

Τεχνολογία Επεξεργασίας Αποβλήτων


Διάλεξη 9 & 10

Τριτοβάθμια Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

-

*Εφαρμογές και Παραδείγματα από την
Επεξεργασία Βιομηχανικών Αποβλήτων*

➤ Τριτοβάθμια (ή Προχωρημένη) Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

- ❑ Αποσκοπεί στην περαιτέρω απομάκρυνση στερεών, οργανικού φορτίου, αμμωνιακών, νιτρικών και φωσφορικών, καθώς ορισμένων ρυπαντικών ουσιών (π.χ. βαρέα μέταλλα, τοξικές οργανικές ενώσεις) που δεν απομακρύνονται στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας
- ❑ Είναι απαραίτητη σε περιπτώσεις που τα επεξεργασμένα απόβλητα πρόκειται να διατεθούν σε κάποιο **ευαίσθητο τελικό αποδέκτη*** ή σε περιπτώσεις που θέλουμε να απομακρύνουμε ουσίες για την **προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος** ή ακόμα και στην προετοιμασία των αποβλήτων για **επαναχρησιμοποίηση** 

* Φυσικές λίμνες γλυκών υδάτων, εκβολές ποταμών και παράκτια και άλλοι υδάτινοι αποδέκτες γλυκών νερών όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός ή όπου μπορεί στο εγγύς μέλλον να παρουσιαστεί ευτροφισμός αν δε ληφθούν προστατευτικά μέτρα

➤ Τριτοβάθμια Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων - Επαναχρησιμοποίηση

□ Επαναχρησιμοποίηση για Άρδευση

- Για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση, διακρίνουμε δύο τύπους άρδευσης με βάση το είδος των καλλιεργειών, το σύστημα άρδευσης και την προσβασιμότητα του κοινού στην αρδευόμενη περιοχή:

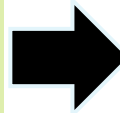
α. Την άρδευση με περιορισμούς (περιορισμένη), η οποία αφορά μόνο σε καλλιέργειες που τα προϊόντα τους καταναλώνονται μετά από θερμική ή άλλη επεξεργασία ή δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος, όπως καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δέντρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων

β. Η άρδευση χωρίς περιορισμούς (απεριόριστη), η οποία μεταξύ άλλων, αφορά σε όλα τα άλλα είδη καλλιεργειών όπως λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, ανθοκομικά

➤ Τριτοβάθμια Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων - Επαναχρησιμοποίηση

□ Αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση

Αστικό και περιαστικό πράσινο, δασικές εκτάσεις, αναψυχή, αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος, πυρόσβεση, καθαρισμός οδών, εκτός χρήσεων για πόση, κολύμβηση και οικιακές δραστηριότητες



Πότισμα συγκεντρωμένων εκτάσεων πρασίνου, όπως δάση, άλση, νεκροταφεία, πρανή και νησίδες αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα, αυλές οικιών, ελεύθερος χώρος ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων και εγκαταστάσεων αναψυχής, νερό για την κατάσβεση πυρκαϊών, για τον καθαρισμό οδών και πεζοδρομίων, για διακοσμητικά σιντριβάνια, για τη δημιουργία τεχνητών ή τη διατήρηση φυσικών λιμνών ή υγροβιότοπων

➤ Τριτοβάθμια Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων



□ Επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση

- Περιλαμβάνει εφαρμογές όπως χρήση νερών ψύξης, αναπλήρωση νερών λεβήτων και αξιοποίηση για τις διάφορες βιομηχανικές διεργασίες
- Η επαναχρησιμοποίηση δεν εφαρμόζεται στις βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση

➤ Διεργασίες στην Τριτοβάθμια Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

- Χημική οξείδωση
- Χημική εξουδετέρωση
- Χημική Κατακρήμνιση (Κροκίδωση – Συσσωμάτωση – Καθίζηση)
- Ιοντική Ανταλλαγή
- Προσρόφηση
- Διεργασίες μεμβρανών
- Ηλεκτροδιάλυση
- Απολύμανση

➤ Χημική Οξείδωση

- Διεργασία μετατροπής των ανεπιθύμητων ενώσεων σε ενώσεις που ενοχλούν λιγότερο ή και καθόλου με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των υγρών αποβλήτων

Μη βιοδιασπώμενες ουσίες (Ανόργανες: Mn^{+2} , Fe^{+2} , S^{-2} , SO_3^{-2} , CN^-) (Οργανικές: Φαινόλες, Αμίνες, Χουμικά οξέα, Άλλες ενώσεις που προκαλούν οσμές, γεύσεις, χρώμα, κ.λ.π.)

+

Οξειδωτικά μέσα
(Cl_2 , ClO_2 , O_3 , $KMnO_4$,
 $K_2Cr_2O_7$, H_2O_2)

Ουσίες λιγότερο επικίνδυνες ή καλύτερα «βιοεπεξεργάσιμες» για το περιβάλλον



➤ Χημική Εξουδετέρωση

- ❑ Συνίσταται στην απομάκρυνση της περίσσειας της οξύτητας ή της αλκαλικότητας με κάποιο χημικό αντιδραστήριο το οποίο έχει αντίθετη σύσταση
- ❑ Στοχεύει στη ρύθμιση του pH των υγρών αποβλήτων σε μια περιοχή μεταξύ **6,5 και 9,0** η οποία απαιτείται είτε για την βελτιστοποίηση των συνθηκών της χημικής (ή βιολογικής επεξεργασίας) είτε για την διόρθωση του pH των κατεργασμένων υγρών αποβλήτων πριν αυτά διατεθούν στο φυσικό περιβάλλον

➤ Χημική Εξουδετέρωση

- ❑ Χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στη χημική εξουδετέρωση

Οξέα	Βάσεις - Άλατα
H_2CO_3	$Ca(OH)_2$
HCl	$NaOH$
H_2SO_4	$Mg(OH)_2$
	CaO
	MgO
	$CaCO_3$
	Na_2CO_3
	$NaHCO_3$

➤ Χημική Κατακρήμνιση (Chemical Precipitation)

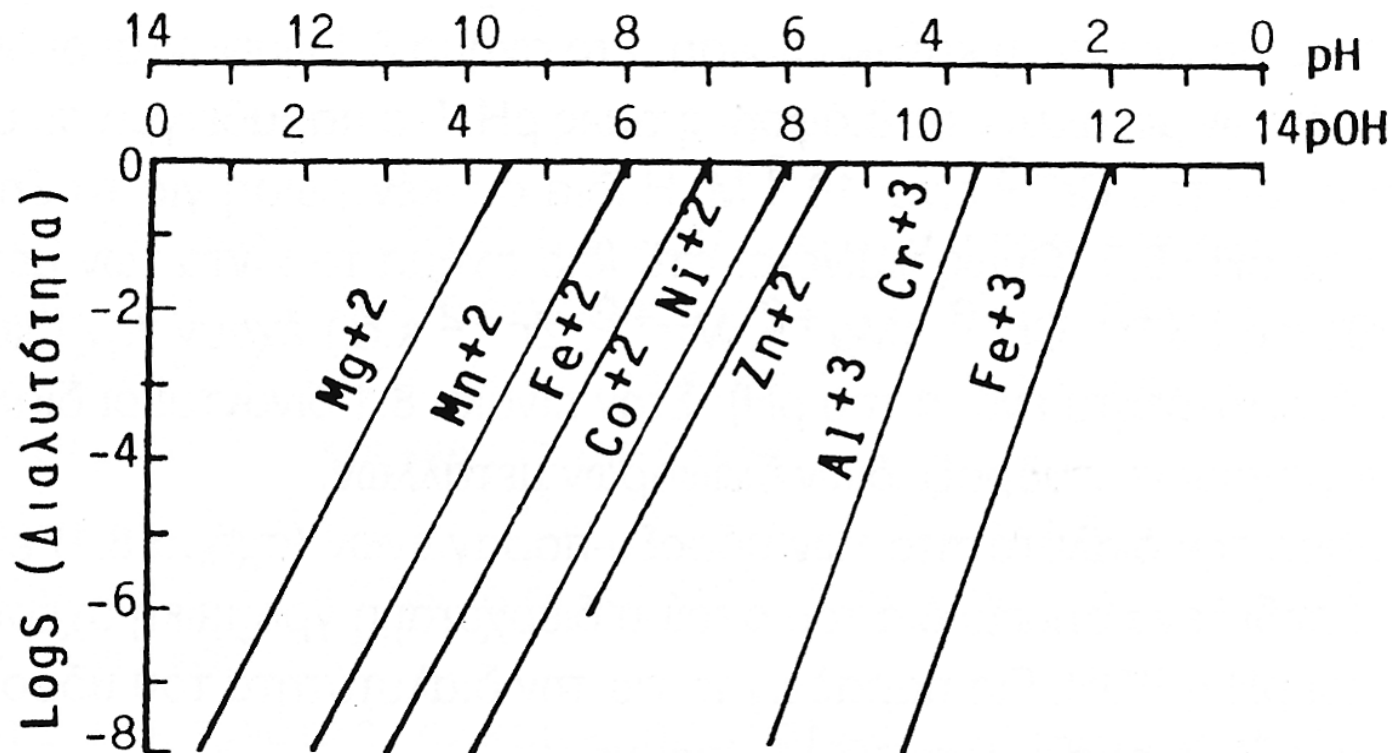
- ❑ Χρησιμοποιείται κυρίως για την καταβύθιση διαλυτών ανοργάνων ενώσεων N, P καθώς και την απομάκρυνση τοξικών μετάλλων από βιομηχανικά απόβλητα
- ❑ Η απομάκρυνση των διαλυτών ανόργανων επιτυγχάνεται με την προσθήκη κατάλληλων αντιδραστηρίων με τα οποία οι διαλυτοί ρυπαντές μετατρέπονται σε αδιάλυτες μορφές που μπορούν να συσσωματωθούν και να απομακρυνθούν με καθίζηση

➤ Χημική Κατακρήμνιση

- ❑ Η ένταση της απομάκρυνσης των ρυπαντών εξαρτάται από την διαλυτότητα των προϊόντων η οποία καθορίζεται από παράγοντες όπως **pH** και **θερμοκρασία**
- ❑ Συνήθως τα μέταλλα με την προσθήκη κατάλληλων ουσιών κατακρημνίζονται ως αδιάλυτα υδροξείδια μετάλλων με το pH του μέσου να αποτελεί τον πιο καθοριστικό παράγοντα
- ❑ Η διαλυτότητα των υδροξειδίων που σχηματίζονται καθορίζει και το pH του μέσου στο οποίο θα αρχίσει η κατακρήμνιση

➤ Χημική Κατακρήμνιση

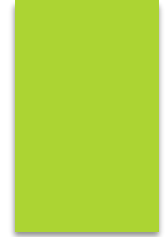
☐ Διαλυτότητες των μεταλλικών ιόντων σε διάφορα pH



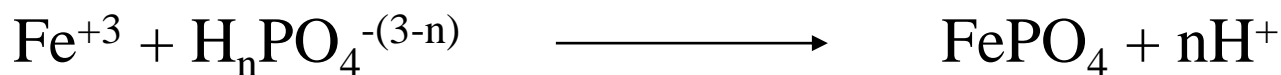
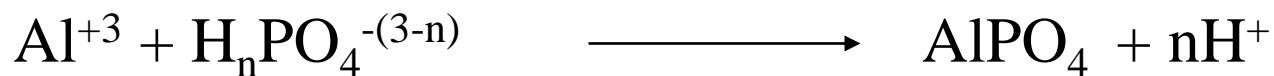
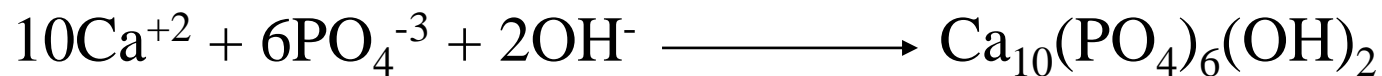
➤ Χημική Κατακρήμνιση

- ❑ Για την ικανοποιητική απόδοση της κατακρήμνισης απαιτείται η σωστή δοσολογία αντιδραστηρίων
- ❑ Το $\text{Ca}(\text{OH})_2$ θεωρείται το πιο ιδανικό αντιδραστήριο για τον σχηματισμό υδροξειδίων των μετάλλων και είναι το πιο φθηνό

➤ Χημική Κατακρήμνιση – N και P



- ❑ Σε περίπτωση που οι συγκεντρώσεις των N και P στα υγρά απόβλητα είναι υψηλές και μετά την δευτεροβάθμια επεξεργασία εφαρμόζεται και χημική κατακρήμνιση
- ❑ Οι **αζωτούχες ενώσεις** απομακρύνονται με διαφορετικές διεργασίες ανάλογα με την μορφή τους, δηλαδή NH_4^+ μετατρέπονται με νιτροποίηση σε NO_3^- ενώ τα NO_3^- με απονιτροποίηση σε N_2 κυρίως όμως με βιολογικές διεργασίες
- ❑ Οι **φωσφορικές ενώσεις** απομακρύνονται με χημική κατακρήμνιση με προσθήκη πολυσθενών μεταλλικών ιόντων



➤ Χημική Κατακρήμνιση στην Αποσκλήρυνση νερού

- ❑ Η αποσκλήρυνση νερού αποτελεί μια από τις βασικές εφαρμογές της χημικής κατακρήμνισης. Τα σκληρά νερά περιέχουν σημαντικές ποσότητες ασβεστίου και μαγνησίου που πρέπει να απομακρυνθούν ώστε το νερό να αποσκληρυνθεί
- ❑ Τα πόσιμα νερά έχουν σκληρότητα 75 mg/L (μονάδα CaCO_3) και θεωρούνται μαλακά ενώ ορισμένα υπόγεια νερά έχουν υψηλή σκληρότητα (μερικές εκατοντάδες mg/L CaCO_3)

➤ Διεργασίες στην Τριτοβάθμια Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

- Χημική Κατακρήμνιση
- **Ιοντική Ανταλλαγή**
- Προσρόφηση
- Διεργασίες μεμβρανών
- Ηλεκτροδιάλυση
- Απολύμανση

➤ **Ιοντική Ανταλλαγή (ion exchange)**

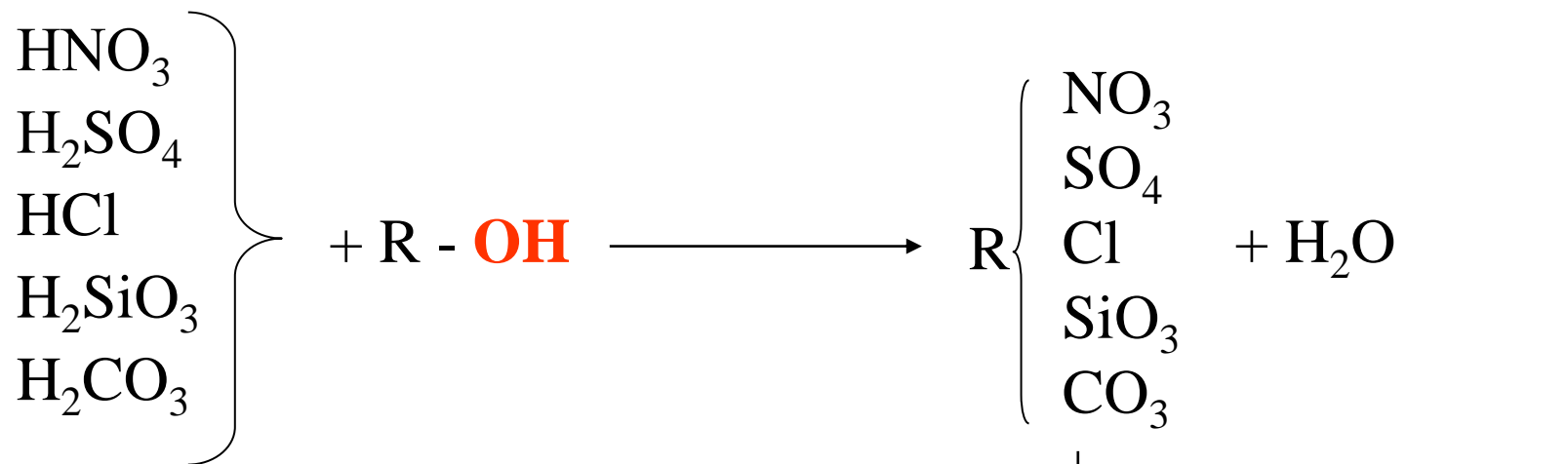
- ❑ Ανεπιθύμητα ιόντα αντικαθίστανται από ιόντα αδιάλυτου υλικού ανταλλαγής (π.χ. ρητίνη)
- ❑ Φυσικά υλικά όπως φυσικοί ζεόλιθοι και συνθετικά χημικά όπως συνθετικές ρητίνες χρησιμοποιούνται στην ιοντική ανταλλαγή
- ❑ Ανάλογα με το είδος του ιόντος που προσφέρεται προς ανταλλαγή από τα υλικά τα διαχωρίζουμε σε ανιοανταλλακτικά ή κατιονανταλλακτικά
- ❑ Τα κατιόντα που προσφέρονται προς εναλλαγή από τα υλικά είναι Na^+ , H^+ ενώ τα ανιόντα είναι OH^- και Cl^-

➤ Ιοντική Ανταλλαγή (ion exchange)

- ❑ Οι φυσικοί ζεόλιθοι που χρησιμοποιούνται για την αποσκλήρυνση νερού από ιόντα Ca, Mg έχουν ως ιόν για ανταλλαγή το Na⁺. Το νερό που προκύπτει χαρακτηρίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις Na⁺. Όταν όλα τα ιόντα Na ανταλλαχθούν τότε οι ζεόλιθοι χρειάζονται αναγέννηση που γίνεται με αντίστροφη πλύση με κορεσμένο διάλυμα NaCl
- ❑ Οι φυσικοί ζεόλιθοι με ιόν ανταλλαγής Na⁺ έχουν περίπου την μισή ικανότητα ιοντικής ανταλλαγής από τις συνθετικές ρητίνες με ιόν ανταλλαγής Na⁺

➤ Ιοντική Ανταλλαγή (ion exchange)

- **Ανιοντικές ρητίνες:** συνήθως παράγωγα αμμωνιακά που φέρουν υδροξυλομάδες ως ανιόντα ανταλλαγής. Αναγέννηση των ανιοντικών ρητινών πραγματοποιείται με αντίδραση με ισχυρές βάσεις



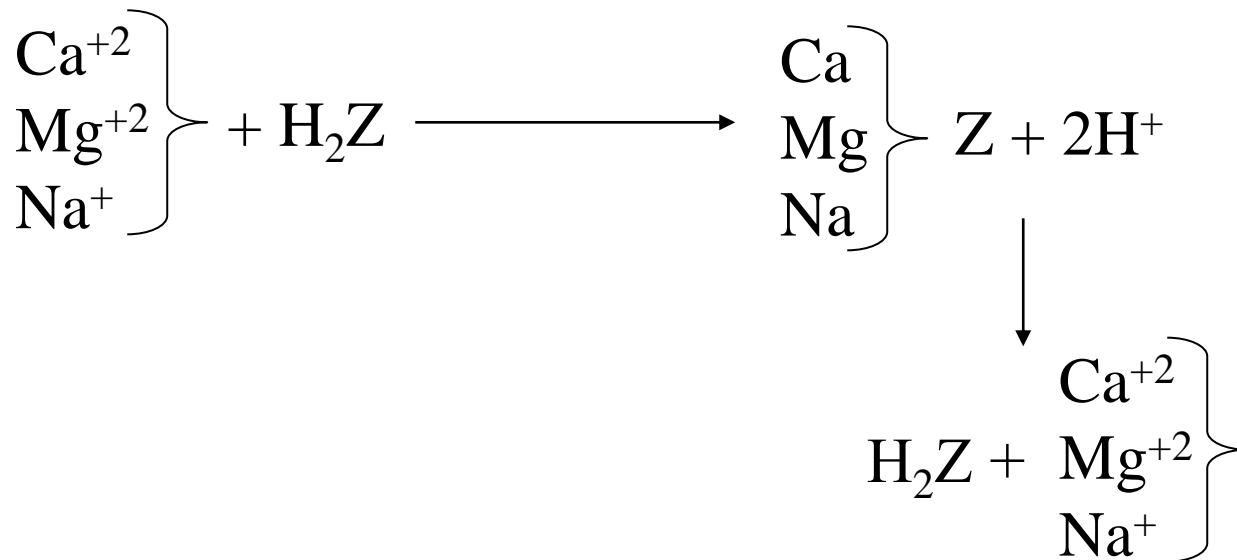
Αναγέννηση με NaOH



➤ Ιοντική Ανταλλαγή (ion exchange)



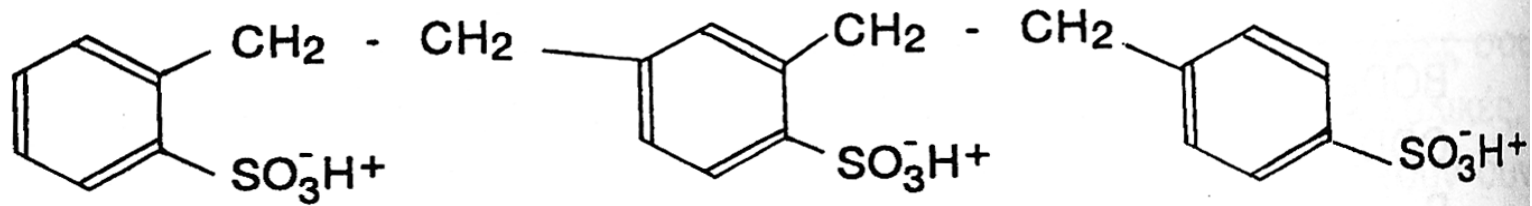
- **Κατιοντικές ρητίνες:** περιέχουν σαν δραστικές ομάδες σουφλονικές ($R-SO_3-H$) και καρβοξυλικές φαινολικές. Οι κατιοντικές ρητίνες με H^+ ανταλλάσσουν όλα τα ρέοντα κατιόντα με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός όξινου ρευστού



- ***Η αναγέννηση των ρητινών γίνεται με όξινη επεξεργασία***

➤ Εφαρμογές Ιοντικής Ανταλλαγής

- ❑ Κατιο-ανταλλακτικές συνθετικές ρητίνες από πολυστυρένιο με δραστικές σουλφονικές ομάδες χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση μεταλλικών ιόντων όπως Fe^{+2} , Fe^{+3} , Cr^{+3} , Zn^{+2} , Cu^{+2} από υγρά απόβλητα



- ❑ Άλλη κατηγορία ιοντοανταλλακτικών υλικών για την δέσμευση βαρέων μετάλλων είναι η ξανθογονική κυτταρίνη η οποία παρουσιάζει χαμηλή χωρητικότητα αλλά μεγάλη εκλεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα

➤ Διεργασίες στην Τριτοβάθμια Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

➤ Χημική Κατακρήμνιση

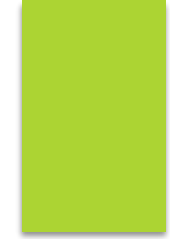
➤ Ιοντική Ανταλλαγή

➤ **Προσρόφηση**

➤ Διεργασίες μεμβρανών

➤ Ηλεκτροδιάλυση

➤ Απολύμανση



➤ Προσρόφηση (Adsorption)

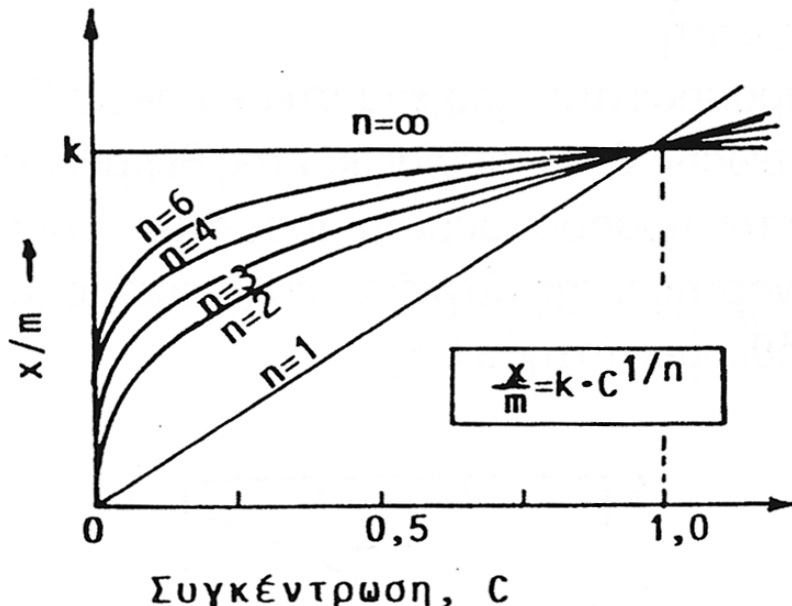
- ❑ Φυσικοχημική διεργασία συγκέντρωσης διαλυμένων οργανικών και ανοργάνων ουσιών στην διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ υγρού και στερεού σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από την αντίστοιχη στο υγρό => μεταφορά μάζας από την υγρή φάση στην επιφάνεια ενός στερεού
- ❑ Βασική διαφορά με την απορρόφηση (absorption) είναι ότι τα μόρια της ουσίας στην απορρόφηση διαχέονται και στο εσωτερικό του υλικού σε αντίθεση με την προσρόφηση που τα μόρια παραμένουν επιφανειακά

➤ Προσρόφηση (Adsorption)

- ❑ Προσροφητικά μέσα: Χρησιμοποιούνται συνήθως άργιλος, πυριτικά υλικά και πολύ συχνά **ενεργοποιημένος άνθρακας** λόγω της μεγάλης ειδικής επιφάνειας ανά μονάδα όγκου που παρέχει ($10 \text{ m}^2/\text{m}^3$)
- ❑ Ανάλογα με την ελκτική δύναμη με την οποία τα προσροφημένα μόρια συγκρατούνται στην επιφάνεια του προσροφητικού υλικού η προσρόφηση χαρακτηρίζεται **χημική** όταν οι δεσμοί είναι ισχυροί (ιοντικοί, ομοιοπολικοί, γέφυρες υδρογόνου) και **φυσική** όταν οι δεσμοί είναι ασθενείς (δυνάμεις Van der Waals) και η προσρόφηση είναι αντιστρεπτή

➤ Θεωρία της διεργασίας Προσρόφησης

- Η ποσότητα x μιας ουσίας που προσροφάται σε ένα στερεό σώμα βάρους m , είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης C της ουσίας και της θερμοκρασίας. **Οι εξισώσεις που εκφράζουν την προσροφημένη ποσότητα ουσίας ανά μονάδα προσροφητικού υλικού (x/m) συναρτήσει της συγκέντρωσης ουσίας (C) σε σταθερή θερμοκρασία λέγονται **ισόθερμες****



➤ Θεωρία της διεργασίας Προσρόφησης

□ Οι εξισώσεις των **Freundlich** και **Langmuir** χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν μαθηματικά το φαινόμενο της προσρόφησης.

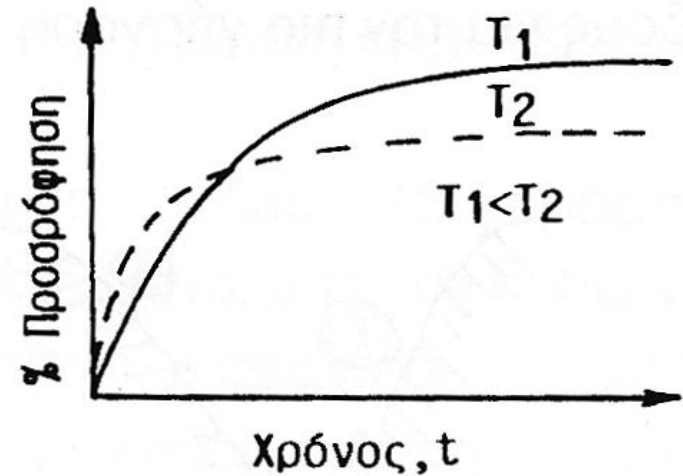
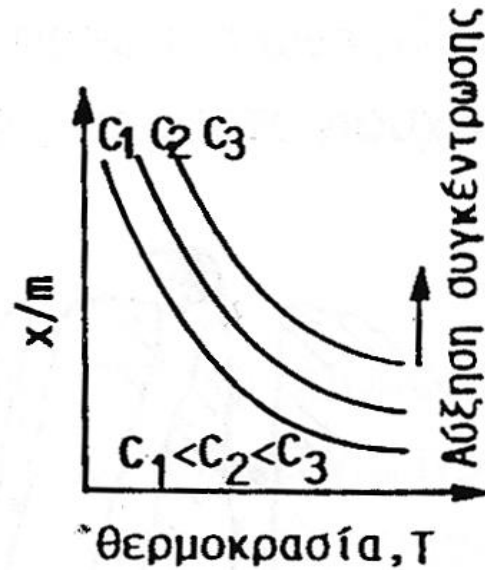
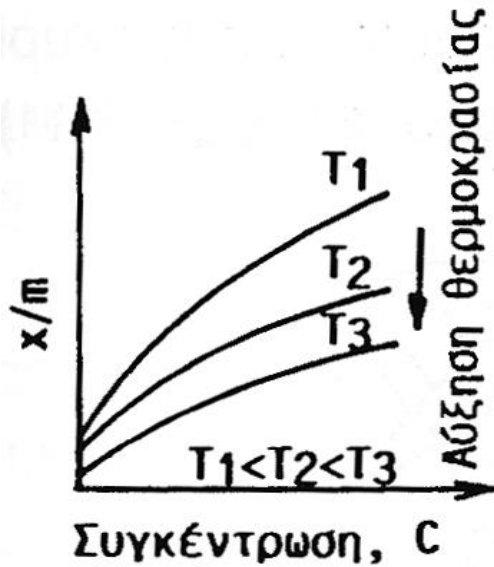
▪ $x/m = k * C^{1/n}$ **Εξίσωση Freundlich**

- x/m = ποσότητα ουσίας που προσροφάται ανά μονάδα βάρους προσροφητικού υλικού
- C = συγκέντρωση ισορροπίας της ουσίας στο διάλυμα μετά την προσρόφηση
- K, n = εμπειρικές σταθερές

▪ $C/(x/m) = (1/\alpha * \beta) + (1/\alpha) * C$ **Εξίσωση Langmuir**

- x/m = ποσότητα ουσίας που προσροφάται ανά μονάδα βάρους προσροφητικού υλικού
- C = συγκέντρωση ισορροπίας της ουσίας στο διάλυμα μετά την προσρόφηση
- a, b = εμπειρικές σταθερές

➤ Προσρόφηση – Θεωρία



- ❑ Αύξηση θερμοκρασίας συνεπάγεται μείωση προσρόφησης.
- ❑ Αύξηση της συγκέντρωσης συνήθως οδηγεί σε αύξηση της προσρόφησης
- ❑ Σε υψηλότερες θερμοκρασίες έχουμε ταχύτερη προσρόφηση μικρότερων ποσοτήτων της ουσίας

➤ Προσρόφηση σε Κλίνες Ενεργού Άνθρακα

- ❑ Ο ενεργός άνθρακας παράγεται από ξύλο & άνθρακα με θέρμανση μέχρι ερυθροπυρώσεως (απομάκρυνση υδρογονανθράκων) με μικρή παροχή αέρα ώστε να μην γίνει καύση
- ❑ Ο άνθρακας στην συνέχεια ενεργοποιείται με ατμό σε υψηλή θερμοκρασία (900-1100°C) ώστε να δημιουργηθούν πόροι στην επιφάνεια του ενεργού άνθρακα
- ❑ Το πορώδες του ενεργού άνθρακα αποτελείται από μακροπόρους (ακτίνα 1000 nm), μεταβατικούς πόρους (100 nm), μικροπόρους (1 nm). Οι μικροπόροι και οι μεταβατικοί πόροι αποτελούν το 95% της εσωτερικής επιφάνειας

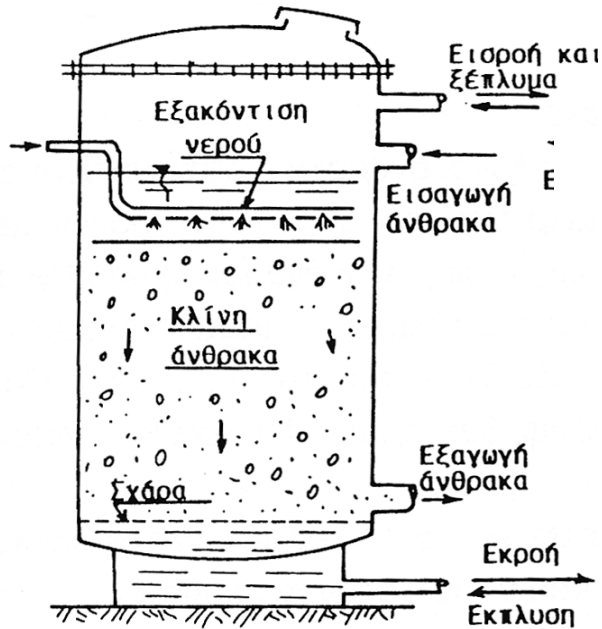
➤ Προσρόφηση σε Κλίνες Ενεργού Άνθρακα

❑ Ο ενεργός άνθρακας χρησιμοποιείται ως προσροφητικό υλικό στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων που έχουν ήδη υποστεί βιολογική επεξεργασία

- Στήλες με σταθερή κλίνη (fixed bed column)
- Στήλες με κινητή κλίνη (moving bed technique)

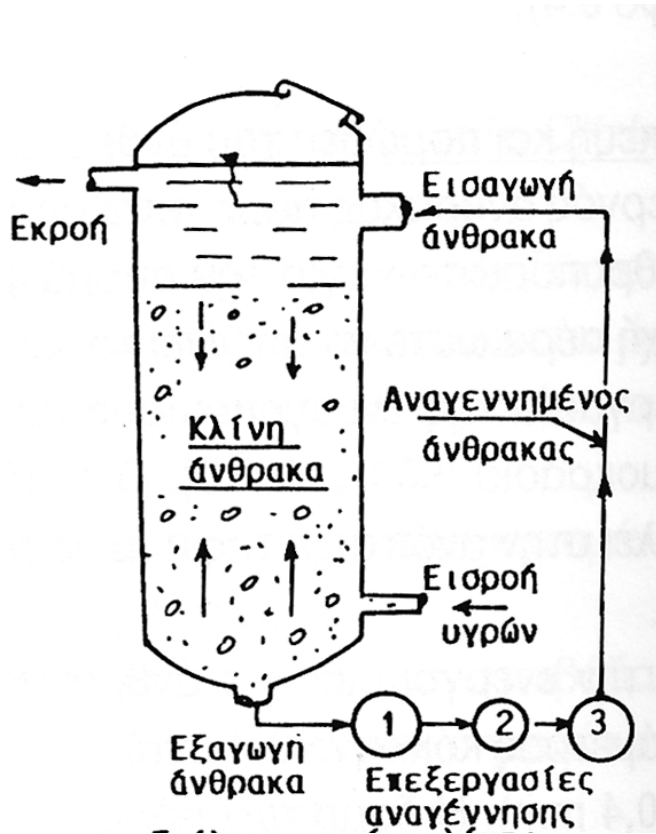


➤ Στήλες με σταθερή κλίνη



- ❑ Η στήλη είναι πληρωμένη με κόκκους ενεργού άνθρακα
- ❑ Τα απόβλητα διοχετεύονται στην στήλη από την κορυφή και καθώς διέρχονται της ζώνης του ενεργού άνθρακα αιωρούμενα οργανικά τεμαχίδια προσροφόνται στην επιφάνεια του οργανικού άνθρακα

➤ Στήλες με κινητή κλίνη



- Η εισαγωγή των αποβλήτων γίνεται από τον πυθμένα της κλίνης ενώ ο ενεργός άνθρακας μπορεί να ανανεώνεται σε παράλληλη μονάδα αναγέννησης και να επαναπροστίθεται από την κορυφή της στήλης

➤ Αναγέννηση Ενεργού άνθρακα

- ❑ Η αναγέννηση του ενεργού άνθρακα περιλαμβάνει αρχικά την εκρόφηση των ουσιών και την ενεργοποίηση του με αποκατάσταση κατά το δυνατόν της εσωτερικής δομής και πορώδους

➤ Βιολογική μέθοδος

➤ Χημική μέθοδος

➤ Θερμική μέθοδος

Ο κοκκώδης ενεργός άνθρακας μπορεί να αναγεννηθεί εύκολα σε ένα φούρνο με οξείδωση της οργανικής ύλης και κατά συνέπεια την απομάκρυνσής της από την επιφάνεια του άνθρακα

- ❑ Ένα μέρος του άνθρακα (5 με 10%) καταστρέφεται κατά τη διαδικασία αναγέννησης και πρέπει να αντικατασταθεί με καινούριο υλικό
- ❑ Η ικανότητα του αναγεννημένου άνθρακα είναι ελαφρώς μικρότερη από του καινούριου

➤ Διεργασίες στην Τριτοβάθμια Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

- Χημική Κατακρήμνιση
- Ιοντική Ανταλλαγή
- Προσρόφηση
- **Διεργασίες μεμβρανών**
- **Ηλεκτροδιάλυση**
- Απολύμανση

➤ Διεργασίες Μεμβρανών

- ❑ Είναι μια μορφή διήθησης όπου εδώ αντί για στήλες με υλικά διήθησης χρησιμοποιούνται ημιπερατές μεμβράνες
- ❑ Η ροή νερού ανά μονάδα επιφάνειας της μεμβράνης είναι πολύ χαμηλότερη από τα συνηθισμένα φίλτρα ($0.4-1.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$) και το μέγεθος των πόρων της μεμβράνης είναι συνήθως 10,000 φορές μικρότερο των μέσων που χρησιμοποιούνται στην συμβατική διήθηση
- ❑ *Χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται εξειδικευμένη απομάκρυνση οργανικών μορίων και πολύ υψηλής ποιότητας υγρά λύματα*

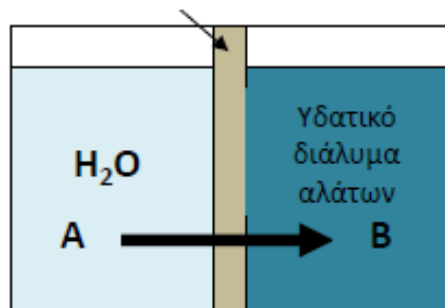
➤ Διεργασίες Μεμβρανών

- ❑ **Υπερδιήθηση:** αναφέρεται στην χρήση μεμβρανών για τον διαχωρισμό μακρομορίων ή κολλοειδών σωματιδίων της τάξης των 0.005-10 μm
- ❑ **Αντίστροφη ώσμωση:** είναι η διεργασία κατά την οποία η εφαρμοζόμενη πίεση στην πλευρά του διαλύματος έχει ξεπεράσει την ωσμωτική πίεση καθιστώντας αντίστροφη την ροή (ο διαλύτης θα διέλθει από το διάλυμα προς καθαρό διαλύτη)

➤ Ώσμωση και αντίστροφη ώσμωση



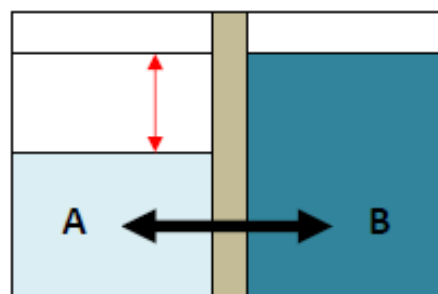
Ημιπερατή μεμβράνη



Ώσμωση

Όταν δύο διαλύματα διαφορετικής συγκέντρωσης διαχωρίζονται από μια ημιπερατή μεμβράνη, τότε το καθαρό νερό διέρχεται διαμέσου της μεμβράνης από το διάλυμα (A) με τη μικρότερη συγκέντρωση προς το διάλυμα (B) με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση

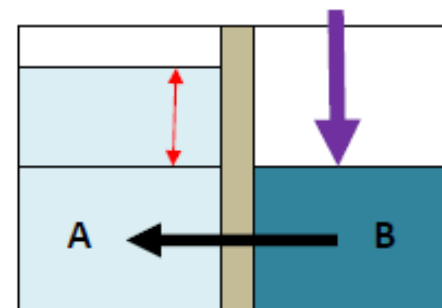
Ώσμωτική πίεση



Ισορροπία

Η ωσμωτική ροή συνεχίζεται μέχρι να επιτευχθεί ισορροπία, η οποία χαρακτηρίζεται από την υψηλότερη στάθμη του διαλύματος με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση. Αυτή η κατάσταση ισορροπίας είναι γνωστή ως ωσμωτική και η διαφορά της στάθμης των διαλυμάτων αντιστοιχεί στην ωσμωτική πίεση του συστήματος των δύο διαλυμάτων

Εφαρμοσμένη πίεση



Αντίστροφη ώσμωση

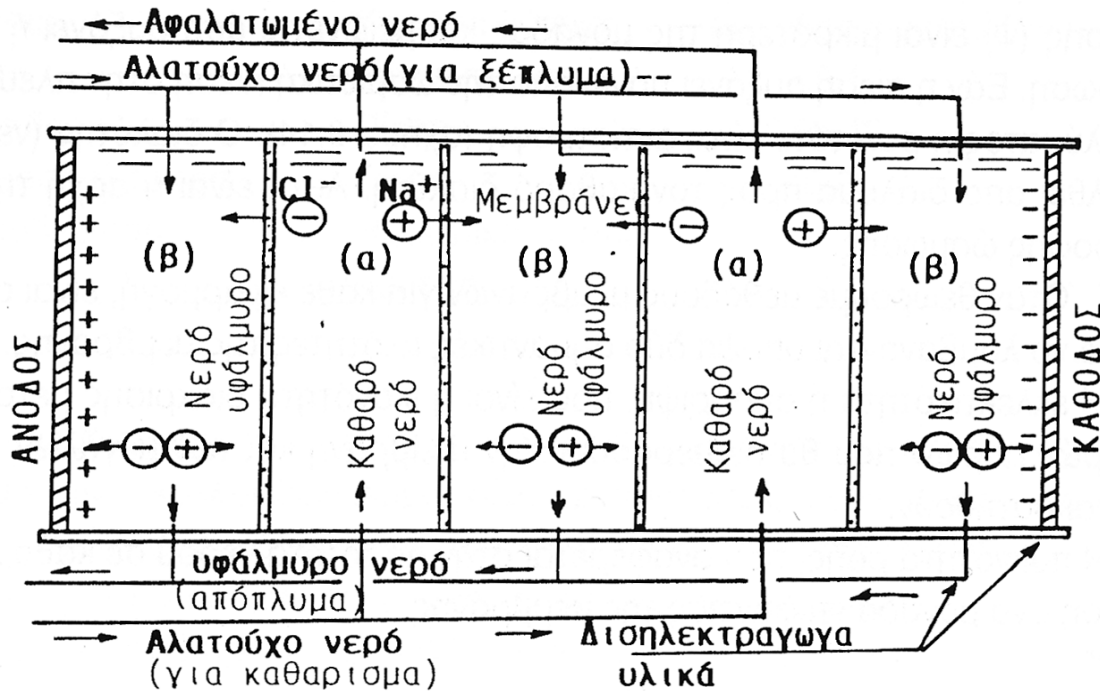
Εάν στο διάλυμα B εφαρμοστεί εξωτερική πίεση μεγαλύτερη από την ωσμωτική, τότε διέρχεται διαμέσου της μεμβράνης καθαρό νερό προς το διάλυμα A. Η διεργασία αυτή ονομάζεται αντίστροφη ώσμωση (Reverse Osmosis RO)

➤ Διεργασίες Μεμβρανών

❑ Οι βασικές ιδιότητες των μεμβρανών είναι:

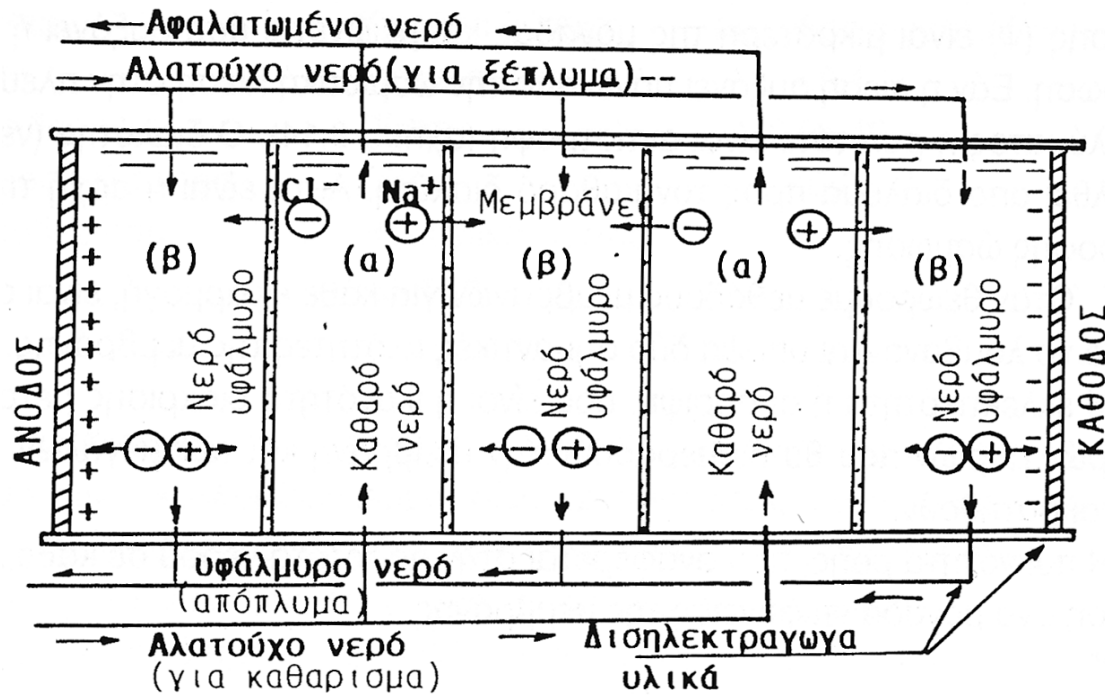
- **Εκλεκτικότητα:** ικανότητα διάκρισης μεταξύ των μορίων που θα διαπεράσουν την μεμβράνη και αυτών που θα κατακρατηθούν.
 - **Πυκνότητα ροής:** η ποσότητα νερού που διέρχεται σε καθορισμένη πίεση ανά μονάδα επιφάνειας της μεμβράνης.
- ❑ Μικρότερη πίεση απαιτείται όταν γίνεται διαχωρισμός σχετικά μεγάλων μορίων όπως πολυπεπτίδια ενώ υψηλότερη πίεση απαιτείται για τον διαχωρισμό μικρότερων μορίων όπως άλατα.

➤ Διεργασίες μεμβρανών - Ηλεκτροδιάλυση



- ❑ Χρησιμοποιείται για την αφαιλάτωση του νερού και βασίζεται στις αρχές της ιοντικής ανταλλαγής με την διαφορά ότι εδώ τα ιόντα του διαλύματος κινούνται κάτω από ηλεκτρικό δυναμικό και διαπερνούν εκλεκτικές μεμβράνες σε ανιόντα ή κατιόντα

➤ Διεργασίες μεμβρανών - Ηλεκτροδιάλυση



- Το αλμυρό νερό τοποθετείται στους θαλάμους (α) που διαχωρίζονται με τους θαλάμους (β) διαμέσου εκλεκτικών μεμβρανών
- Με την δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου από ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στα άκρα του θαλάμου τα ιόντα του άλατος κινούνται και διαπερνούν τις εκλεκτικές μεμβράνες και εισέρχονται στους θαλάμους (β) από όπου και απομακρύνονται ενώ στους θαλάμους (α) παραμένει το καθαρό νερό αφαλατωμένο πλέον

➤ Διεργασίες στην Τριτοβάθμια Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

- Χημική Κατακρήμνιση
- Ιοντική Ανταλλαγή
- Προσρόφηση
- Διεργασίες μεμβρανών
- Ηλεκτροδιάλυση
- **Απολύμανση**

➤ Απολύμανση

- ❑ Η εκλεκτική μείωση των πληθυσμών των παθογόνων μικροοργανισμών σε αντίθεση με την αποστείρωση που σημαίνει την καταστροφή κάθε ζωής
- ❑ Τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση επεξεργασμένων λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων είναι:
 - **Μηχανικά**
 - **Φυσικά**
 - **Χημικά**
 - **Ραδιολογικά**

➤ Απολύμανση – Μηχανικά Μέσα

- Μικροοργανισμοί και παθογόνα απομακρύνονται σε κάποιο βαθμό κατά τις διεργασίες πρωτοβάθμιας επεξεργασίας με μηχανικά μέσα όπως εσχάρωση, αμμοσυλλογή κ.τ.λ.

Μηχανική Επεξεργασία	% Απομάκρυνση
Χοντρή εσχάρα	0-5
Λεπτή εσχάρα	10-20
Αμμοσυλλέκτης	10-25
Απλή καθίζηση	25-75
Χημική καθίζηση	40-80

➤ Απολύμανση – Φυσικά Μέσα

- ❑ Απολύμανση με θέρμανση και φως: Η θέρμανση μέχρι βρασμού καταστρέφει τα περισσότερα μη σποριογόνα παθογόνα και χρησιμοποιείται κυρίως στην βιομηχανία τροφίμων
- ❑ Η ηλιακή ακτινοβολία στην περιοχή της υπεριώδους ακτινοβολίας με μέγιστο τα 265 nm παρουσιάζει μικροβιοκτόνες ιδιότητες. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό μικρών ποσοτήτων νερού. Αντίθετα σε μεγάλες ποσότητες ακαθάρτων λυμάτων η ακτινοβολία απορροφάται από τα αιωρούμενα στερεά τεμαχίδια

➤ Απολύμανση

- ❑ **Χημικά Μέσα:** Διάφορα χημικά μέσα έχουν χρησιμοποιηθεί όπως οινόπνευμα, ιώδιο, βρώμιο, φαινόλες, όζον, υπεροξείδιο του υδρογόνου, απορρυπαντικά και διάφορα οξέα ή βάσεις
- ❑ **Ραδιολογικά Μέσα:** Η ραδιενέργεια που εκπέμπεται υπό μορφή σωματιδίων (β-ακτινοβολία ηλεκτρονίων) ή σαν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχουν μικροβιοκτόνο δράση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην απολύμανση νερού

➤ Μηχανισμοί Απολύμανσης

- ❑ Φθορά ή καταστροφή του κυτταρικού τοιχώματος => λύση του κυττάρου - θάνατος
- ❑ Μεταβολή της εκλεκτικής διαπερατότητας της κυττοπλασματικής μεμβράνης => διαφυγή ζωτικών θρεπτικών στοιχείων όπως N και P
- ❑ Αλλαγή της κολλοειδούς φύσης του πρωτοπλάσματος => συσσωματώνονται οι πρωτεΐνες του κυττάρου και βάσεις και οξέα αλλοιώνουν τη φύση των πρωτεϊνών προκαλώντας το θάνατο του κυττάρου
- ❑ Παρεμπόδιση της ενζυμικής δραστηριότητας και ικανότητας των κυττάρων να συνθέσουν νέα υλικά πχ. χλώριο, όζον μεταβάλλουν την χημική σύσταση των ενζύμων και τα αδρανοποιούν με αποτέλεσμα να εμποδίζεται ο ρυθμός μεταβολισμού

➤ Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης

- ❑ **Χρόνος επαφής απολυμαντικού - υγρού:** η επιμήκυνση του χρόνου επαφής έχει ως αποτέλεσμα αυξημένη αποτελεσματικότητα
- ❑ **Συγκέντρωση του μέσου απολύμανσης**
- ❑ **Είδος οργανισμών και συγκέντρωση αυτών**
- ❑ **Θερμοκρασία**
- ❑ **Φύση του υγρού:** η παρουσία οργανικών ενώσεων δεσμεύει και εξουδετερώνει τα οξειδωτικά μέσα απολύμανσης (χλώριο), η θολερότητα εμποδίζει την διείσδυση της ακτινοβολίας ή την εξουδετερώνει με την απορρόφηση του παράγοντα απολύμανσης

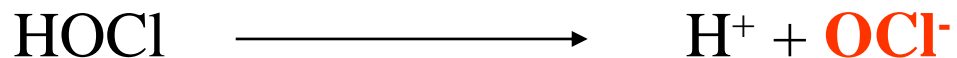
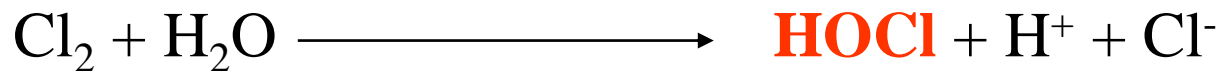
➤ Χλωρίωση επεξεργασμένων αποβλήτων

- ❑ Οι κυριότερες μορφές χλωρίου που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων είναι το **αέριο χλώριο** (που είναι τοξικό διαβρωτικό αέριο) και **χλωριούχες ενώσεις** (περισσότερο ασφαλείς ουσίες)

Όνομασία	Χημικός τύπος	Διαθέσιμο χλώριο % κ.β.	Παρατηρήσεις
1. Χλωράσβεστος	$\text{CaO} \cdot 2\text{CaOCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	25-37	Υγροσκοπική ασταθής
2. Υποχλωριώδες ασβέστιο	$\text{Ca}(\text{OCl}_2) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	70	Σταθερό
3. Υποχλωριώδες νάτριο	NaOCl	4-15	Υγρό
4. Χλωριώδες νάτριο(*)	0,82 NaClO_2	30	Υγρό
5. Διοξείδιο χλωρίου(**)	ClO_2	26,3	Αέριο
6. Halazone	$\text{HOOC-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_2\text{NCl}_2$	-	Δισκία για την απολύμανση του πόσιμου νερού

➤ Προσθήκη αέριου χλωρίου

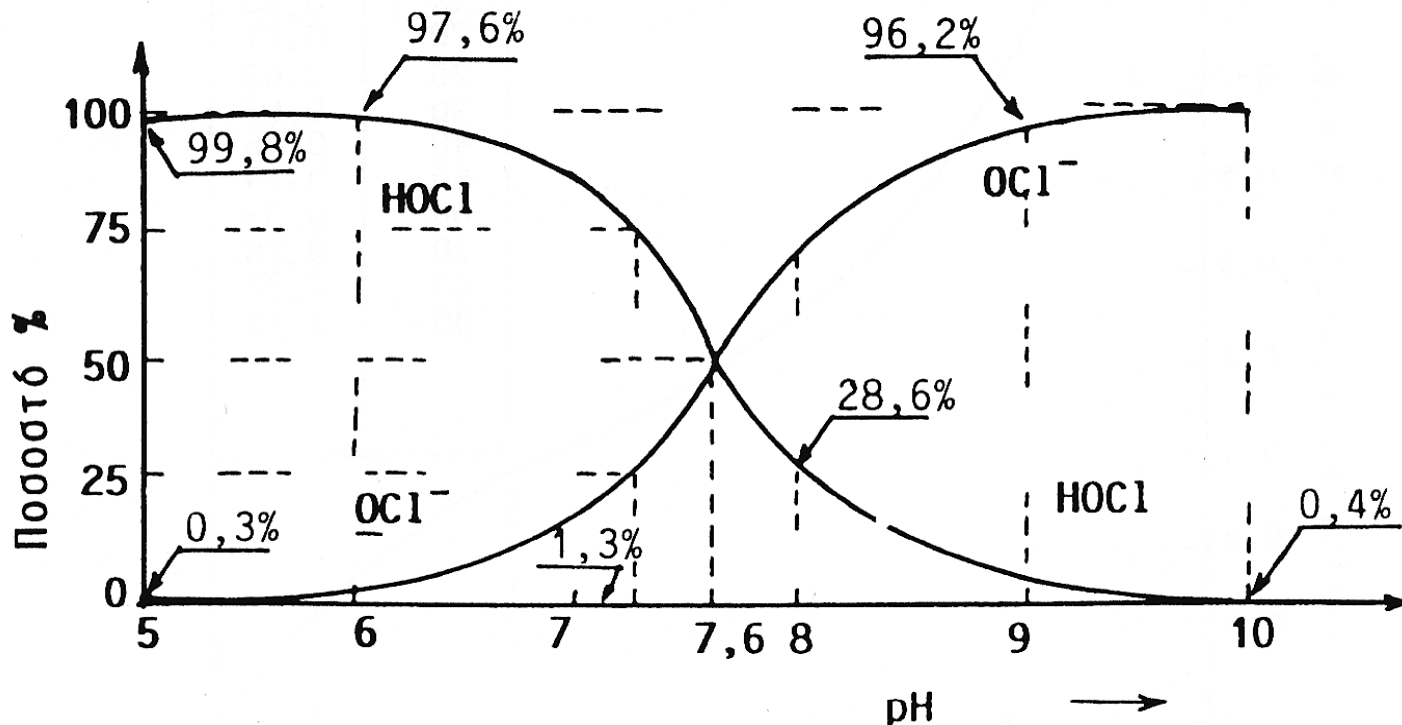
- ❑ Το αέριο χλώριο είναι τοξικό και διαβρωτικό αέριο, σχετικά υδατοδιαλυτό και σταθερό στο φώς
- ❑ Προσθήκη αέριου χλωρίου στα υγρά απόβλητα οδηγεί αρχικά σε υδρόλυση προς σχηματισμό υποχλωριούδους οξέος HOCl το οποίο στην συνέχεια ανάλογα με το pH του διαλύματος ιονίζεται προς το υποχλωριώδες ανιόν OCl⁻



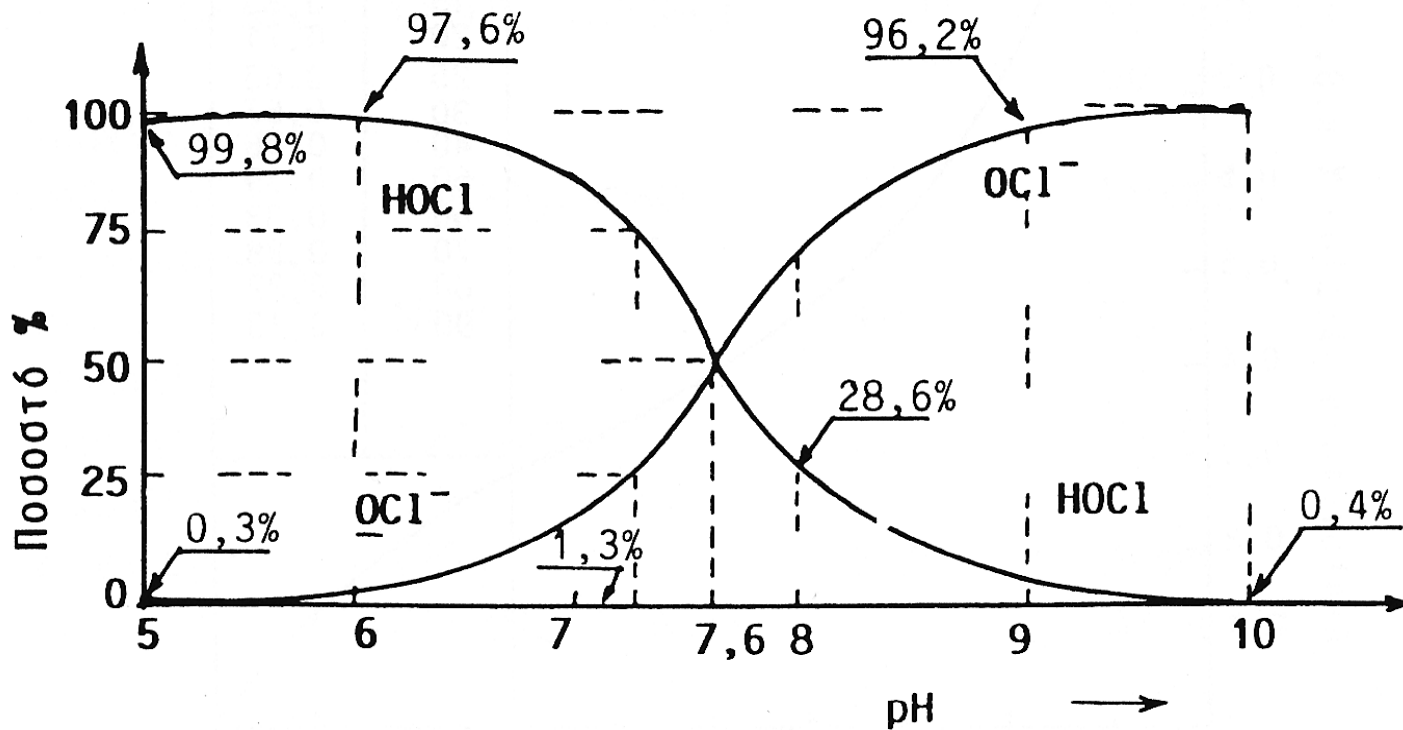
Οι μορφές χλωρίου HOCl και OCl⁻ αποτελούν το ελεύθερο χλώριο

➤ Προσθήκη αέριου χλωρίου

- Η μορφή με την οποία θα βρίσκεται στα υγρά απόβλητα το αέριο χλώριο καθορίζεται κυρίως από το pH του μέσου. Σε χαμηλά pH επικρατεί η μορφή HOCl που αποτελεί την δραστική μορφή ενώ σε αλκαλικά pH επικρατεί το ανιόν OCl^-



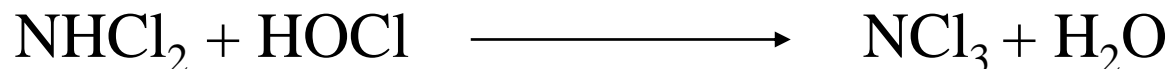
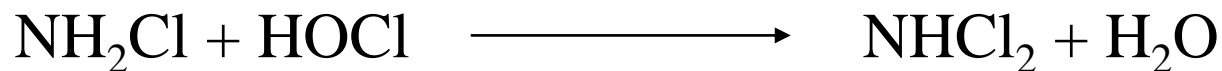
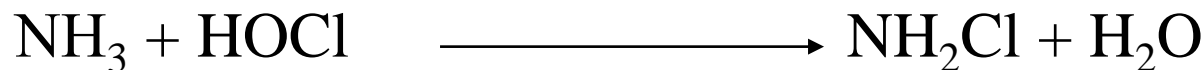
➤ Προσθήκη αέριου χλωρίου



- Η υψηλότερη δράση του HOCl οφείλεται στην ευκολία προσέγγισης των κυτταρικών μεμβρανών που είναι αρνητικά φορτισμένες συνήθως και εισόδου στο εσωτερικό των κυττάρων όπου προσβάλλει τα ένζυμα

➤ Συνδυασμένες μορφές χλωρίου

- Όταν τα απόβλητα περιέχουν αμμωνία ή αζωτούχες ενώσεις το χλώριο αντιδρά και σχηματίζει σειρά από χλωροαμίνες που έχουν ισχυρή απολυμαντική δράση
- Οι μονοχλωραμίνη (NH_2Cl), διχλωραμίνη (NHCl_2) και το τριχλωριούχο άζωτο (NCl_3) αποτελούν στο σύνολο τους το **συνδυασμένο χλώριο** για την απολύμανση



➤ Εφαρμογές χλωρίου

- ❑ Το χλώριο εκτός από την απολύμανση βρίσκει και άλλες εφαρμογές στις εγκαταστάσεις **συλλογής**, **επεξεργασίας** και διάθεσης υγρών αποβλήτων όπως:
 - Έλεγχος υπερβολικής ανάπτυξης βιομάζας
 - Έλεγχος διαβρώσεως (καταστροφή H_2S)
 - Έλεγχος οσμών
 - Οξείδωση αμμωνίας
 - Απομάκρυνση λίπους
 - Ελάττωση BOD διαμέσου οξείδωσης οργανικών ρύπων
 - Έλεγχος αφρισμού δεξαμενής χώνευσης και IMHOFF

➤ Προβλήματα χλωρίωσης υγρών αποβλήτων

- ❑ Το χλώριο που προστίθεται πιθανόν να αντιδράσει με οργανικούς ρύπους ή άλλα οργανικά μόρια που περιέχονται στα απόβλητα και να οδηγήσουν στην παραγωγή χλωριωμένων οργανικών ενώσεων που είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στην διάσπαση και ενίοτε τοξικά στη βιομάζα των συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων
- ❑ Η δοσολογία εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής και επίσης από το μέγεθος της μείωσης του μικροβιακού φορτίου που θέλουμε να επιτύχουμε. Εάν απαιτείται σημαντική μείωση τότε η δοσολογία θα πρέπει να επιλεγθεί μετά από εργαστηριακή μελέτη

➤ Συσκευές χλωρίωσης

- ❑ Οι συσκευές χλωρίωσης διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:
 - **Χλωριωτές** που λειτουργούν με αέριο χλώριο
 - **Υποχλωριωτές** που λειτουργούν με ενώσεις χλωρίου

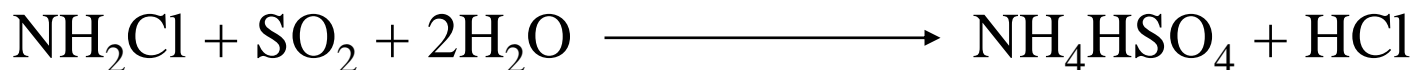
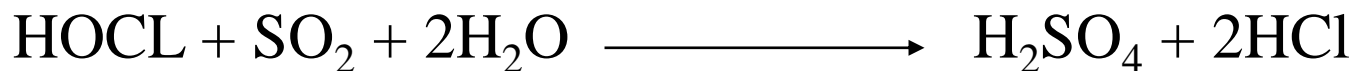
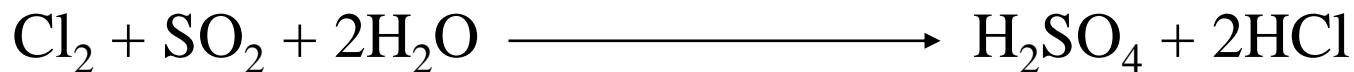
- ❑ Οι **χλωριωτές** διακρίνονται σε δύο τύπους:
 - Χλωριωτές προδιάλυσης που διαλύουν το χλώριο σε νερό και τροφοδοτούν το σημείο εφαρμογής με πυκνό διάλυμα
 - Χλωριωτές απευθείας τροφοδότησης που παρέχουν αέριο χλώριο στο σημείο εφαρμογής

➤ Συσκευές χλωρίωσης

- ❑ Οι υποχλωριωτές χρησιμοποιούν ενώσεις χλωρίου σε διαλύματα
- ❑ Αποτελούνται συνήθως από μικρή δοσομετρική αντλία που είναι κατασκευασμένη από υλικά ανθεκτικά στο χλώριο, με κατάλληλο συνδυασμό δοχείου διαλύματος (συνήθως με υποχλωριώδες νάτριο) και δεξαμενή επαφής

➤ Έλεγχος χλωρίωσης και αποχλωρίωσης

- ❑ Ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας της χλωρίωσης γίνεται μετρώντας το υπολειμματικό χλώριο με την χρωματομετρική μέθοδο της ορθοτολιδίνης
- ❑ Απομάκρυνσης περίσσειας χλωρίου στα επεξεργασμένα απόβλητα μπορεί να γίνει μερικώς με αερισμό ή με χρήση χημικών όπως SO_2



Εφαρμογές και Παραδείγματα από την Επεξεργασία Βιομηχανικών Αποβλήτων

➤ Βιομηχανίες που παράγουν απόβλητα προς επεξεργασία

- Βιομηχανίες γάλακτος
- Βιομηχανίες κρέατος, πουλερικών και ιχθύων
- Βιομηχανίες μεταποίησης φρούτων και λαχανικών
- Βιομηχανίες ποτών
- Ελαιοτριβεία
- Υφαντουργεία – Βαφεία
- Βυρσοδεψία
- Χαρτοβιομηχανίες
- Διύλιση πετρελαίου – Πετροχημικά
- Υψικάμινοι και Χαλυβουργεία

➤ Βιομηχανίες Γάλακτος



- Το κυριότερο πρόβλημα αποτελεί ο **ορός γάλακτος (τυρόγαλα)** που παρουσιάζει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και οξέα. Άλλοι σημαντικοί ρυπαντές είναι τα αιωρούμενα στερεά, φωσφορικά και αζωτούχες ενώσεις.

BOD	100-4000 mg/L
Αιωρούμενα στερεά	2000 mg/L
Θερμοκρασία αποβλήτων	8-38°C
P	12-210 mg/L
Cl	50-2500 mg/L
N	1-14 mg/L

➤ Διεργασίες και συστήματα που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων της βιομηχανίας γάλακτος

Πρωτοβάθμια Επεξεργασία

- Εσχάρωση
- Καθίζηση
- Επίπλευση
- Χημική Κατακρήμνιση

Δευτεροβάθμια Επεξεργασία

- Χαλικοδιυλιστήρια
- Ενεργοποιημένη λάσπη
- Δεξαμενή διαχωρισμού

➤ Βιομηχανίες κρέατος, πουλερικών και ιχθυών

- ❑ Τα παραπροϊόντα περιέχουν αίμα, λίπη, αζωτούχα, αιωρούμενα στερεά και ιόντα ως κύριους ρυπαντές:

BOD	500-1500 mg/L
Λίπη	250-1000 mg/L
N	50-115 mg/L
Cl	50-550 mg/L
PO ₄	7-27mg/L

- ❑ Η επεξεργασία περιλαμβάνει απομάκρυνση των στερεών με εσχάρες (πρωτοβάθμια) και βιολογική επεξεργασία σε αναεροβικά συστήματα χώνευσης με μείωση του BOD κατά 97%. Αεροβικά συστήματα οδηγούν σε μείωση του BOD κατά 40-60% για χρόνους παραμονής 2-10 ημέρες.

➤ Βιομηχανίες μεταποίησης φρούτων και λαχανικών

- ❑ Τα υγρά απόβλητα περιέχουν κυρίως επιπλέοντα στερεά, οργανική ύλη και υπολείμματα μυκητοκτόνων και αντιοξειδωτικών ουσιών

N	4-20 mg/L
P	0.5-20 mg/L
Αιωρούμενα στερεά	0-4500 mg/L
Διαλυμένα στερεά	1300-3000 mg/L
Φυτοφάρμακα	0.2-0.9 mg/L

➤ Βιομηχανίες μεταποίησης φρούτων και λαχανικών

- ❑ Η επεξεργασία υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει:
 - Εσχάρωση
 - Καθίζηση
 - Κροκύδωση $Al_2(SO_4)_3$
 - Απολύμανση με Cl ή άλλο οξειδωτικό μέσο

- ❑ Τέλος η **βιολογική επεξεργασία** με το σύστημα ενεργοποιημένης λάσπης μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μείωση του BOD ως και 95%.

➤ Βιομηχανίες Ποτών

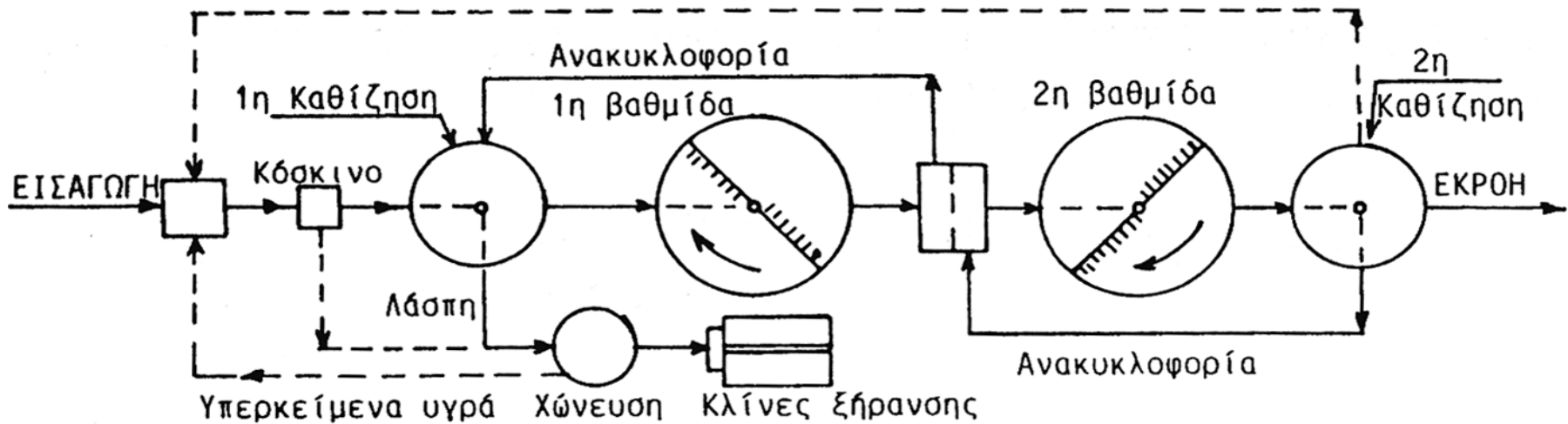


- ❑ *Τα υγρά απόβλητα των βιομηχανιών ποτών περιέχουν κυρίως αιωρούμενα στερεά (700 mg/L) και υψηλό οργανικό φορτίο που κυμαίνεται σε τιμές BOD 1600 mg/L.*

- ❑ Η επεξεργασία αποβλήτων από βιομηχανίες ποτών περιλαμβάνει:
 - Πρωτοβάθμια απομάκρυνση των στερεών με εσχάρες.
 - Δευτεροβάθμια μείωση του οργανικού φορτίου σε αερόβια συστήματα (χαλικοδιυλιστήρια, λίμνες, συστήματα ενεργοποιημένης λάσπης) με μείωση του BOD5 ως και 85%.

➤ Βιομηχανίες Ποτών

➤ Διβάθμιο Χαλικοδιυλιστήριο



➤ Ελαιοτριβεία

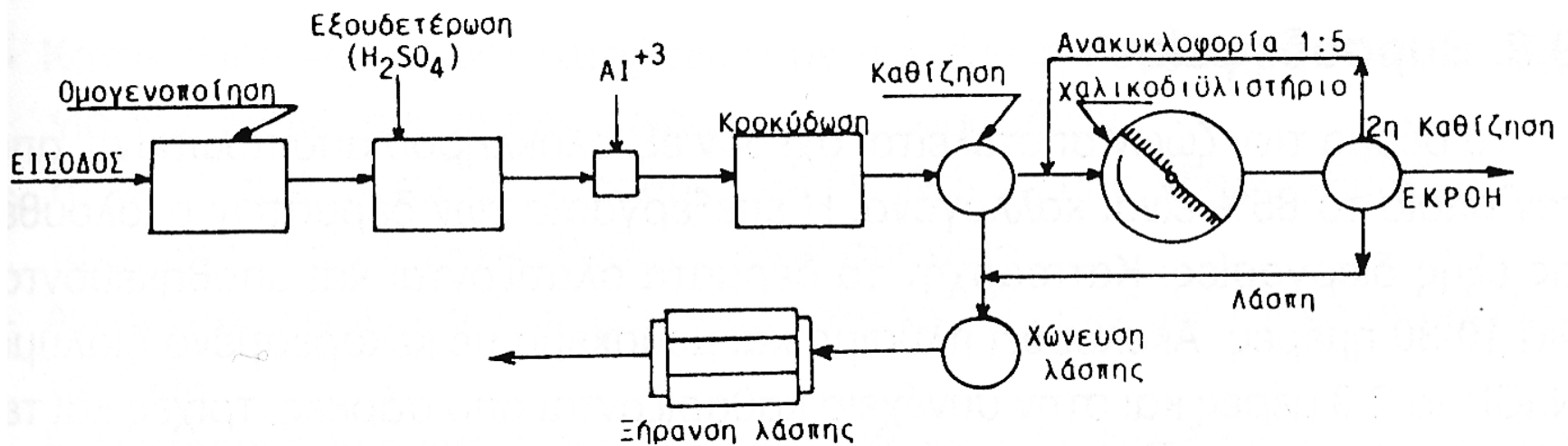
- ❑ Τα ελαιοτριβεία παράγουν απόβλητα με υψηλό οργανικό φορτίο (14,000-62,000 mg/L BOD) και υψηλή οξύτητα.
- ❑ Η επεξεργασία των αποβλήτων περιλαμβάνει εξουδετέρωση της οξύτητας με CaO (ασβέστη) σε συνδυασμό με κροκύδωση.
- ❑ Ακολουθεί καθίζηση για 2 ώρες τουλάχιστον με συνεχή αφαίρεση της λάσπης που καθιζάνει.
- ❑ Η λάσπη που συγκομίζεται διατίθεται απευθείας σε αγρούς ή ακολουθεί χώνευση και στράγγιση σε κλίνες ξήρανσης.

➤ Υφαντουργεία - Βαφεία

- ❑ Τα απόβλητα περιέχουν λίπη, διαλυτά στερεά, ίνες, ανόργανα άλατα ή οργανικά χημικά (χρώματα) και βαρέα μέταλλα.
- ❑ Το BOD κυμαίνεται ανάλογα με το υλικό που επεξεργάζεται η βιομηχανία από 200-600 mg/L για βαμβάκι ως και 1800-8000 mg/L για συνθετικά υλικά (nylon).
- ❑ Η επεξεργασία περιλαμβάνει εξουδετέρωση του pH, προσθήκη κροκυδωτικών ($Al_2(SO_4)_3$), καθίζηση στην συνέχεια βιολογική επεξεργασία σε χαλικοδιυλιστήρια ή συστήματα ενεργοποιημένης λάσπης και τέλος απολύμανση με Cl_2 ή O_3 .

➤ Υφαντουργεία - Βαφεία

- Σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων από μονάδες επεξεργασίας βάμβακος

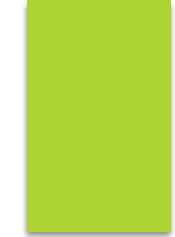


- ❑ Τα απόβλητα από βαφεία περιέχουν συνήθως χρωστικές που απομακρύνονται με προσρόφηση σε κλίνες με ενεργό άνθρακα.

➤ Βυρσοδεψία

Σύνθεση αποβλήτων βυρσοδεψίων

BOD (mg/L)	89000
Λίπη	20000
Αιωρούμενα Στερεά	138000
Cr ολικό	3500
Θειούχα	7000
Αλκαλικότητα (CaCO ₃)	99
pH	1-13



➤ Βυρσοδεψία-Επεξεργασία Αποβλήτων

- ❑ Εσχάρωση για απομάκρυνση διαλυτών στερεών
- ❑ Κροκύδωση και κατακάθιση με την προσθήκη $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ή $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.
- ❑ Αναγωγή Cr^{+6} με την προσθήκη θειικού υποσιδήρου FeSO_4 .
- ❑ Βιολογική επεξεργασία όπου απομακρύνεται συνήθως 90-95% του οργανικού φορτίου.
- ❑ Απομάκρυνση αζωτούχων ρύπων NH_4 , NO_3 με νιτροποιητικά και απονιτροποιητικά βακτήρια σε αερόβιες και αναερόβιες διεργασίες, αντίστοιχα.

➤ Χαρτοβιομηχανίες

- ❑ Τα απόβλητα των χαρτοβιομηχανιών περιέχουν λιγνίνη, ταννίνες, σάκχαρα, κυτταρίνη και ανόργανα χημικά αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται κατά την παρασκευή πολτού όπως Na_2S , NaOH (μέθοδος Kraft).
- ❑ Τα χημικά αντιδραστήρια για την παρασκευή του πολτού ανακυκλώνονται ενώ τα εναπομείναντα απόβλητα υφίστανται επεξεργασία που περιλαμβάνει.
- ❑ Καθίζιση που οδηγεί σε μείωση του BOD κατά 30%.
- ❑ Βιολογική επεξεργασία σε συστήματα ενεργοποιημένης λάσπης ή άλλα αερόβια συστήματα που οδηγούν σε περαιτέρω μείωση του BOD ως και 95%.

➤ Διύλιση Πετρελαίου - Πετροχημικά



BOD (mg/L)	100-1000
Αιωρούμενα στερεά	150-4000
Πτητικά στερεά	150-4000
Αλκαλικότητα	120-3000
Αμμωνία	5-80
Θειούχα	20-80
pH	6.5-8.4

- ❑ **Οι υδρογονάνθρακες αποτελούν τους κύριους οργανικούς ρύπους στα απόβλητα διυλιστηρίων πετρελαίου.**

➤ Επεξεργασία αποβλήτων από διυλιστήρια

- ❑ Οι υδρογονάνθρακες απομακρύνονται σε διαχωριστικές δεξαμενές με βαρύτητα παραμένει όμως μια ποσότητα γύρω στα 5-35 mg/L κυρίως σε γαλακτοποιημένη μορφή, τα οποία μπορούν να απομακρυνθούν με επίπλευση.
- ❑ Τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται με κροκύδωση με πολυηλεκτρολύτες και καθίζηση.
- ❑ Η βιολογική επεξεργασία πραγματοποιείται σε αεριζόμενες δεξαμενές και συστήματα ενεργοποιημένης λάσπης που οδηγούν σε μείωση του BOD κατά 80-90%.

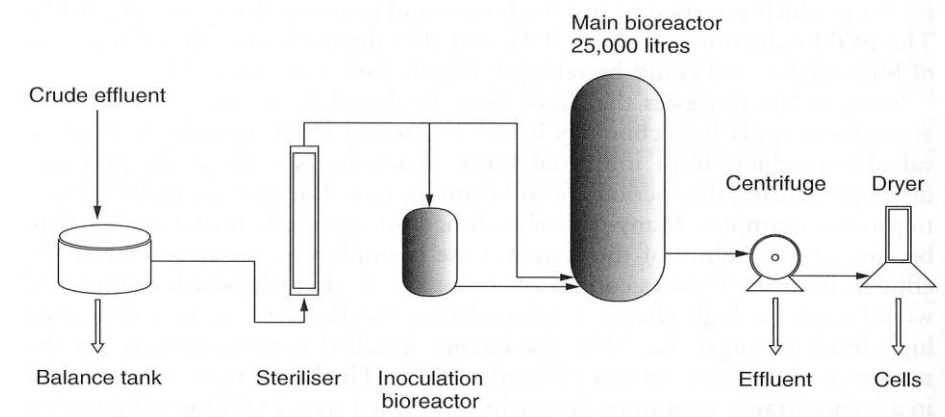
□ Υψικάμιννοι και Χαλυβουργεία



- Οι κύριοι ρύποι που περιέχονται στα απόβλητα χαλυβουργείων είναι φαινόλες, NH_3 και τα κυανιούχα ενώ συχνά παρατηρείται και υψηλή οξύτητα
 - Οι φαινόλες απομακρύνονται με εκχύλιση
 - Τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται με διήθηση και κατακρήμνιση μετά από χημική επεξεργασία με πολυηλεκτρολύτες
 - Η οξύτητα μειώνεται με προσθήκη $Ca(OH)_2$
 - Τα κυανιούχα απομακρύνονται συνήθως με χλωρίωση σε αλκαλικό περιβάλλον αν όμως στα απόβλητα περιέχονται υψηλές συγκεντρώσεις φαινολών τότε τα κυανιούχα θα πρέπει να απομακρυνθούν βιολογικά διότι υπάρχει κίνδυνος να σχηματιστούν χλωροφαινόλες

➤ Επεξεργασία Αποβλήτων Βιομηχανίας Ζάχαρης

- Υγρά απόβλητα που περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις σακχάρων διοχετεύονται, ύστερα από αποστείρωση σε αντιδραστήρα που έχει εμβολιαστεί με τη ζύμη ***Candida utilis***
- Η ζύμη χρησιμοποιεί τα σάκχαρα για την ανάπτυξη της με συνέπεια παραγωγή υψηλών ποσοτήτων μυκηλιακής μάζας αλλά και μείωση του BOD κατά 50%
- Τα απόβλητα μπορούν να διοχετευτούν σε φυσικά υδροφόρα χωρίς πρόβλημα ενώ η μυκηλιακή μάζα συγκομίσθηκε, ξηράνθηκε και πουλήθηκε σε βιομηχανίες παραγωγής ζωικών τροφών



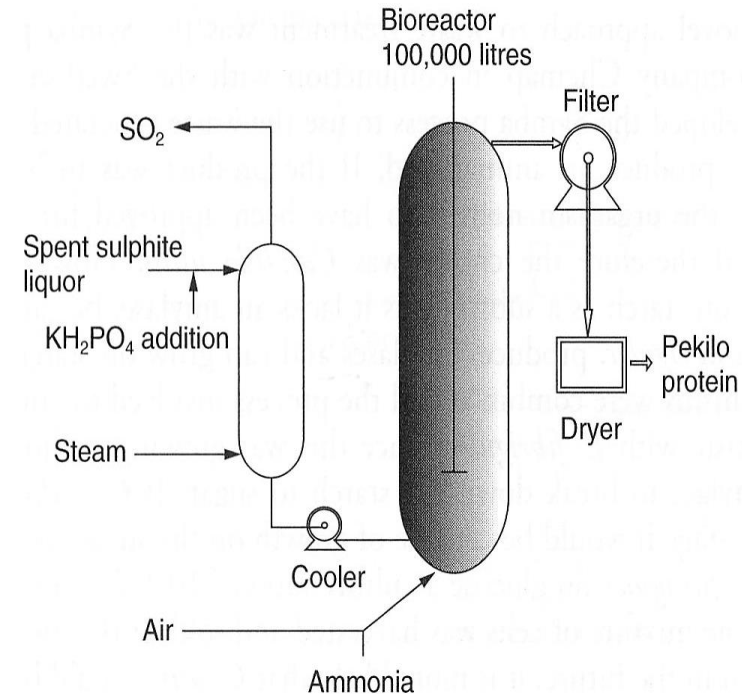
➤ Διεργασία Symba – Επεξεργασία αποβλήτων βιομηχανίας μεταποίησης πατάτας

- **Στόχος:** η παραγωγή ζωικής τροφής από την αποσύνθεση αποβλήτων από την μεταποίηση πατάτας
 - Χρησιμοποιούνται οι ζύμες *Candida utilis* & *Endomycopsis fibriguler* που έχουν συμπληρωματική δράση καθώς η *E. fibriguler* διασπά το άμυλο με την βοήθεια αμυλασών και στην συνέχεια η *C. utilis* αναπτύσσεται στα παραγόμενα σάκχαρα
 - Η κυτταρική μάζα των δύο ζυμών συγκομίζεται και χρησιμοποιείται ως ζωική τροφή ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία

➤ Διεργασία Pekilo

□ Χρησιμοποιείται για την επεξεργασία αποβλήτων που προκύπτουν από την επεξεργασία για την παραγωγή χαρτιού.

- Το **πρώτο στάδιο** περιλαμβάνει την απομάκρυνση SO_2 (τοξικό για τους μικροοργανισμούς)
- Το **δεύτερο στάδιο** περιλαμβάνει την αποστείρωση των αποβλήτων και την διοχέτευση τους σε βιο-αντιδραστήρα



➤ Διεργασία Pekilo

☐ Χρησιμοποιείται για την επεξεργασία αποβλήτων που προκύπτουν από την επεξεργασία για την παραγωγή χαρτιού

- Στο **τρίτο στάδιο** προστίθενται P, καλιούχα άλατα και NH_3 και ο αντιδραστήρας εμβολιάζεται με τον μύκητα *Paecilomyces*
- Στο **τελικό στάδιο** ο μύκητας αναπτύσσεται και παράγει περίπου 15 tn βιομάζας που συγκομίζεται, ξηραίνεται και χρησιμοποιείται ως ζωική τροφή αφού αποτελείται από 69% πρωτεΐνες

