



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

# Τεχνολογίες που αφορούν την νομοθεσία για το πόσιμο νερό III

**Διάλεξη 3: Τεχνολογίες Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού**

**Καθηγητής ΔΠΘ Π. Μελίδης**

Μέσο επικοινωνίας: Τηλέφωνο 25410 79372 ή skype: pmelidis

# Περίγραμμα μαθήματος

- Διάβρωση - Ρύθμιση του pH – ισορροπία του Ανθρακικού συστήματος
- Σκληρότητα
- Αποσκλήρυνση
- Αφαίρεση σιδήρου και Μαγγανίου
- Αφαίρεση νιτρικών

# Διάβρωση - Ρύθμιση του pH – ισορροπία του Ανθρακικού συστήματος

Κατά την συλλογή, αποθήκευση, μεταφορά και διανομή του πόσιμου νερού , το νερό αλληλεπιδρά με τα υλικά με τα οποία έρχεται σε επαφή (αγωγοί, δεξαμενές κ.α.).

Το νερό σύμφωνα με τις ιδιότητες του διαβρώνει τα υλικά και αυτά με την σειρά τους τροφοδοτούν το νερό με διάφορα στοιχεία και μεταβάλλουν την ποιότητα του.

Από αυτά άλλα είναι ακίνδυνα και άλλα επικίνδυνα.

Η διάβρωση των υλικών με τα οποία το νερό έρχεται σε επαφή εξαρτάται κυρίως από το pH και την ρυθμιστική ικανότητα του (συγκέντρωση όξινων ανθρακικών - ανθρακικού οξέος).

Νερά με καθόλου ή ελάχιστη ρυθμιστική ικανότητα, όπως επιφανειακά νερά ταμιευτήρων σε βουνά, δεν σχηματίζουν καμία προστατευτική στοιβάδα στους αγωγούς με αποτέλεσμα λόγω της διάβρωσης να διαλύονται βαρέα μέταλλα και ίνες τσιμέντου και αμιάντου.

# Διάβρωση - Ρύθμιση του pH – ισορροπία του Ανθρακικού συστήματος

Οι συγκεντρώσεις με τις οποίες εμφανίζεται το pH στο νερό δεν συνιστούν κανέναν κίνδυνο για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Οι οδηγίες της ΕΚ θεσπίζουν για το pH τιμές από 6,5-9,5

# Διάβρωση - Ρύθμιση του pH – ισορροπία του Ανθρακικού συστήματος

Με την μείωση της οξύτητας του νερού νοούμε την ρύθμιση του pH στην αντίστοιχη τιμή κορεσμού ασβεστίου για την επιβολή της ισορροπίας του συστήματος «ασβέστιο – ανθρακικό οξύ».

Όταν η συγκέντρωση του ανθρακικού οξέος είναι μεγαλύτερη από αυτή που αντιστοιχεί στο σύστημα ισορροπίας, τότε το νερό δρα δραστικά, διαλύοντας ανθρακικό ασβέστιο και προάγοντας την διαβρωτικότητα.

Έτσι αποτελεί κίνδυνο για το δίκτυο της επιχείρησης ύδρευσής και των καταναλωτών.

Πλεονάζον ανθρακικό οξύ μπορεί να παρουσιασθεί σε κάθε είδους νερό.

Σε πηγαία νερά την μείωση του pH προκαλούν τα γρανιτοειδή και ηφαιστειογενή πετρώματα και

Επιφανειακά νερά από τέτοιες περιοχές παρουσιάζουν ένα pH μικρότερο σε σχέση με την σκληρότητα.

Οι πιο συχνές και ενοχλητικές πλεονάζουσες συγκεντρώσεις ανθρακικού οξέος εμφανίζονται σε υπόγεια νερά.

# Διάβρωση - Ρύθμιση του pH – ισορροπία του Ανθρακικού συστήματος

Για την απομάκρυνση του ανθρακικού οξέος εφαρμόζονται ουσιαστικά δύο διαφορετικές μέθοδοι.

**Απομάκρυνση ή δέσμευση** της περίσσειας του  $\text{H}_2\text{CO}_3$  από το νερό (μείωση των ανιόντων) ή **εξουδετέρωση** του οξέος (πρόσθεση κατιόντων).

Το ανθρακικό οξύ βρίσκεται σε ισορροπία με το διαλυμένο αέριο διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ):

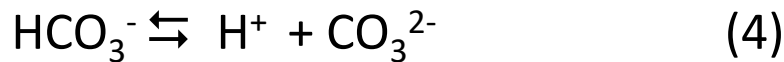
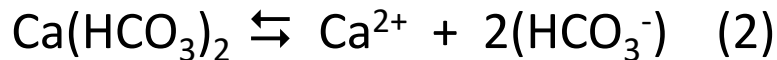


Το διαλυμένο  $\text{CO}_2$  μπορεί να παραμείνει διαλυμένο στο νερό, σε επαφή με την ατμόσφαιρα, μόνο μέχρι  $0,06 \text{ g/m}^3$  (εξαιτίας της μικρής ειδικής πίεσης του).

Για τον λόγο αυτό μπορεί να εφαρμοσθεί η μέθοδος της ανταλλαγής αερίων μόνο στην περίπτωση που η συγκέντρωση του διαλυμένου  $\text{CO}_2$  θα είναι μεγαλύτερη από  $0,06 \text{ g/m}^3$ .

# Διάβρωση - Ρύθμιση του pH – ισορροπία του Ανθρακικού συστήματος

Βάση της εξίσωσης (1) το απομακρυνόμενο CO<sub>2</sub> αντικαθίσταται συνεχώς από την διάσπαση του ανθρακικού οξέος. Αυτό με την σειρά του βρίσκεται σε ισορροπία με τα διαλυμένα όξινα ανθρακικά:



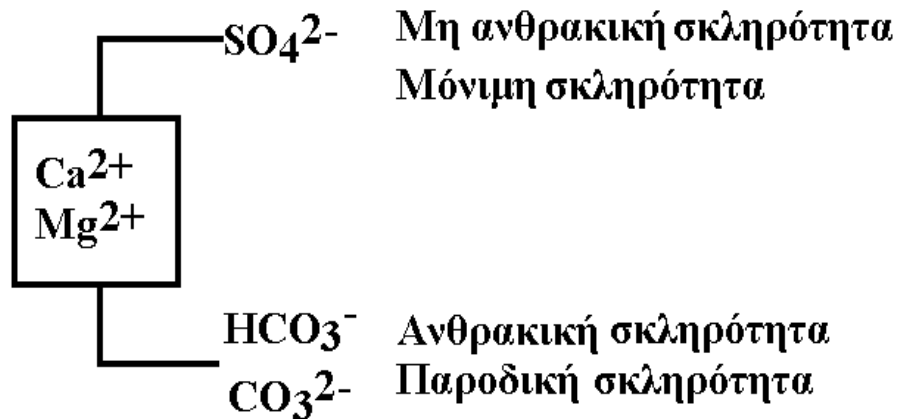
Με την παρατεταμένη απομάκρυνση του CO<sub>2</sub> ουσιαστικά εναποτίθεται τελικά το δυσδιάλυτο ανθρακικό ασβέστιο.

Πριν την εναπόθεση μειώνεται η συγκέντρωση των όξινων ανθρακικών τόσο πολύ και το νερό ελευθερώνεται από το ανθρακικό οξύ.

Αυτή η μέθοδος ονομάζεται **φυσική απομάκρυνση** του ανθρακικού οξέος.

# Σκληρότητα

Τα διαλυμένα στο νερό μέταλλα ασβέστιο ( $\text{Ca}^{2+}$ ), μαγνήσιο ( $\text{Mg}^{2+}$ ), βάριο ( $\text{Ba}^{2+}$ ) και στρόντιο ( $\text{Sr}^{2+}$ ), προκαλούν την σκληρότητα του νερού. Τα ιόντα του βάρου και στρόντιου εμφανίζονται σπάνια. Για τον λόγο αυτό πρακτικά η σκληρότητα του Νερού αποτελείται από μόνο από την συγκέντρωση του ασβεστίου και του μαγνησίου.





# Σκληρότητα

Τα φυσικά νερά διαφοροποιούνται πάρα πολύ όσον αφορά την σκληρότητα τους.

Το νερό της βροχής είναι μαλακό, διαλύει όμως κατά την διαδρομή του διαμέσου του εδάφους, ανάλογα με την γεωλογικό υπόβαθρο και την συγκέντρωση σε ανθρακικό οξύ λίγο ή πολύ γαιοαλκαλικά μέταλλα.

Εδαφολογικοί σχηματισμοί με λίγα μέταλλα που συμβάλουν στην σκληρότητα όπως παλαιολιθικοί σχηματισμοί, γρανίτες, αμμώδη εδάφη κλπ. εμφανίζουν νερά με σκληρότητα ανάμεσα στο 0-4 °dH.

Εδάφη ασβεστολιθικά, δολομίτης κλπ. εμφανίζουν νερά με σκληρότητα ανάμεσα στο 12-18 °dH.

Σχηματισμοί που παρουσιάζουν αυξημένη συγκέντρωση σε γύψο (π.χ. Κέρκυρα 16-116 °dH) διαθέτουν νερά με σκληρότητα μεγαλύτερη και από 100 °dH

# Σκληρότητα

Η έκφραση της σκληρότητας ως σύνολο των γαιοαλκάλιων γίνεται σε mmol/l ή mol/m<sup>3</sup>.

	<b>Σκληρότητα c(Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>) mmol/l</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> σε ppm</b>	<b>°d</b>	<b>°e</b>	<b>°f</b>	<b>°a</b>
<b>Σκληρότητα c(Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>) mmol/l</b>	1	100	5,6	7	10	5,85
<b>CaCO<sub>3</sub> σε ppm</b>	0,01	1	0,056	0,07	0,1	0,058
<b>°d</b>	0,18	17,8	1	1,25	1,79	1,04
<b>°e</b>	0,14	14,3	0,80	1	1,43	0,83
<b>°f</b>	0,10	10	0,56	0,7	1	0,58
<b>°a</b>	0,17	17,2	0,96	1,20	1,72	1

# Σκληρότητα

Από υγειονομολογικής άποψης ένα σκληρό νερό δεν παρουσιάζει πρόβλημα. Αντίθετα τα μαλακά νερά είναι ύποπτα για καρδιοπάθειες, και ευνοούν την καταστροφή των δοντιών.

Οργανοληπτικά μια σκληρότητα από 10 - 15 °dH κάνει το νερό ευχάριστο, ενώ αντίθετα το μαλακό νερό είναι άγευστο.

Στην οικιακή χρήση το σκληρό νερό δημιουργεί ίζημα (πέτρα) όταν θερμαίνεται πάνω από 60 βαθμούς (κατσαρόλες, θερμοσίφωνα, μηχανές του καφέ κλπ) διότι μειώνεται η διαλυτότητα του CO<sub>2</sub> και απομακρύνεται από το σύστημα, επίσης αυξάνει την κατανάλωση των απορρυπαντικών, καθιστά τα υφάσματα εύθραυστα, το κρέας και τα όσπρια δεν μαλακώνουν.

Για τεχνικούς σκοπούς το μαλακό νερό είναι χρησιμότερο, π.χ. για λέβητες απαιτείται σκληρότητα κάτω των 0,05 °dH. Για την παρασκευή μύρας αντίθετα χρειάζεται σκληρό νερό

# Σκληρότητα

Για την αποσκλήρυνση υπάρχουν πολλές μέθοδοι.

Πριν την χρήση τους θα πρέπει να εξετασθεί ο παράγοντας αύξησης άλλων στοιχείων στο νερό π.χ. το νάτριο που είναι προβληματικότερα για την υγεία των ανθρώπων και ότι το μαλακό νερό είναι διαβρωτικό.

Αποσκληρυμένο νερό θα πρέπει να παρουσιάζει μία συγκέντρωση σε γαιοαλκαλικά μέταλλα συνόλου  $1,5 \text{ mol/m}^3$  (αντιστοιχεί σε  $84 \text{ mg/L CaO}$  ή  $8,4 \text{ }^\circ\text{dH}$ ) και ρυθμιστική ικανότητα (αλκαλικότητα) =  $1,5 \text{ mol/m}^3$ .

Σε πολύ μαλακά νερά μία σκλήρυνση είναι αναγκαία, σε συνδυασμό με την μείωση της οξύτητας, για να επιτευχθεί η απαιτούμενη συγκέντρωση σε ιόντα ασβεστίου ( $>20 \text{ mg/l}$ ) και όξινων ανθρακικών (Αλκαλικότητα  $>1 \text{ mmol/l}$ ),

(σχηματισμός προστατευτικής στοιβάδας σε σιδερένιους και με επικάλυψη ψευδαργύρου αγωγούς)

# Αποσκλήρυνση

Σήμερα επικρατεί η άποψη σε νερά με μια σκληρότητα μεγαλύτερη από 3,8 mmol/L (21 γερμανικοί βαθμοί) να εκτιμάται σοβαρά η περίπτωση εφαρμογής μεθόδου επεξεργασίας.

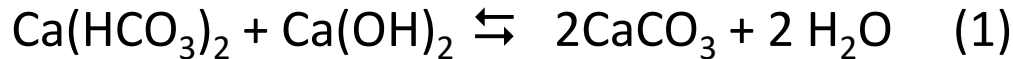
Αποσκληρυμένο νερό πρέπει σχεδόν πάντα να επεξεργάζεται για να επαναφέρουμε την ισορροπία ιόντων και να μειώσουμε την διαβρωτικότητα του.

Συχνότερα εφαρμόζεται η μερική μείωση της σκληρότητας (ανθρακούχος σκληρότητα).

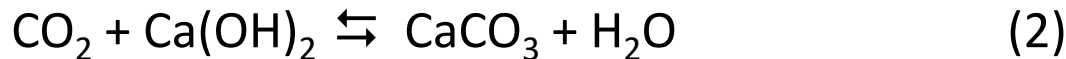
# Αποσκλήρυνση - μείωση ανθρακούχου σκληρότητας

Η βασική αρχή αυτής της μεθόδου είναι να ιζηματοποιήσουμε ανθρακικό ασβέστιο με την προσθήκη **ιόντων υδροξυλίου** που εξουδετερώνουν τα ιόντα των όξινων ανθρακικών και το ελεύθερο ανθρακικό οξύ.

Εάν χρησιμοποιήσουμε **υδροξείδιο της ασβέστου** τότε ιζηματοποιούνται και τα προστιθέμενα κατιόντα χωρίς να αυξάνουν την συνολική αλατότητα του νερού.



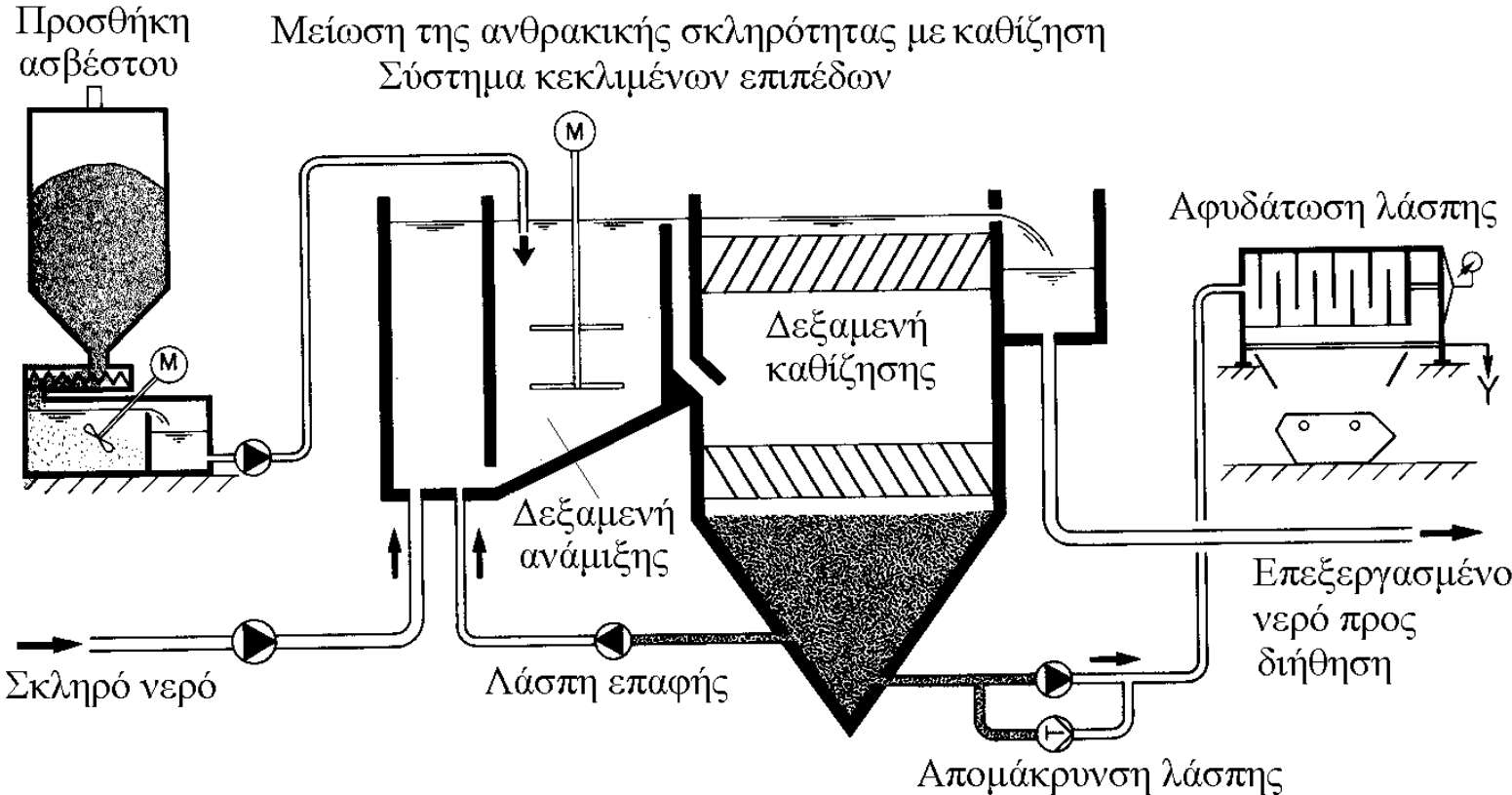
Βέβαια και το υπάρχον ανθρακικό οξύ καταναλώνει υδροξείδιο της ασβέστου



Οι εξισώσεις αυτές εξελίσσονται γρηγορότερα σε pH 9-10.

# Αποσκλήρυνση - μείωση ανθρακούχου σκληρότητας

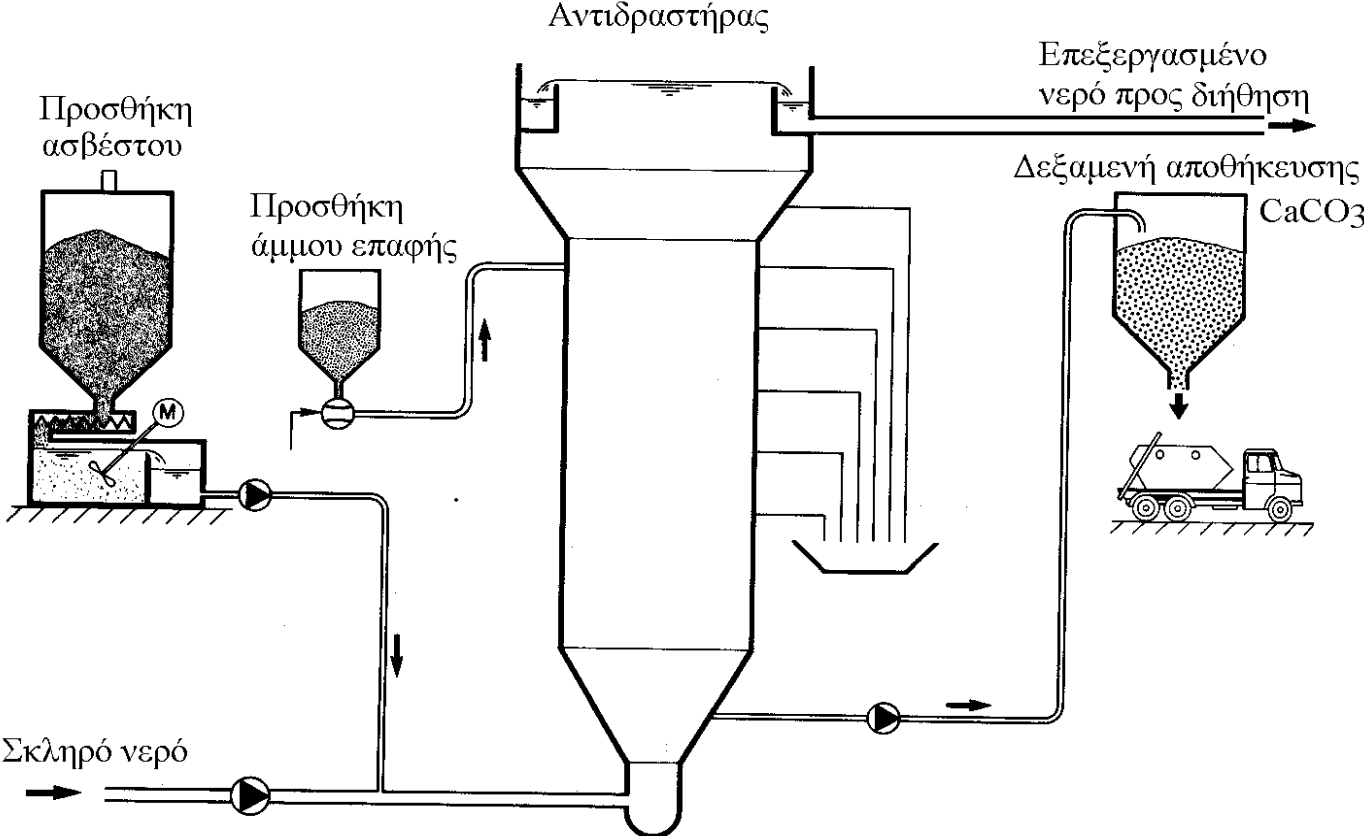
Σχήμα μιας μονάδας αργής απομάκρυνσης του ανθρακικού οξέος



# Αποσκλήρυνση - μείωση ανθρακούχου σκληρότητας

Σχήμα μιας μονάδας γρήγορης απομάκρυνσης του ανθρακικού οξέος  
Περιβαλλοντικά αποδεκτή μορφή της λάσπης ασβέστου

Μονάδα γρήγορης μείωσης της ανθρακικής σκληρότητας





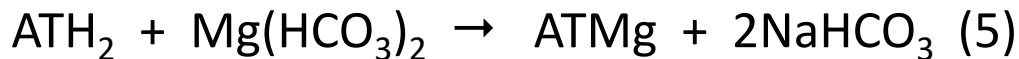
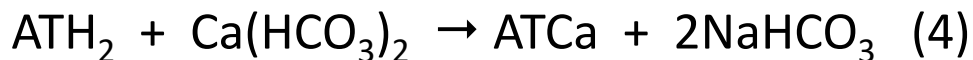
# Αποσκλήρυνση – με ιοντοανταλλαγή

Η δεύτερη μέθοδος κεντρικής αποσκλήρυνσης του νερού που επίσης εφαρμόζεται πλατιά βασίζεται σε ανταλλαγή ιόντων.

Με την επαφή του νερού με ρητίνες ιοντανταλλαγής στην  $H^+$  μορφή, ανταλλάσσονται τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου με ιόντα υδρογόνου.

Τα όξινα ανθρακικά και το αντίστοιχο ανθρακικό οξύ παραμένουν αντιθέτως στο νερό.

Οι αντίστοιχες γενικές αντιδράσεις είναι:



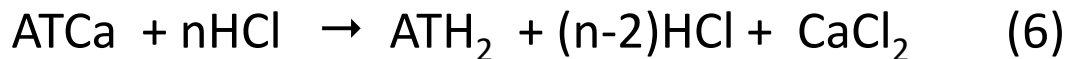
# Αποσκλήρυνση – με ιοντοανταλλαγή

Για την αναγέννηση της φορτισμένης ρητίνης χρησιμοποιείται υδροχλωρικό οξύ.

Τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου που βρίσκονται προσκολλημένα επάνω στην ρητίνη οδεύουν προς το διάλυμα και τα πρωτόνια προσδένονται επάνω στην ρητίνη.

Μετά το πέρας της αναγέννησης περιέχει το διάλυμα αναγέννησης αρκετά πρωτόνια που είναι αναγκαία για την ισορροπία του συστήματος αλλά και τα ανταλλαγμένα κατιόντα ασβεστίου και μαγνησίου.

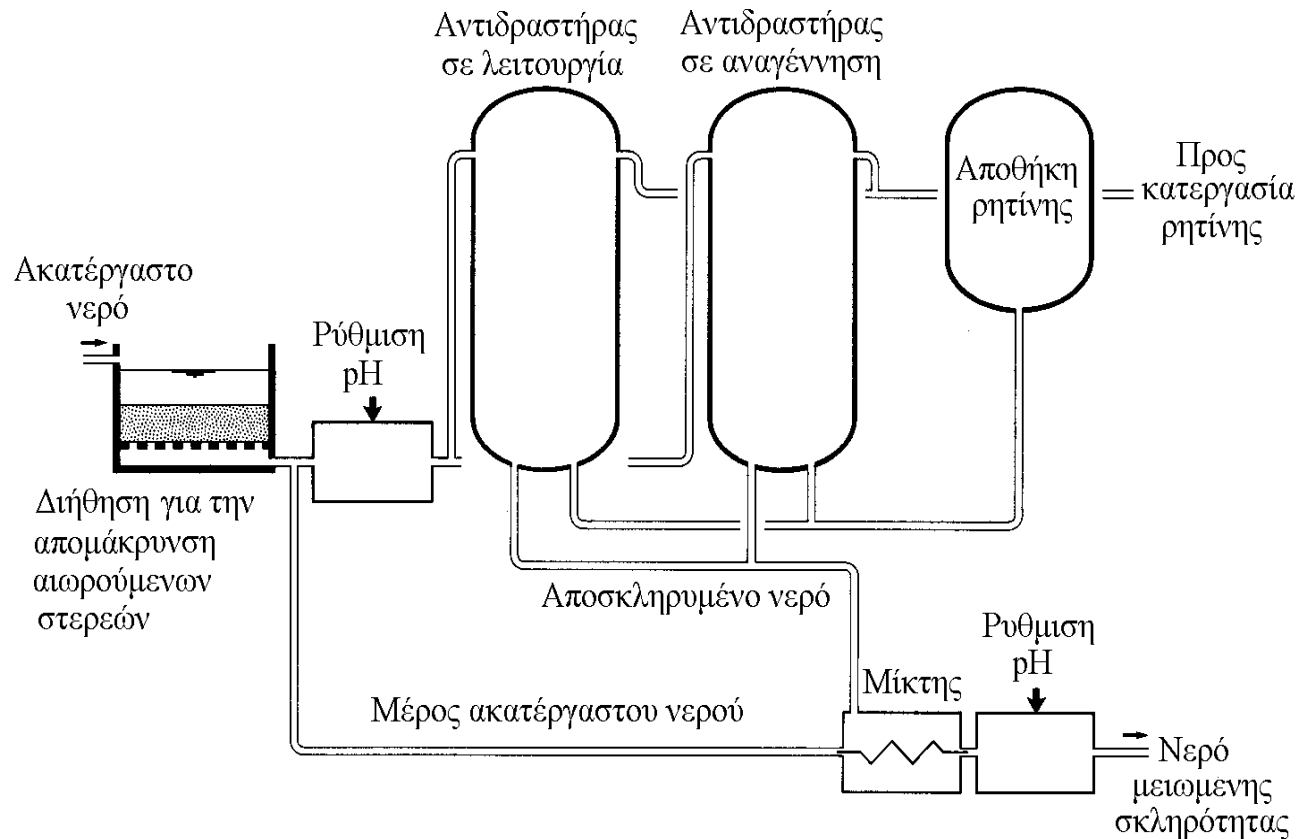
Η αντίδραση αναγέννησης είναι:



# Αποσκλήρυνση – με ιοντοανταλλαγή

Σχηματική παράσταση μονάδας αποσκλήρυνσης με ιοντοανταλλαγή

Μείωση της σκληρότητας ενός μέρους του νερού διαμέσω όξινων ρητινών



# Αφαίρεση σιδήρου και Μαγγανίου

Ο σίδηρος δεν πρέπει να περιέχεται στο νερό σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 0,05 και το μαγγάνιο των 0,02 mg/L.

Σίδηρος και μαγγάνιο εμφανίζεται στο νερό, όταν σαν συνέπεια της έλλειψης οξυγόνου επικρατούν αναγωγικές συνθήκες

Τότε, τα δύο αυτά μέταλλα ανάγονται στην δισθενή τους μορφή και αυξάνεται η διαλυτότητα τους στο νερό.

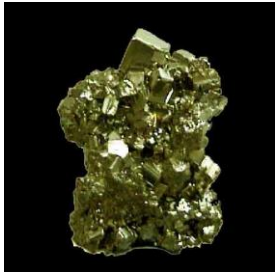
Όταν το νερό έρθει ακολούθως σε επαφή με το οξυγόνο του αέρα, μετατρέπονται αυτά στην τρισθενή για τον σίδηρο και τετρασθενή για το μαγγάνιο μορφή τους και καθιζάνουν ως δυσδιάλυτο ένυδρο οξείδιο του σιδήρου (III) ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) (σε εξάρτηση από το pH κίτρινες μέχρι καφέ νιφάδες) και μαύρο οξείδιο του μαγγανίου ( $\text{MnO}_2$ ).



Αναστ. Καθηγητής Π. Μελίδης



# Αφαίρεση σιδήρου και Μαγγανίου



Η παρουσία του σιδήρου και του μαγγανίου στα υπόγεια νερά αποδίδεται στη διαλυτοποίηση διαφόρων ορυκτών, κυρίως οξειδίων και θειούχων, καθώς επίσης ανθρακικών και πυριτικών αλάτων

Η πρόσληψη και απόρριψη μαγγανίου ακολουθεί τον ίδιο δρόμο με αυτή του σιδήρου, αλλά η οξειδωση εξελίσσεται πολύ πιο αργά ή και καθόλου χωρίς, και εξελίσσεται πλήρως, με την βοήθεια βακτηρίων



Διεργασίες εμπλουτισμού των υπόγειων νερών με σίδηρο.

# Μέθοδοι αφαίρεσης σιδήρου και Μαγγανίου

Οι κυριότερες συμβατικές μέθοδοι επεξεργασίας κατατάσσονται σε 4 κύριες κατηγορίες:

1. Οξείδωση και απομάκρυνση (διήθηση ή κροκίδωση)
2. Διήθηση σε ειδικό διηθητικό υλικό που δρα ως ανταλλάκτης ιόντων ή ηλεκτρονίων (ιοντοανταλλαγή)
3. Σταθεροποίηση των ιόντων σιδήρου και μαγγανίου με συμπλοκοποίηση
4. Οξυγόνωση του υδροφορέα

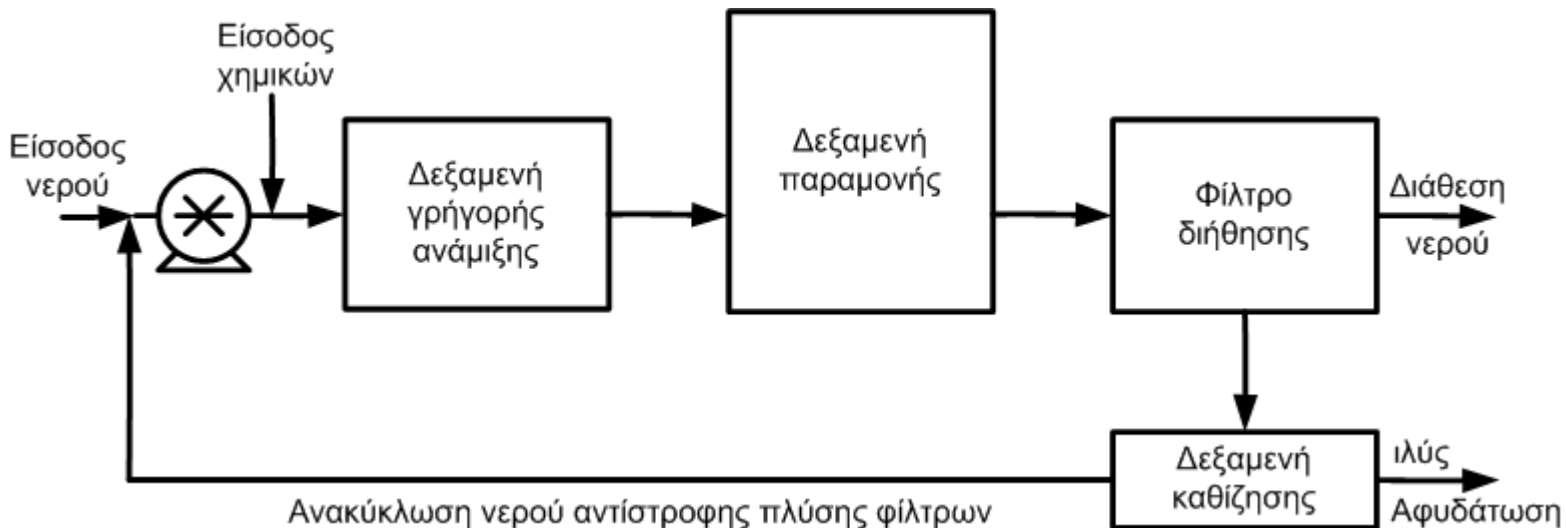
# Μέθοδοι αφαίρεσης σιδήρου και Μαγγανίου

Η πλειονότητα των μονάδων απομάκρυνσης Fe και Mn διεθνώς κάνουν χρήση των ακόλουθων διεργασιών:

(α) οξείδωση με αέρα ή χημικά οξειδωτικά και

(β) απομάκρυνση των αιωρουμένων στερεών είτε με διήθηση, είτε με καθίζηση, είτε με συνδυασμό των δυο διεργασιών.

Οι δυο πλέον σημαντικοί παράγοντες για την απομάκρυνση των δυο αυτών μετάλλων είναι η επαρκής οξείδωση τους και ο επαρκής χρόνος παραμονής των νερών



# Μέθοδοι αφαίρεσης σιδήρου και Μαγγανίου

Στοιχειομετρικές απαιτήσεις οξειδωτικών για την οξείδωση του  $\text{Fe}^{2+}$  και του  $\text{Mn}^{2+}$

Οξειδωτικό	mg οξειδωτικού / mg μετάλλου	
	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Mn}^{2+}$
$\text{O}_2$	0,14	0,29
$\text{Cl}_2$	0,62	0,77
$\text{ClO}_2$	0,24	0,41
$\text{HOCl}$	0,47	0,80
$\text{KMnO}_4$	0,94	1,92



# Μέθοδοι αφαίρεσης σιδήρου και Μαγγανίου

## Η κινητική της οξειδωσης του $\text{Fe}^{2+}$

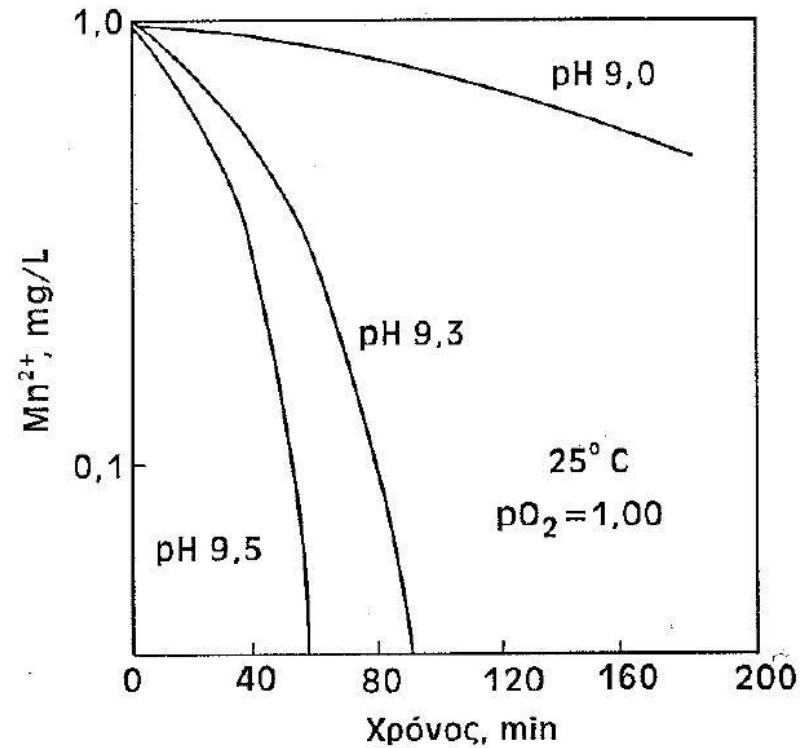
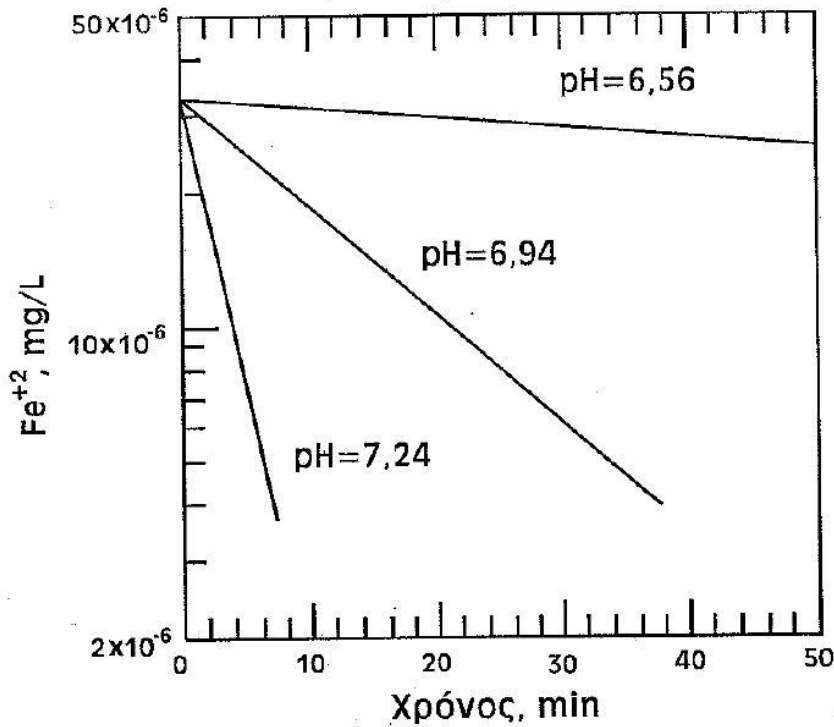
Επηρεάζεται από πληθώρα παραγόντων,

- όπως είναι το pH,
- η παρουσία θεικών και όξινων ανθρακικών ιόντων,
- το δυναμικό οξειδοαναγωγής του συστήματος και
- η παρουσία φυσικών οργανικών συμπλοκοποιητών.

Σε όλες τις περιπτώσεις οξειδωσης του Fe και Mn παράγονται ιόντα υδρογόνου με αποτέλεσμα να καταστρέφεται η αλκαλικότητα

# Μέθοδοι αφαίρεσης σιδήρου και Μαγγανίου

Η κινητική της οξείδωσης του  $\text{Fe}^{2+}$  και  $\text{Mn}^{2+}$  με οξυγόνο



Ρυθμός οξείδωσης με οξυγόνο του  $\text{Fe}^{2+}$  /  $\text{Mn}^{2+}$  ως συνάρτηση του pH

# Μέθοδοι αφαίρεσης σιδήρου και Μαγγανίου

Η κινητική της οξειδωσης του  $\text{Fe}^{2+}$  και  $\text{Mn}^{2+}$  με οξυγόνο

Το μέγεθος της δεξαμενής οξειδωσης καθορίζεται από το χρόνο παραμονής που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η οξειδωση και επομένως από την ταχύτητα της οξειδωσης

Μικρές αλλαγές στην ποιότητα νερού μπορούν να έχουν επιπτώσεις στο pH του ύδατος και το ποσοστό οξειδωσης μπορεί να επιβραδύνει σε ένα σημείο όπου η ικανότητα εγκαταστάσεων για την αφαίρεση σιδήρου και μαγγανίου μειώνεται.

Η παρουσία του  $\text{MnO}_2$  βοηθά την οξειδωση του Mn και του Fe

Το Mn γενικώς δεν οξειδώνεται γρήγορα με μοριακό οξυγόνο γιατί απαιτείται  $\text{pH} > 8.5$  και επαφή με διοξείδιο του μαγγανίου

Η οξειδωση και των δύο μετάλλων από το υπερμαγγανικό κάλιο είναι άμεση σε  $\text{pH} 7$  ή μεγαλύτερο

# Μέθοδοι αφαίρεσης σιδήρου και Μαγγανίου

## Εγκαταστάσεις

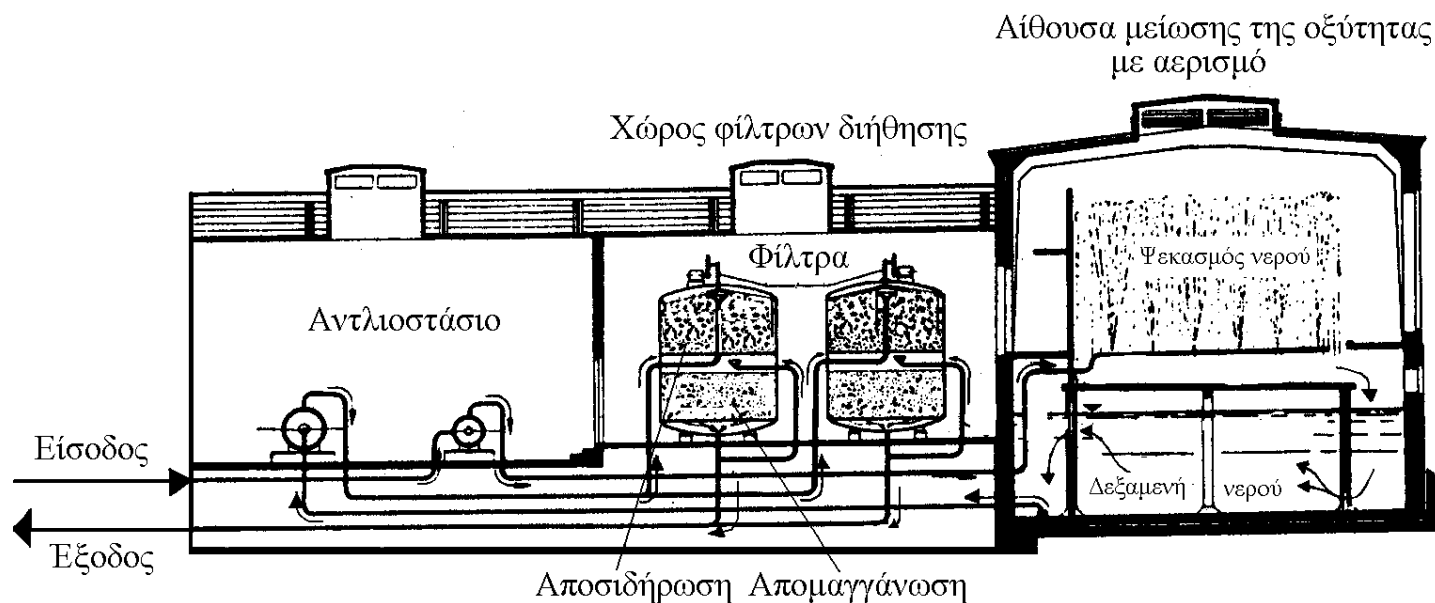
Στην περίπτωση του επιφανειακού νερού (σπάνια εμφανίζονται προβλήματα σιδήρου και μαγγανίου), η οξείδωση μπορεί να γίνει με μοριακό οξυγόνο ή/και την προσθήκη υπερμαγγανικού καλίου και να αφαιρεθεί από την συνήθη διαδικασία κροκίδωσης συσσωμάτωσης καθίζησης και διήθησης.

Όταν πρόκειται για υπόγειο νερό εξετάζουμε την λύση σε εξάρτηση και από άλλες πιθανές επεμβάσεις καθαρισμού.

Π.χ. συνδυασμός αφαίρεσης  $\text{CO}_2$  (μείωση της οξύτητας) με εκφύσηση. Το οξυγόνο είναι αρκετό για την οξείδωση και του σιδήρου και του μαγγανίου. Για το Mn βέβαια απαιτείται η επαφή με το  $\text{MnO}_2^-$  ώστε η αντίδραση να εξελιχθεί γρήγορα

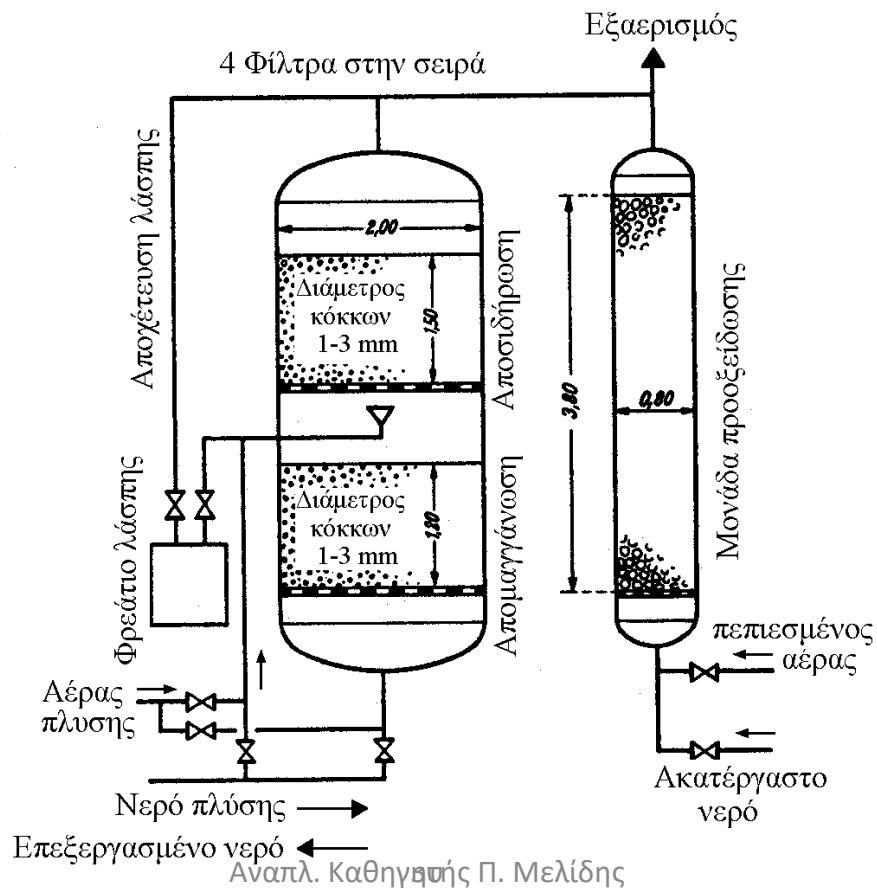
# Μέθοδοι αφαίρεσης σιδήρου και Μαγγανίου Εγκαταστάσεις

Μονάδα μείωσης του ανθρακικού οξέος με ψεκάσμο και ακόλουθη επεξεργασία κλειστού τύπου μείωσης σιδήρου και μαγγανίου.



# Μέθοδοι αφαίρεσης σιδήρου και Μαγγανίου Εγκαταστάσεις

Σχήμα εγκατάστασης κλειστού τύπου μείωσης του σιδήρου και μαγγανίου με προξείδωση.



# Αφαίρεση σιδήρου και Μαγγανίου

Το pH πρέπει να ελέγχεται κατά την διάρκεια όλης της διεργασίας. Ένα χαμηλό pH θα είχε ως συνέπεια την διακοπή της οξειδωσης σε τρισθενή σίδηρο, σε τμήματα του φίλτρου διήθησης.

Εάν η συγκέντρωση του σιδήρου είναι υψηλότερη των 8 mg/L τότε απαιτείται κατά κανόνα μια επεξεργασία καθίζησης πριν την διήθηση, και αν είναι ανάγκη να υποστηριχθεί και από κροκίδωση.

Εναλλακτικά μπορούμε να αποφύγουμε την καθίζηση, και να απομακρύνουμε τον σίδηρο με διήθηση μέσω φίλτρου πολλαπλών στρωμάτων, σε συγκεντρώσεις σιδήρου μέχρι και 15 mg/L.

# Αφαίρεση σιδήρου και Μαγγανίου

Συγκριτικό κόστος για εγκαταστάσεις απομάκρυνσης σιδήρου και μαγγανίου

Προέλευση του νερού	Χαρακτηριστικά του νερού	Συγκ. Fe mg/L	Συγκ. Mn mg/L	Σχετικό κόστος επένδυσης %	Κόστος λειτουργίας
<b>Υπόγειο νερό</b>	συνηθισμένο	0,1-1,0	<0,01	100	μικρό
	σίδηρος	1,0-5,0	0,01-0,5	210	μικρό
	πολύ σίδηρος	5,0-15,0	0,01-0,5	220	μέσο
	φορτισμένο	5,0-15,0	0,5-1,5	320	μεγάλο
	πολύ μαγγάνιο	1,0	>1,0	320	μέσο
<b>Επιφανειακό νερό</b>	αναγωγικό	0,1-1,0	0,01-0,1	140	μέσο
	με χουμικές ενώσεις	1,0-5,0	0,01-0,1	230	μέσο
	περιέχει μαγγάνιο	1,0-5,0	0,1-1,0	390	μέσο
	πολλές χουμικές ενώσεις	5,0-15,0	0,01-0,1	430	μεγάλο
	πολύ μαγγάνιο	1,0-5,0	0,5-1,5	440	μέσο



# Αφαίρεση σιδήρου και Μαγγανίου

Εγκαταστάσεις απομάκρυνσης σιδήρου και μαγγανίου από αναγωγικά υπόγεια νερά

Κοινό υπόγειο νερό	Νερό που περιέχει Fe και Mn	Νερό πολύ επιβαρυνμένο με Fe	Νερό πολύ επιβαρυνμένο	Νερό που περιέχει πολύ Mn
>0,1 mg/L Fe < 0,01 mg/L Mn	<10 mg/L Fe > 0,1 mg/L Mn	>10 mg/L Fe < 0,1 mg/L Mn	>10 mg/L Fe > 0,1 mg/L Mn	<10 mg/L Fe > 1 mg/L Mn
Κλειστός αερισμός	Ανοικτός αερισμός	Ανοικτός αερισμός	Ανοικτός αερισμός	Κλειστός αερισμός
		Κροκίδωση με χλωριούχο σίδηρο	Κροκίδωση με χλωριούχο σίδηρο	
Κλειστό φίλτρο πίεσης v > 15 m/h	Κλειστό και ανοικτό φίλτρο πολλών στρωμάτων v <15 m/h	Κλειστό ή ανοικτό φίλτρο v <15 m/h	Κλειστό ή ανοικτό φίλτρο v <15 m/h	Φίλτρο διπλού στρώματος v <15 m/h
			Κλειστός αερισμός	
			πιθανή προσθήκη KMnO <sub>4</sub>	πιθανή προσθήκη KMnO <sub>4</sub>
			Κλειστό φίλτρο απομάκρυνσης μαγγανίου v < 10 m/h	Κλειστό φίλτρο απομάκρυνσης μαγγανίου v < 10 m/h
		Απολύμανση	Απολύμανση	Απολύμανση
		Ρύθμιση του pH	Ρύθμιση του pH	Ρύθμιση του pH
Πόσιμο νερό	Πόσιμο νερό	Πόσιμο νερό	Πόσιμο νερό	Πόσιμο νερό

# Αφαίρεση σιδήρου και Μαγγανίου

Εγκαταστάσεις απομάκρυνσης σιδήρου και μαγγανίου από επιφανειακά νερά με χουμικές ενώσεις

Κοινό επιφανειακό νερό σε αναγωγική κατάσταση	Επιφανειακό νερό που περιέχει χουμικές ενώσεις	Επιφανειακό νερό που περιέχει μαγγάνιο	Επιφανειακό νερό πολύ επιβαρυνμένο με χουμικές ενώσεις	Επιφανειακό νερό που περιέχει πολύ μαγγάνιο
>0,1 mg/L Fe > 0,01 mg/L Mn	<10 mg/L Fe < 0,01 mg/L Mn	>10 mg/L Fe > 0,01 mg/L Mn	>10 mg/L Fe < 0,01 mg/L Mn	<1 mg/L Fe > 0,1 mg/L Mn
Κροκίδωση με θειικό αργίλιο ή χλωριούχο σίδηρο	Εντατική κροκίδωση με χλωριούχο σίδηρο	Εντατική κροκίδωση με χλωριούχο σίδηρο	Εντατική κροκίδωση με χλωριούχο σίδηρο	Κροκίδωση με θειικό αργίλιο
Ρύθμιση του pH	Ρύθμιση του pH	Ρύθμιση του pH	Ρύθμιση του pH	Ρύθμιση του pH
			Βοηθητικό κροκίδωσης με ενεργό πυριτικό οξύ	
	Δεξαμενή αντίδρασης για κροκίδωση του σιδήρου	Δεξαμενή αντίδρασης για κροκίδωση του σιδήρου	Δεξαμενή καθίζησης με ανακυκλοφορία λάσπης 10 <sup>-3</sup> m/h	
				Προσθήκη KMnO <sub>4</sub>
Διήθηση μέσω φίλτρου πολλών στρωμάτων v > 10 m/h	Διήθηση μέσω φίλτρου πολλών στρωμάτων v < 10 m/h	Διήθηση μέσω φίλτρου πολλών στρωμάτων v < 10 m/h	Διήθηση v > 15 m/h	Διήθηση μέσω φίλτρου δύο στρωμάτων v < 10 m/h
		Βιολογικό φίλτρο απομάκρυνσης μαγγανίου v < 10 m/h		
				Δευτερεύον Αερισμός
Απολύμανση	Απολύμανση	Απολύμανση	Απολύμανση	Απολύμανση
Πόσιμο νερό	Πόσιμο νερό	Πόσιμο νερό	Πόσιμο νερό	Πόσιμο νερό

# Αφαίρεση νιτρικών

Η εντατικοποίηση της γεωργίας και η αναγκαστική χρήση νερών από μη επαρκώς προστατευμένες περιοχές, οδήγησε ορισμένες εταιρίες ύδρευσης στην χρήση νερών με νιτρικά.

Γνωρίζουμε ότι τα νιτρικά μετατρέπονται στον οργανισμό σε νιτρώδη, ιδιαίτερα επικίνδυνα για τα μικρά παιδιά.

Στην ΕΕ ισχύει το όριο των 50 mg/L και η ΠΟΥ προτείνει 45 mg/L.

# Αφαίρεση νιτρικών

Η απομάκρυνση των νιτρικών από το νερό είναι δύσκολη

Πρόκειται για ένα πραγματικά διαλυμένο ιόν, το οποίο δεν σχηματίζει δυσδιάλυτες ενώσεις.

Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να γίνει εντατικότερη η παρακολούθηση της χρήσης γεωργικών λιπασμάτων, κάτω από την γεωλογική διευκρίνηση της κίνησης του υπόγειου νερού.

Επεξεργασία ενδείκνυται μόνον όταν

1. η προστασία των υδροφόρων οριζόντων και
  2. η μέθοδος της αραίωσης
- δεν επιφέρουν τα επιθυμητά αποτελέσματα

# Αφαίρεση νιτρικών

Για την αφαίρεση των νιτρικών χρησιμοποιούνται μέθοδοι:

1. Ανταλλαγής ιόντων
2. Διήθησης
3. Βιολογική μετατροπή σε άζωτο.

Η άμεση απομάκρυνση των νιτρικών ιόντων γίνεται με τις μεθόδους όπως διήθηση διαμέσω μεμβρανών, ανταλλαγή ιόντων και επίσης της απόσταξης.

Και στις τρεις μεθόδους ένα μέρος του ρυπασμένου νερού αφαλατώνεται πλήρως και ανακατεύεται με το κύριο ρεύμα νερού στην επιθυμητή συγκέντρωση.

# Αφαίρεση νιτρικών

Στην μέθοδο των μεμβρανών απομακρύνονται μεγάλα μόρια με την αντίστροφη όσμωση ή ιόντα με ηλεκτροδιάλυση.

Η μέθοδος επομένως επιβαρύνεται από τα εν διαλύσει ιόντα όξινων ανθρακικών και χλώριοντων

Μαζί με τα νιτρικά απομακρύνονται και η διπλάσια και τριπλάσια ποσότητα των άλλων ιόντων.

Στην περίπτωση της αντίστροφης όσμωσης απομακρύνονται μαζί με τα νιτρικά οι τετραπλάσιες και πενταπλάσιες ποσότητες άλλων ιόντων, διότι μαζί απομακρύνονται και τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου.

# Αφαίρεση νιτρικών

Κάπως καλύτερα είναι οι συνθήκες στην περίπτωση της ανταλλαγής ιόντων.

Κατά την χρήση ανιονικών ανταλλακτών στην μορφή του χλωρίου επιτυγχάνεται η απομάκρυνση μόνο των νιτρικών και των θεικών, χωρίς την μείωση των όξινων ανθρακικών.

Προσοχή: Αύξηση της συγκέντρωσης χλωριόντων.

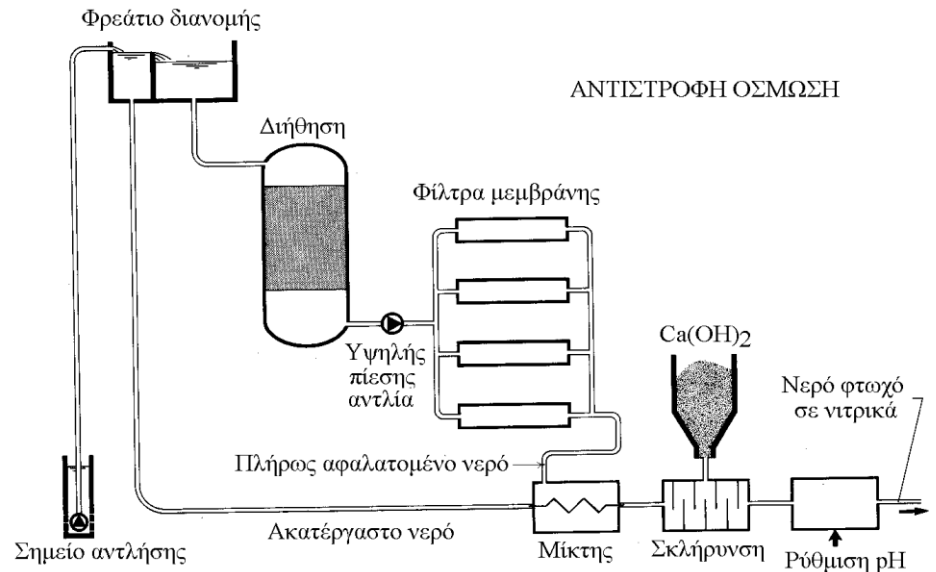
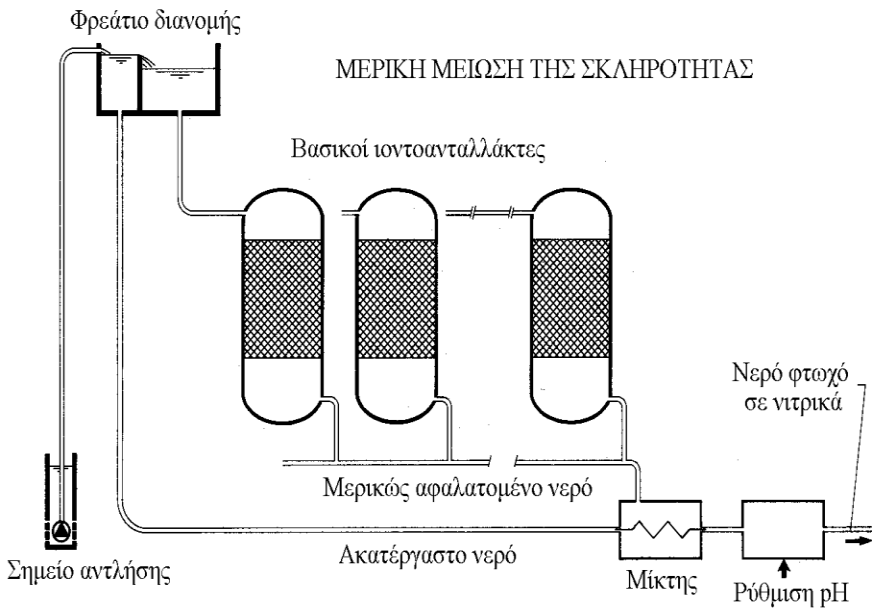
Επεξεργαζόμαστε μόνο ένα μέρος του νερού και αναμιγνύουμε στην επιθυμητή τελική συγκέντρωση νιτρικών με ακατέργαστο νερό.

Έτσι για την μείωση από 100 mg/L σε 25 mg/L πρέπει να περάσουμε τα 2/3 από τον ανταλλάκτη ιοντων.

# Αφαίρεση νιτρικών

Αριστερά: Μείωσης της σκληρότητας και των νιτρικών (παράλληλα με Fe και Mn)

Δεξιά: Μείωση των νιτρικών με αντίστροφη όσμωση (παράλληλα μείωση των Fe, Mn, Ca και Mg)





# Αφαίρεση νιτρικών

Στις βιολογικές μεθόδους απονιτροποίησης λαμβάνει χώρα μια αναερόβια βιοχημική αναγωγή των νιτρικών σε άζωτο.

Για την μετατροπή αυτή είναι κατάλληλα ετερότροφα και αυτότροφα βακτήρια.

Κατά την **ετερότροφη** αναγωγή απαιτείται η συνεχόμενη προσθήκη πηγής άνθρακα (π.χ. αιθανόλη).

Επιτυγχάνεται σε αντιδραστήρες με πληρωτικό υλικό με ροή προς τα πάνω, και με ανακυκλοφορία ενός μέρους του νερού.

Και αντιδραστήρες αιωρούμενης κλίνης.

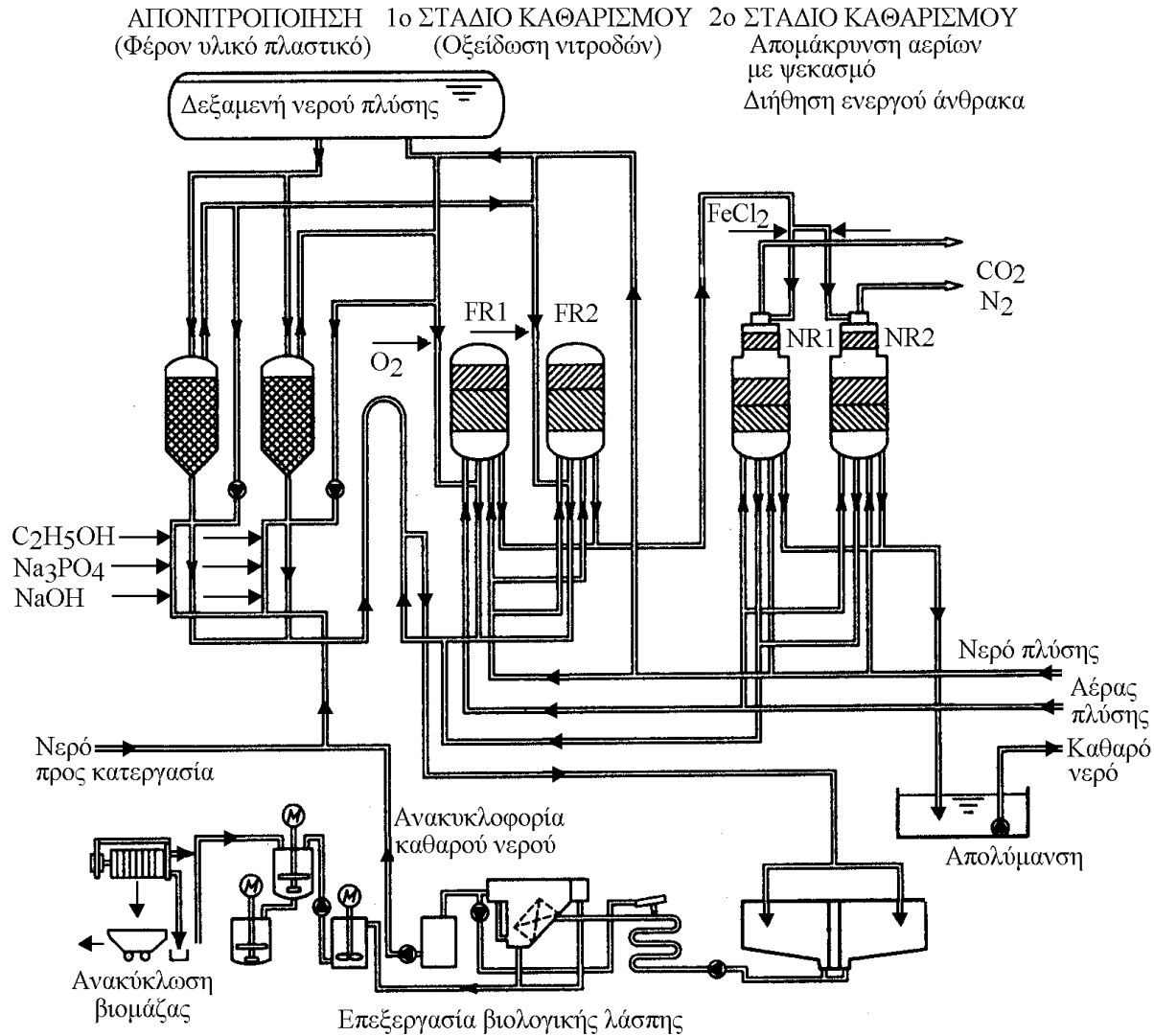
Η αντίδραση γίνεται στοιχειομετρικά.

Για την ανάπτυξη των βακτηρίων απαιτείται μία περίσσεια σε δότες άνθρακα, περίπου 30%.

Επιπλέον πρέπει να προστεθεί και φώσφορος.

Πρόβλημα: οι μικρές ποσότητες δότη άνθρακα που περισσεύουν

# Αφαίρεση νιτρικών



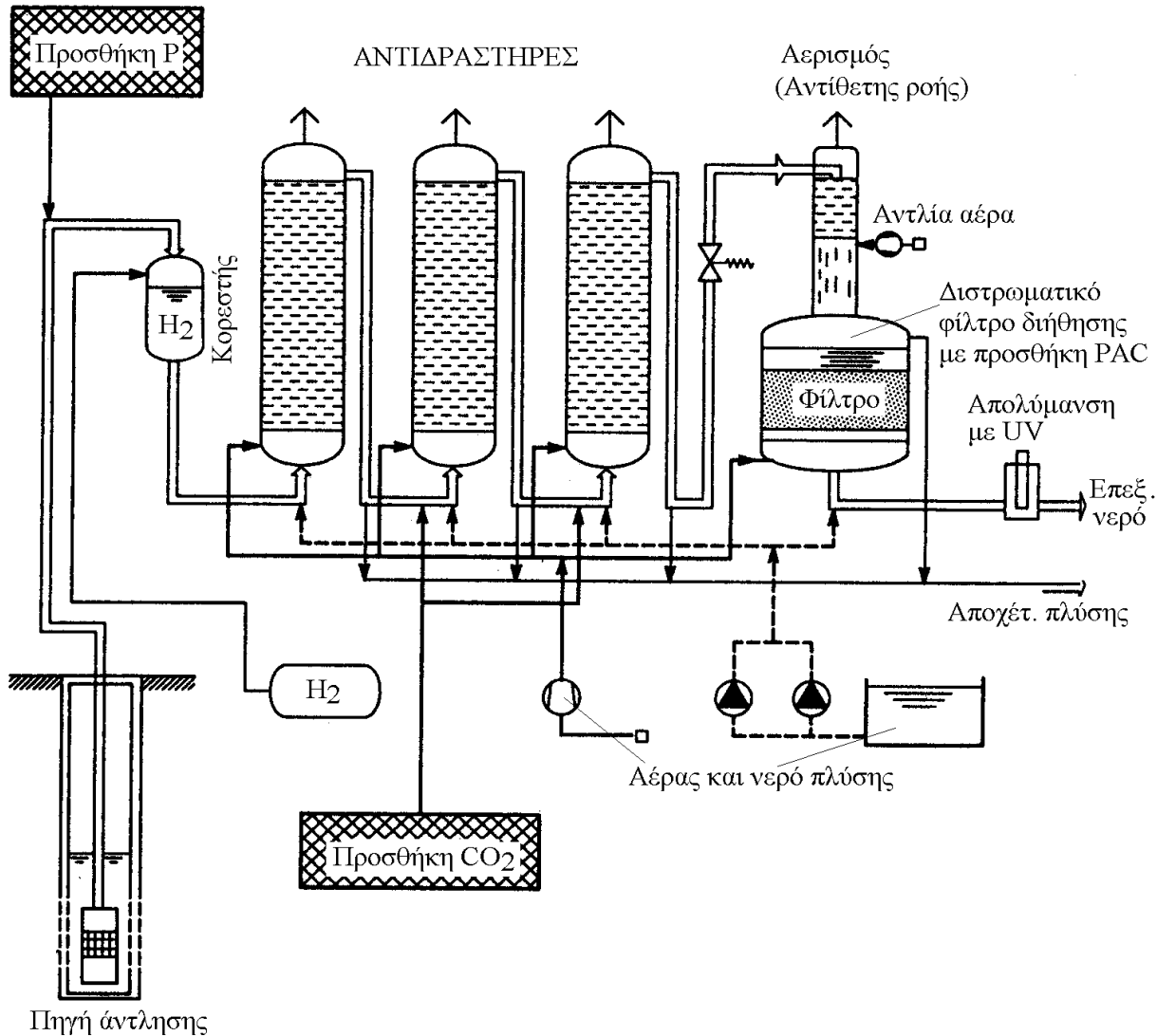
Εταιρότροφη μονάδα απονιτροποίησης (Μέθοδος Denitror Langenfeld Monheim, της εταιρίας Preussag, 1988)

Παροχή  $300 \text{ m}^3/\text{h}$ , πρόσθεση αιθανόλης και φωσφορικών ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), ρύθμιση του pH με προσθήκη  $\text{NaOH}$ ,

Υλικό πλήρωσης: σφαιρίδια styropor με  $d = 2-3 \text{ mm}$ ,

$\text{NO}_2$  στην είσοδο =  $45-70 \text{ mg/L}$  και στην έξοδο  $2-3 \text{ mg/L}$ .

# Αφαίρεση νιτρικών



Αυτότροφη  
απονιτροποίηση:  
Παροχή 50 m<sup>3</sup>/h,  
πρόσθεση H<sub>2</sub> και  
H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>,  
ρύθμιση του pH με  
CO<sub>2</sub>,  
υλικό πλήρωσης:  
PP, 250 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>,  
NO<sub>3</sub> in 80 mg/L και  
NO<sub>3</sub> out <5 mg/L