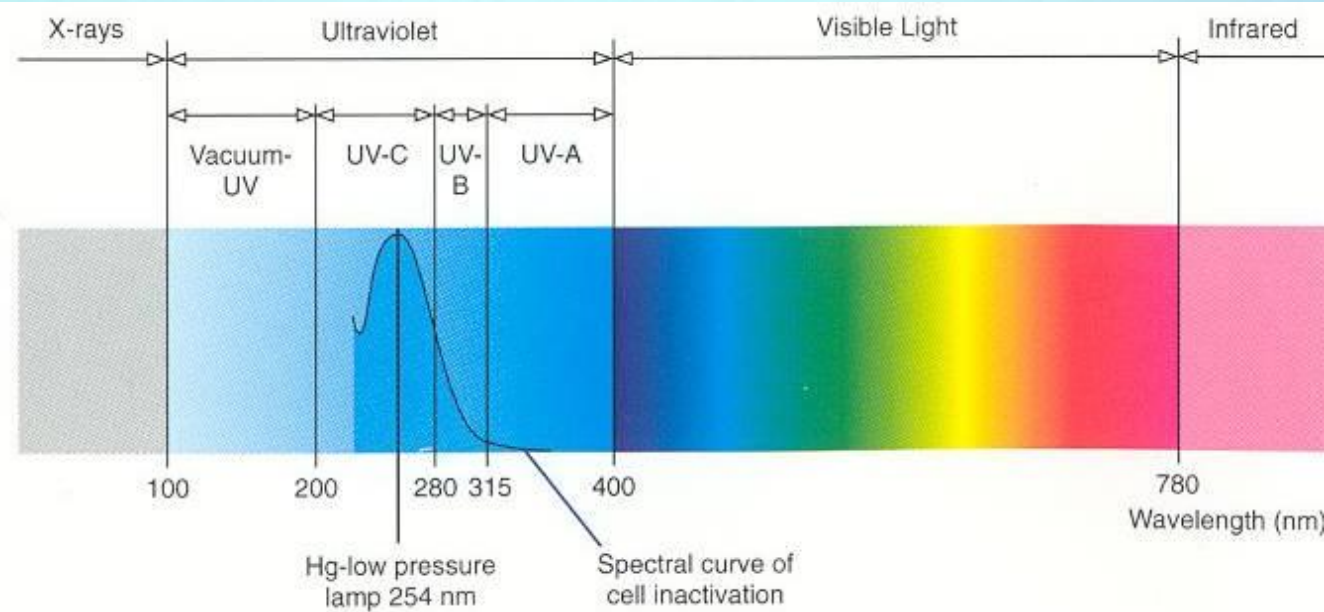
➤ Ραδιενεργός ακτινοβολία

➤ Θερμότητα

Υπεριώδης ακτινοβολία

- 265 nm (250 -270 nm) μέγιστη απορρόφηση νουκλεϊνικών οξέων - αλλοίωση γενετική
- Λυχνίες πολύ χαμηλής πίεσης ατμών Hg
- Πάχος νερού για επαφή 15-20 cm
- Ειδική κατανάλωση ενέργειας(40 Wh/m³) για αποτελεσματική απολύμανση.



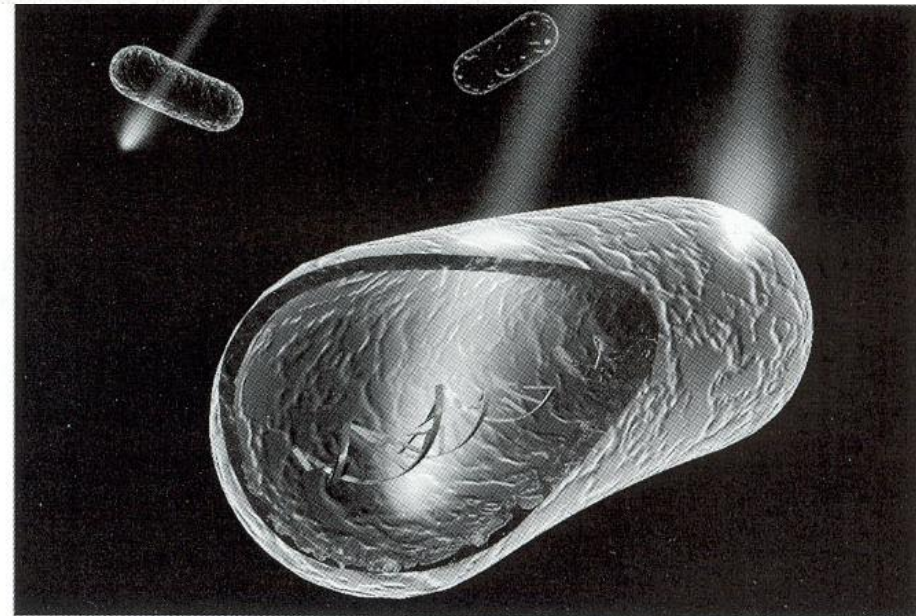


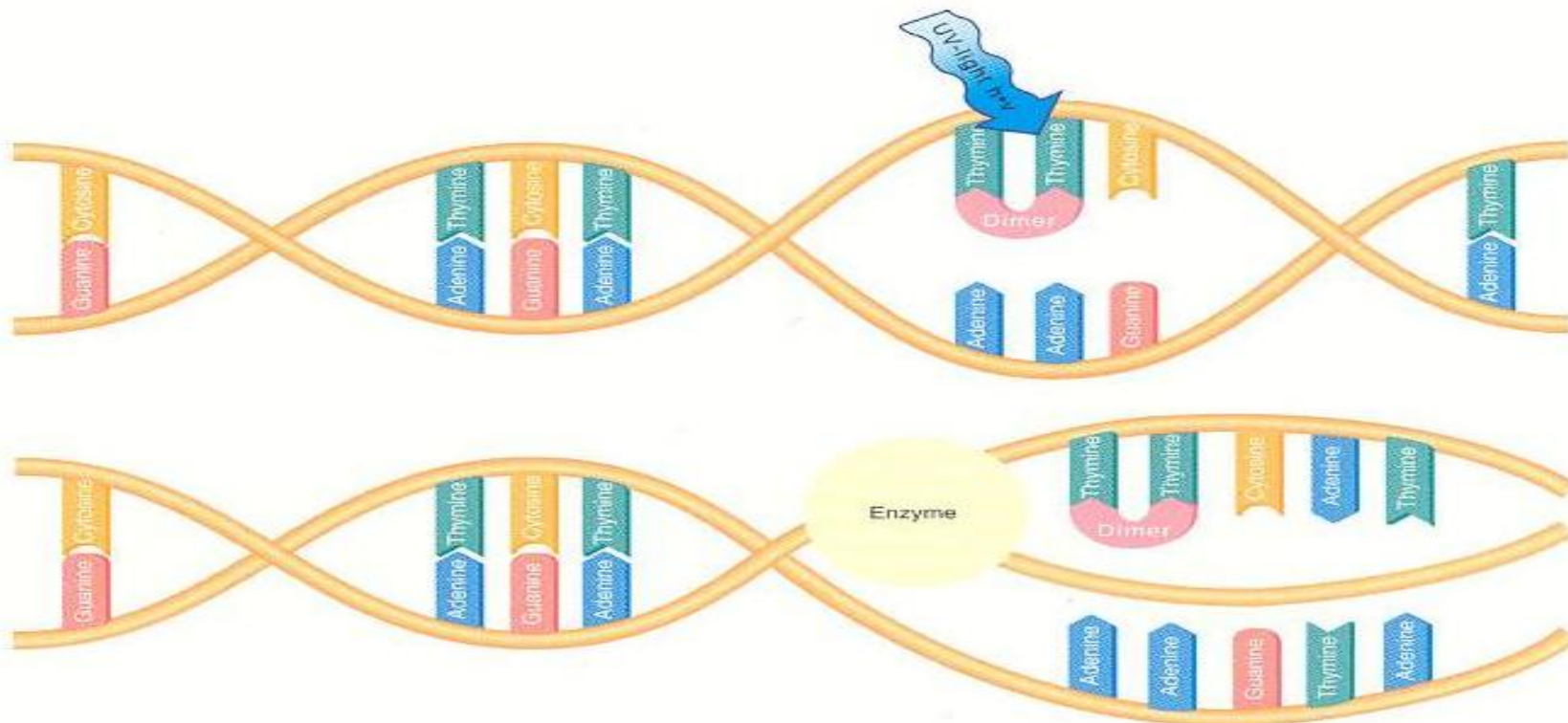
How UV Works

UV light inactivates harmful bacteria and viruses within seconds

Ultraviolet light is the portion of the electromagnetic spectrum where the wavelengths are between 100 and 400 nanometers (nm). The range of 200 to 300 nm is effective against microorganisms.

To disinfect water, UV systems use a series of specialized lamps that produce ultraviolet light at the precise wavelengths that are effective against pathogenic microorganisms, including viruses, bacteria and protozoa. These lamps are contained in a cylinder – or reactor – through which the water flows. As water rushes past the UV lamps, microorganisms are exposed to a lethal dose of UV energy – energy that alters the genetic (DNA) material of the pathogens so that they cannot reproduce.

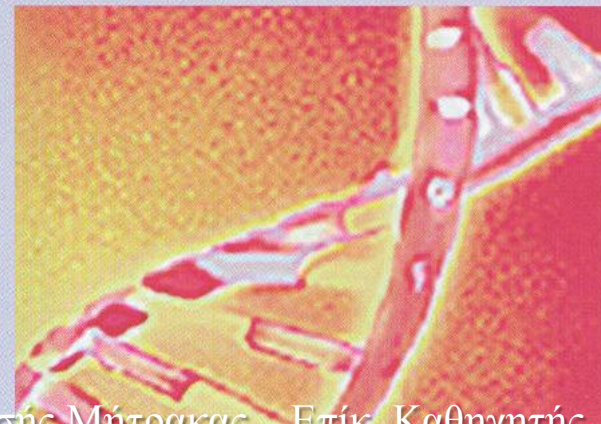




Ultraviolet light destroys microorganisms by changing their genetic information (DNA)

How Does UV Disinfection Work?

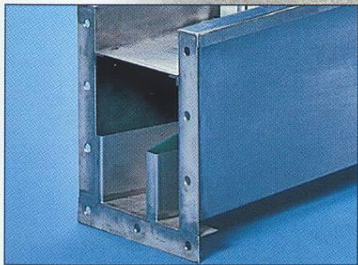
- Ultraviolet (UV) light is the portion of the electromagnetic spectrum where the wavelengths are between 100 and 400 nanometers (nm). Germicidal wavelengths are located in the spectral region of 200nm to 300nm.
- The UV light is produced by germicidal lamps submerged in water. As the water flows past the UV lamps, the microorganisms in the water are exposed to a lethal dose of UV energy. The UV dose is a product of UV light intensity and exposure time.
- Microorganisms are inactivated by UV light as a result of photochemical damage to the microorganism's nucleic acids (DNA). This process effectively prevents cell replication by the bacteria, viruses and other microorganisms, and results in cell death.





System Monitor

The optional system monitor includes a submersible sensor that monitors lamp hours and UV intensity at each bank. Elapsed time display provides continuous readout of actual hours of operation. Display is visible through the panel door. A dry contact enables a remote low UV intensity alarm.

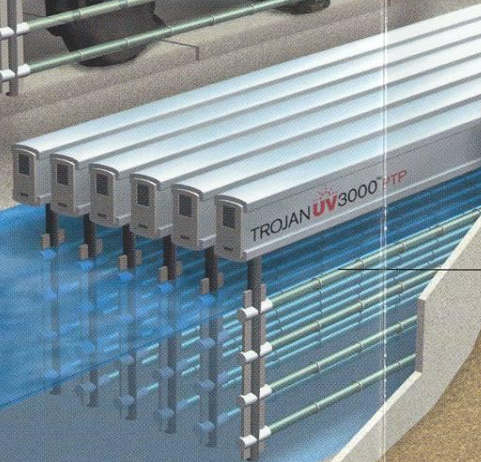


Fixed Weir

Maintains the correct channel effluent depth over different flow-rates, with maximum height of 1.5 inches (3.8 cm) of effluent at peak flow. Equipped with a drain for easy channel cleaning. Weirs are used with both concrete channel and stainless steel channel options.



TROJAN UV3000 PTP



TROJAN UV3000 PTP



UV Modules

UV lamps are mounted on modules installed in open channels. The lamps are enclosed in quartz sleeves, and positioned horizontally and parallel to water flow. A bank is made up of multiple modules placed in parallel positions. All ballast, lamp, and sensor wiring runs inside the modules.



Fully equipped UV module with UV
sensor and wiping system



Σχεδιασμός Διεργασιών Αντιρρύπανσης Διαφάνειες διαλέξεων Μανασσής Μήτρακας Επίκ. Καθηγητής

Αποστειρωτική διήθηση

- Διάκενα οπών $< 0,5\mu\text{m}$ έως $0,1\mu\text{m}$
- Συγκράτηση μ/ο μεγαλύτερου μεγέθους
- Υψηλή ενεργειακή κατανάλωση-μικρή απόδοση

Ραδιενεργός ακτινοβολία

➤ Ράβδοι ^{60}Co

➤ Προτεινόμενη δόση 450 krad σε $106 \text{ Ci/m}^3 \text{ h}$

Χημικά μέσα απολύμανσης

Μη οξειδωτικά

- Μεθυλενοδιθειοκυάνιο
- Διβρωμονιτριλοπροπιοαμίδιο
- Χλωροφαινόλες
- Ισοθειαζόλες-οργανοτριαζίνες
- Δι-τριβούτυλο οξείδιο του Sn

Μη οξειδωτικά μέσα απολύμανσης

Κύρια πλεονεκτήματα:

- Δράση ανεξάρτητη της τιμής του pH
- Μεγάλη διάρκεια ζωής
- Έλεγχος μικροοργανισμών, όπως μύκητες, βακτήρια, άλγη
- Δράση ανεξάρτητη από οργανικές ενώσεις και αμμωνία

Οξειδωτικά μέσα απολύμανσης

➤ Αέριο Cl_2

➤ Υγρό διάλυμα NaOCl

➤ ClO_2

➤ Χλωραμίνες

➤ Τριχλωρο-ισοκυανορικό νάτριο (στερεό)

➤ O_3

Οξειδωτικά μέσα απολύμανσης

Στην αρχή των εγκαταστάσεων επεξεργασίας νερού

- Έλεγχος ανάπτυξης μικροοργανισμών στο σύστημα
- Απομάκρυνση χρώματος
- Βελτίωση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών
- Καταστροφή οργανικών ρυπαντών
- Ιζηματοποίηση μετάλλων

Στο τέλος της επεξεργασίας

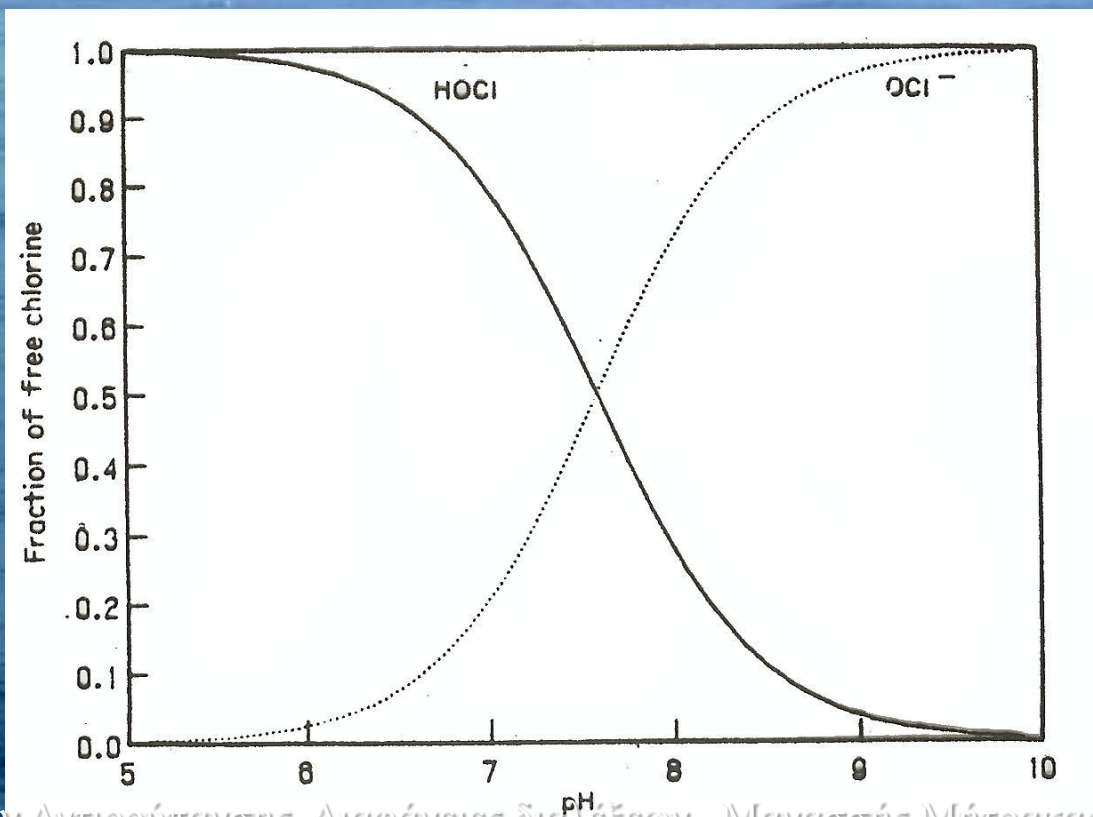
- Απολύμανση
- Ασφαλής διάθεση

Αέριο Cl₂

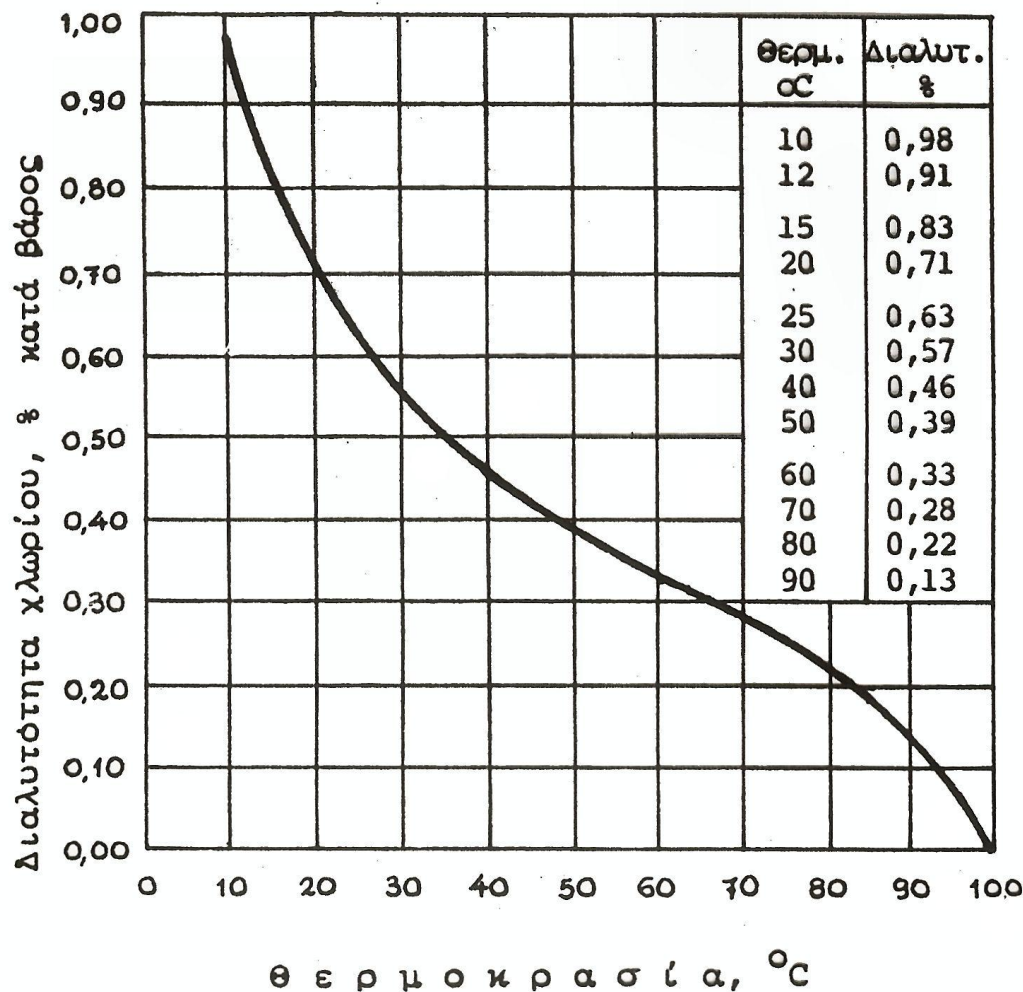
- Αέριο ιδιαίτερα τοξικό για τον άνθρωπο (ανάλογος χειρισμός)
- Αποτελεσματικό μικροβιοκτόνο
- HOCl περισσότερο τοξικό από το OCl⁻ άρα εξάρτηση τοξικότητας από το pH
- Ισχυρό οξειδωτικό Fe²⁺, Mn²⁺, S²⁻, CN⁻, οργανικά

Αέριο Cl₂

Διαλύεται στο νερό κατά τις αντιδράσεις:



Αέριο Cl₂



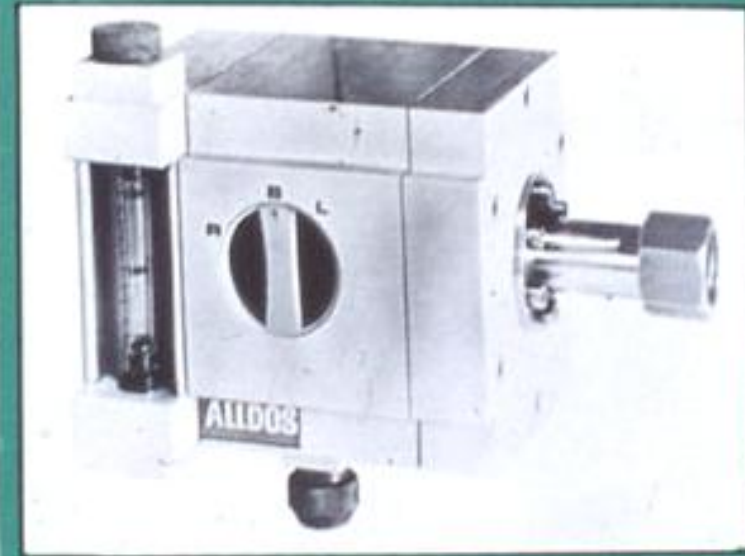
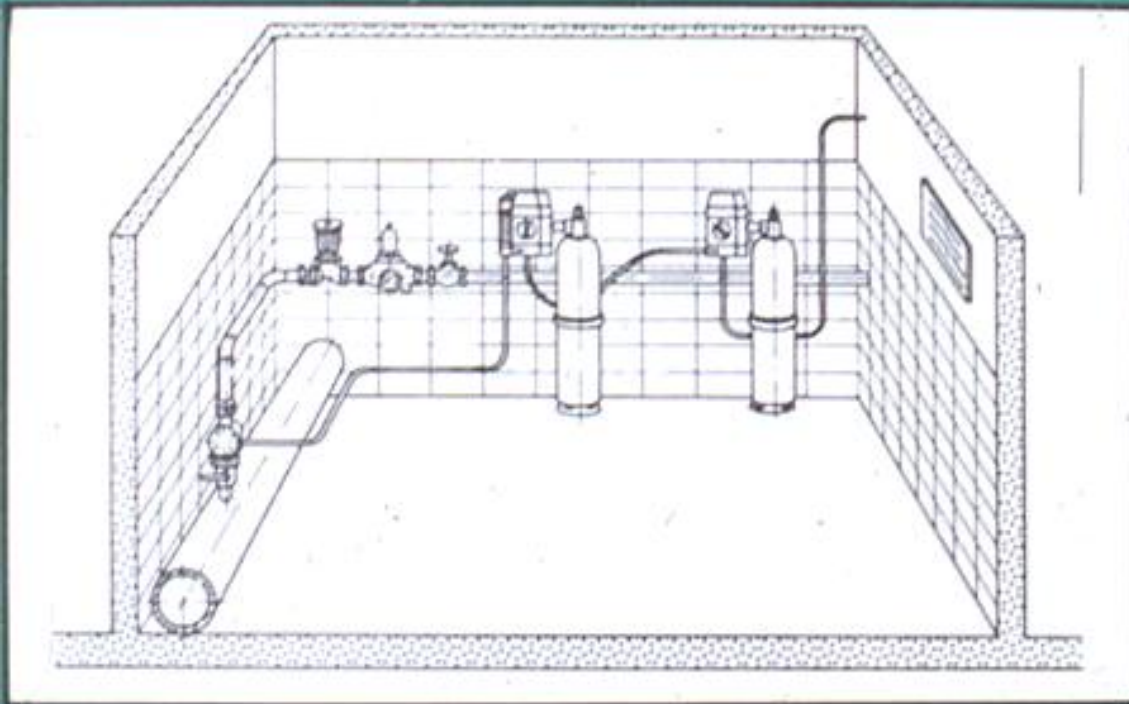
➤ **Αέριο μικρής διαλυτότητας στο νερό**

➤ **2,5 φορές βαρύτερο από τον αέρα (όχι διάχυση στο περιβάλλον)**

Αέριο Cl_2

- Δεσμεύεται από την NH_3 προς χλωραμίνες
- Διατίθεται στο εμπόριο σε χαλύβδινες φιάλες
- Τροφοδοτείται σε προδιάλυση στο νερό (1,5 - 3 g/L)
- Μεγάλο πάγιο κόστος (μέτρα ασφαλείας)
- Μικρό λειτουργικό κόστος
- Συνιστάται για μεγάλες εγκαταστάσεις (> 50 g/h)

Εγκαταστάσεις χλωριώσεως



Συσκευή αερίου χλωρίου.

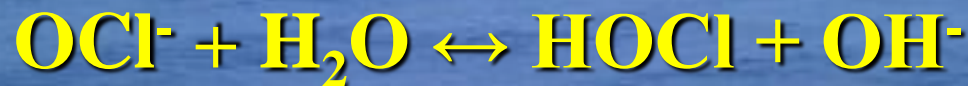
Εγκατάσταση χλωριώσεως αερίου χλωρίου V 101 με αυτόματη αλλαγή
συνδεσμολογίας τών φιαλών U 102.

Αυτόματη έκκλιση και στάση μέσω ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας.

Υποχλωριώδες Νάτριο (NaOCl)

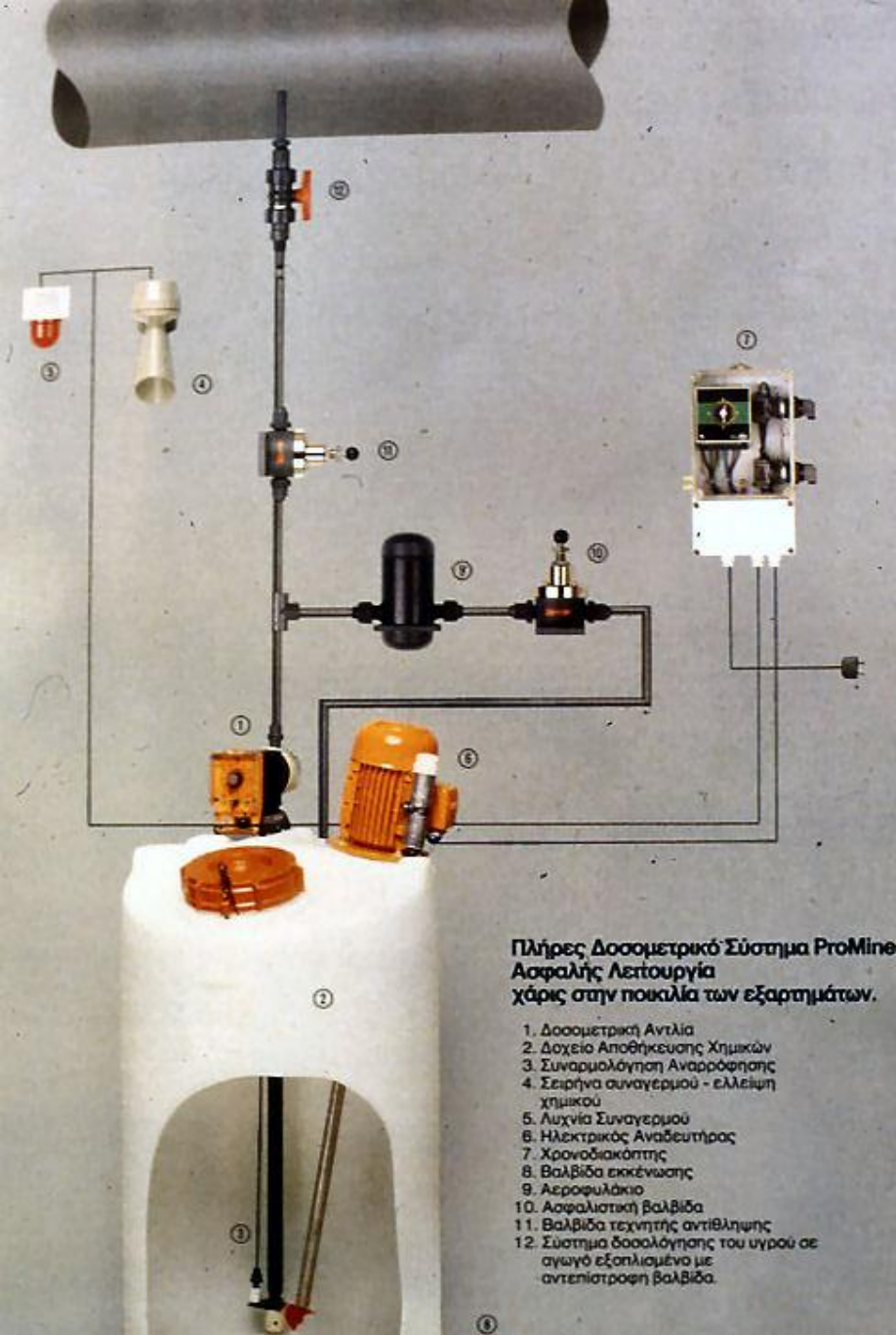
➤ Διαθέσιμο σε διάλυμα 12-15%
(χλωρίνη 3-5%)

➤ Μικρότερη οξειδωτική ισχύ από Cl₂ που εξαρτάται από το pH



➤ Όμοια συμπεριφορά με Cl₂ με τη διαφορά ότι έχει αλκαλική και όχι όξινη υδρόλυση.

Δοσομετρικά συστήματα χλωρίωσης

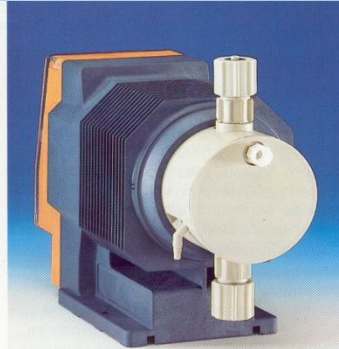


Πλήρες Δοσομετρικό Σύστημα ProMiner Ασφαλής Λειτουργία
 χάρις στην ποικιλία των εξαρτημάτων.

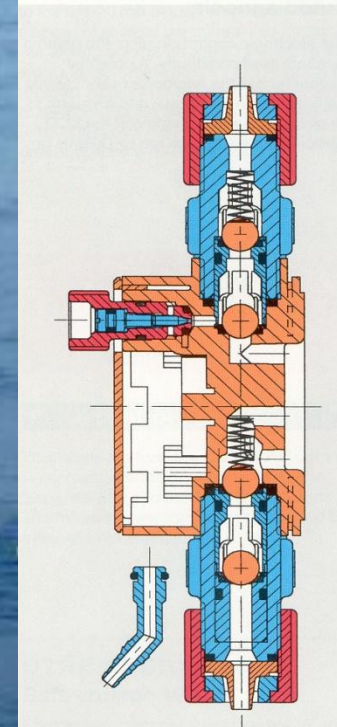
1. Δοσομετρική Αντλία
2. Δοχείο Αποθήκευσης Χημικών
3. Συναρμολόγηση Αναρρόφησης
4. Σειρήνα συναγερμού - ελλείψη χημικού
5. Λιχνία Συναγερμού
6. Ηλεκτρικός Αναδευτήρας
7. Χρονοδιακόπτης
8. Βαλβίδα εκκένωσης
9. Αεροφυλάκιο
10. Ασφαλιστική βαλβίδα
11. Βαλβίδα τεχνητής αντίθλιψης
12. Σύστημα δοσολόγησης του υγρού σε αγωγό εξοπλισμένο με αντεπίστροφη βαλβίδα.



(NP)



(PP)



Cross-section of the PP end



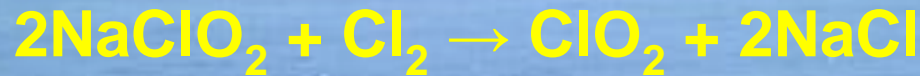
(TT)



(SS)

ClO₂

- Σε μεγάλες ποσότητες παράγεται:



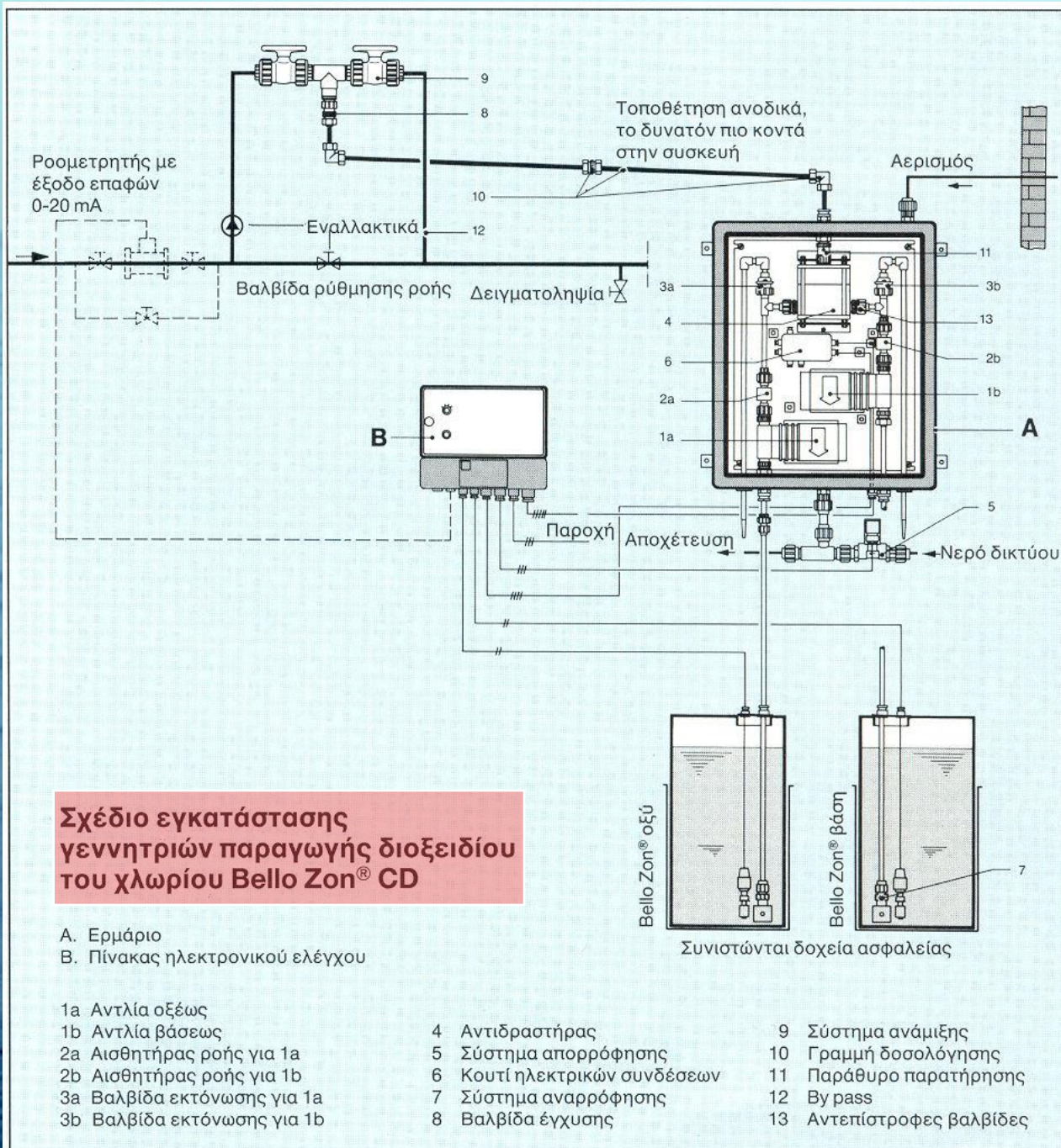
Μειονέκτημα η ύπαρξη 20-30% Cl₂

- Σε μικρές ποσότητες παράγεται:



- Επικίνδυνο εκρηκτικό γι' αυτό παράγεται επί τόπου

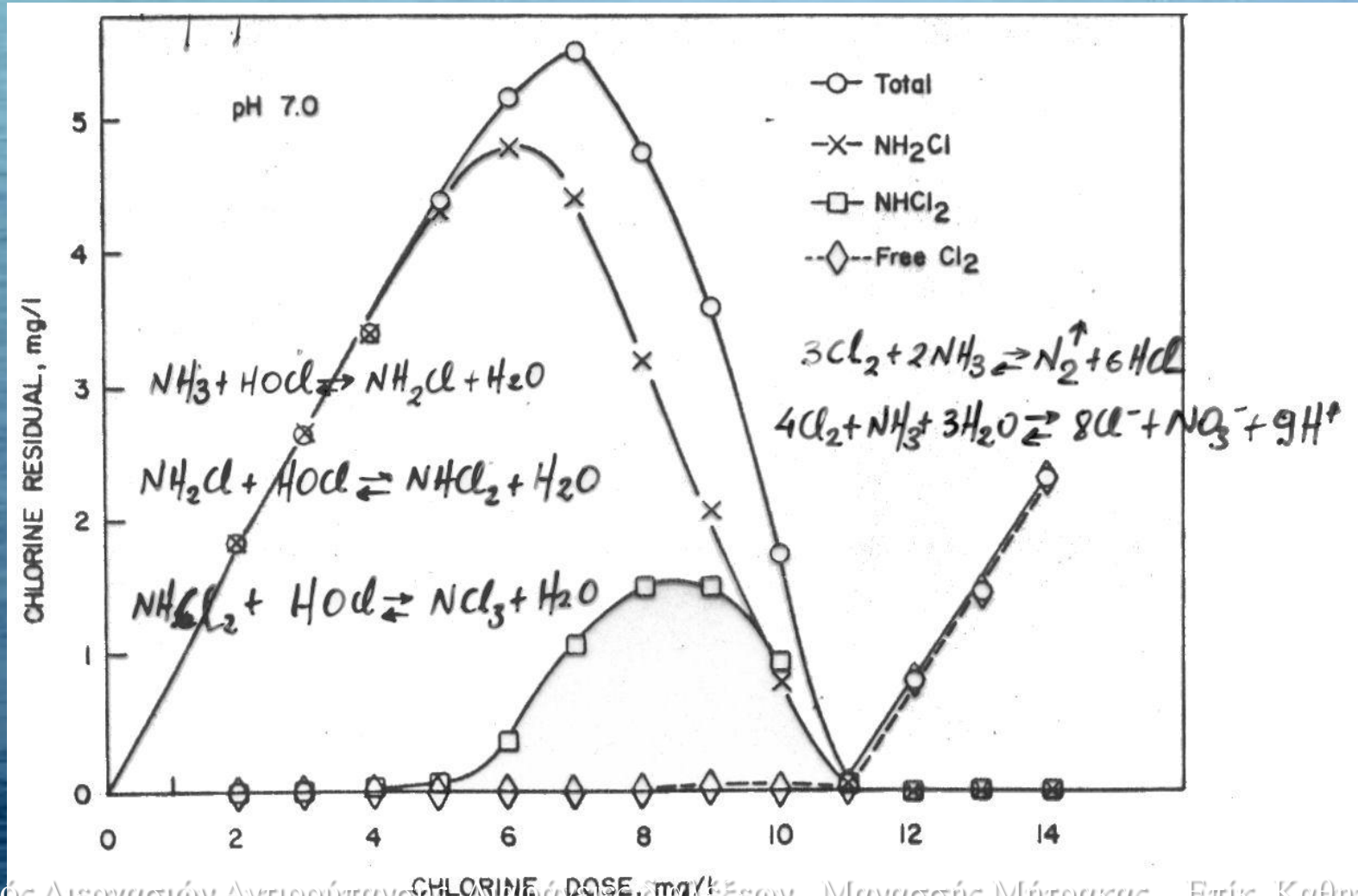
- Χρησιμοποιείται: λεύκανση χάρτου, συστήματα NH₃, βιομηχανία τροφίμων, επεξεργασία νερού επειδή δεν δημιουργεί χλωροενώσεις, THM_s, οξειδώνει οργανικά Fe²⁺, Mn²⁺, S²⁻



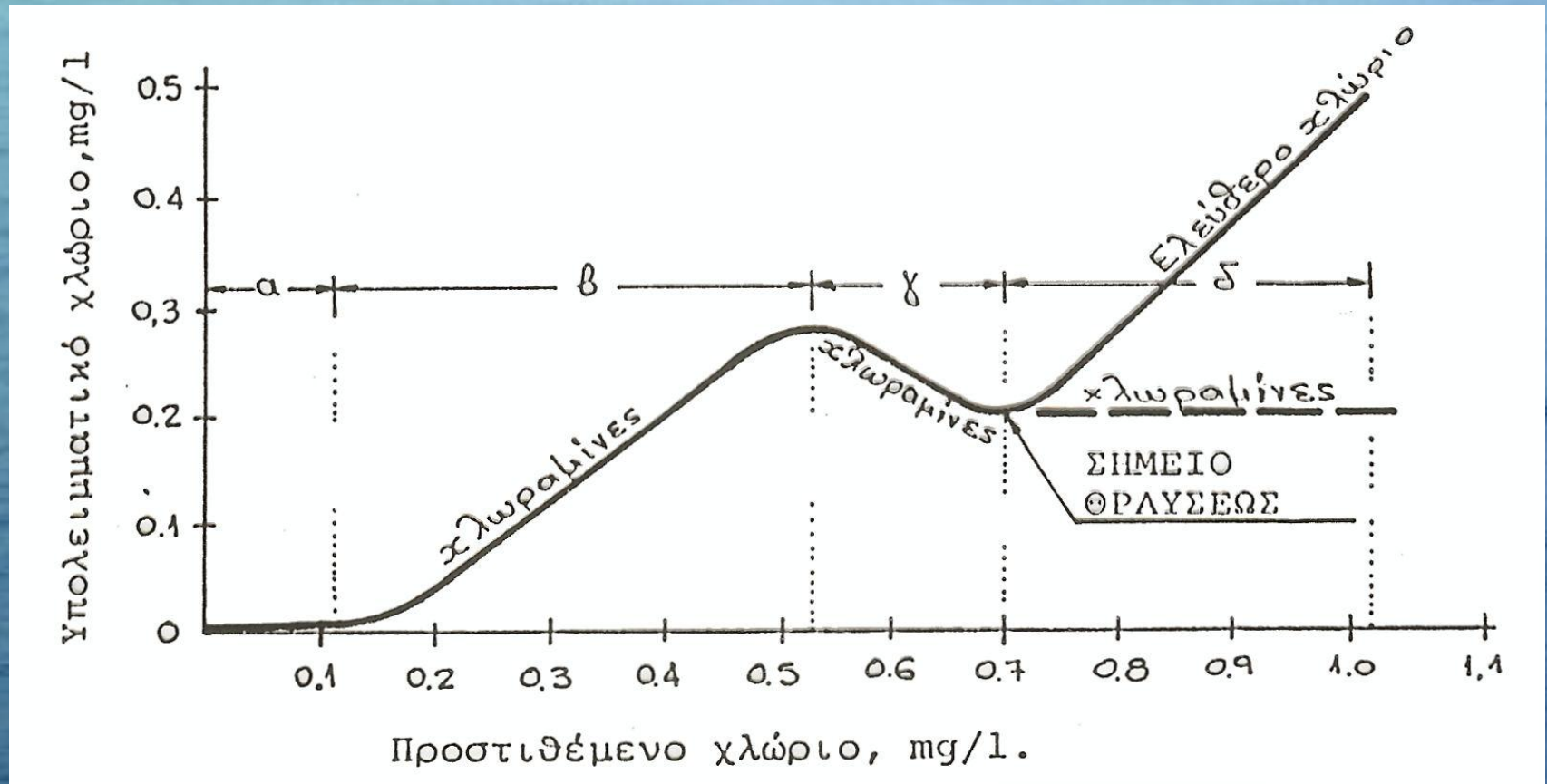
Χλωραμίνες

Λιγότερο δραστικές από το Cl_2

Είναι αποτελεσματικές σε $\text{pH} > 10$



Χλωρίωση σημείου θραύσεως



Ενεργοποίηση H_2O_2 με UV

Hydrogen Peroxide Dosing System

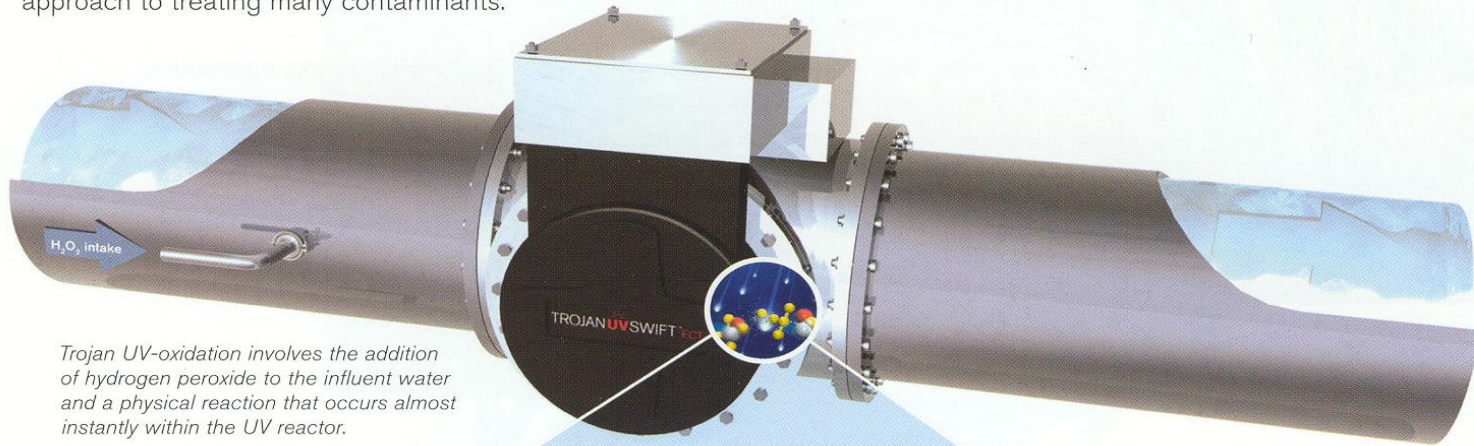
Ensures consistent dosing. Fully maintained by Trojan. ChemWatch™ inventory management system provides usage monitoring, product delivery scheduling, and invoice tracking.



Flanges

Available sizes range from 4 to 20 inches.

UV-oxidation is a photochemical process that breaks down chemical constituents into their harmless component parts almost instantly within the UV reactor. Trojan has revolutionized UV-oxidation, making it an efficient and cost-effective approach to treating many contaminants.



Trojan UV-oxidation involves the addition of hydrogen peroxide to the influent water and a physical reaction that occurs almost instantly within the UV reactor.

- 1 To treat water, UV-oxidation requires two components: UV light and hydrogen peroxide.
- 2 When UV light is introduced to the water, the dissolved hydrogen peroxide molecules absorb UV light.
- 3 Highly energetic and reactive hydroxyl radicals are then formed.
- 4 Working simultaneously with direct UV-photolysis (the photochemical process that disinfects and breaks down contaminants using UV alone), these highly reactive radicals break down toxic contaminants.
- 5 Most contaminants are treated with a combination of UV-photolysis and UV-oxidation. Some, like NDMA, require only UV-photolysis.
- 6 The hydroxyl radicals pull the contaminant apart.
- 7 While UV light and hydroxyl radicals attack contaminants and break them down into their harmless component parts, the UV light also disinfects the water. This includes the inactivation of the chlorine-resistant pathogens *Cryptosporidium* and *Giardia*.

Όζον (O₃)

Ιδιότητες -Χημική συμπεριφορά

- Χρώμα: αέριο μπλε, υγρό μπλε σκούρο μαύρο, στερεό μαύρο
- Σημείο τήξης: -192,5°C
- Σημείο ζέσης: -111,5 °C
- Ειδικό βάρος: 1,6 φορές του αέρα (2,143 kg/m³, 0 °C, 1atm)
- $\Delta H_{\text{σχημ}}$: 34,2 kcal/mol, (143 kJ/mol)

Όζον (O₃)

Ιδιότητες -Χημική συμπεριφορά

➤ Διασπάται εξώθερμα σε μικρό χρόνο, άρα αδύνατη αποθήκευση → παράγεται επί τόπου

➤ Ισχυρό οξειδωτικό

Όξινο pH: $O_3 + 2H^+ + 2e^- \leftrightarrow 2H_2O, E_0=2.07V$

Βασικό pH: $O_3 + H_2O \leftrightarrow O_2 + 2OH^-, E_0=1.24V$

Πρώτη επιλογή όταν απαιτείται η εκτέλεση ισχυρά οξειδωτικών αντιδράσεων.

Όζον (O₃)

Ιδιότητες -Χημική συμπεριφορά

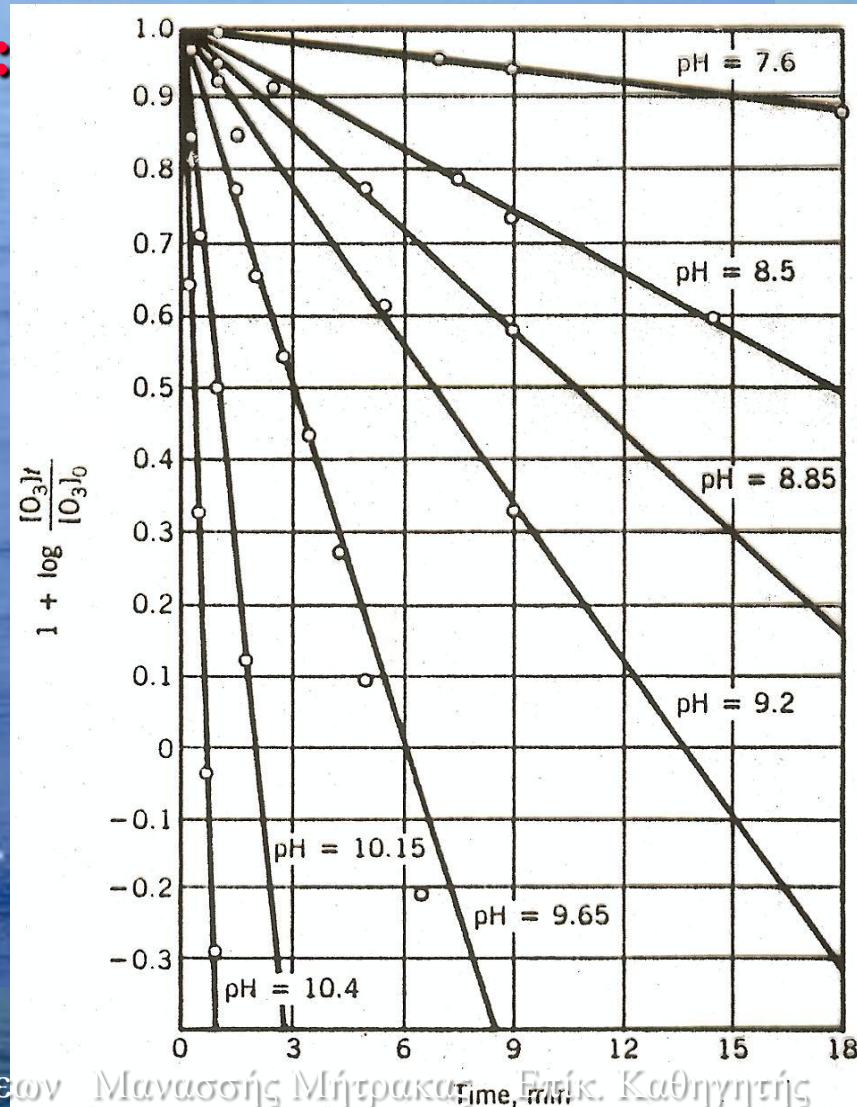
Η διάσπαση του O₃ επηρεάζεται:

➤ pH

➤ υπεριώδη ακτινοβολία

➤ θερμότητα

➤ καταλύτες

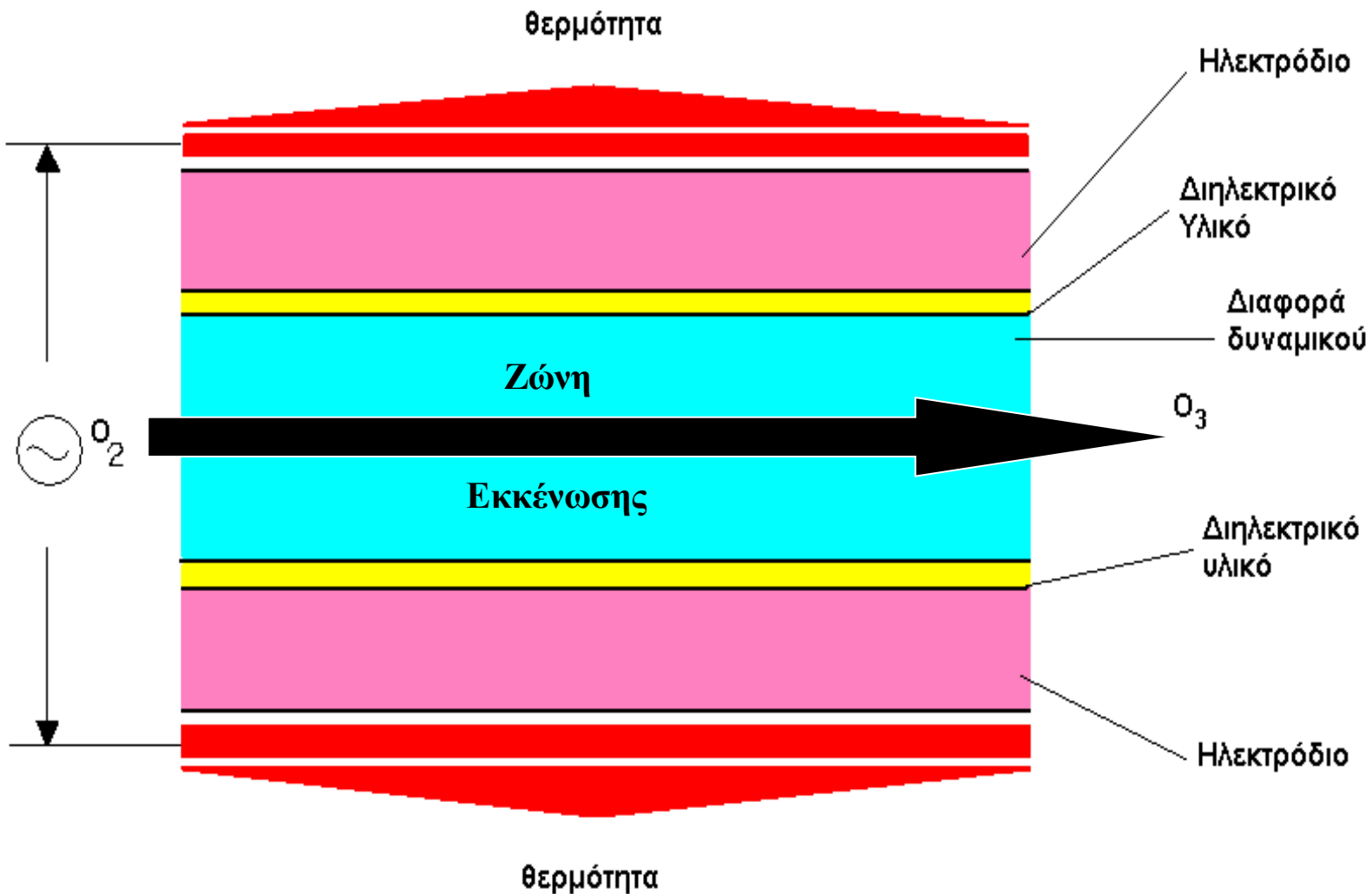


Όζον (O_3)

Παραγωγή O_3

Σε ηλεκτρικό πεδίο από O_2 ή κυρίως από ατμοσφαιρικό αέρα. Για να αποφευχθεί βραχυκύκλωμα (ηλεκτρικό τόξο)

- Κάλυψη ηλεκτροδίων με διηλεκτρικό
- Καθαρός χωρίς σκόνες αέρας
- Σημείο δρόσου αέρα -40 έως -60 °C (πολύ καλή ξήρανση)



Σχήμα 1: Παραγωγή όζοντος με οζονιστήρα

Όζον (O₃)

Στοιχεία οζονιστών

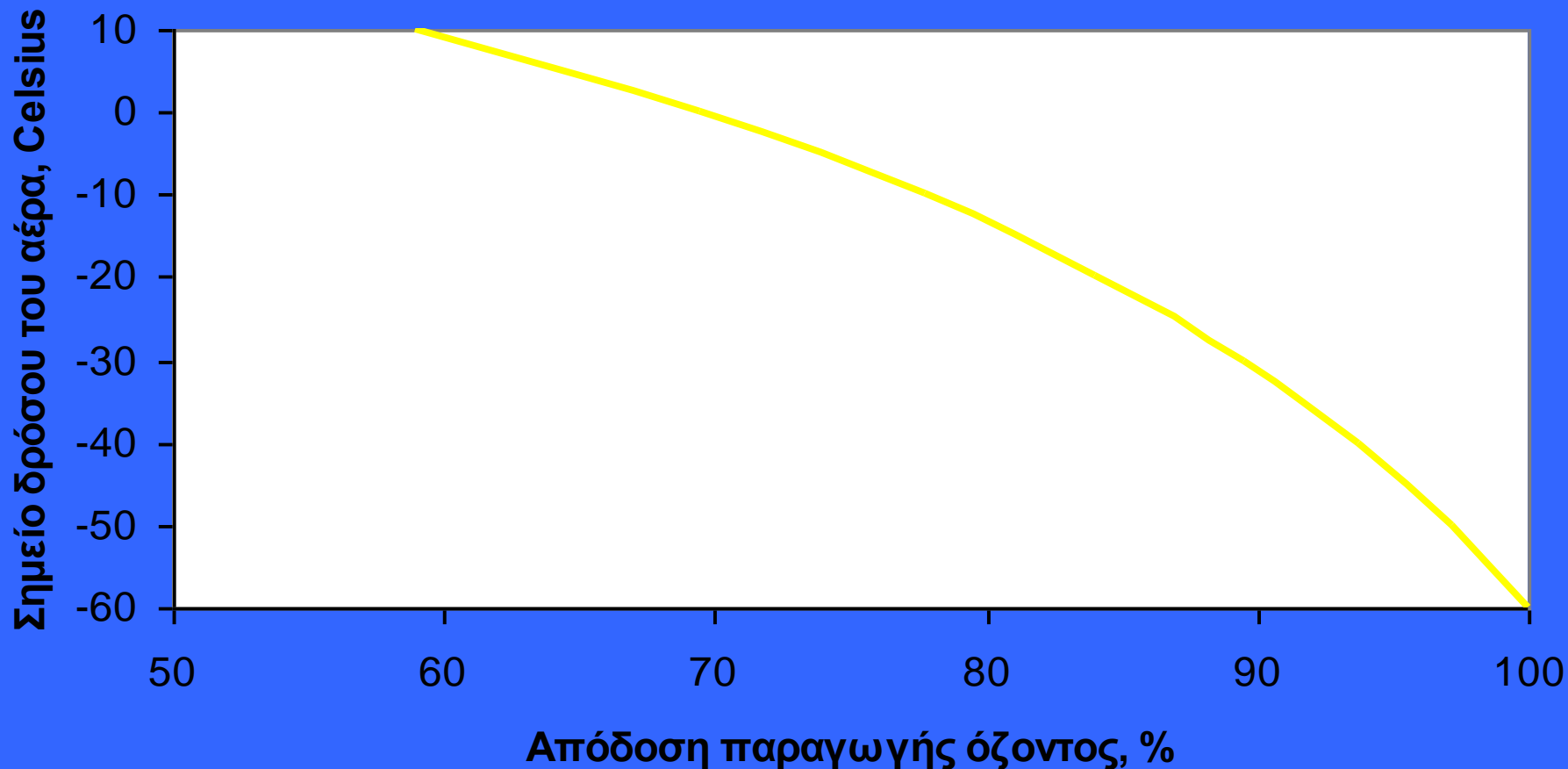
- **Τύποι**

 - **Πλακών**

 - **Σωλήνων (οριζόντιοι και κάθετοι)**

- **Ισχύς: 10000-20000 V AC**
- **Συγκέντρωση: 10-20 g O₃/m³ αέρα**
- **Απόδοση: 50-100 g/m³h – 50Hz**
- **Πίεση λειτουργίας: 0,5-0,7 bar**
- **Θερμοκρασία: περιβάλλοντος (εισερχόμενος αέρας) (<20 °C)**
- **Νερό ψύξης: 3-5 L/g O₃**
- **Απαίτηση ενέργειας: 20-30 Wh/g O₃**

Εξάρτηση Απόδοσης Παραγωγής από τη Ξηρότητα του αέρα



Επίδραση του σημείου δρόσου στην παραγωγή όζοντος

Όζον (O₃)

Διαλυτότητα O₃

$$\frac{dC_{O_3}}{dt} = k \cdot S_{\phi} \cdot \left(m \frac{P}{P_0} C_a - C_{O_3} \right)$$

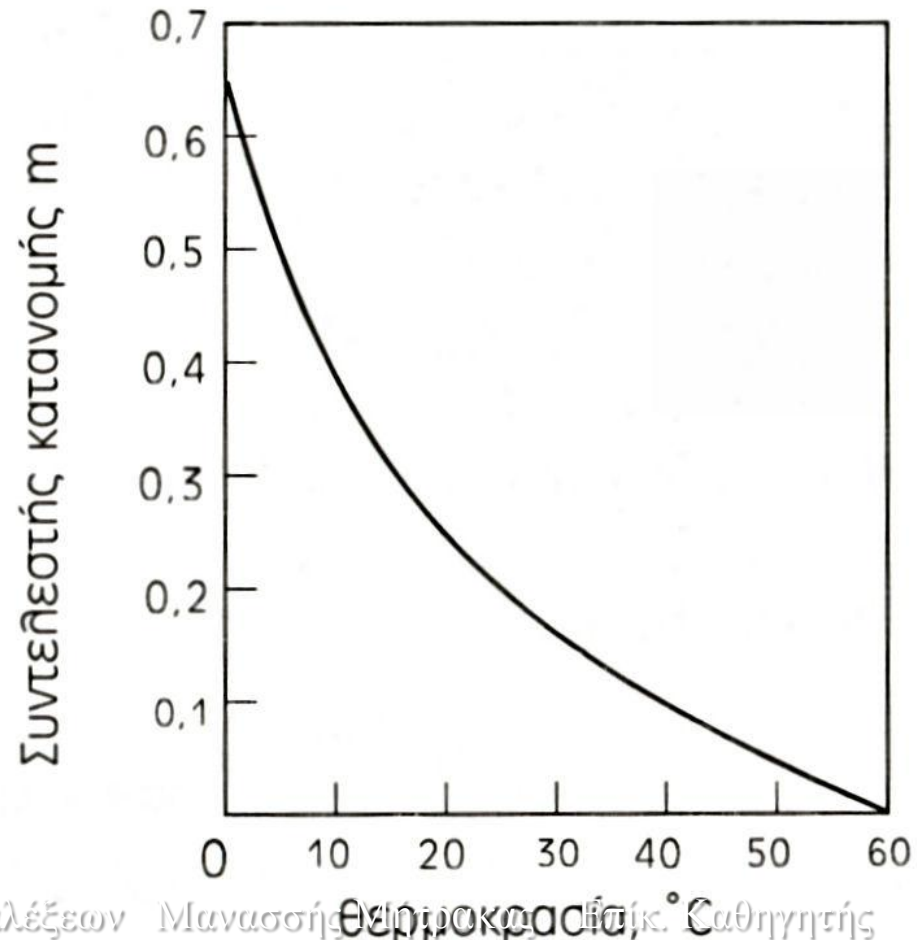
k: ολικός συντελεστής μεταφοράς μάζας

S_φ: ειδική επιφάνεια φυσαλίδας

m: συντελεστής κατανομής

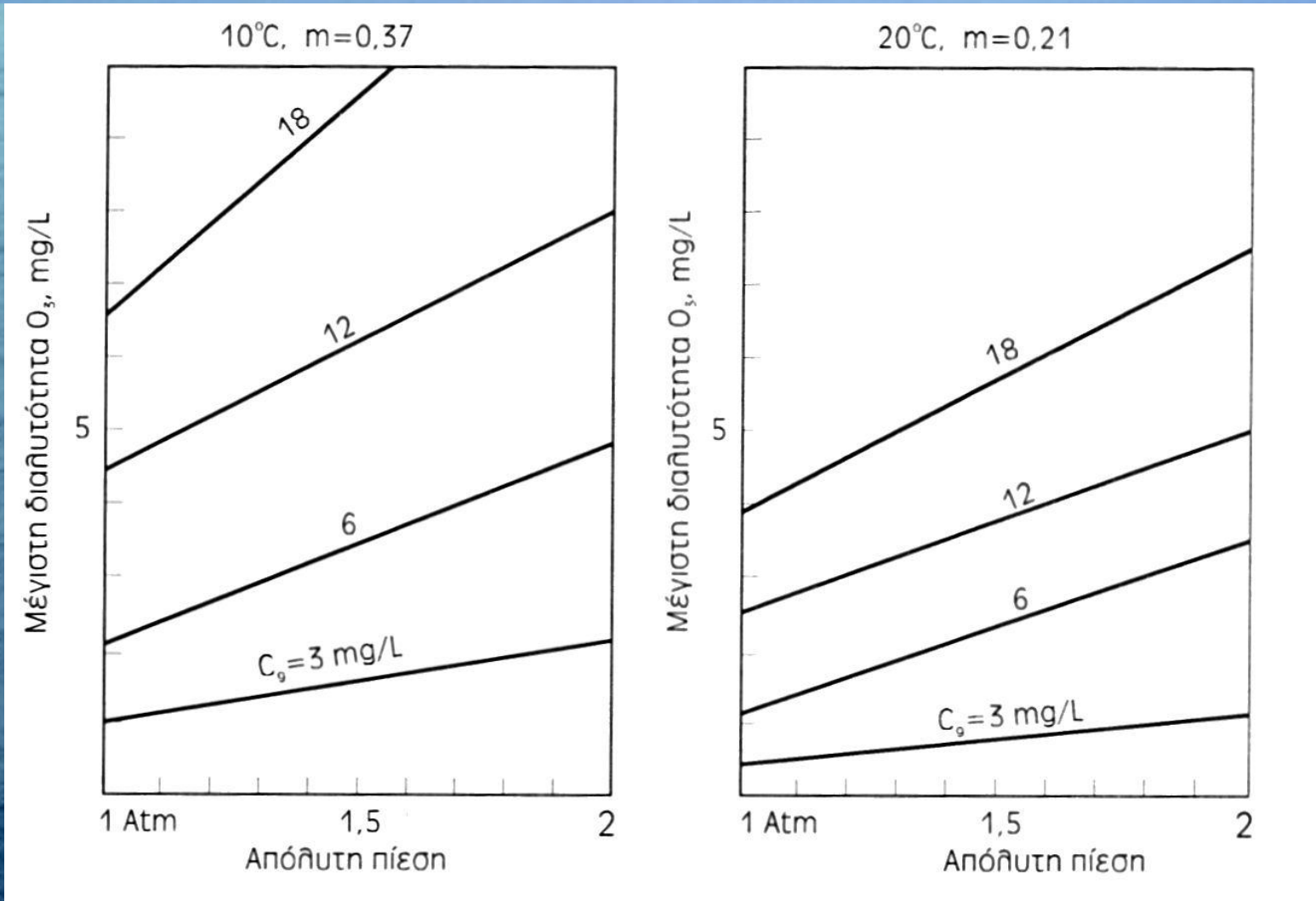
C_a: συγκέντρωση O₃ στον αέρα

C_{O₃}: συγκέντρωση O₃ στο νερό

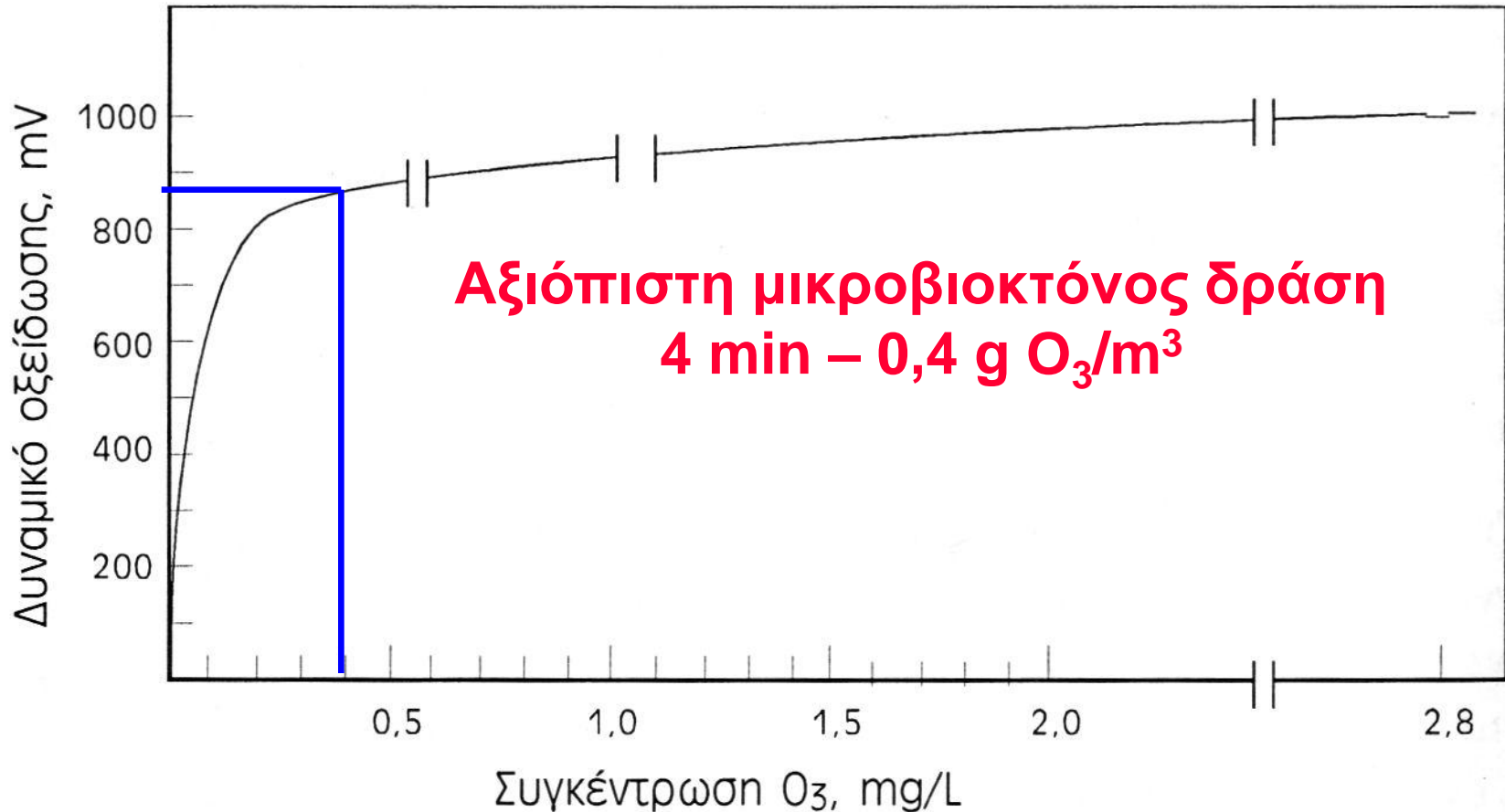


Όζον (O₃)

Διαλυτότητα O₃

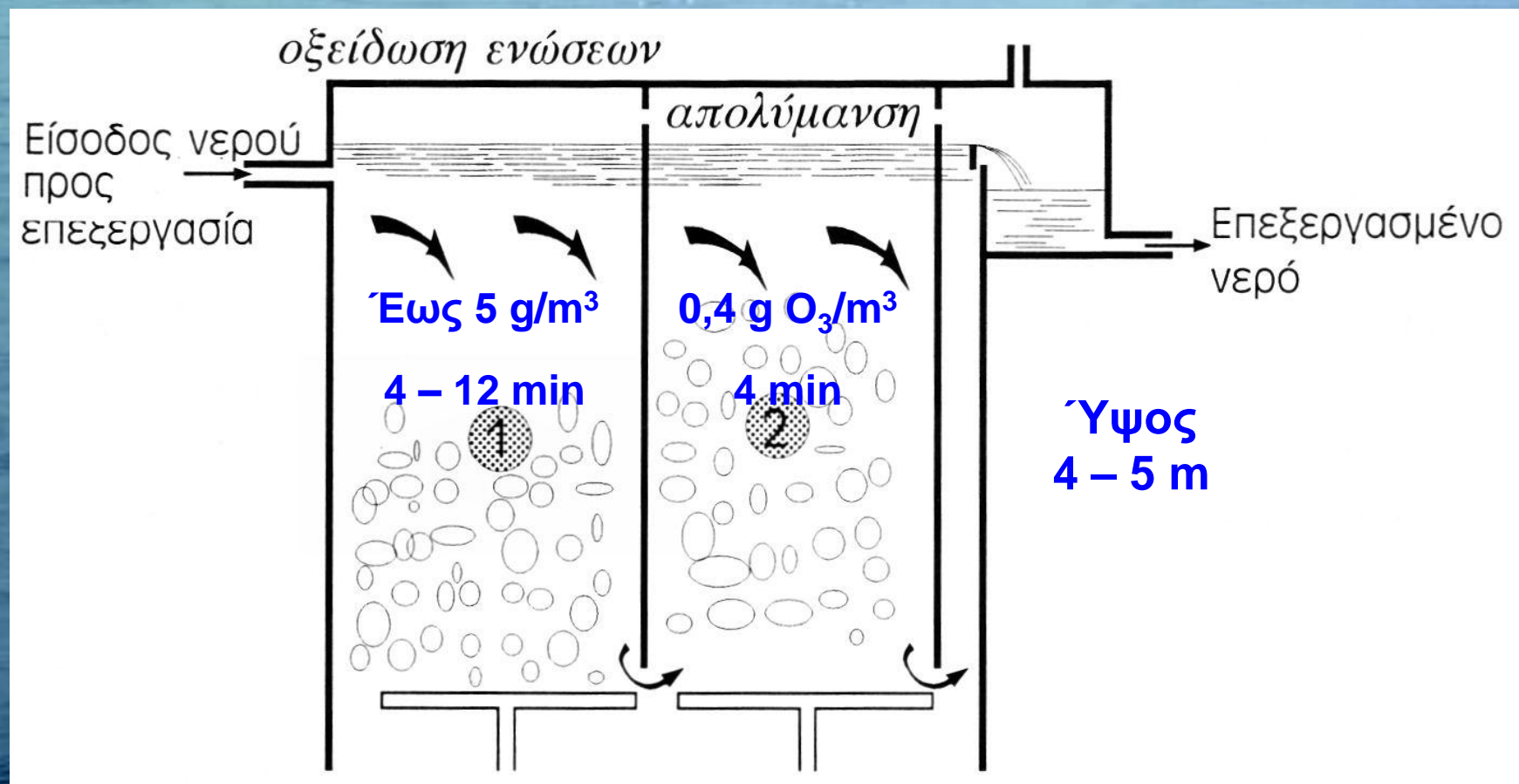


Δυναμικό οξείδωσης διαλυμάτων O_3



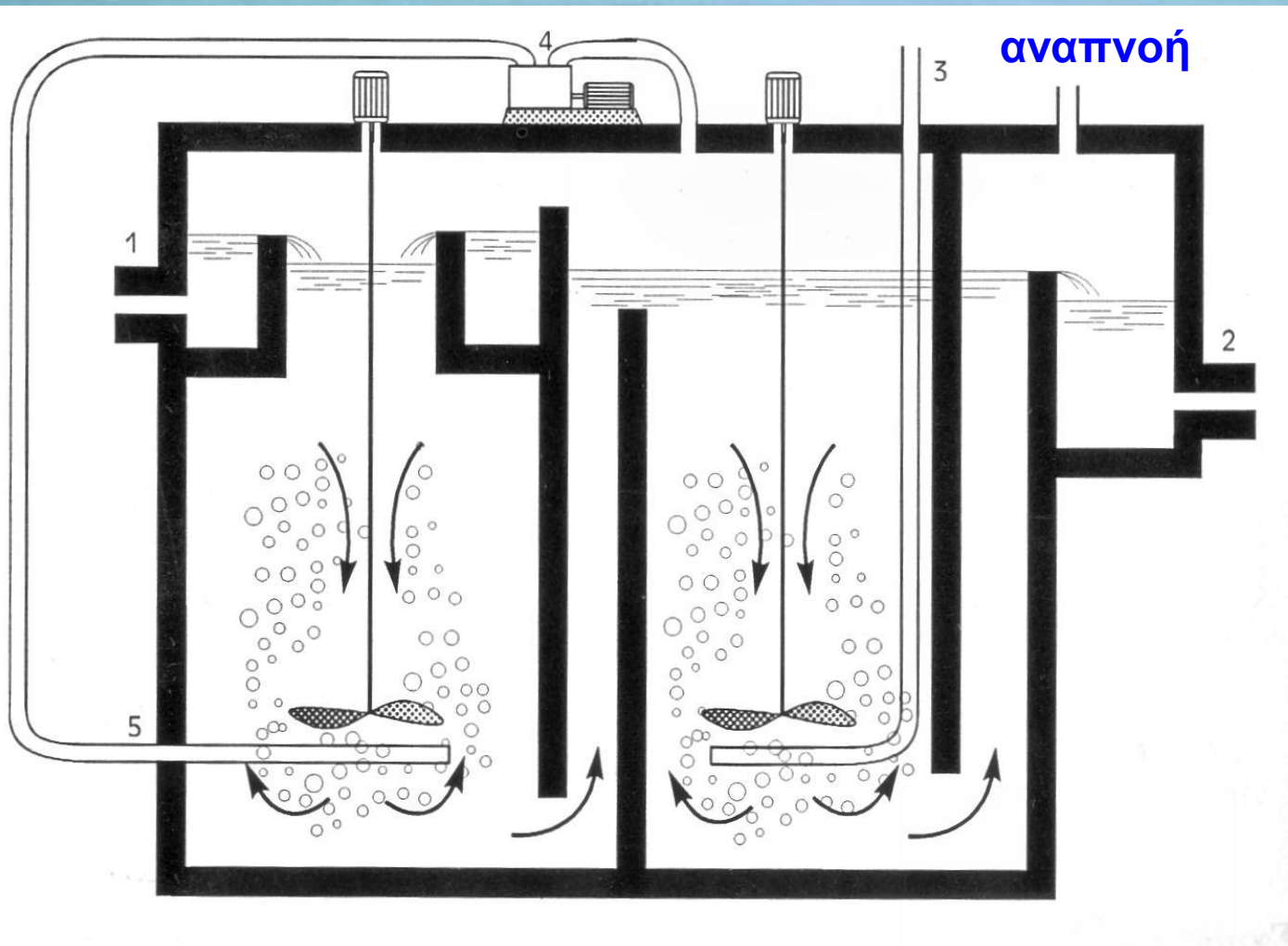
Όζον (O_3)

Δεξαμενή διάλυσης-επαφής O_3 δύο βαθμίδων



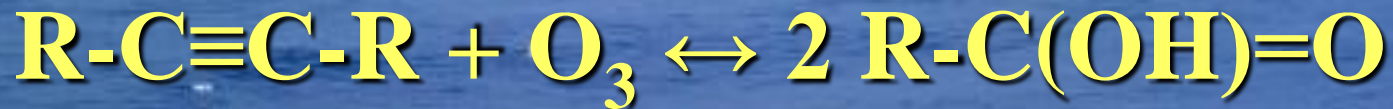
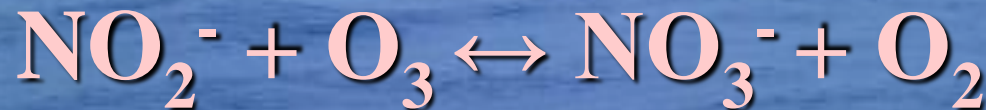
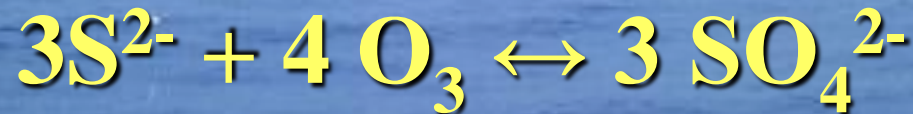
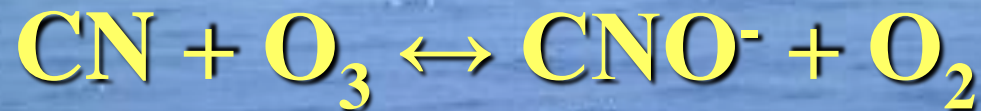
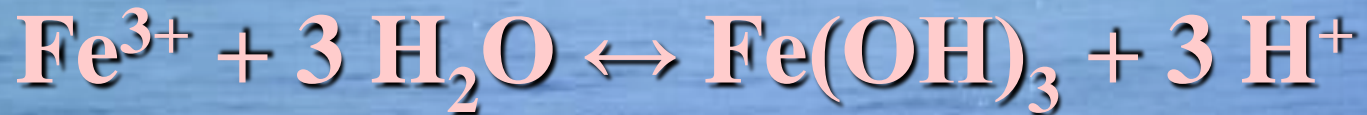
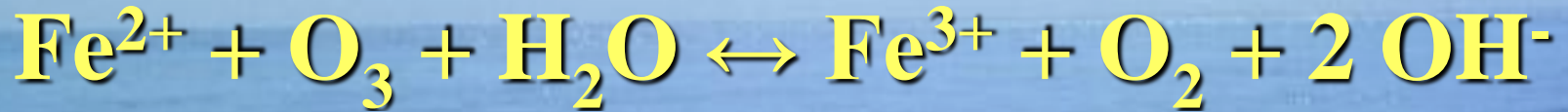
Όζον (O₃)

Δεξαμενή διάλυσης-επαφής O₃ δύο βαθμίδων με ανακυκλοφορία οζονισμένου αέρα



1. είσοδος νερού,
2. έξοδος οζονισμένου νερού,
3. είσοδος οζονισμένου αέρα,
4. φυσητήρας ανακύκλωσης οζονισμένου αέρα,
5. εισαγωγή οζονισμένου αέρα ανακυκλοφορίας.

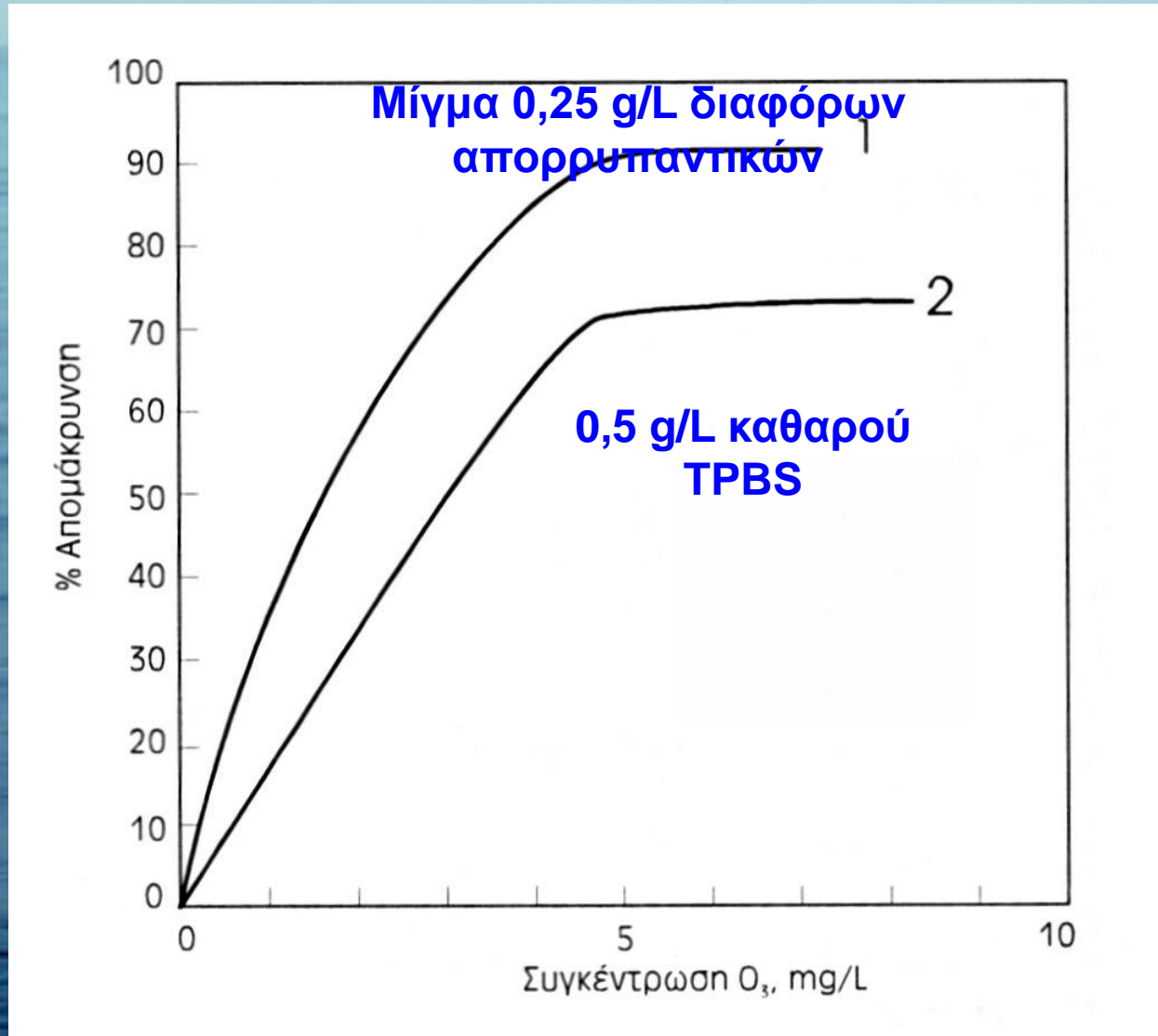
Άλλες αντιδράσεις O₃



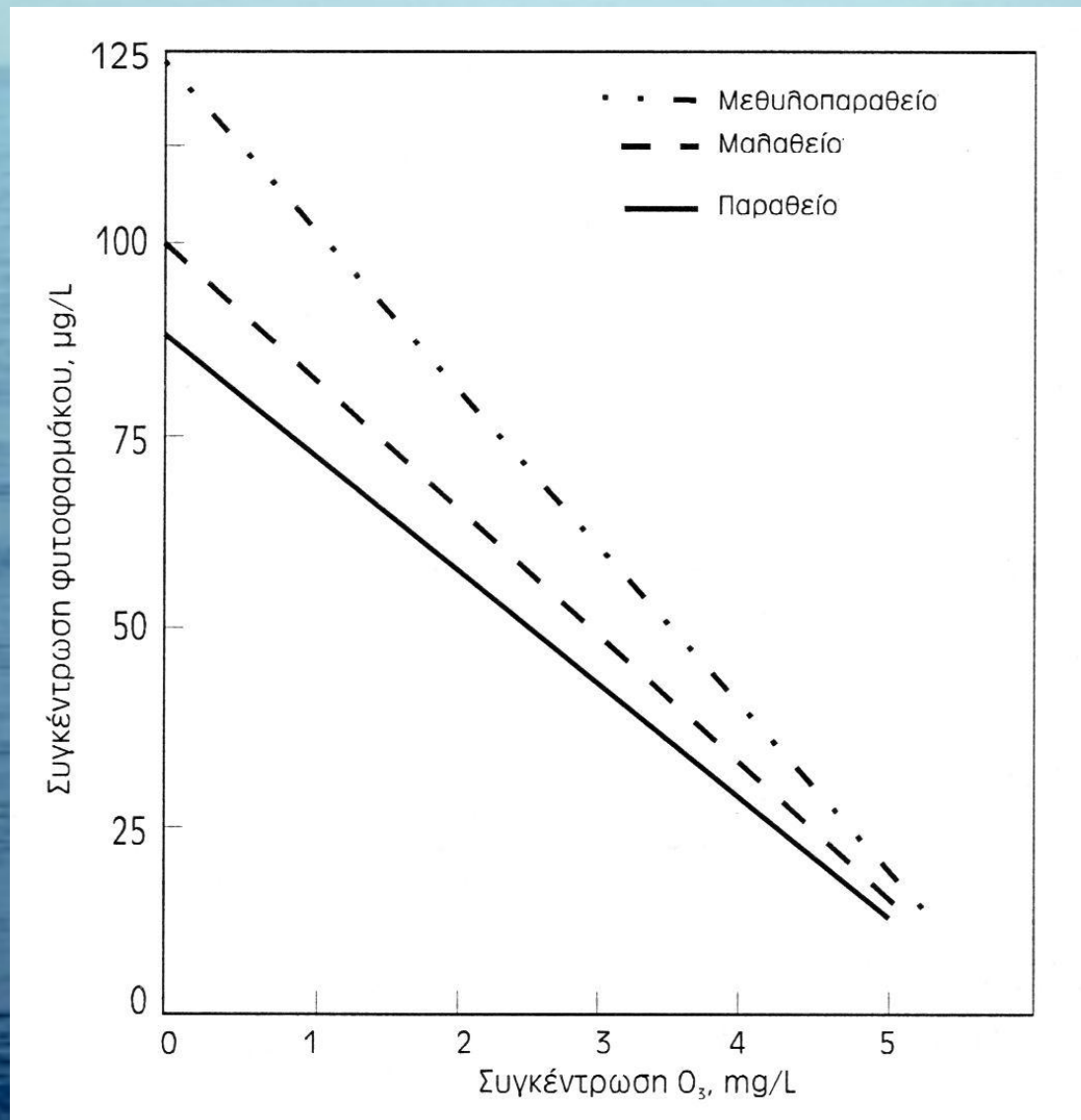
Η απαίτηση O₃ κυμαίνεται (για νερό) 0,5-5 g/m³.

Ο χρόνος επαφής 4-12 min (εξαρτάται από την κινητική της αντίδρασης).

Επίδραση του όζοντος σε διάφορα απορρυπαντικά

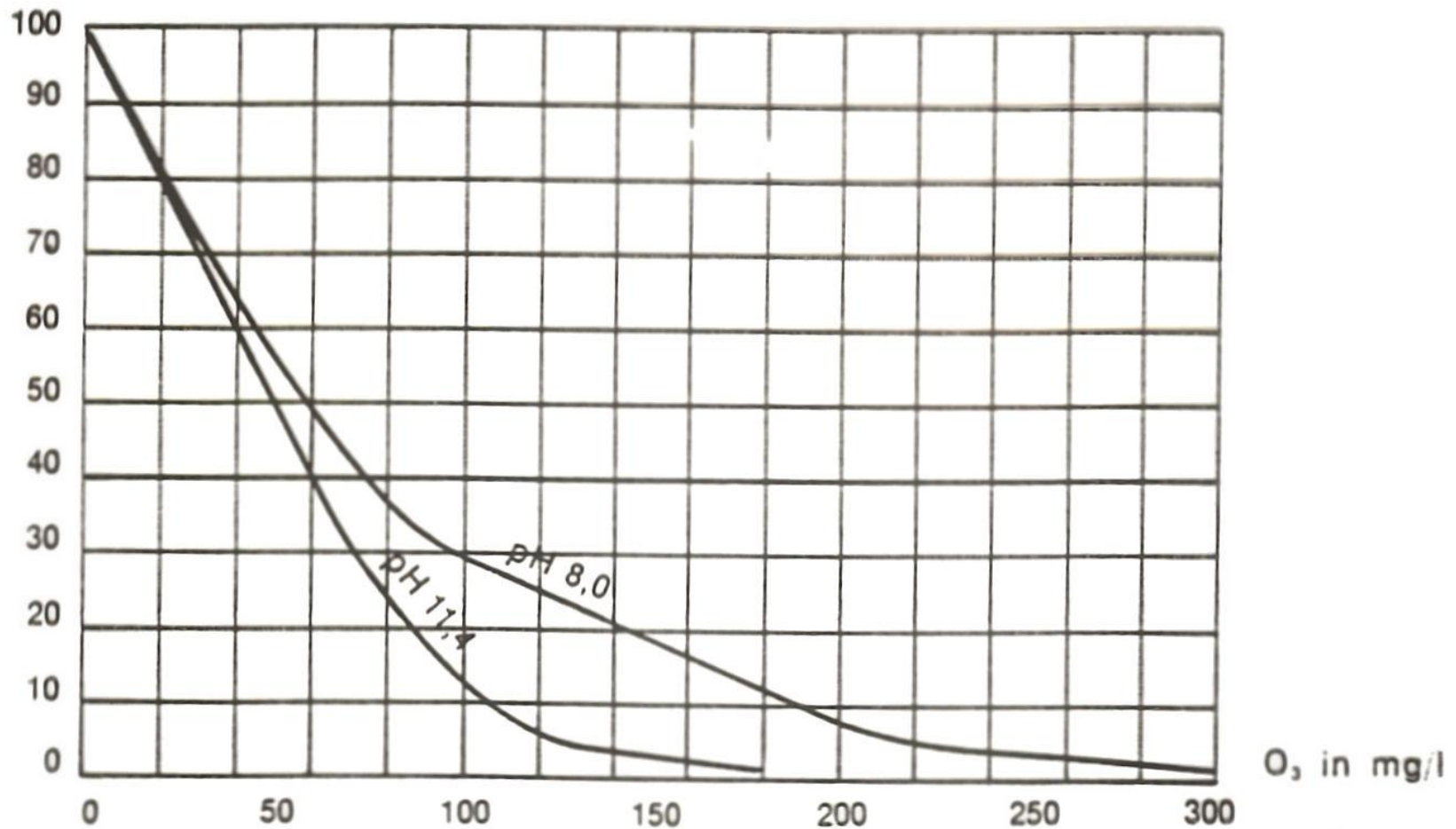


Επίδραση του όζοντος σε οργανοφωσφορικά λιπάσματα

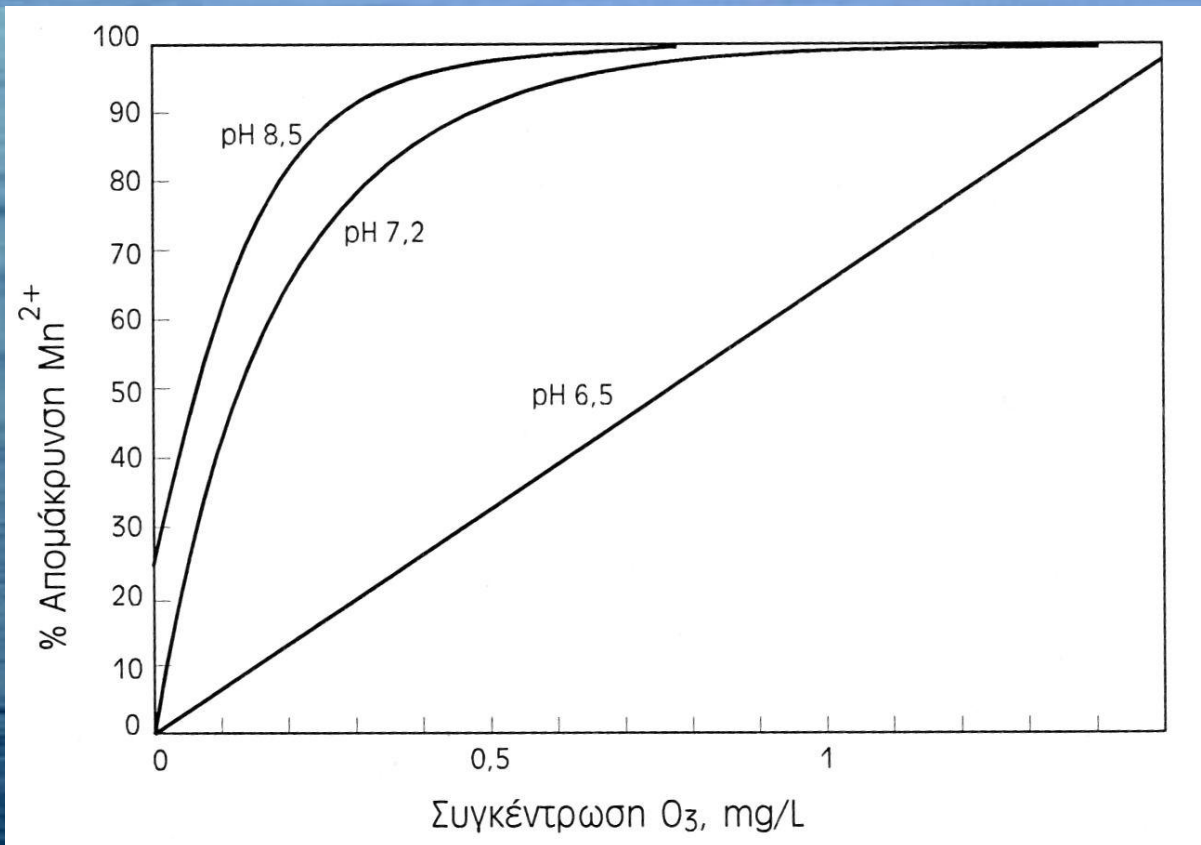
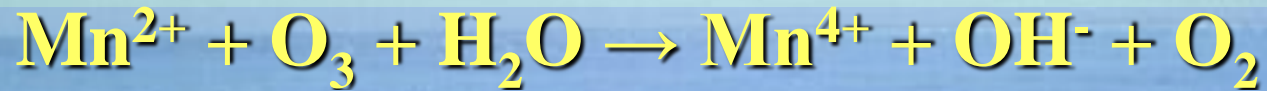


Επίδραση του pH στον οζονισμό φαινολικών διαλυμάτων

Phenol in mg/l



Επίδραση του O₃ στο Mn σαν συνάρτηση του pH



Συστήματα ελέγχου χημικών μέσων απολύμανσης

Σε περίπτωση σταθερής παροχής:

Εξάρτηση λειτουργίας δοσιμετρητή

- **Λειτουργία αντλίας**
- **Υπαρξη ταχύτητας ροής**

Σε περίπτωση μεταβλητής ροής:

- **Ροομετρική αναλογία**
- **Μέτρηση → εντολή τροφοδοσίας**
- **Ηλεκτρόδια οξειδοαναγωγής**
- **Χημική αυτόματη μέτρηση**