

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- τεκμηρίωση και συνειδητοποίηση επικινδυνότητας λυμάτων
- αυστηρή νομοθεσία διαχείρισης αποβλήτων



Καθαρισμός αποβλήτων

- επαναχρησιμοποίηση πολύτιμων, εξαντλούμενων ή επικίνδυνων συστατικών βιομηχανικών διεργασιών



Ανακύκλωση αποβλήτων

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- *Φυσικές μέθοδοι:* π.χ. καθίζηση, διήθηση, επίπλευση, φυγοκέντρωση κ.α.
- *Μέθοδοι διαχωρισμού συστατικών:* π.χ. απόσταξη, εξάτμιση, απαέρωση, ιονανταλλαγή, υπερδιήθηση αντίστροφη ώσμωση, απορρόφηση, εκχύλιση κ.α.
- *Χημικές μέθοδοι:* π.χ. χημική, θερμοχημική, φωτοχημική ή ηλεκτροχημική οξείδωση/ αναγωγή, εξουδετέρωση, καταβύθιση κ.α.
- *Βιολογικές μέθοδοι:* π.χ. αερόβια ή αναερόβια βακτηριακή αποικοδόμηση.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

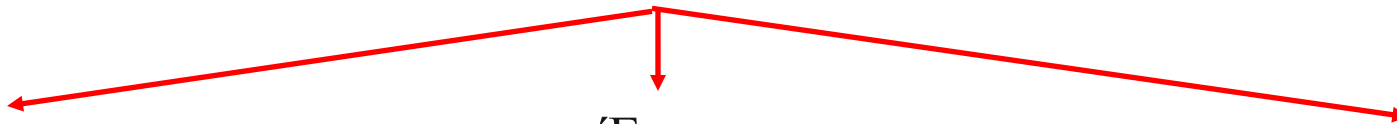
Διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσω ηλεκτροχημικής κυψέλης
που περιέχει το λύμα



Ηλεκτροχημικές δράσεις στα ηλεκτρόδια της κυψέλης



Φυσικοχημικές μετατροπές συστατικών λύματος



Άμεσες
οξειδώσεις/αναγωγές

Έμμεσες
οξειδώσεις/αναγωγές/καταβυθίσεις

Φυσικοχημικές δράσεις

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΚΑΘΙΕΡΩΜΕΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

- απομάκρυνση και/ή ανάκτηση βαρέων, τοξικών ή πολύτιμων μετάλλων (π.χ. Pb, Cd, Hg, Cu, Ni, Ag)
- επεξεργασία βιομηχανικών λυμάτων που περιέχουν ιόντα Cr(III)/(VI) και CN^-
- οξειδωτική επεξεργασία νερού με in situ παραγόμενα οξειδωτικά (π.χ. NaClO , H_2O_2 , O_3 , Ag^+)
- ηλεκτροδιάλυση (π.χ. αφαλάτωση νερού, ανακύκλωση μεταλλοϊόντων)

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- Χαμηλό κόστος (απαιτούμενης ενέργειας και υλικών).
- Απομάκρυνση όσο το δυνατόν περισσότερων ρύπων από διαφορετικής σύστασης λύματα.
- Ανάκτηση πολύτιμων ή επαναχρησιμοποιήσιμων συστατικών.
- Ευελιξία στην κατεργασία μικρών/μεγάλων όγκων και αραιών/πυκνών λυμάτων.
- Περιβαλλοντικά φιλικός χαρακτήρας.

Ηλεκτροχημικές μέθοδοι:

αναβαθμισμένες
καθαρές
εξειδικευμένες

ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \leftrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$ (έκλυση οξυγόνου, ουδέτερα/όξινα μέσα)
- $4\text{OH}^- \leftrightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$ (έκλυση οξυγόνου, αλκαλικά μέσα)
- $3\text{H}_2\text{O} - 6\text{e}^- \leftrightarrow \text{O}_3 + 6\text{H}^+$ (παραγωγή όζοντος)
- $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cl}_2$
 $\text{Cl}_2 + \text{NaOH} \leftrightarrow \text{NaClO} + \text{HCl}$ (παραγωγή χλωρίου/υποχλωρίτη)
- $2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} - 6\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+$ (ανακύκλωση διχρωμικών)
- $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + 11\text{H}_2\text{O} - 28\text{e}^- \leftrightarrow 6\text{CO}_2 + 28 \text{H}^+$ (οξειδωση οργανικών)

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ (έκλυση υδρογόνου, ουδέτερα/αλκαλικά)
 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2$ (έκλυση υδρογόνου, όξινα μέσα)
- $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{OH}^-$ (καθοδική παραγωγή υπεροξειδίου του υδρογόνου)
- $\text{M}^{\text{n}+} + \text{ne}^- \leftrightarrow \text{M}$ (ηλεκτροαπόθεση μετάλλων)

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Απομάκρυνση και/ή ανάκτηση τοξικών ή βαρέων μετάλλων

Πηγή ρύπων: επιμεταλλωτήρια, φωτογραφεία κ.α.

Ρύποι: Cu, Zn, Cd, Pb, Ag (1-1000 ppm → 0.1-1 ppm)

Αρχή: $M^{n+} + ne^{-} \leftrightarrow M$

Κάθοδος: τρισδιάστατα ηλεκτρόδια

- πλέγματα ατσαλιού ή Ni ή Cu,
- πορώδη ηλεκτρόδια C ή Ni,

Άνοδος:

- ηλεκτρόδια κλίνης σωματιδίων C

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οξείδωση Cr(III) προς Cr(VI) (αναγέννηση-ανακύκλωση Cr(VI))

Πηγή ρύπων:

- επιμεταλλώσεις μεταλλικών υποστρωμάτων
(το Cr(VI) καθαριστικό-οξειδωτικό-αποξυστικό (etchant) του υποστρώματος)
- επιμεταλλώσεις πλαστικών και βάσεων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων
(το Cr(VI) καθαριστικό-οξειδωτικό-αποξυστικό (etchant) του υποστρώματος)
- οργανικές συνθέσεις, όπου το Cr(VI) χρησιμοποιείται ως οξειδωτικό
- ψυκτικά υγρά, όπου το Cr(VI) ως αντιδιαβρωτικό

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οξείδωση Cr(III) προς Cr(VI) (αναγέννηση-ανακύκλωση Cr(VI))

Ρύποι: Περίσσεια αντιδρώντος Cr(VI), προϊόν Cr(III)

Αρχή: **$2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} - 6\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+$**

Άνοδος: - PbO₂
 - κράμα Pb

Κάθοδος: Ni

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
Οξείδωση κυανιούχων

Πηγή ρύπων: επιμεταλλώσεις Au

Αρχή:



Άνοδος: PbO_2

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Παραγωγή χλωρίου / υποχλωρίτη

Χρήσεις: καθαρισμός πισίνων, συστημάτων ψύξης, αποστείρωση πόσιμου νερού, απολύμανση μηχανών τροφίμων

Αρχή: $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cl}_2$ (κυψέλη με διαχωριστικό)

$\text{Cl}_2 + \text{NaOH} \leftrightarrow \text{NaClO} + \text{HCl}$ (κυψέλη χωρίς διαχωριστικό)

Άνοδος:	- C	Κάθοδος:	- Ni
	- PbO ₂ ,		- ατσάλι
	- RuO ₂ /Ti		



Παραγωγή όζοντος

Αρχή: $3\text{H}_2\text{O} - 6\text{e}^- \leftrightarrow \text{O}_3 + 6\text{H}^+$

Ηλεκτρολύτης (απιονισμένο νερό-απουσία κοινών ανιόντων):

- HBF_4 - Στερεός ηλεκτρολύτης (σαντουϊτς ηλεκτροδίων)



Παραγωγή υπεροξειδίου του υδρογόνου

Χρήσεις: οξειδωτικό υγρών λυμάτων

Αρχή: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{OH}^-$

Κάθοδος:	κλίνη κόκκων C	Άνοδος:	- C
			- PbO ₂

Ηλεκτρολύτης : αλκαλικό διάλυμα υψηλής καθαρότητας



ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Παραγωγή χλωρίου / υποχλωρίτη

Χρήσεις: καθαρισμός πισίνων, συστημάτων ψύξης, αποστείρωση πόσιμου νερού, απολύμανση μηχανών τροφίμων

Αρχή: $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cl}_2$ (κυψέλη με διαχωριστικό)

$\text{Cl}_2 + \text{NaOH} \leftrightarrow \text{NaClO} + \text{HCl}$ (κυψέλη χωρίς διαχωριστικό)

Άνοδος:	- C	Κάθοδος:	- Ni
	- PbO ₂ ,		- ατσάλι
	- RuO ₂ /Ti		



ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ηλεκτροδιάλυση

Εφαρμογές: αφαλάτωση και ανακύκλωση νερού βιομηχανικών διεργασιών
συμπύκνωση και ανακύκλωση λυμάτων μεταλλοϊόντων

Αρχή: -ιονική μεταφορά κατιόντων και ανιόντων του λύματος
παρουσία ηλεκτρικού πεδίου και
-διαφορετική διαπερατότητα ιονικά αγωγίμων μεμβρανών
σε αυτά.

Ηλεκτρόδια: -κάθοδοι Ni ή ατσαλιού
-άνοδοι DSA O₂ ή Cl₂

ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ηλεκτροδιάλυση

Ιονικά αγώγιμες μεμβράνες:

οργανικά πολυμερή (π.χ. τετραφθοροαιθυλένικη βάση ή
συμπολυμερή στυρενίου-διβινυλοβενζολίου) τροποποιημένα με ιονικές ομάδες

Καρβοξυλικές ή σουλφονικές ομάδες \Rightarrow

Μεμβράνες ιονανταλλαγής κατιόντων – cation exchange membranes

Αμινομάδες \Rightarrow

Μεμβράνες ιονανταλλαγής ανιόντων – anion exchange membranes

ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

