

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Διάλεξη 1: Εισαγωγική Διάλεξη

Εισαγωγή στα Υγρά Απόβλητα

Ανέστης Βλυσίδης

Επίκουρος Καθηγητής, ΕΜΠ

Αντικείμενο

- Η **Περιβαλλοντική Μηχανική** ορίζεται ως ο κλάδος της μηχανικής που ασχολείται με:
 - την **Μελέτη**,
 - τον **Σχεδιασμό** και
 - τη **Χρήση**

Για την **προστασία** και **αποκατάσταση** του περιβάλλοντος από τις επιπτώσεις της **διάθεσης αποβλήτων**.

διατάξεων και εξοπλισμού

- **Ο εξοπλισμός** που σχεδιάζεται και χρησιμοποιείται για αυτό τον σκοπό είναι συστήματα:
αγωγών // δοχείων // αντιδραστήρων (χημικών & βιολογικών)
// διαχωριστήρων
συμπεριλαμβανομένου και του απαραίτητου **ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού** τους.

Αντικείμενο (συνέχεια)

- Εφαρμογή βασικών αρχών της **Μηχανικής** και της **Επιστήμης** για την **αξιοποίηση** των ιδιοτήτων της ύλης και των πηγών ενέργειας στην λύση προβλημάτων που σχετίζονται με **Περιβαλλοντική Υγιεινή (προστασία της δημόσιας υγείας)**.
 - Ασφαλές, εύγευστο και άφθονα **διαθέσιμο νερό**
 - Την σωστή επεξεργασία, διάθεση ή/και ανακύκλωση των **υγρών & στερεών αποβλήτων**
 - Η **επαρκής αποχέτευση** αστικών και αγροτικών περιοχών για σωστή υγιεινή
 - Ο **έλεγχος της ρύπανσης** των υδάτων, του εδάφους και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
 - Οι **κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις** αυτών των λύσεων

ΟΡΙΣΜΟΣ

- **Απόβλητα** ονομάζουμε τα "**παραπροϊόντα**" της ανθρώπινης δραστηριότητας, τα οποία μιας και δεν έχουν άμεση πλέον χρησιμότητα στον άνθρωπο πρέπει να **διατεθούν** στο φυσικό περιβάλλον.
- Τα απόβλητα τα διαχωρίζουμε σε **Υγρά**, **Στερεά**, και **Αέρια** ως αποτέλεσμα της χωριστής διάθεσης τους, ανάλογα με την **βασική** τους φάση (υγρή, στερεά ή αέρια φάση).

Εβδομαδιαίο πρόγραμμα



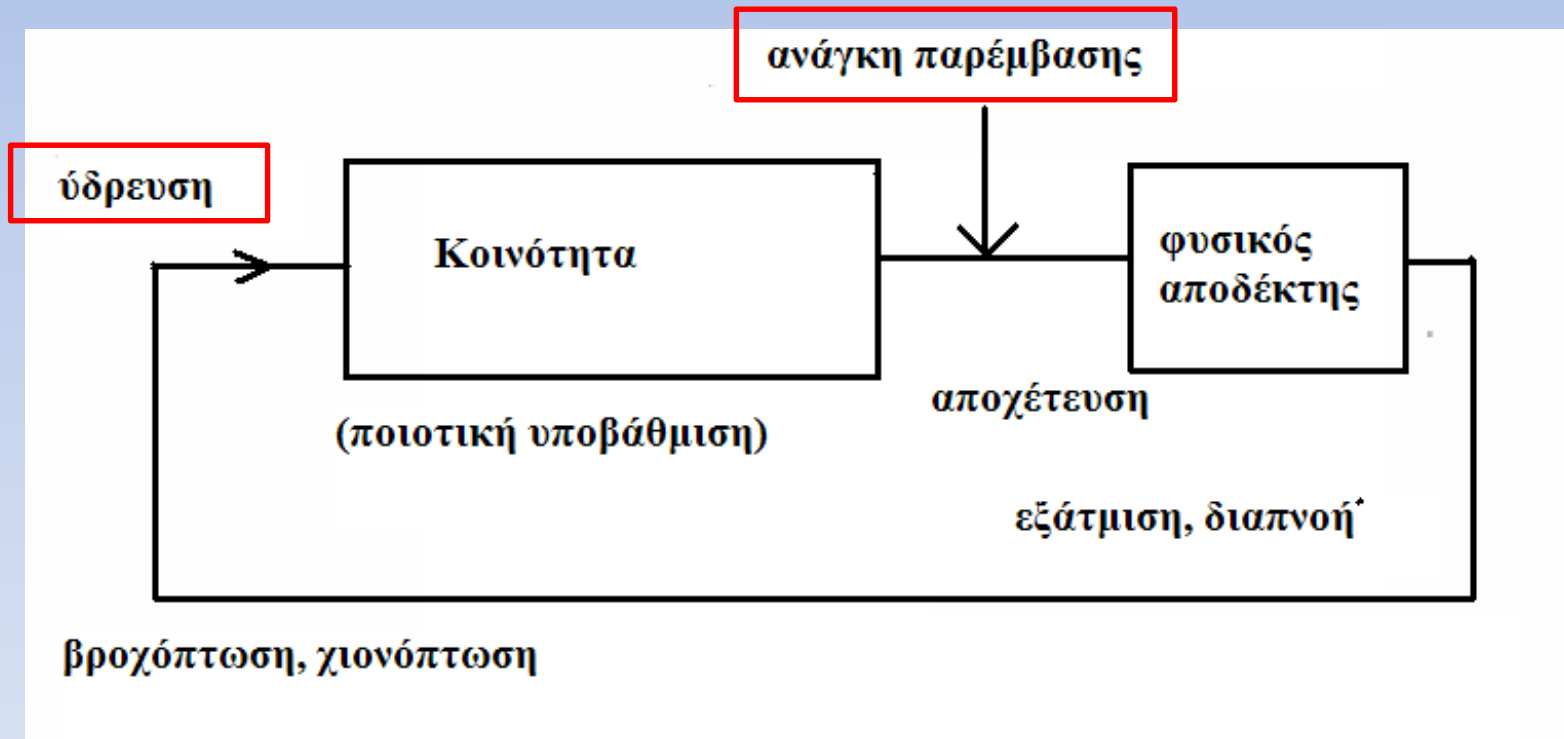
Εβδομάδα \ Μέρα	Τρίτη	Πέμπτη	Παρασκευή
1η	ΥΓΡΑ	ΣΤΕΡΕΑ	ΑΕΡΙΑ
2η	ΥΓΡΑ	ΣΤΕΡΕΑ	ΑΕΡΙΑ
3η	ΥΓΡΑ	ΣΤΕΡΕΑ	Φρ.Ασκ.
4η	ΣΤΕΡΕΑ	ΑΕΡΙΑ	ΥΓΡΑ
5η	ΥΓΡΑ	ΣΤΕΡΕΑ	Φρ.Ασκ.
6η	ΥΓΡΑ	ΣΤΕΡΕΑ	Φρ.Ασκ.
7η	25/03	ΣΤΕΡΕΑ	ΑΕΡΙΑ
8η	ΥΓΡΑ	ΣΤΕΡΕΑ	Φρ.Ασκ.
9η	ΥΓΡΑ (08/04)		

Βλ. → Φύλλο Ταυτότητας Μαθήματος

Ο υδρολογικός κύκλος



Ο κύκλος του νερού και η ανάγκη για παρέμβαση



Η λειτουργία του εξοπλισμού σκοπεύει:

- Στη **συλλογή & μεταφορά** των αποβλήτων σε χώρο επεξεργασίας
- Στην **επεξεργασία**
 - είτε μέσω **διεργασιών απορρύπανσης** (που λαμβάνουν χώρα από μόνες τους στη φύση όπως απορρόφηση, προσρόφηση, καθίζηση, αραίωση, φυσικοχημική ή βιολογική μετατροπή, ...) σε **αριστοποιημένες** ελεγχόμενες συνθήκες, με επακόλουθη **μεγιστοποίηση των ρυθμών**, συνεπώς διεξαγωγή τους σε λογικό χρονικό διάστημα και σε οικονομικά **βιώσιμη εγκατάσταση**
 - είτε στη διεξαγωγή «κλασσικών» διεργασιών χημικής μηχανικής (εξουδετέρωση, καύση, χημική οξείδωση, ...) που τώρα δεν στοχεύουν στην παραγωγή μιας ουσίας (προϊόντος) αλλά στην **απομάκρυνση/καταστροφή** της
- Στην ασφαλή **διάθεσή** τους μετά την μείωση των επιπέδων (συγκεντρώσεων) των ρύπων στα εκάστοτε **επιθυμητά όρια**.

Δεδομένα για τον Σχεδιασμό

- **Ποσοτικά δεδομένα** για το αέριο, υγρό ή στερεό απόβλητο [παροχή (π.χ. σε m^3/d) με τις διακυμάνσεις της]
- **Ποιοτικά χαρακτηριστικά** (φυσικά χαρακτηριστικά, συγκεντρώσεις ρύπων με τις διακυμάνσεις τους)
- **Δεδομένα περιβάλλοντος** (αποδέκτη, μετεωρολογικά δεδομένα)
- **Απαιτήσεις επεξεργασίας** (προδιαγραφές διάθεσης από την νομοθεσία)

ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΣΤΗ ΦΥΣΗ (natural attenuation)

Στη φύση οι διεργασίες **αυτοκαθαρισμού** γίνονται με ρυθμούς που εξαρτώνται από τα **χαρακτηριστικά** του εκάστοτε **φυσικού συστήματος**.

- **Καιρικές συνθήκες** (ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου, θερμοκρασία, βροχόπτωση, ηλιοφάνεια)
- Η **διαμόρφωση τοπίου** και η δόμηση του χώρου στην περίπτωση αέριων εκπομπών
- Η **ταχύτητα** των υδάτινων ρευμάτων
- Τα **φυσικά χαρακτηριστικά** της όχθης, του πυθμένα και των ρευμάτων στην περίπτωση **υδάτινων αποδεκτών**
- Τα **χαρακτηριστικά του εδάφους** (διαπερατότητα, μικροοργανισμοί κλπ)
- **Ύπαρξη** στον αποδέκτη και **άλλων ουσιών** που συμμετέχουν / καταλύουν / εμποδίζουν τις δράσεις.

Διεργασίες στα τεχνητά συστήματα (εγκαταστάσεις επεξεργασίας)

- Φυσικές
- Χημικές
- Βιολογικές

Φυσικές Διεργασίες

- Αραίωση
- Ιζηματοποίηση – κατακρήμνιση – επαναιώρηση
- Κροκίδωση
- Διήθηση
- Επίπλευση
- Ρόφηση – εκρόφηση αερίων και ενώσεων
- Μεταφορά θερμότητας

Χημικές Διεργασίες

- Εξουδετέρωση
- Οξείδωση – Αναγωγή
- Ιοντοεναλλαγή
- Θερμικές (καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση)

Βιολογικές Διεργασίες

- τις **αερόβιες** διεργασίες, όπου μικροοργανισμοί παρουσία οξυγόνου βιοαποδομούν
 - Οργανικές ενώσεις $\rightarrow$ CO_2 και H_2O
 - Το Αμμωνιακό & Οργανικό άζωτο $\rightarrow$ **Νιτρικά**
- τις **αναερόβιες** διεργασίες όπου αναερόβιοι μικροοργανισμοί διασπούν
 - Οργανικές ενώσεις $\rightarrow$ CH_4 , H_2S κλπ και
 - Τα νιτρικά ιόντα σε **μοριακό άζωτο**

Επεξεργασία των αέριων ρύπων

- **Φυσικές**
 - Διήθηση
 - Καθίζηση
 - Φυγοκέντρωση (αερο-κυκλώνες)
 - Προσρόφηση σε στερεά (φίλτρα)
 - Ρόφηση από υγρά διαλύματα
- **Χημικές**
 - Οξείδωση
 - Αναγωγή
- **Βιολογικές**
 - Αερόβιες (π.χ. βιόφιλτρα)

Επεξεργασία των υγρών αποβλήτων

- **Φυσικές**

- Διήθηση
- Καθίζηση
- Επίπλευση
- Ρόφηση

- **Χημικές**

- Εξουδετέρωση
- Οξειδωση
- Αναγωγή
- Απολύμανση
- Ιοντοεναλλαγή

- **Βιολογικές**

Αερόβιες
Αναερόβιες

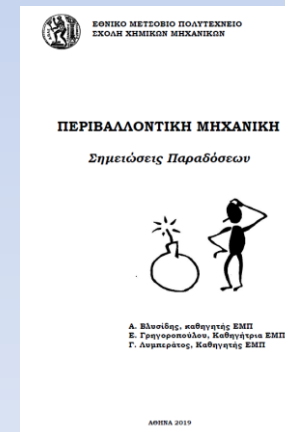
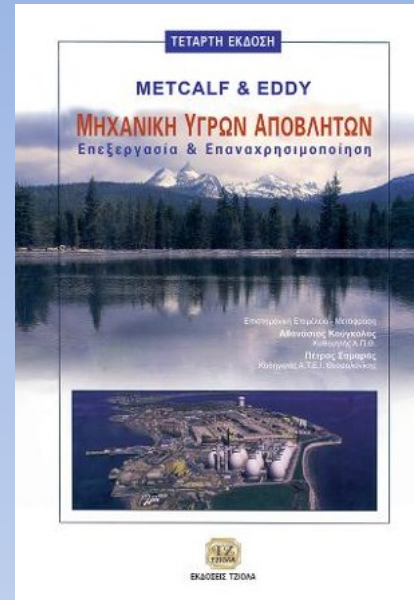
Μικτές ή Εξειδικευμένες
καλλιέργειες

Επεξεργασία των στερεών αποβλήτων

- **Μηχανικές – φυσικές**
 - Μηχανική ελάττωση όγκου
 - Θερμική ελάττωση όγκου
 - ❖ Συμπύκνωση-πάχυνση (μέχρι 5-15% σε στερεά)
 - ❖ Αφυδάτωση (μέχρι 15-50% σε στερεά)
 - ❖ Ξήρανση (υγρασία κάτω του 10%).
 - Διαλογή υλικών
- **Χημικές**
 - Καύση
 - Πυρόλυση, αεριοποίηση
- **Βιολογικές**
 - Χώνευση, αερόβια ή αναερόβια.
 - Κομποστοποίηση

Συγγράμματα

- Metcalf & Eddy. **Μηχανική Υγρών Αποβλήτων** Επεξεργασία & Αξιοποίηση, Tchobanoglou, Burton & Stensel, Εκδόσεις Τζιόλα 2022.
- **Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων**, Λυμπεράτος Γ., Βαγενάς Δ., Τζιόλα, 2011.
- **ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ Σημειώσεις Παραδόσεων**, Βλυσίδης Α., Γρηγοροπούλου Ε., Λυμπεράτος Γ., Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα, 2019



+ Παρουσιάσεις του Μαθήματος στο *helios*
<https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=1296&lang=el>

Εξετάσεις - Βαθμολογία

Η αξιολόγηση γίνεται μέσω:

- Γραπτής τελικής Εξέτασης (ΓΕ) που θα περιλαμβάνει την **επίλυση** λογιστικών ασκήσεων με **χρήση σημειώσεων και βιβλίων** και
- Σε προαιρετική βάση μέσω επίλυσης ασκήσεων (ΑΣ) από τους σπουδαστές και παράδοση για βαθμολόγηση από ΕΔΙΠ (θετική συνεισφορά).

Ο τελικός βαθμός προκύπτει από:
$$\text{Τελικός Βαθμός} = \text{ΓΕ} * \text{ΑΣ}$$

Βλ. → Φύλλο Ταυτότητας Μαθήματος

Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων

Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων

Εισαγωγή

Αποτελεί ένα από τα **σημαντικότερα** θέματα της σύγχρονης κοινωνίας.

- Αύξηση παγκόσμιου **πληθυσμού**
- Αύξηση του % που έχουν πρόσβαση σε **καθαρό νερό**
- Αύξηση της **πολυπλοκότητας** των παραγωγικών διαδικασιών



- Εξάντληση υδατικών πόρων
- Συνεχής **υποβάθμιση** της ποιότητας του νερού



- Πιο **αποτελεσματική** Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων
- Εξασφάλιση της **αιιφορίας** των υδατικών πόρων
- Διασφάλιση της δημόσιας **υγείας**
- **Προστασία** του περιβάλλοντος

Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων

Εισαγωγή

- **Αλλαγή οπτικής όσον αφορά τα Υγρ.Αστ.Απ.**
 - Αντί για απόβλητα να τα βλέπουμε ως **Πρώτη Ύλη**
 - Καθώς το καθαρό νερό πάει να γίνει **σπάνια** ΠρΥλ
 - Πρέπει να επεξεργάζεται με την προοπτική να **διατηρηθεί** και να **επαναχρησιμοποιηθεί**.
- Τι θα δούμε στον τομέα των **υγρών αποβλήτων**
 - Χαρακτηριστικά αποβλήτων (Ποσοτικά & Ποιοτικά)
 - Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων



SDG 6.3: Εστιάζει συγκεκριμένα στην επίτευξη βελτιώσεων στην ποιότητα του νερού μέσω της **μείωσης στο μισό του ποσοστού των μη επεξεργασμένων λυμάτων** και της **προώθησης της ασφαλούς επαναχρησιμοποίησης** παγκοσμίως.

ΠΑΡΟΧΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ορισμοί

Αστικά
Λύματα

Από κατοικίες (οικιακά λύματα)

+

Συνήθεις δραστηριότητες πόλης

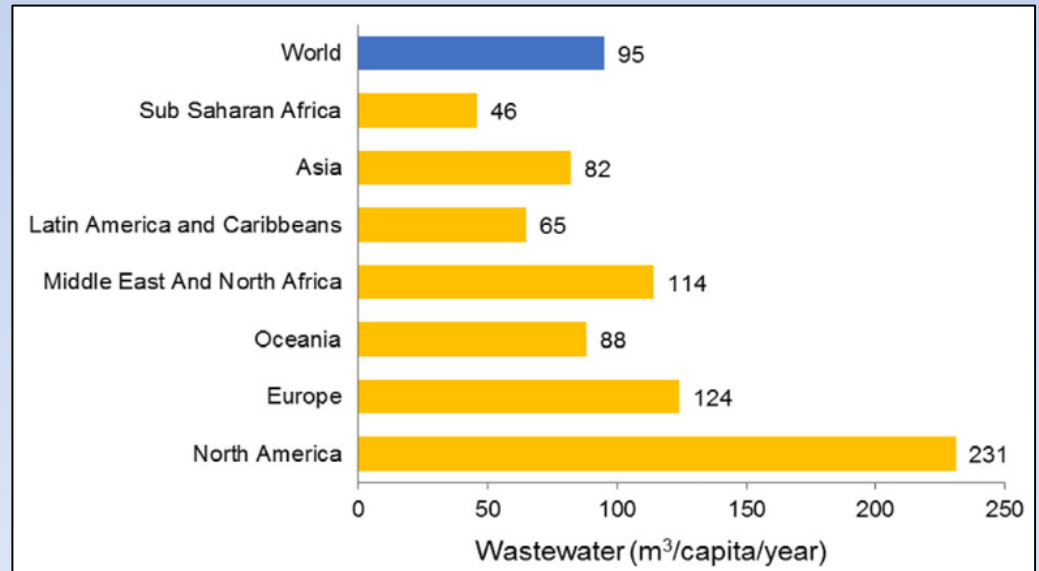
Υγρά απόβλητα

Αστικά + Βιομηχανικά απόβλητα

Μείωση κατανάλωσης νερού →
Αλλαγή ποσοτικών αλλά και
ποιοτικών χαρακτηριστικών των ΥΑ.

Μείωση ~30% κατανάλωσης νερού
(*Water Footprint*) με χρήση
έξυπνων συσκευών.

Μείωση νερού → πιο
συγκεντρωμένοι οι ρύποι.



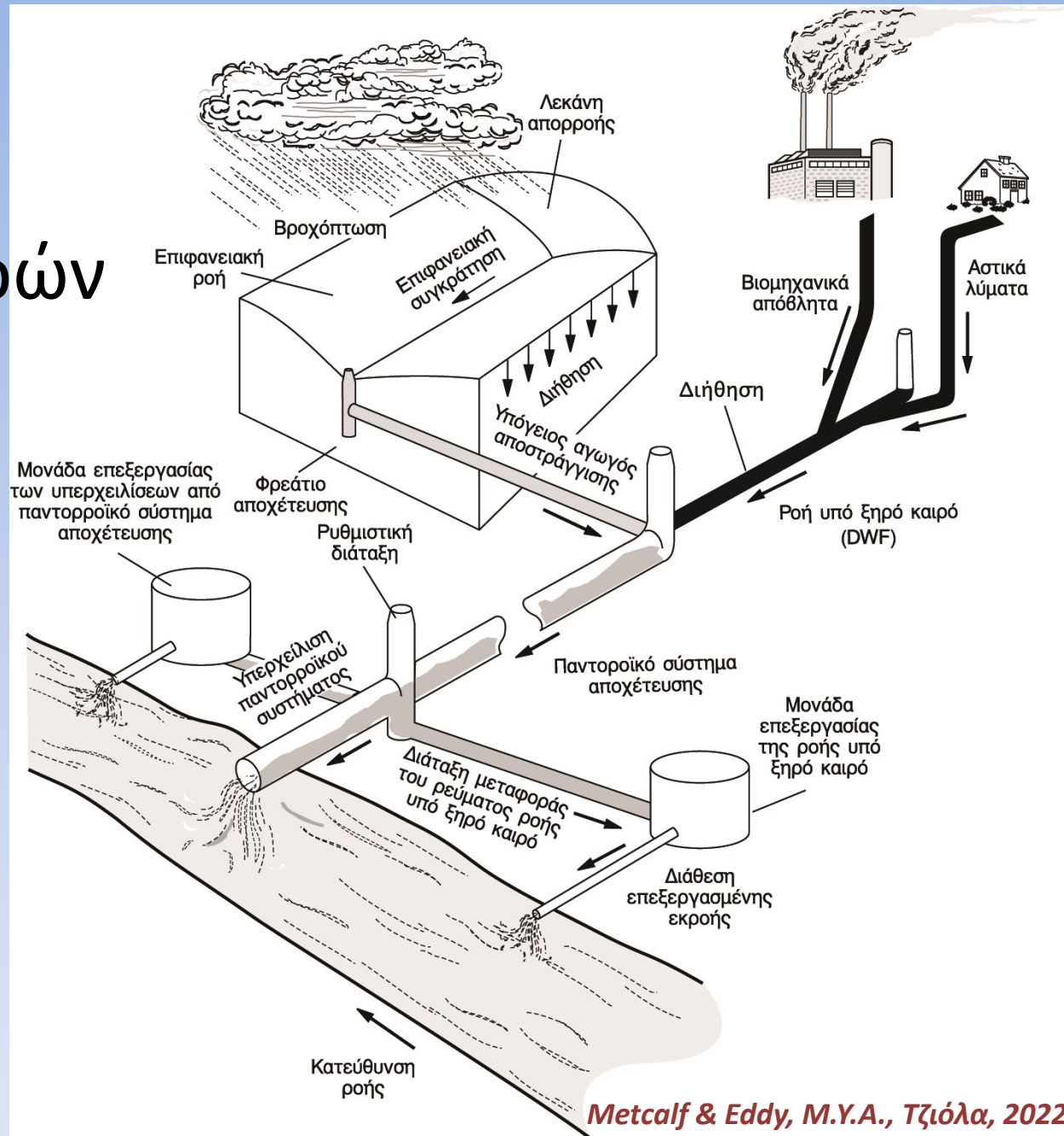
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (1)

- Πολύ σημαντικός ο **προσδιορισμός** της παροχής των αποβλήτων
 - Κρίσιμη διαστασιολόγηση
 - Αποχετευτικού δικτύου &
 - Εγκατάστασης επεξεργασίας και διάθεσης των υγρών αποβλήτων
- **Αξιόπιστα** δεδομένα παροχών (τωρινά/μελλοντικά/εποχικά)



- **Χωριστικά** συστήματα συλλογής
- **Παντορροϊκά** συστήματα συλλογής

Δίκτυο Συστήματος Διαχείρισης Υγρών Αποβλήτων



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (2)

- Μεταφορά Υγρών Αποβλήτων
 - Με βυτία βοθρολυμάτων (απομακρυσμένες περιοχές)
 - Με αποχετευτικά δίκτυα (δύο τύπων):
 - Χωριστικά (αστικά, αποστραγγιζόμενα και εισρέοντα ξέχωρα από όμβρια)
 - Παντορροϊκά (για όλα τα είδη προέλευσης)
- Πως θα βρίσκατε την παροχή των ΥΑ μίας περιοχής;
- Τι μονάδες θα χρησιμοποιούσατε;
- Με απευθείας μέτρηση (υφιστάμενες εγκαταστάσεις)
- Με εκτίμηση → πληθυσμός και τύπος/αριθμός εγκαταστάσεων (νέες/μελλοντικές εγκαταστάσεις)

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (3)

Ανοιχτά αυλάκια

- ΔP (π.χ. με στένωση)
- Πολλαπλασιασμό του εμβαδού της κάθετης στη ροή επιφάνειας με τη ταχύτητα του ρευστού



Αυλάκι Parshall με φωτοκύτταρο μέτρησης στάθμης (Μ.Ε.Λ. Ιωαννίνων).

Κλειστοί αγωγοί

- Παρεμβολή εμποδίου και μέτρηση ΔP (σωλήνες τύπου Ventouri)
- Μέτρηση κάποιας επίπτωσης του κινούμενου ρευστού
- Μέτρηση της αύξησης του όγκου του ρευστού

Μέτρηση με **αυλάκι Parshall**

$$Q = k d^n$$

Q : η παροχή (m^3/s)

d : βάθος ροής πριν το στένωμα

k και n συντελεστές που εξαρτώνται από το πλάτος στένωσης w .

π.χ. για $w=25,4\text{mm} \rightarrow k=0,0604$ & $n=1,55$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (4)



Εκτίμηση παροχής υγρών αποβλήτων

Από αρχεία νερού

- i) δεδομένα για την ποσότητα του νερού που παράγεται ή/και εισέρχεται στο σύστημα
- ii) δεδομένα νερού κατανάλωσης από καταναλωτές

Ποσότητα Διάθεσης > Ποσότητα χρήσης από καταναλωτές

(νερό που χάνεται/διαρρέει ή δεν καταμετρείται (πλύσιμο δρόμων & πάρκων))

10 - 12% στα νέα συστήματα διανομής (<25 χρόνια)

15 - 30% στα παλιότερα συστήματα διανομής

Περίπου το **60 - 85%** της κατανάλωσης/κάτοικο καταλήγει ως υγρό απόβλητο.

Για υπολογισμούς, κατά προσέγγιση η παροχή από κατοικίες εκτιμάται ως **150 - 380 L/άτομο·d** , (αριθμός ατόμων νοικοκυριού)

Η συνολική παροχή δίνεται τότε από το γινόμενο της μέσης παροχής κατ' άτομο επί τον συνολικό πληθυσμό της περιοχής (**πληθυσμιακό ισοδύναμο**).

Εκτίμηση παροχής υγρών αποβλήτων

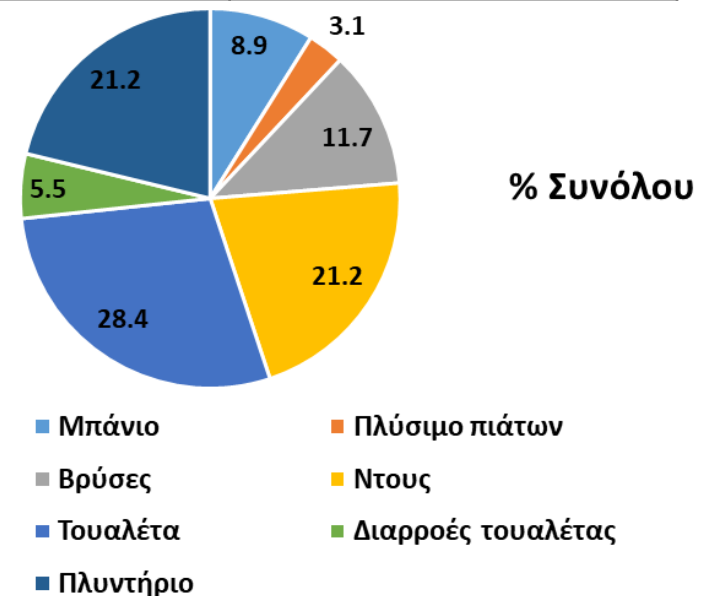
- Η παροχή υγρών αποβλήτων από **εμπορικές περιοχές** εκφράζεται συνήθως σε $m^3/\text{εκτάριο} \cdot d$ και ποικίλλει από 42 έως $1500 m^3/\text{εκτάριο} \cdot d$ ($4,2 - 150 m^3/\text{στρέμμα} \cdot d$).
- Η τυπική μέση παροχή για **βιομηχανικές περιοχές** εξαρτάται από τον τύπο και το μέγεθος των βιομηχανιών και μπορεί να ληφθεί τυπικά ως $5 m^3/\text{στρέμμ} \cdot d$.
- Η μέση παροχή από **αποστραγγιζόμενα νερά** είναι τυπικά $0,02-2,8 m^3/\text{στρέμ} \cdot d$.
- Η παροχή από **εισρέοντα νερά** ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή και γενικά υπολογίζεται δύσκολα.
- Στοιχεία από **δημόσιους οργανισμούς** είναι η καλύτερη πηγή δεδομένων ροής για σχεδιαστικούς σκοπούς.

$$1 \text{ ha} = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 10000 \text{ m}^2 = 10 \text{ στρέμματα}$$

Τυπική αστική χρήση νερού στις ΗΠΑ

	Παροχή, L /κάτοικο day		
Χρήση	Διακύμανση	Μέση τιμή	Ποσοστό επί της μέσης παροχής
Οικιακή	150-490	228	36,4
Βιομηχανική	38-380	266	42,4
Δημόσια χρήση	19-76	38	6
Απώλειες & διαρροές	38-152	95	15,2
Σύνολο	247-1102	627	100

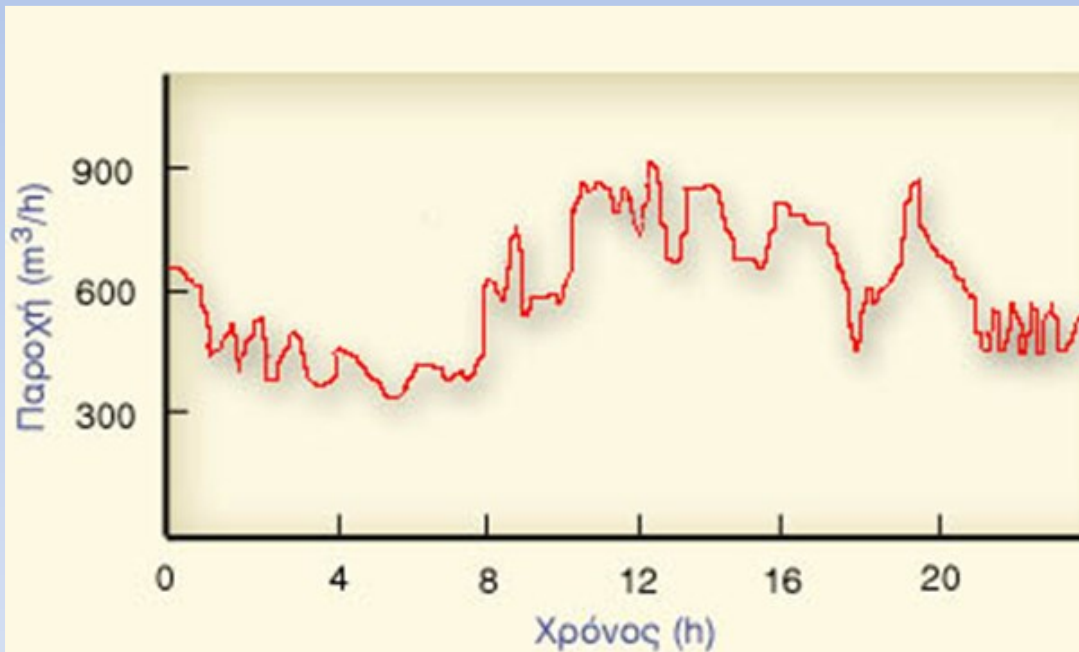
Τυπική κατανομή οικιακής εσωτερικής χρήσης νερού



Τυπικές τιμές ζήτησης νερού από εγκαταστάσεις

Χρήστης	Ροή σε L/(άτομο ή μονάδα)·d
Αεροδρόμιο (ανά επιβάτη)	10-20
Κάμπινγκ	40-60
Διαμέρισμα	80-120
Ξενοδοχείο	300-500
Πανσιόν	120-200
Μοτέλ	400-600
Μονοκατοικία	400-800
Ιδρυμα (μέσο)	400-600
Νοσοκομείο	700-1200
Γραφείο	40-60
Εστιατόριο (μέσο)	25-40
Μπάρ	8-12
Σχολείο	40-60

Διακυμάνσεις Παροχής των Αστικών Υγρών Αποβλήτων



- Ημερήσιες / Εποχικές
- Ακολουθεί την κατανάλωση νερού.
- Εξαρτάται από το **μέγεθος** της πόλης.
- Επίπεδο **ανάπτυξης** της πόλης/χώρας.
- **Κοινωνικοοικονομικές** συνθήκες.

Εκτός από τις διακυμάνσεις παροχής έχουμε και **ποιοτικές** διακυμάνσεις (φορτία μάζας).

Ανάλυση δεδομένων μετρήσεων (1)

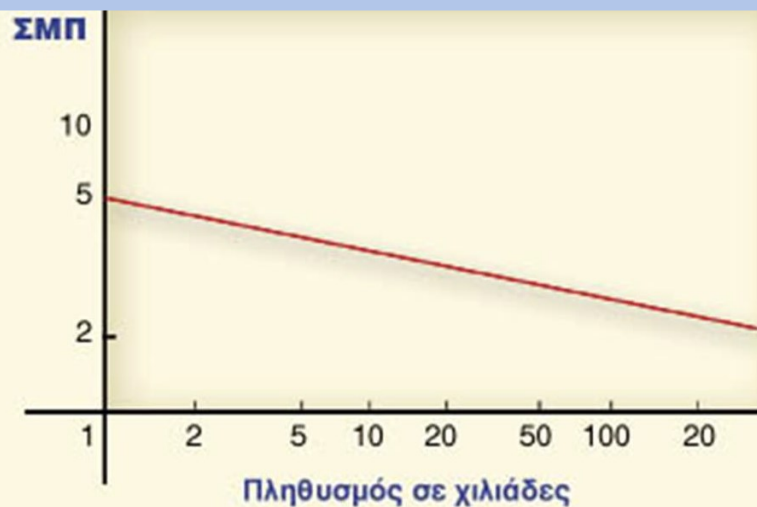
Σημαντικές πληροφορίες:

- **Μέση ημερήσια παροχή (Q_{aver})** → Εκτίμηση ικανότητας επεξεργασίας της μονάδας
- **Μέγιστη ημερήσια παροχή** → χρόνος παραμονής, δεξαμενές εξισορρόπησης
- **Ελάχιστη ημερήσια παροχή** → σχεδιασμός καναλιών για αποφυγή καθίζησης στερεών
- **Μέγιστη ωριαία παροχή (Q_{max})** → σχεδιασμός **αγωγών** ανάσχεσης, αντλιοστασίων, δεξαμενών καθίζησης και χλωρίωσης
- **Ελάχιστη ωριαία παροχή (Q_{min})** → σχεδιασμός άντλησης και ανακυκλοφορίας
- **Παρατεταμένη παροχή** → σχεδιασμός δεξαμενών εξισορρόπησης και υδραυλικών συστημάτων

Για τον **Σχεδιασμό** των ΜΕΛ το βασικότερο μέγεθος είναι η **Μέση Ημερήσια Παροχή (Q_{aver})**
Για το **Σχεδιασμό** των συστημάτων αποχέτευσης η **Μέγιστη Ωριαία Παροχή (Q_{max})**

Ανάλυση δεδομένων μετρήσεων (2)

**Συντελεστής Μέγιστης Παροχής (ΣΜΠ) = Μέγιστη
ωριαία παροχή / Μέση ημερήσια παροχή**



ΣΜΠ για κατοικημένες περιοχές

Τύπος	Μέση Παροχή (m ³ /d)	ΣΜΠ	Μέγιστη Παροχή (m ³ /d)
Κατοικίες	6.000	4.0	24.000
Εμπορικό κέντρο	5.000	1.8	9.000
Σχολείο	150	4.0	600
Βιομηχανικό Πάρκο	5.500	2.1	11.500
Σύνολο	16.550		45.150

Παραδείγματα 2.2 & 2.3

Δίκτυο αποχέτευσης

Ένα αποχετευτικό δίκτυο αποτελείται:

- α) Μεμονωμένους αγωγούς,
- β) Φρεάτια συλλογής και επίσκεψης,
- γ) Δεξαμενή συλλογής και
- δ) Αντλιοστάσια

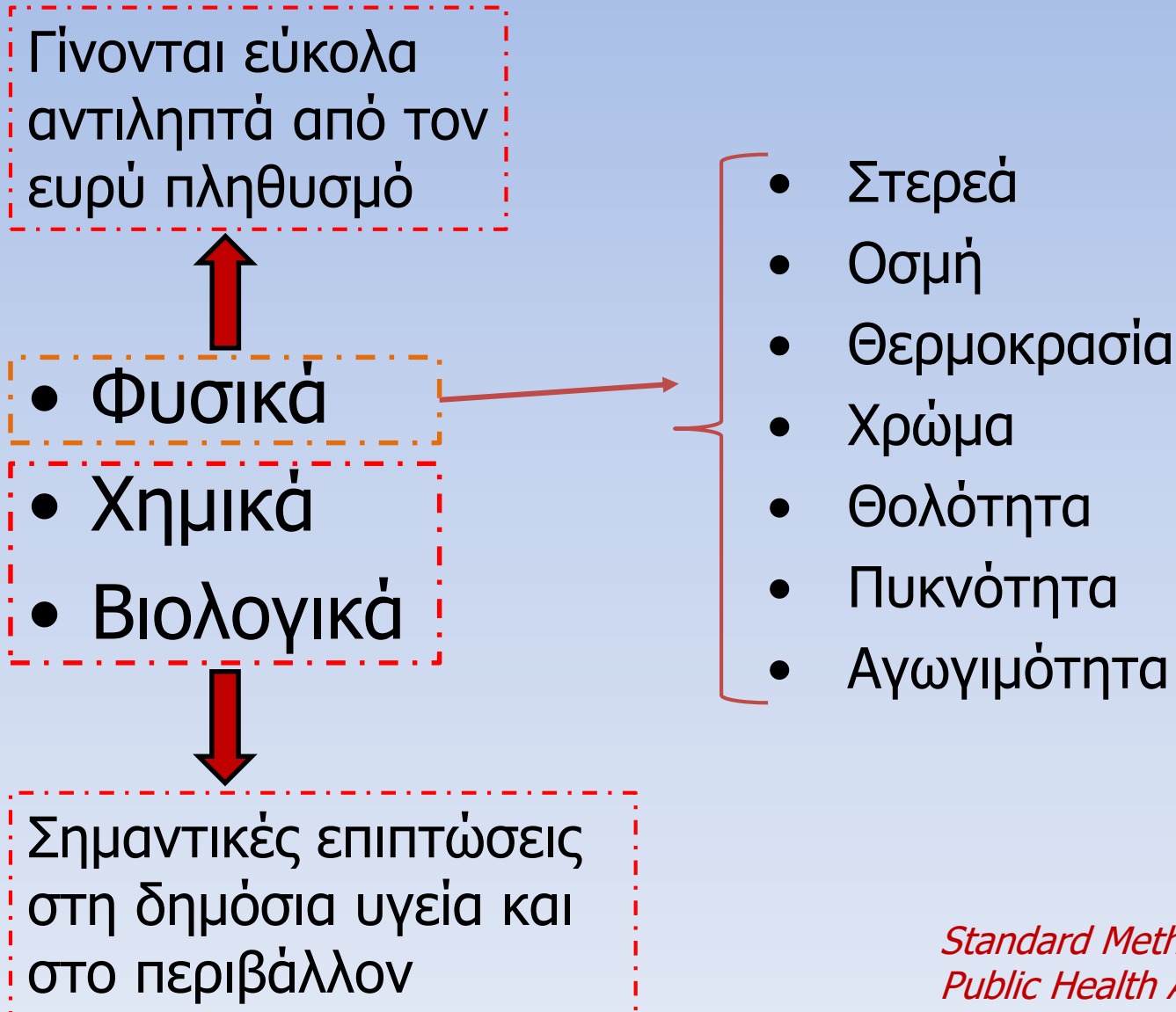
Ο σχεδιασμός ενός αποχετευτικού συστήματος απαιτεί πολλούς προσδιορισμούς **ταχυτήτων, κλίσεων και μεγεθών αγωγών.**



*Κεντρικό αντλιοστάσιο
Δήμου Αγρινίου*

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Λυμάτων

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



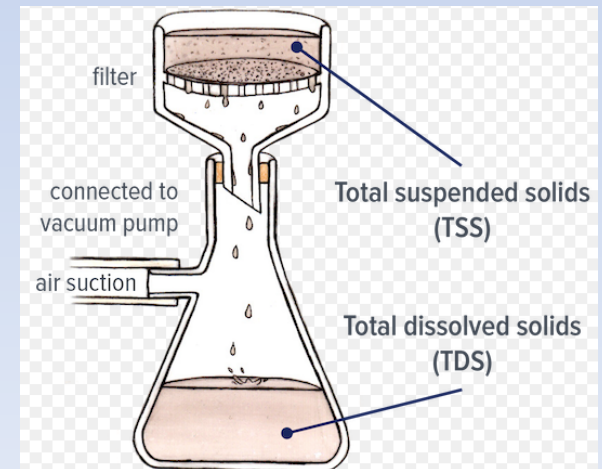
Ολικά στερεά (ΟΣ) - Total solids (TS)

ΟΣ: Η ύλη που απομένει μετά από εξάτμιση στους 103 - 105°C

Τα **Ολικά Στερεά** χωρίζουμε σε δύο κατηγορίες:

- (i) **Αιωρούμενα Στερεά** (ΑΣ) (Suspended Solids)
(μεγέθους $> 1\mu\text{m}$)
- (ii) **Διηθούμενα Στερεά** (ΔΘΣ) (Filterable Solids)
(μεγέθους $< 1\mu\text{m}$).

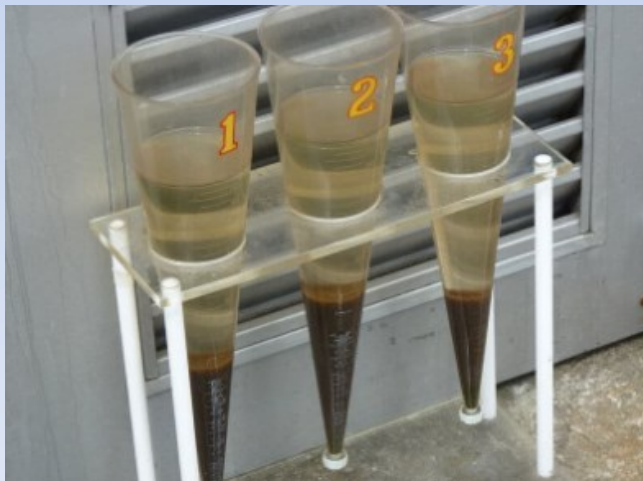
Τα **ΑΣ** τα διαχωρίζουμε από τα **ΔΘΣ** με κατάλληλα φίλτρα.



Αιωρούμενα Στερεά

Τα **ΑΣ** περιλαμβάνουν:

- τα **Καθιζάνοντα Στερεά** (ΚΣ) (settleable solids), ($\sim >$ από $10\mu\text{m}$) (η ύλη που καθιζάνει σε *κώνο Imhoff* σε 1h)
- μη Καθιζάνοντα Στερεά (μηΚΣ)



Τα στερεά που συσσωρεύονται στο κάτω τμήμα του κώνου μετά από 60 λεπτά, (mL/L)

Γύρω στο 60% των ΑΣ στα ΑΥΑ καθιζάνουν.

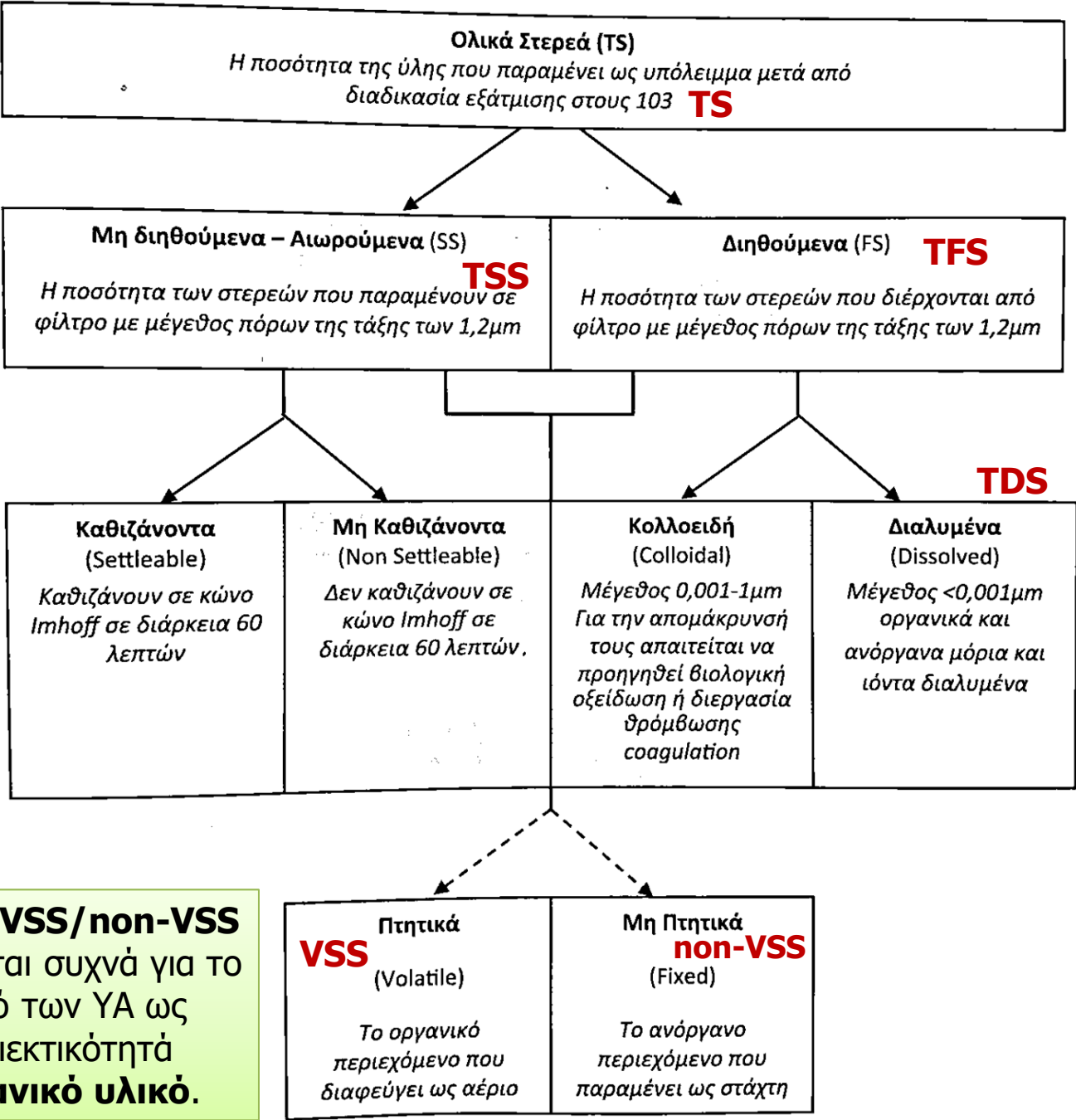
Τα **ΔΘΣ** τα διακρίνουμε σε:

- **κολλοειδή στερεά** (ΚΛΣ) (διάμετρο 0,001 μm - 1 μm) (ξεχωρίζονται με βιολογική οξείδωση ή κροκίδωση και καθίζηση)
- **διαλυμένα στερεά** (ΔΣ) (οργανικά και ανόργανα στερεά διαλυμένα σε υδατικό διάλυμα)

Κάθε κατηγορία στερεών (**TS, TSS, TDS**) μπορούμε να την χωρίσουμε επί πλέον, ανάλογα με την **πτητικότητα**:

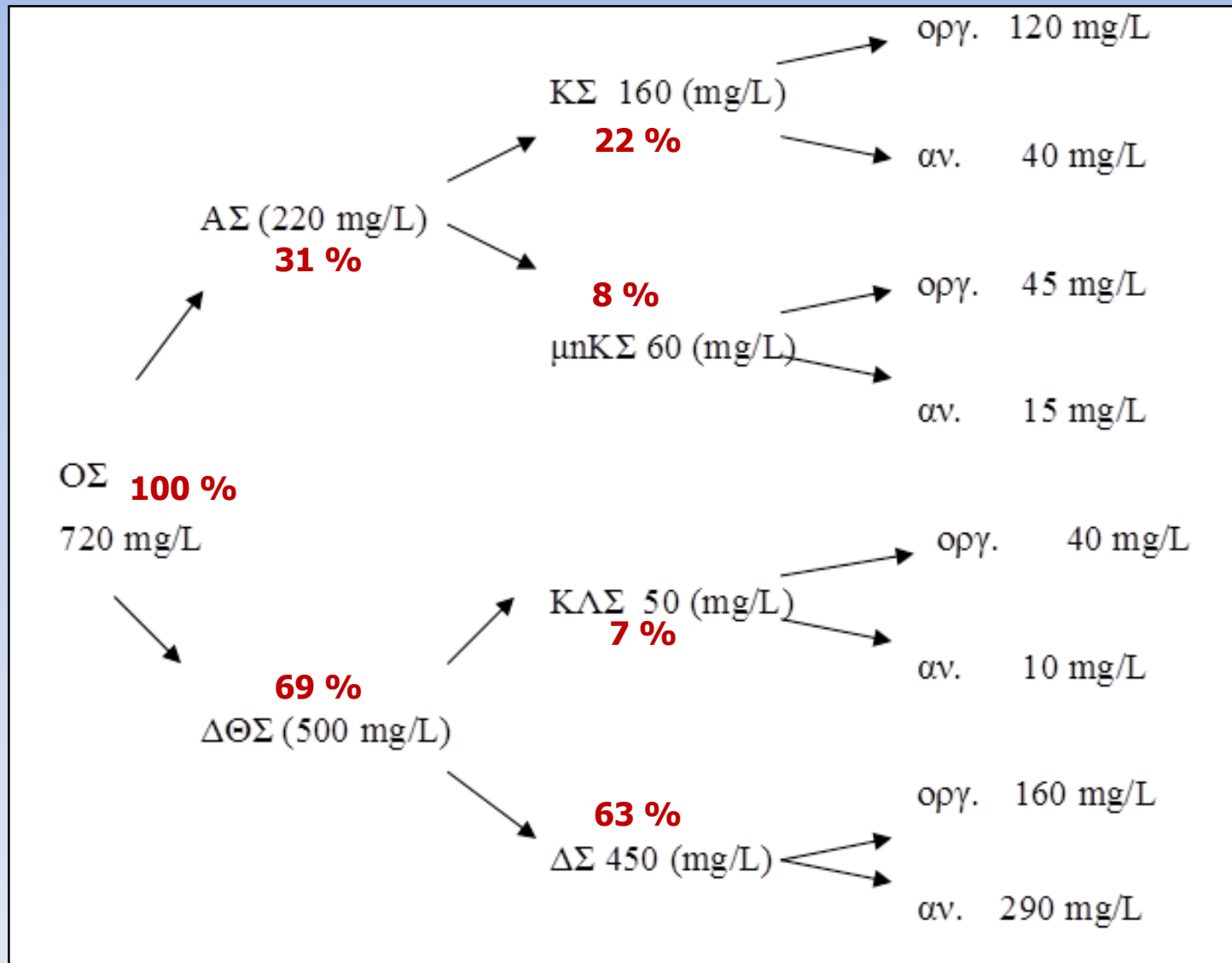
- **πτητικά στερεά** (ΠΣ) (το μέρος που απομακρύνεται με καύση στους 550°C για 15 λεπτά, βασικά οργανικά), και
- **μη πτητικά** στερεά (βασικά ανόργανα)

Κατηγοριοποίηση Ολικών Στερεών



Η αναλογία **VSS/non-VSS** χρησιμοποιείται συχνά για το χαρακτηρισμό των ΥΑ ως προς την περιεκτικότητά τους σε **οργανικό υλικό**.

Τυπική σύσταση των στερεών σε Αστικά Υγρά Απόβλητα



Κατανομή μεγέθους σωματιδίων

- Εξαιρετικής σημασίας για την εκτίμηση της αποδοτικότητας των σταδίων επεξεργασίας (δευτεροβάθμια επεξεργασία, διήθηση και απολύμανση εκροών)
- Ρυθμός αποικοδόμησης ή ρυθμός απολύμανσης εξαρτώνται από το μέγεθος των σωματιδίων
- Μέθοδοι ποσοτικοποίησης
 - Σταδιακή διήθηση
 - Ηλεκτρονική μέτρηση σωματιδίων
 - Απευθείας παρατήρηση σε μικροσκόπιο

Θερμοκρασία

- Η θερμοκρασία των ΥΑ (είναι συνήθως) $>$ της θερμοκρασίας του παρεχόμενου νερού, εξαιτίας της προσθήκης ζεστού νερού από τις δραστηριότητες.
 - Τυπικά ποικίλλει από 10°C - 21°C . Μία **αντιπροσωπευτική τιμή είναι $\sim 16^{\circ}\text{C}$.**
- Γιατί είναι σημαντική η θερμοκρασία των ΥΑ;

Η θερμοκρασία είναι πολύ σημαντική για τις **βιολογικές μεθόδους** επεξεργασίας αποβλήτων, διότι επηρεάζει:

- (α) την διαλυτότητα του οξυγόνου (αλλά και άλλων θρεπτικών)
- (β) την ανάπτυξη μικροοργανισμών ($25-35^{\circ}\text{C}$ βέλτιστες T για βακτηριακή δραστηριότητα)

$$k_2/k_1 = \theta^{(T_2-T_1)}$$

από τη σχέση van't Hoff-Arrhenius

Οσμή

- Η οσμή προκαλείται από **αέρια** που απελευθερώνονται με τη **διάσπαση της οργανικής ύλης** (αμίνες, αμμωνία, υδρόθειο, μερκαπτάνες κ.α.).
- Έλεγχο των οσμών κατά την είσοδο των λυμάτων στις μονάδες επεξεργασίας (συστήματα απόσμησης).



Χρώμα

- Αρχικά είναι ανοιχτό καφέ-γκρι χρώμα. Το οποίο όσο περνάει ο χρόνος μετατρέπεται σε σκούρο γκρι και τελικά σε μαύρο (αναερόβιες συνθήκες → έχουν υποστεί σήψη)
- Οφείλεται σε διαλυτές ενώσεις ή σε κολλοειδείς διασπορές
- Φασματοφωτομετρική ανάλυση για λ : 400-700 nm

- Kg/m^3 , οικιακά απόβλητα $\sim$ ίδια ρ_o με το νερό
- Σχετική πυκνότητα αντί πυκνότητας, $s_{waste} = \rho_{waste} / \rho_o$
- Εξαρτώνται από T ($^{\circ}\text{C}$) και [TS]

Πυκνότητα →

Θολότητα

- Η οπτική ιδιότητα ενός υγρού δείγματος να **προκαλεί διάχυση** φωτός και απορρόφηση, χωρίς να επιτρέπει τη διέλευση του
- Εξαρτάται από τη συγκέντρωση των **αιωρούμενων στερεών**
- Υπάρχουν εμπειρικές σχέσεις που συνδέουν την **θολερότητα** με τα Ολικά Αιωρούμενα Στερεά (**TSS**)
- Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε μονάδες νεφελομετρικής θολότητας (Nephelometric Turbidity Unit)

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)

- Μέτρο της ικανότητας ενός δ/τος να άγει ηλεκτρικό ρεύμα.
- Αυξάνει με την αύξηση ιόντων (Ηλ.Ρεύμα μεταφέρεται με τα ιόντα του δ/τος)
- Εμπειρική σχέση που συνδέει την EC με τα Ολικά Διαλυμένα Στερεά (**TDS**)
$$TDS (mg/L) = EC (mS/m) * (0,55-0,70)$$
- Εμπειρική σχέση που συνδέει την EC με την ιονική ισχύ ενός δ/τος
$$I = 1,6 * 10^{-5} * EC (mS/m)$$

Χημικά Χαρακτηριστικά

- **Οργανικά**

Οι **οργανικές ενώσεις** είναι κυρίως **πρωτεΐνες** 40-60%, **υδατάνθρακες** 25-50%, **λίπη και έλαια** 8-12% (διαλυτά σε εξάνιο), και ουρία (που όμως διασπάται ταχύτατα).

Επίσης περιλαμβάνονται τα απορρυπαντικά, οι φαινόλες και άλλα συστατικά που **δεν είναι βιολογικής προέλευσης**, αλλά περιέχονται στα **ΑΥΑ** εξαιτίας της ανθρώπινης χρήσης.

Μέθοδοι μέτρησης οργανικών

Με πλήρη ανάλυση (;) —————> Τεράστιο φάσμα από οργανικές ενώσεις → ανέφικτο εγχείρημα

Προτείνεται η έμμεση μέτρηση των Οργ.Εν. με διάφορους Συγκεντρωτικούς Δείκτες.

(α) Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (ΒΑΟ), **BOD**

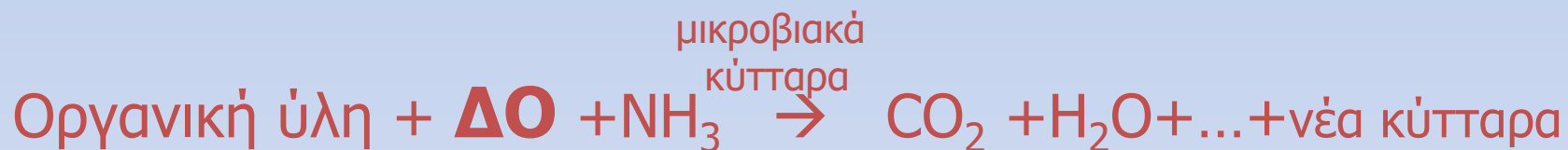
(β) Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (ΧΑΟ), **COD**

(γ) Ολικός Οργανικός Άνθρακας (ΟΟΑ), **TOC**

ThOD υπολογίζεται με βάση το χημικό τύπο του οργανικού υλικού (Βιομηχ ΥΑ).

Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (ΒΑΟ)

- Μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου (**ΔΟ**) που απαιτείται για την **βιολογική οξείδωση** της οργανικής ύλης που περιέχει το απόβλητο, σύμφωνα με την συνολική αντίδραση:



Που μας χρησιμεύουν τα αποτελέσματα του BOD;

- Απαιτήσεις σε O₂ για σταθεροποίηση της Οργ.Υλης
- Διαστασιολόγηση των ΜΕΛ
- Συμμόρφωση με νομοθεσία
- Απόδοση διεργασιών



Συσκευή Μέτρησης BOD₅

Επώαση για 5 ημέρες στους 20°C.

- Δείγμα
- Αραίωση (εάν χρειαστεί)
- Εμβόλιο (μαγιά από βιολογικό)

Τυφλό δείγμα

BOD₅ : 60-70%

Αποφυγή απαίτησης O₂ για
νιτροποίηση

BOD₂₀ : 95-99%

Μετά την επώαση μετρίεται το **ΔΟ** συναρτήσει του χρόνου.

Η κινητική, για πρακτικούς λόγους, συχνά λαμβάνεται ως **πρώτης τάξης**.

Ρυθμός
οξείδωσης BOD

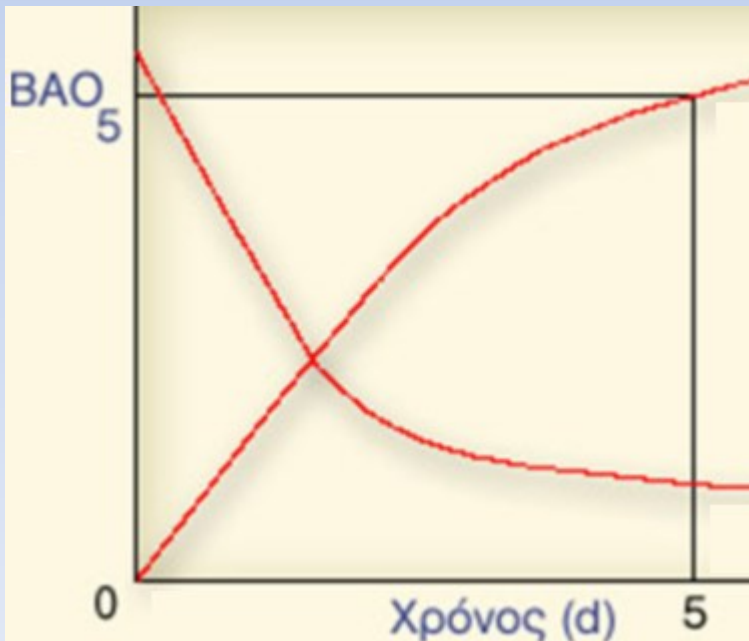
$$\frac{dBOD_r}{dt} = -kBOD_r \quad BOD_r = uBOD(e^{-kt})$$

BOD_r : ποσότητα του αποβλήτου που απομένει τη στιγμή t (days)
εκφρασμένη σε ισοδύναμα οξυγόνου, mg/L

k : σταθερά πρώτης τάξης αντίδρασης, 1/d

$uBOD_t$: ολικό ή τελικό (ultimate) BOD, mg/L

$$BOD_t = uBOD - BOD_r = uBOD - uBOD(e^{-kt}) = uBOD(1 - e^{-kt})$$



BOD_t : ποσότητα του αποβλήτου που έχει καταναλωθεί τη στιγμή t (days)
εκφρασμένη σε ισοδύναμα οξυγόνου, mg/L

$$BOD_t = uBOD * (1 - e^{-kt})$$

Για BOD_5 : $BOD_5 = uBOD (1 - e^{-k5})$

Παράδειγμα 3.2: Προσδιορίστε το BOD_1 και το τελικό BOD ($uBOD$) για ένα ΑΥΑ με $BOD_5=200 \text{ mg/L}$ στους 20°C . ($k=0,23 \text{ d}^{-1}$).
Πόσο θα είναι το BOD_5 ημερών στους 25°C ;

Λύση Άσκησης

1) Προσδιορισμός $uBOD$ με χρήση της εξίσωσης: $BOD_t = uBOD * (1 - e^{-kt})$

$$BOD_t = uBOD(1 - e^{-kt}) \Leftrightarrow BOD_5 = uBOD(1 - e^{-0,23*5}) \Leftrightarrow uBOD = 239 \text{ mg/L}$$

2) Προσδιορισμός BOD_1 με χρήση της εξίσωσης: $BOD_t = uBOD * (1 - e^{-kt})$

$$BOD_1 = 239 * (1 - e^{-0,23*1}) \rightarrow BOD_1 = 60,1 \text{ mg/L}$$

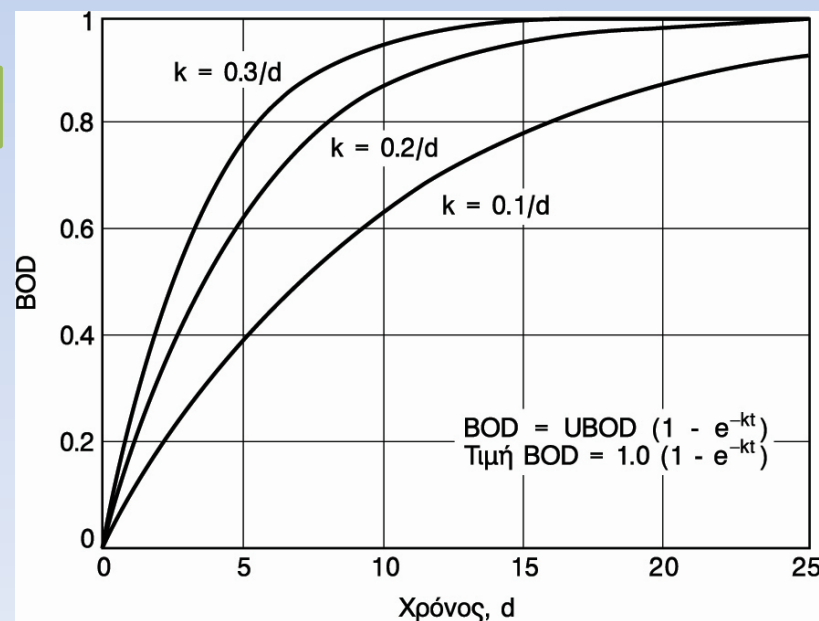
3) Πόσο θα είναι το BOD_5 ημερών στους 25°C ;

Η τιμή της σταθεράς k εξαρτάται από το **είδος του αποβλήτου** και από τη **θερμοκρασία** ($k = 0,12 - 0,46 \text{ d}^{-1}$)
από σχέση van't Hoff-Arrhenius:

$$k_2 = k_1 \theta^{(T_2 - 20)}, \theta = 1,047$$

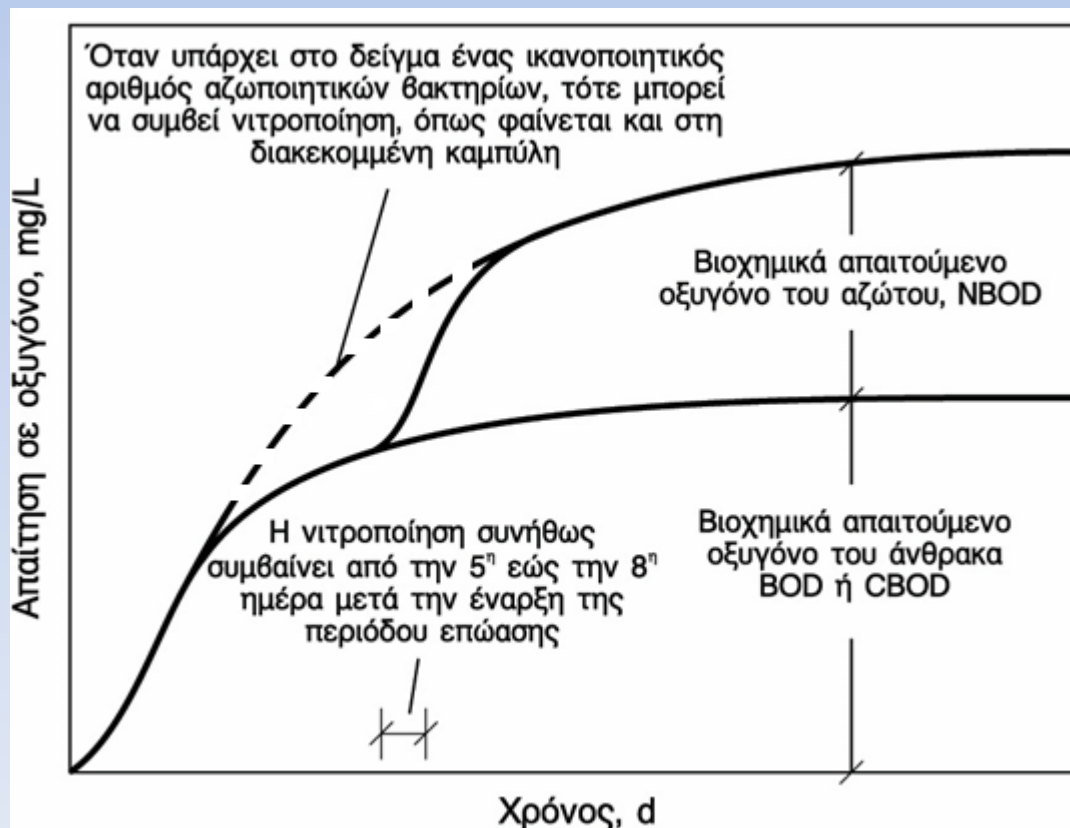
$$k_2 = 0,29 \text{ 1/d}$$

$$BOD_5 = 293 * (1 - e^{-0,29*5}) = 224 \text{ mg/L}$$



Νιτροποίηση στην ανάλυση ΒΑΟ

- Μη οργανικό υλικό, όπως η **αμμωνία**, παράγεται κατά τη διάρκεια της υδρόλυσης των πρωτεϊνών.
- Ορισμένα βακτήρια έχουν την ικανότητα να οξειδώνουν την αμμωνία σε **νιτρώδη** και ακολούθως σε **νιτρικά**.



Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (ΧΑΟ, COD)

- Ποσότητα που απαιτείται για οξείδωση από κάποιο **χημικό οξειδωτικό** παράγοντα.
- Το **διχρωμικό κάλλιο** ($K_2Cr_2O_7$) χρησιμοποιείται τυπικά ως οξειδωτικός παράγοντας και ο θειικός άργυρος ($AgSO_4$) ως καταλύτης.



οργανική
ύλη

ισχυρό
οξειδωτικό

θερμότητα
καταλύτης

Το διχρωμικό κάλλιο **που απομένει** από την αντίδραση μετρίεται με τιτλοδότηση και από κει προσδιορίζεται το COD.

Συσκευή Μέτρησης COD

COD > uBOD

Περισσότερες ενώσεις οξειδώνονται χημικά απ' ότι βιολογικά (π.χ. λιγνίνη).

Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των 2 για διάφορους τύπους αποβλήτων.

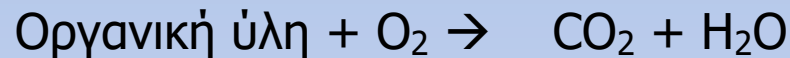
Ο λόγος BOD/COD δείχνει την τοξικότητα.

ΑΥΑ: BOD/COD $\sim 0,3 - 0,8$
(εύκολα επεξεργάσιμα)
< 0,3 τοξικά στοιχεία



Ολικός Οργανικός Άνθρακας (ΟΟΑ, ΤΟC)

Οξειδωση με οξυγόνο στους 950°C, σε ειδικό κλίβανο, παρουσία καταλύτη. Η αντίδραση μπορεί να γραφεί ως:



καταλύτη

μετράται με υπέρυθρο αναλυτή και



συσχετίζεται με το περιέχομενο σε C

Το δείγμα αρχικά καθίσταται όξινο και αερίζεται για να απομακρυνθούν τα ανόργανα συστατικά (όπως CO₂). Η ανάλυση παίρνει μόνο **2-10 min**, κάτι που αποτελεί βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου.

Σημαντικό CAPEX αλλά μικρό OPEX.

Ανίχνευση υπολοίπου TOC σε επεξεργασμένες ροές.

Όπως και στο COD έτσι κι εδώ, για καλύτερη ανάλυση, έχουμε διαχωρισμό του στερεού από το υγρό κλάσμα.

Ανόργανα

(α) Το $pH = -\log_{10}[H^+]$

Επηρεάζει σημαντικά τη βιολογική δραστηριότητα (pH 6-9). Τα ΑΥΑ είναι συνήθως αλκαλικά.

(β) Τα *χλωρίδια* : προέλευση κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (~6 g χλωριούχων/ άτομο/ημέρα και φυσική αποσάθρωση του εδάφους)

(γ) Η *αλκαλικότητα* : από την παρουσία υδροξειδίων, ανθρακικών και διττανθρακικών αλάτων στοιχείων όπως το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο, το κάλιο και η αμμωνία.

Συνεισφέρει στην αντίσταση ενάντια στις αλλαγές του pH που προκαλούνται από την προσθήκη οξέων.

Μετριέται με τιτλοδότηση με οξύ γνωστής συγκέντρωσης (mg/L $CaCO_3$)

Ανόργανα

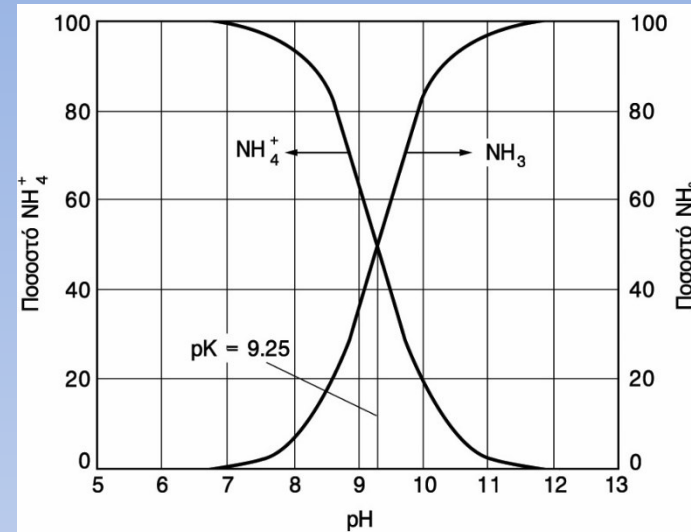
Το **άζωτο** : σημαντικό γιατί απαιτείται για την ανάπτυξη μικροοργανισμών (βασικό θρεπτικό συστατικό)

- **Οργανικό Άζωτο (πρωτεΐνες)**
- **Αμμωνία**
- **Νιτρώδη & Νιτρικά**

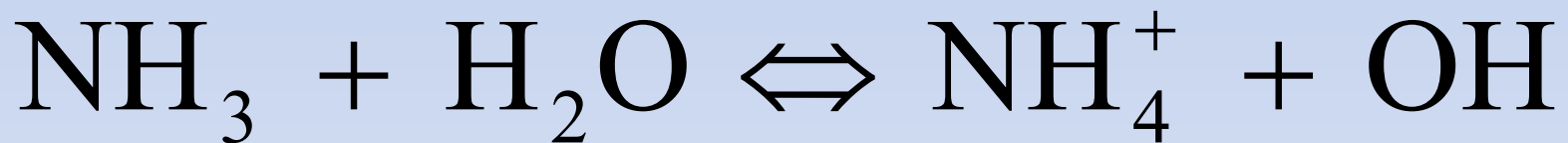
Περίσσεια αζώτου οδηγεί σε ανάπτυξη φυκών (ευτροφισμός).

Έλλειψη αζώτου οδηγεί σε ακατάλληλο νερό για ανάπτυξη μικροβίων (βιολογικός καθαρισμός).

Το **άζωτο** βρίσκεται στα ΑΥΑ κυρίως με τη μορφή **αμμωνίας** η οποία βρίσκεται σε ισορροπία με ιόντα αμμωνίου σύμφωνα με την αντίδραση:



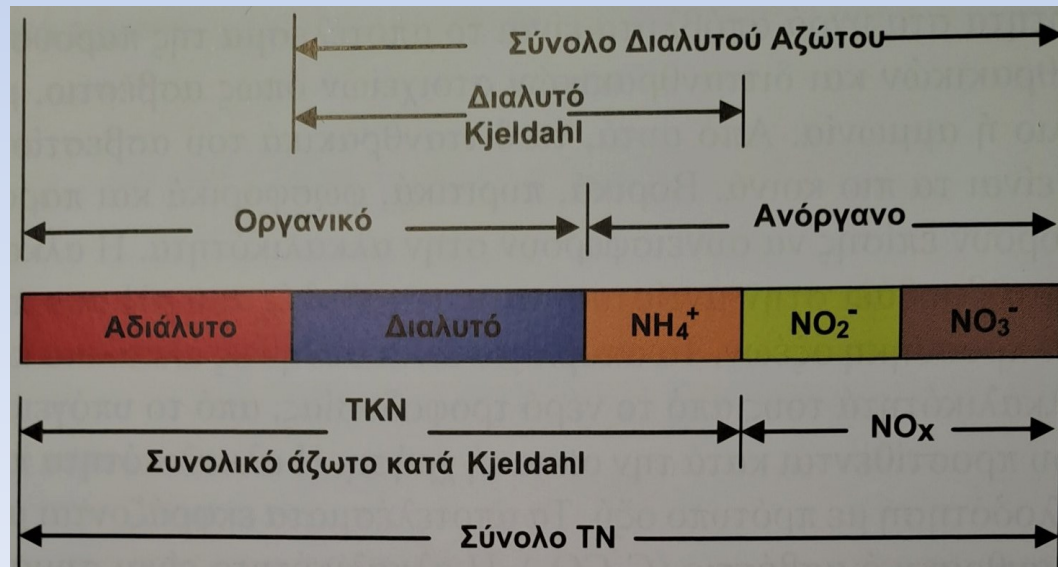
Για $pH > 7$ (αλκαλικό διάλυμα) η ισορροπία μετατοπίζεται προς τα αριστερά)



Η μέτρηση γίνεται με βρασμό μετά από αύξηση του pH και **φασματοσκοπική μέτρηση της αμμωνίας** που περιέχεται στο απεσταγμένο νερό.

- Εκτός από αμμωνία, τα απόβλητα περιλαμβάνουν και **Οργανικό Άζωτο** που προσδιορίζεται με την μέθοδο **Kjeldahl** (TKN).
- Το TKN είναι το άθροισμα του **ΟΑ + Αμμωνιακού αζώτου (ΑΑ)**.
- Τέλος, το άζωτο βρίσκεται και σε **ιόντα NO_2^-** (τυπικά σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 1 mg/L μιας και γρήγορα οξειδώνονται σε νιτρικά) και **NO_3^-** τα οποία σε συγκεντρώσεις άνω των 45 mg/L είναι επικίνδυνα για την υγεία.

Μορφές Αζώτου στα Αστικά Λύματα

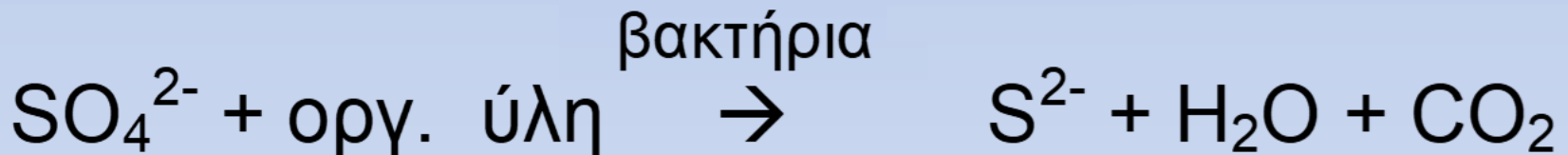


Φώσφορος

- Η παρουσία **φωσφόρου** είναι επίσης σημαντική για την ανάπτυξη των απαιτούμενων μικροοργανισμών σε μία εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού.
- Συνήθως τα αστικά υγρά απόβλητα περιέχουν **4-15 mg/L φωσφόρου**.
- Οι συνήθειες του μορφές είναι:
 - **ορθοφωσφορικά** (μεταβολίζονται άμεσα χωρίς περαιτέρω διάσπαση) PO_4^{-3} , HPO_4^{-2} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$, H_3PO_4
 - **πολυφωσφορικά** (με υδρόλυση σε ορθοφωσφορικά)
 - **οργανικός φωσφόρος** (μη σημαντικές συγκεντρώσεις σε αστικά απόβλητα)

Θείο

- Το **θείο** απαιτείται για την σύνθεση πρωτεϊνών των μικροοργανισμών
- Το θείο, συνήθως συναντάται στα αστικά υγρά απόβλητα, υπό την μορφή **θειικών** και ανάγεται σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



- Το **υδρόθειο (H₂S)** ελευθερώνεται ως αέριο και είναι τοξικό και δύσοσμο.
- Όταν συσσωρεύεται (π.χ. σε σωληνώσεις) οξειδώνεται βιολογικά σε θειικό οξύ.

Διάφορες τοξικές ενώσεις & στοιχεία



Βαρέα μέταλλα

- Cu^+
- Pb^+
- Ag^+
- Cr^{3+}
- As
- B
- CN^-
- CrO_4^{2-}

Ένας ρύπος χαρακτηρίζεται τοξικός όταν έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει σοβαρή βλάβη ή θάνατο σε ανθρώπους/ζώα/μικροοργανισμούς.

Οι παρούσα τους καθορίζει και την επεξεργασία και διάθεση των υγρών αποβλήτων περιορίζοντας τις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης (ΥΑ ή λάσπης).

Μακροστοιχεία ή ιχνοστοιχεία μετάλλων απαιτούνται για την κανονική ανάπτυξη όλων των μ/ων. Τα ίδια μέταλλα μπορεί να είναι τοξικά σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Πηγές

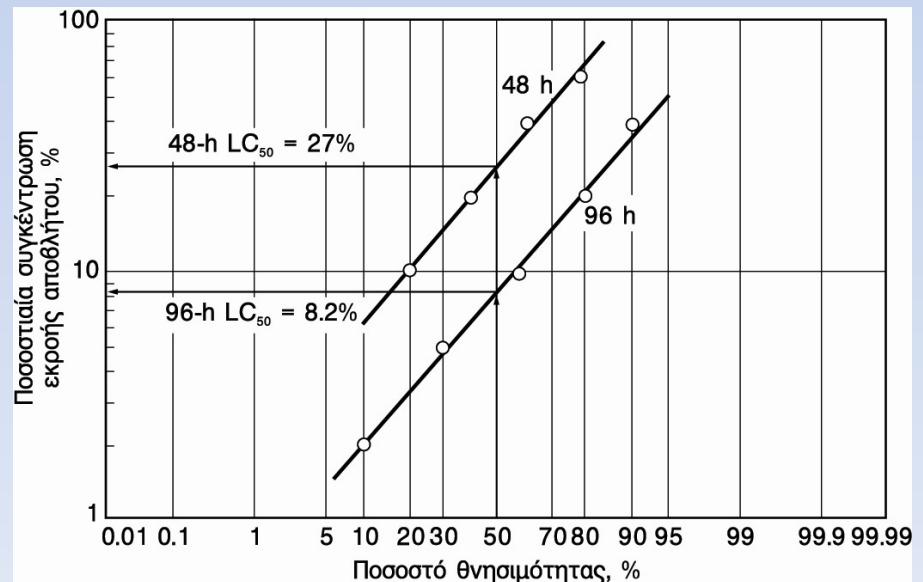
- Παρασιτοκτόνα, Εντομοκτόνα, Ζιζανιοκτόνα
- Βιομηχανικά υγρά απόβλητα (ηλεκτρονικών)

Μέτρηση

- Atomic Absorption Spectroscopy

Προσδιορισμός τοξικότητας

- Πειράματα με βραχείες αλλά και χρόνιες εκθέσεις σε υδρόβιους οργανισμούς
- Η τοξικότητα εκφράζεται με την θνησιγόνα συγκέντρωση στο 50% (LC50) ή με την συγκέντρωση επίδρασης στο 50% (EC50).
- Σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης.



Βιολογικά Χαρακτηριστικά

- Τα υγρά απόβλητα περιέχουν διάφορους μικροοργανισμούς, ορισμένοι εκ των οποίων μπορεί να είναι **παθογόνοι**.
- Οι μικροοργανισμοί που βρίσκονται σε σημαντικές συγκεντρώσεις είναι τα λεγόμενα **κολοβακτηρίδια**.
Κάθε άτομο παράγει 100 έως 400 δισ. κολοβακτηρίδια την ημέρα.
- Τα ίδια είναι σχετικά ακίνδυνα, αλλά **η παρουσία τους συχνά συνεπάγεται και παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών.**
- Η παρουσία των κολοβακτηριδίων μετράται με βάση την ικανότητά τους να ζυμώσουν **διάλυμα λακτόζης**, όπως τεκμηριώνεται από την παραγωγή αερίων.

Βιοδείκτες

- Λίγοι παθογόνοι ενώ σε πληθώρα οι μη – παθογόνοι
- Γι' αυτό χρησιμοποιούνται βιοδείκτες οργανισμοί για την παρουσία παθογόνων
 - Βακτηριακοί δείκτες
 - Ιοί
- PCR – Polymerase Chain Reaction
(αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης)

Οι **απαιτήσεις** για απορρίψεις από ΜΕΛ καθορίζονται από την εκάστοτε νομοθεσία: ΚΥΑ 5673/400/1997

Στην Ελλάδα η ισχύουσα νομοθεσία περιλαμβάνεται στην Κοινή Υπουργική Απόφαση η οποία εναρμονίζει την Ελληνική νομοθεσία με την **οδηγία 91/271 της ΕΕ** για τη διαχείριση των ΑΥΑ.

Παράμετρος	Συγκέντρωση (mg/L)	Τυπικές συγκεντρώσεις ΑΥΑ (mg/L)	Ελάχιστη ποσοστιαία μείωση (%)
ΒΑΟ ₅	25	110-400	70-90
ΧΑΟ	125	250-1000	75
Ολικά Αιωρούμενα Στερεά	35	100-350	90

Απαιτήσεις για διάθεση από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων σε **ευαίσθητες** περιοχές ΚΥΑ 5673/400

Παράμετρος	Συγκέντρωση (mg/L)	Τυπικές συγκεντρώσεις ΑΥΑ (mg/L)	Ελάχιστη ποσοστιαία μείωση (%)
Ολικός Φωσφόρος	2 (10.000-100.000 ι.κ.) 1 (άνω των 100.000 ι.κ.)	4-15	80
Ολικό Άζωτο (TKN)	15 (1.000-100.000 ι.κ.) 10 (άνω των 100.000 ι.κ.)	20-85	70-80

ι.κ. ισοδύναμοι κάτοικοι

1 ισοδύναμος κάτοικος (1 ι.κ.) = 60 g BOD₅ ανά ημέρα

Τυπική σύσταση ΑΥΑ

Συστατικό , mg/L	Περιοχή
pH, -	7 – 7.4
TS	350 – 1200
BOD ₅	110 – 400
COD	250 – 1000
N-ολικό	20 – 85
NH ₃	12 – 50
P-ολικό	4 – 15
Αλκαλικότητα (CaCO ₃)	50 – 200
Ολικά κολοβακτηρίδια, μονάδες/100 ml	10 ⁶ – 10 ⁹

ΔΙΑΘΕΣΗ Επεξεργασμένων ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- Έδαφος
- Επιφανειακά νερά
 - Θάλασσα
 - Ποταμός
 - Λίμνη

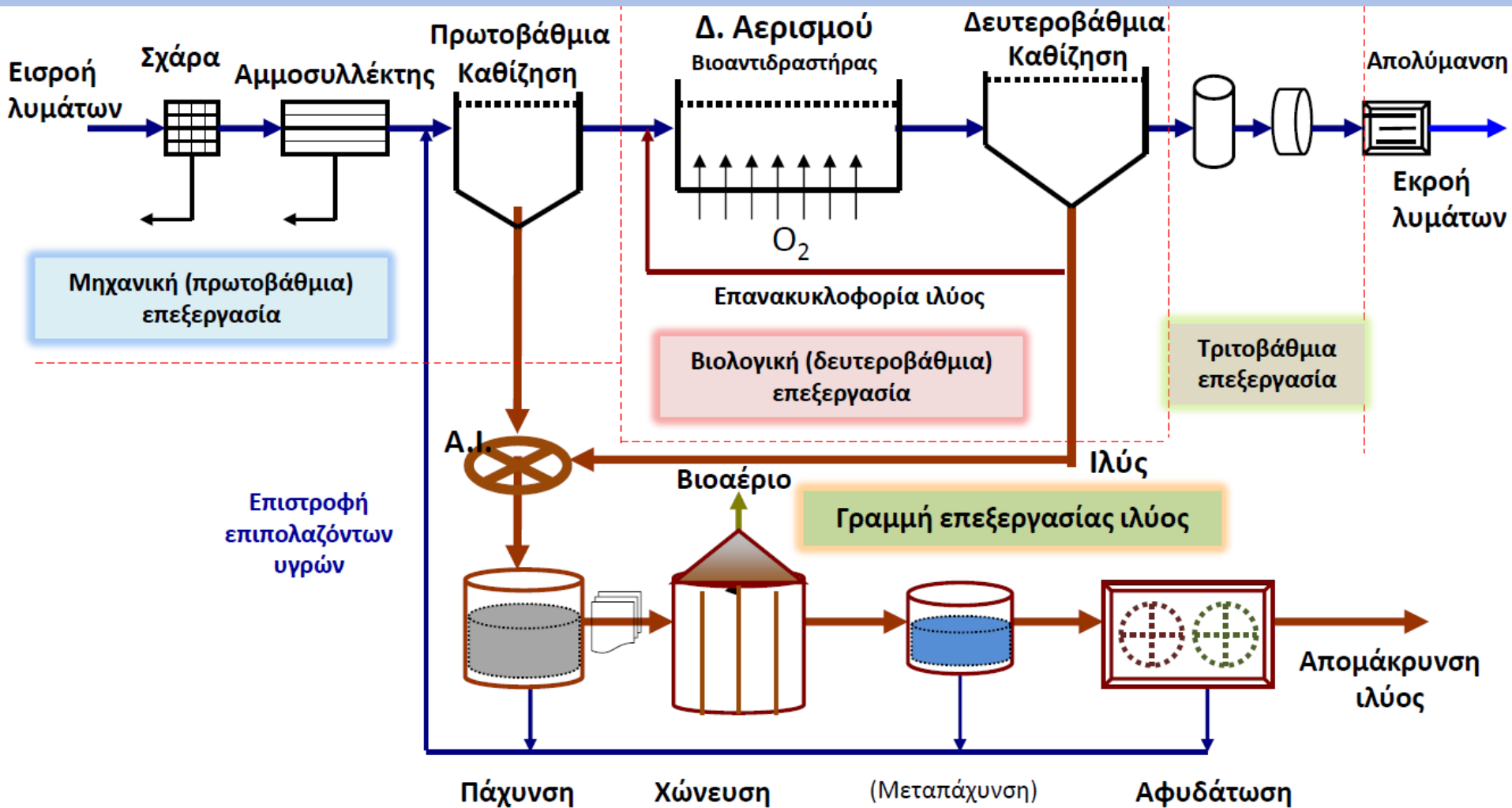
Επίπεδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

- **Προεπεξεργασία:** χρήση φυσικών λειτουργιών όπως σχάρισμα, αμμοσυλλογή, λιποσυλλογή και εξισορρόπηση, που στοχεύουν στην **προετοιμασία** των αποβλήτων.
- **Πρωτοβάθμια επεξεργασία:** χρήση φυσικών λειτουργιών όπως καθίζηση και επίπλευση για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών.
- **Δευτεροβάθμια επεξεργασία:** χρήση κυρίως βιολογικών αλλά & φυσικοχημικών διεργασιών για την απομάκρυνση κολλοειδών καθώς & οργανικών ουσιών.
- **Τριτοβάθμια επεξεργασία:** πρόσθετος χειρισμός για απομάκρυνση ρύπων που διαφεύγουν της ΔΕ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΙΛΥΟΣ

- Η **ιλύς** η οποία παράγεται στις διάφορες επιμέρους διεργασίες σε μια ΜΕΛ περιέχει **0,25 έως 12%** στερεά.
- Προκειμένου να διατεθεί η ιλύς, απαιτείται η **σταθεροποίησή** της (μείωση οργανικού φορτίου και καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχει) και η **αφυδάτωσή** της.
- Οι πηγές της ιλύος περιλαμβάνουν:
 - τα **εσχαρίσματα**
 - την **αμμοσυλλογή**
 - τις **δεξαμενές** πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας **καθίζησης**
 - την **δεξαμενή αερισμού** (εφ' όσον απομακρύνεται ιλύς από εκεί).

Επεξεργασία Αστικών Λυμάτων



Ο Ρόλος του Μηχανικού

- **Υπολογίζει** και καθορίζει τόσο τα ποσοτικά όσο και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων
- Σχεδιάζει τοπικά συστήματα για **μείωση** ρύπων των **βιομηχανικών αποβλήτων** πριν την διάθεσή τους στους αποχετευτικούς αγωγούς των αστικών λυμάτων.
- Σχεδιάζει τους **αγωγούς** για την συγκέντρωση των υγρών αποβλήτων από τις πηγές τους.
- Επιλέγει, αναλύει και σχεδιάζει τις μονάδες επεξεργασίας που επιτυγχάνουν τον **απαιτούμενο καθαρισμό**.
- Επιλέγει, αναλύει και σχεδιάζει τις μονάδες επεξεργασίας της ιλύος που παράγεται από την **επεξεργασία του νερού**.
- Σχεδιάζει τις εγκαταστάσεις για την **διάθεση** του καθαρισμένου νερού και της παραγόμενης ιλύος, καθώς και εξετάζει την δυνατότητα **επαναχρησιμοποίησης** του καθαρισμένου νερού.

**Akrokeramos
Facilities**

Piraeus

Psyttalia Island

