

Κίνδυνοι στην υγεία από το υδάτινο περιβάλλον. Μελέτες περίπτωσης

Ελένη Σαζακλή

Επίκ. Καθηγήτρια

Υγιεινής – Περιβαλλοντικής Υγιεινής

Ορισμοί

- **Ρύπανση:** εισαγωγή στο περιβάλλον ουσιών που η ποσότητα, τα χαρακτηριστικά και η διάρκεια είναι πιθανό να προκαλέσουν βλάβη στον άνθρωπο, τα ζώα ή τη ζωή του πλανήτη.
- **Μόλυνση:** η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο περιβάλλον ή δεικτών που υποδηλώνουν έμμεσα τη δυνατότητα παρουσίας τέτοιων οργανισμών.

Ορισμοί

- **Υγρά απόβλητα:** τα υγρά και οι λάσπες που ρέουν εύκολα και αποβάλλονται από κατοικίες, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μεταφορικά μέσα ή μονάδες επεξεργασίας και γενικά από οποιοσδήποτε εγκαταστάσεις μιας περιοχής.
- **Λύματα:** τα υγρά απόβλητα που σχετίζονται με την καθημερινή ανθρώπινη χρήση νερού.
- **Βιομηχανικά ή γεωργικά απόβλητα:** υγρά απόβλητα βιομηχανικών ή βιοτεχνικών εγκαταστάσεων που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλών που χρησιμοποιούνται καθώς και των πτηνοτροφικών, ιχθυοτροφικών ή γεωργικών εγκαταστάσεων.

Απόβλητα & Λύματα

- **Επεξεργασία καθαρισμού υγρών αποβλήτων:** κάθε τεχνική χειρισμού των αποβλήτων που απομακρύνει ή τροποποιεί κατάλληλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, ώστε να εξαλείφονται ή να ελαττώνονται οι δυσμενείς συνέπειες από τη διάθεσή τους στο περιβάλλον.
- **Αποδέκτες υγρών αποβλήτων:** φυσικοί υποδοχείς που καταλήγουν τα απόβλητα, μετά από επεξεργασία ή όχι, για τελική διάθεση (επιφανειακά ή υπόγεια νερά, έδαφος ή υπέδαφος).

ΓΙΑΤΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ?

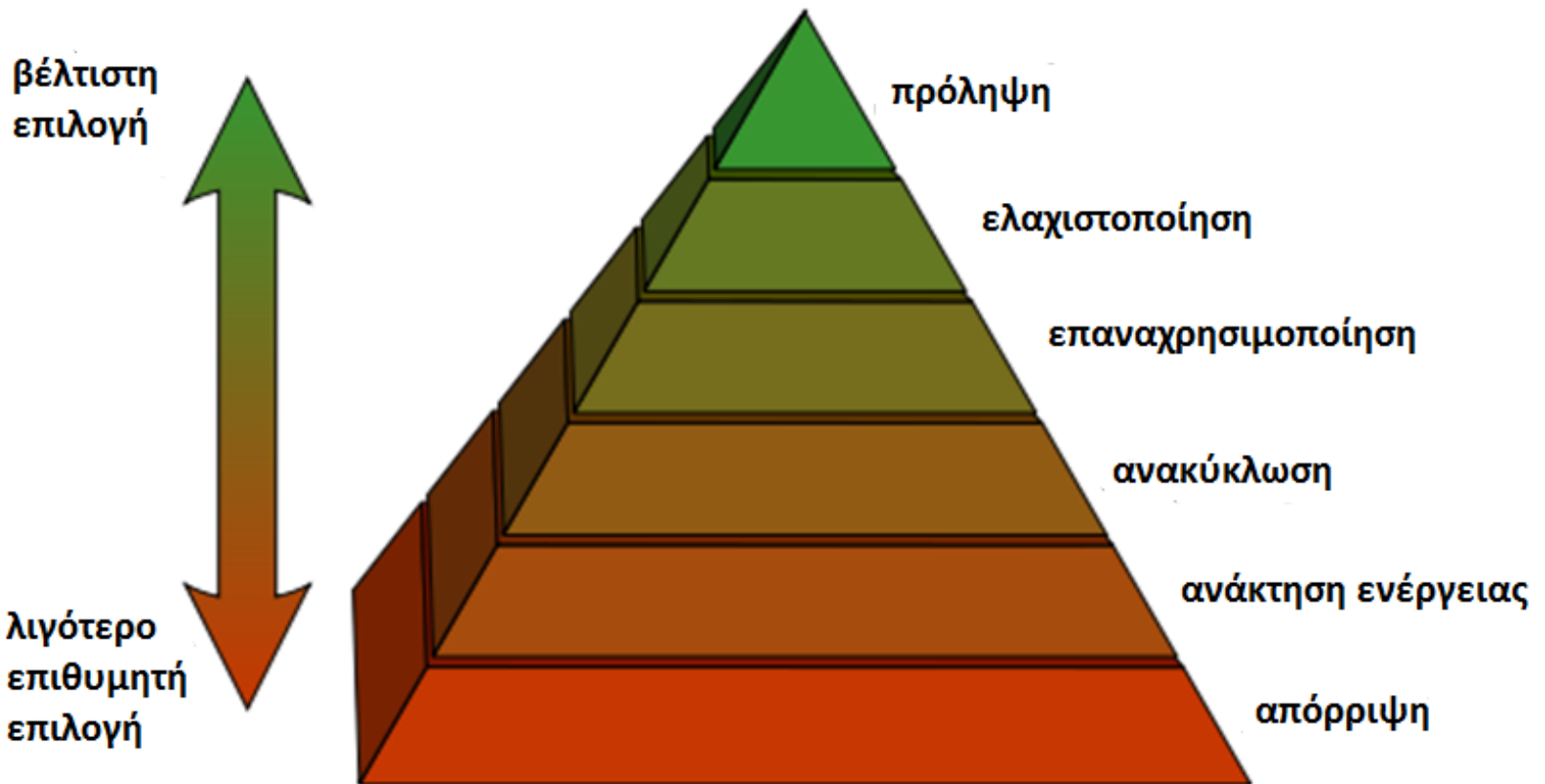
Κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία

- Παθογόνοι μικροοργανισμοί (ιοί, βακτήρια, πρωτόζωα)
- Θρεπτικά συστατικά
- Τοξικά μέταλλα/μεταλλοειδή
- Τοξικές οργανικές ενώσεις
 - Παραπροϊόντα απολύμανσης
 - Φαρμακευτικές ενεργά ενώσεις
 - Αντιβιοτικά
 - Οιστρογόνα
 - Ψυχοτρόπες ουσίες

Κίνδυνοι για το περιβάλλον

- Ποιότητα αρδευτικού νερού
- Ποιότητα επιφανειακών πηγών
- Βιοποικιλότητα και λειτουργικότητα μικροοργανισμών
- Παραγωγικότητα καλλιεργειών
- Συσσώρευση οργανικών ενώσεων (φαρμακευτικές ενώσεις, προϊόντα προσωπικής φροντίδας, παραπροϊόντα απολύμανσης)

Ορθή περιβαλλοντική πρακτική



Αποχέτευση

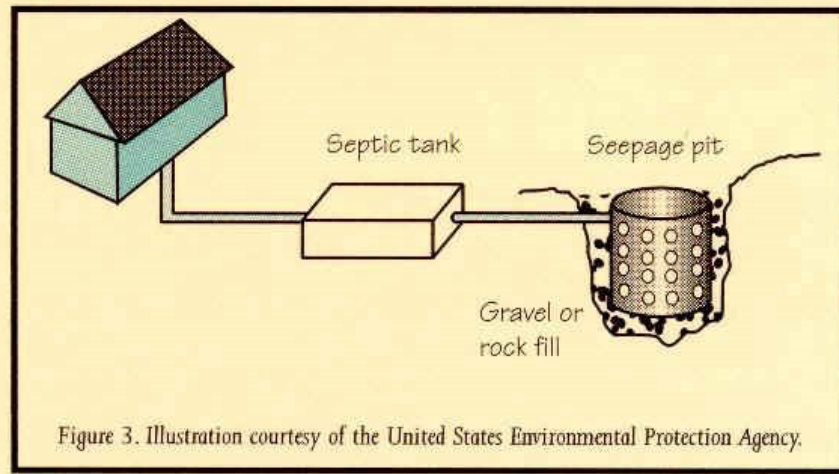
- Σύνολο των έργων και εγκαταστάσεων για τη συλλογή, μεταφορά, επεξεργασία και διάθεση των υγρών αποβλήτων, από τα σημεία που παράγονται μέχρι τον τελικό αποδέκτη.
- Σκοπός είναι η **υγιεινή συλλογή και απομάκρυνση** των υγρών αποβλήτων από το περιβάλλον και η **τελική διάθεση** κατά τρόπο υγιεινό και αποδεκτό για τα οικοσυστήματα, τους γήινους πόρους και την αισθητική του περιβάλλοντος

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

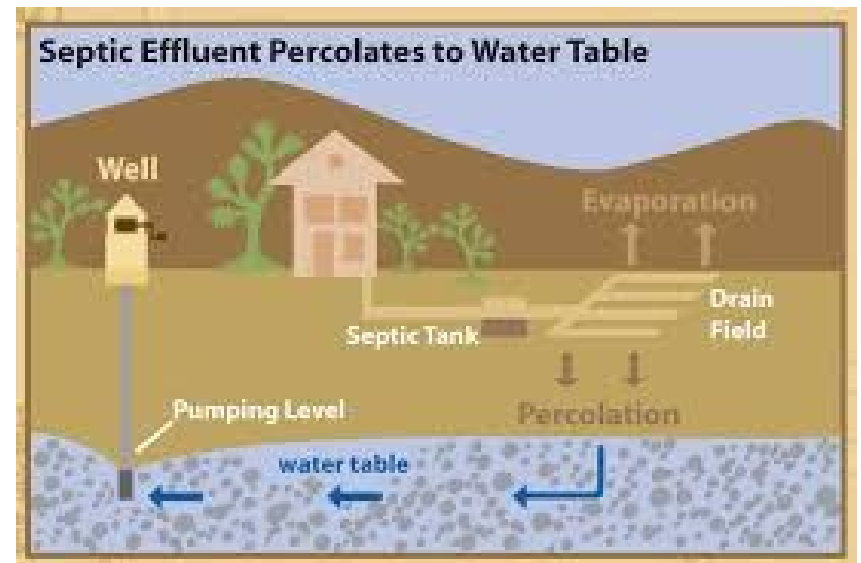
Α. Μέθοδοι διάθεσης υγρών αποβλήτων **όταν δεν υπάρχει σύστημα υπονόμων.**

1. Ξηρό αποχωρητήριο (δεν ενδείκνυται)
2. Απορροφητικός βόθρος (δεν ενδείκνυται)
3. Σηπτικός βόθρος σε συνδυασμό είτε με φίλτρα οριζόντιας ή κάθετης ροής είτε με τελική υπεδάφια διάθεση σε μικρό βάθος.

Ξηρό αποχωρητήριο

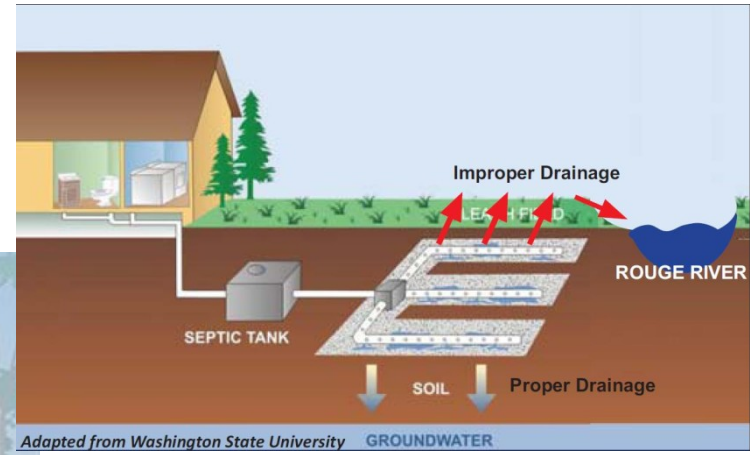
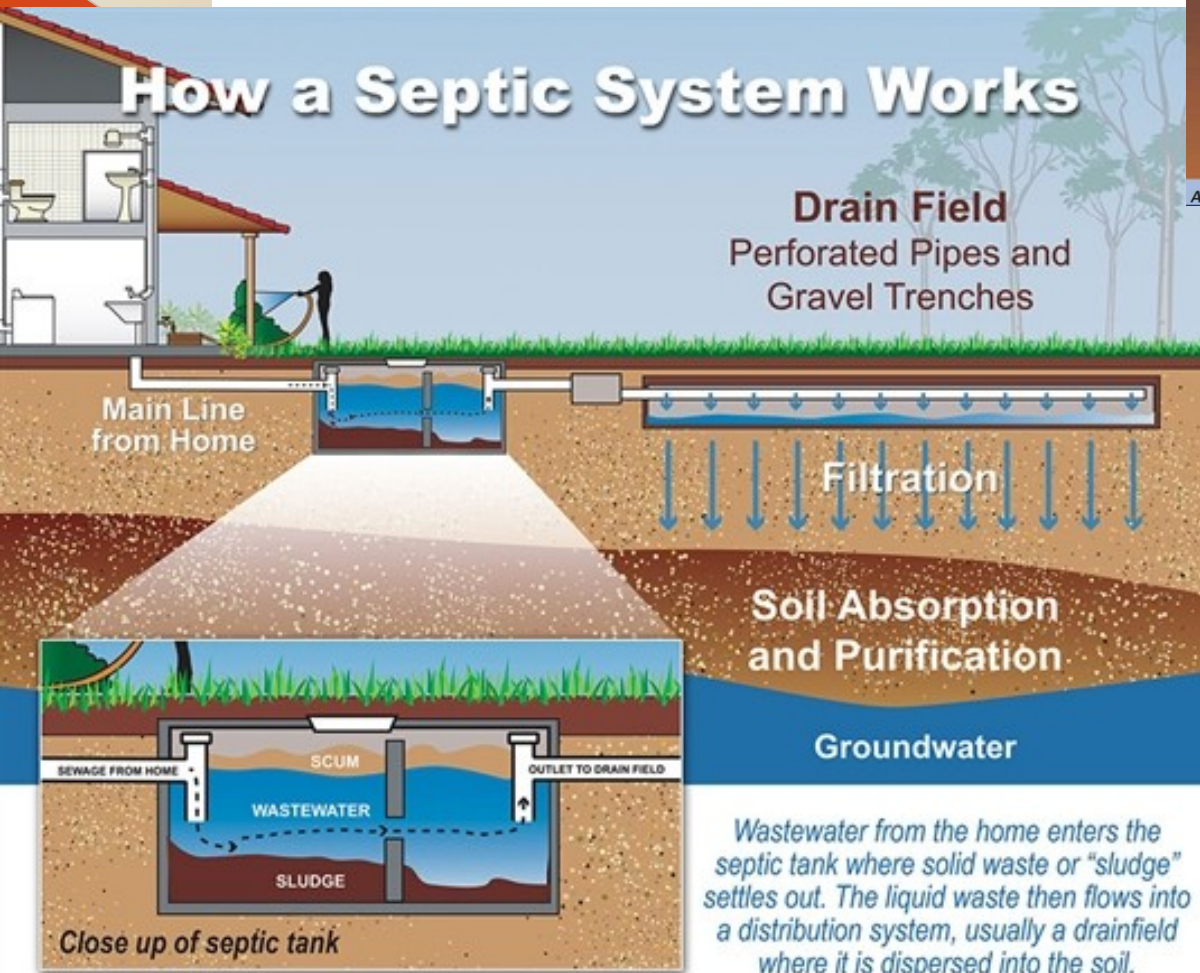


Schematic of a Seepage Pit (Dry Well)



Απορροφητικός βόθρος

ΥΠΕΔΑΦΙΟ ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Σύστημα αποχέτευσης

B. Συστήματα αποχέτευσης σε αστικές ή περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές.

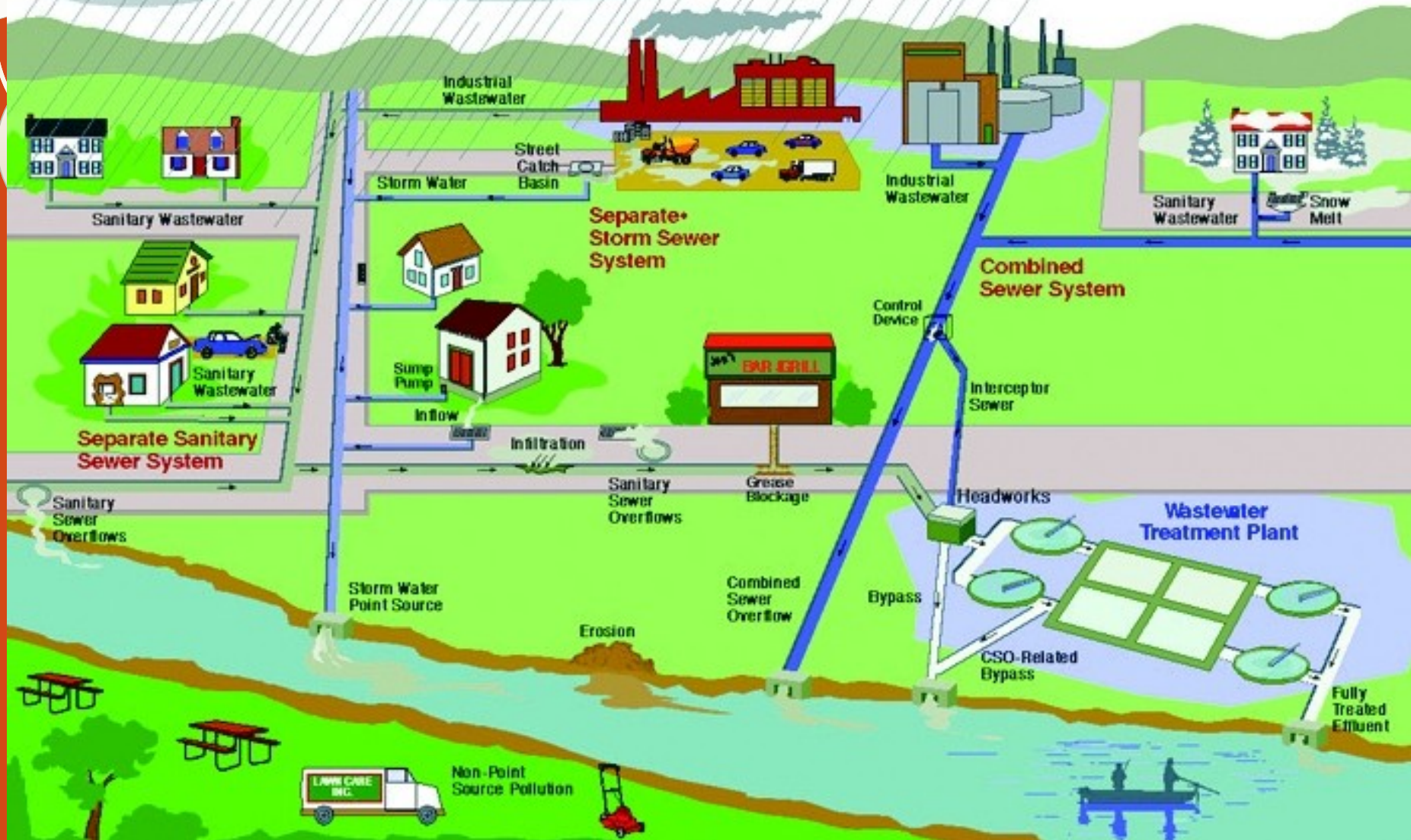
Το ολοκληρωμένο σύστημα περιλαμβάνει:

- Δίκτυο υπονόμων (συλλογή υγρών αποβλήτων)
- Εγκατάσταση επεξεργασίας
- Σύστημα διάθεσης στον τελικό αποδέκτη

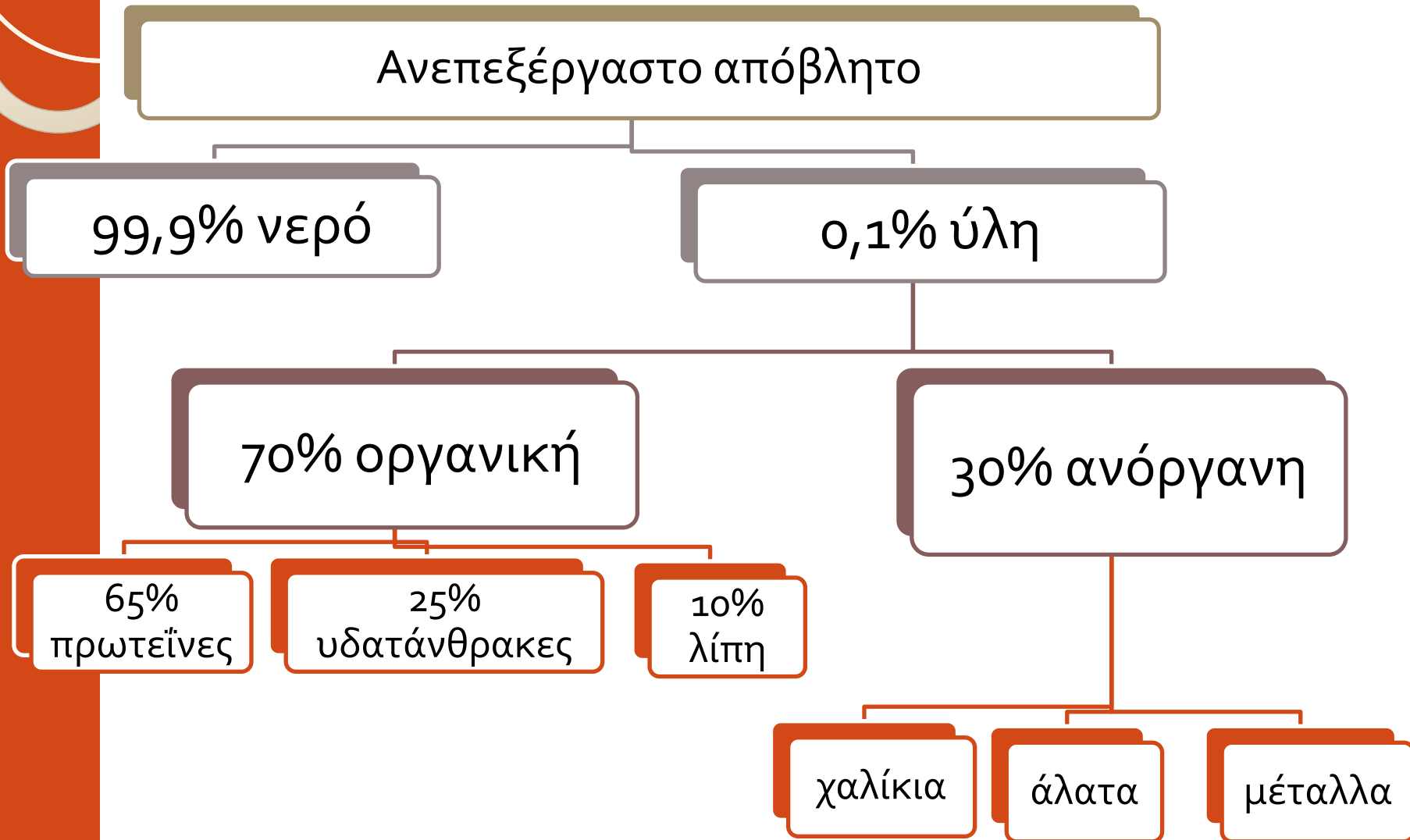
Δύο βασικοί τύποι

- Μικτό («παραδοσιακό»)
 - Χωριστικό

Urban Wet Weather Flows



Σύσταση υγρών αποβλήτων



Απόρριψη ανεπεξέργαστων αποβλήτων



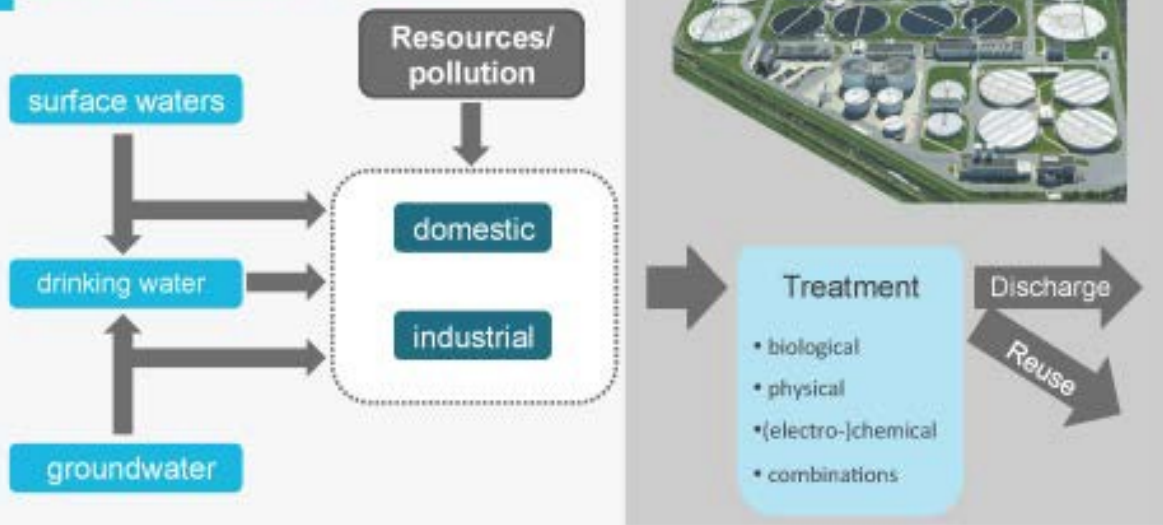
Έλλειψη O_2 →
νεκρά ψάρια

Αποθέσεις N & P →
ευτροφισμός → άλγεις

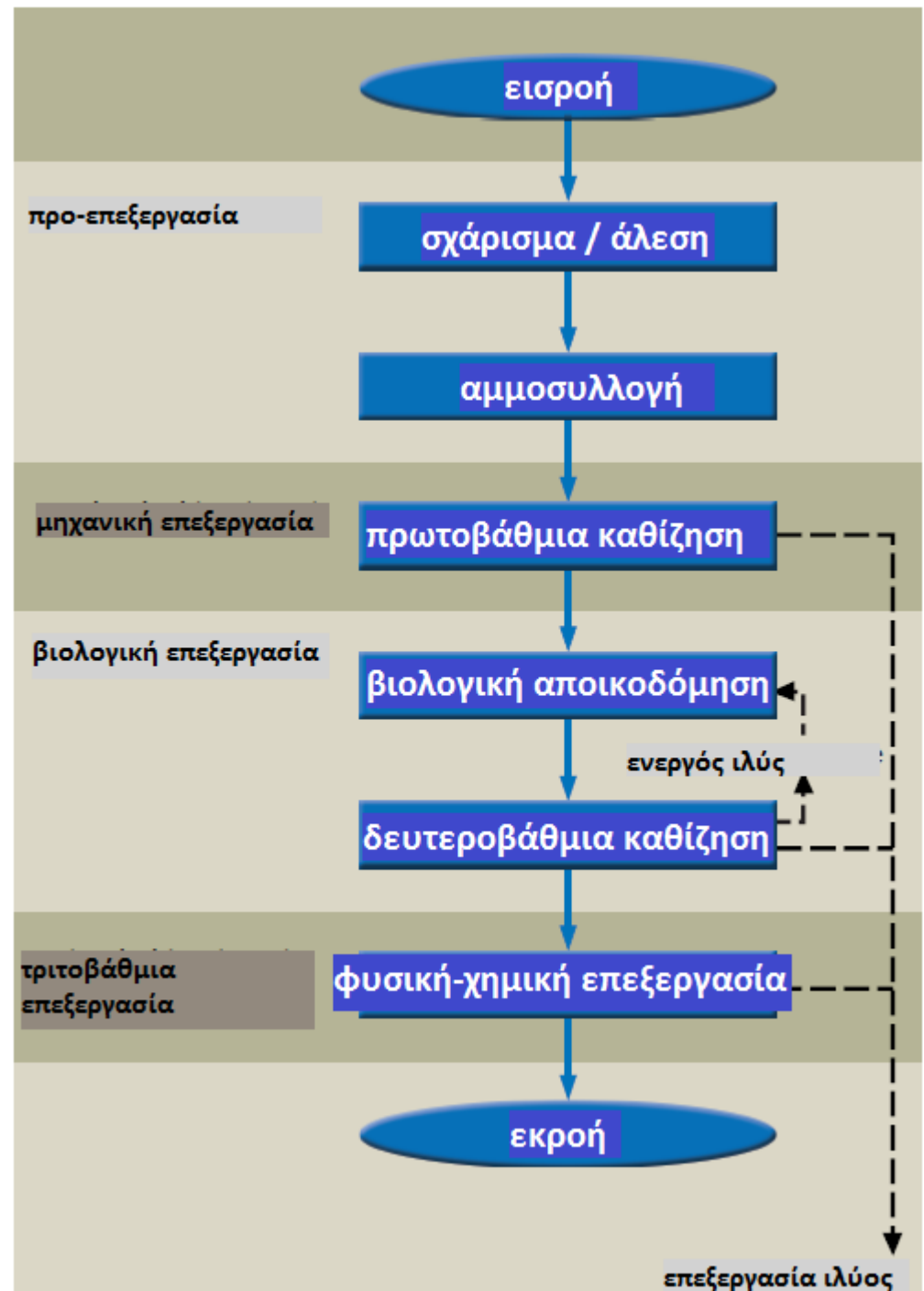
Σύστημα αποχέτευσης

- Δίκτυο υπονόμων (συλλογή υγρών αποβλήτων)
- Εγκατάσταση επεξεργασίας
- Σύστημα διάθεσης στον τελικό αποδέκτη

Urban water chain



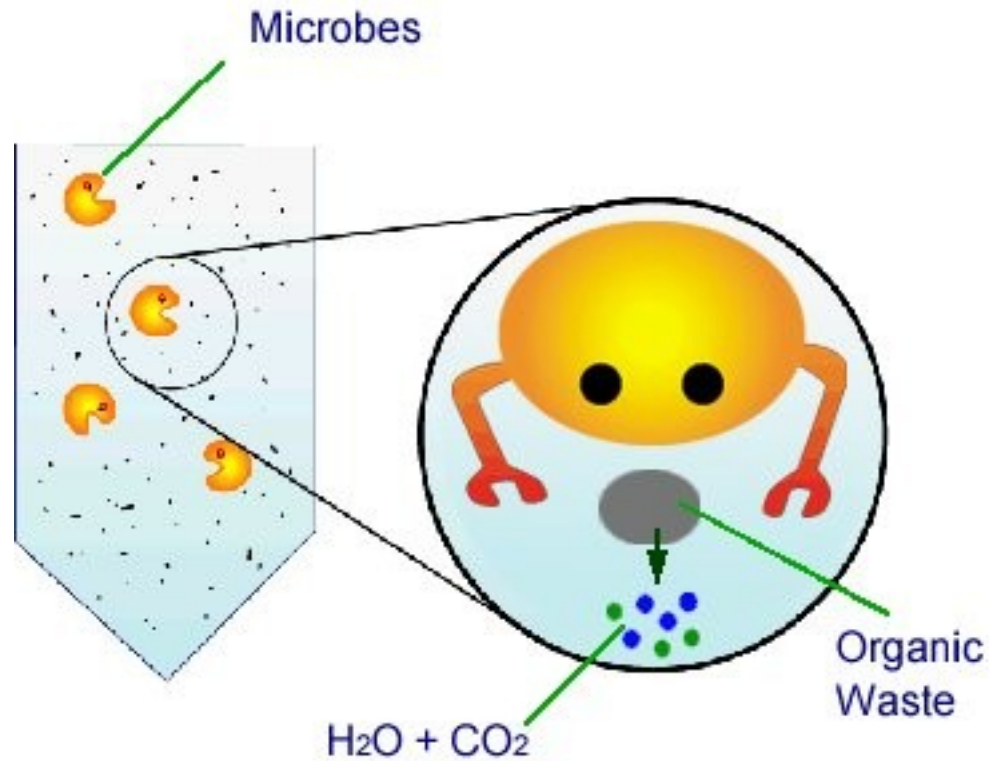
Κύρια στάδια βιολογικού καθαρισμού



Επεξεργασία: Βιοχημική αποικοδόμηση

- οργανικές ουσίες & μερικά ανόργανα συστατικά αποτελούν το θρεπτικό υπόστρωμα ανάπτυξης των σαπροφυτικών οργανισμών.
- Βιοχημικός μηχανισμός που οδηγεί
- ι) σε σύνθεση των απαραίτητων ουσιών για την ανάπτυξη των κυττάρων των μικροοργανισμών και
- ιι) σε αποσύνθεση των οργανικών ουσιών για την εξασφάλιση της απαιτούμενης ενέργειας.
- Ο μηχανισμός καταλήγει στην **βιοαποικοδόμηση** των οργανικών ουσιών και στη σταδιακή μετατροπή τους σε σταθερά ανόργανα άλατα και αέρια.

What happened in the tank?



Organic waste is decomposed into water and carbon dioxide.

Μηχανισμός (αερόβιος) βιοαποικοδόμησης οργανικών ουσιών

Οργανικά
απόβλητα
&
οργανισμοί

οξείδωση

Τελικά προϊόντα

H_2O , CO_2 , NO_3 , ενέργεια

Σύνθεση
ΚΥΤΤΑΡΟΥ

Νέα
κύτταρα

οξείδωση

Ενδογενής
ανάπτυξη

Μη
διασπάζσιμο
κυτταρικό
υπόλειμμα

- Η αποικοδόμηση διακρίνεται σε αερόβια και αναερόβια
- Αερόβια: γίνεται από αερόβιους μικροοργανισμούς (προϋποθέτει την παρουσία ελεύθερου οξυγόνου)
- Αναερόβια: όταν δεν υπάρχει διαλυμένο οξυγόνο.
- Τα τελικά προϊόντα της αερόβιας βιοχημικής αποικοδόμησης (H_2O , CO_2 , NO_3 , κλπ) δεν είναι ανθυγιεινά ή ενοχλητικά,
- ενώ της αναερόβιας (H_2S , CH_4 , NH_3 κλπ) είναι δύσοσμα, τοξικά, ερεθιστικά ή εκρηκτικά.

Οργανικά χημικά χαρακτηριστικά λυμάτων

I) Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD)

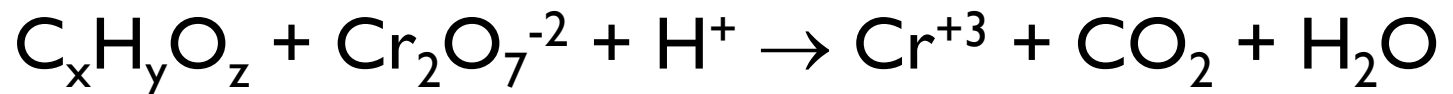
- Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που χρησιμοποιείται από τους **αερόβιους μικροοργανισμούς** για τη βιοχημική αποικοδόμηση του οργανικού υλικού ενός δείγματος.
- Αποτελεί μέτρο για την εκτίμηση της «πυκνότητας» των λυμάτων, από την πλευρά των ενοχλήσεων που μπορεί να προκαλέσει το οργανικό φορτίο τους στο περιβάλλον (αν αποικοδομηθεί αναερόβια).

I) Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD)

- Σαν μέτρο χρησιμοποιείται συμβατικά **το οξυγόνο που καταναλώνεται τις πρώτες 5 ημέρες στους 20°C (BOD₅)** και αντιπροσωπεύει ~ τα 2/3 (68%) του συνολικά απαιτούμενο οξυγόνου.
- Εκφράζεται είτε σαν συγκέντρωση στα υγρά (mg/L), είτε σαν συνολικό φορτίο σε ορισμένο χρονικό διάστημα (kg/ημέρα).

II) Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD)

- Η ποσότητα του **οξειδωτικού παράγοντα**, που χρειάζεται για **την οξείδωση των οργανικών ουσιών** των αποβλήτων με εργαστηριακά μέσα, ονομάζεται **Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD)**.
- Συνήθως σαν οξειδωτικό χρησιμοποιείται το διχρωμικό κάλιο σε Θ βρασμού για 2 ώρες με παρουσία καταλύτη (θειικός άργυρος)



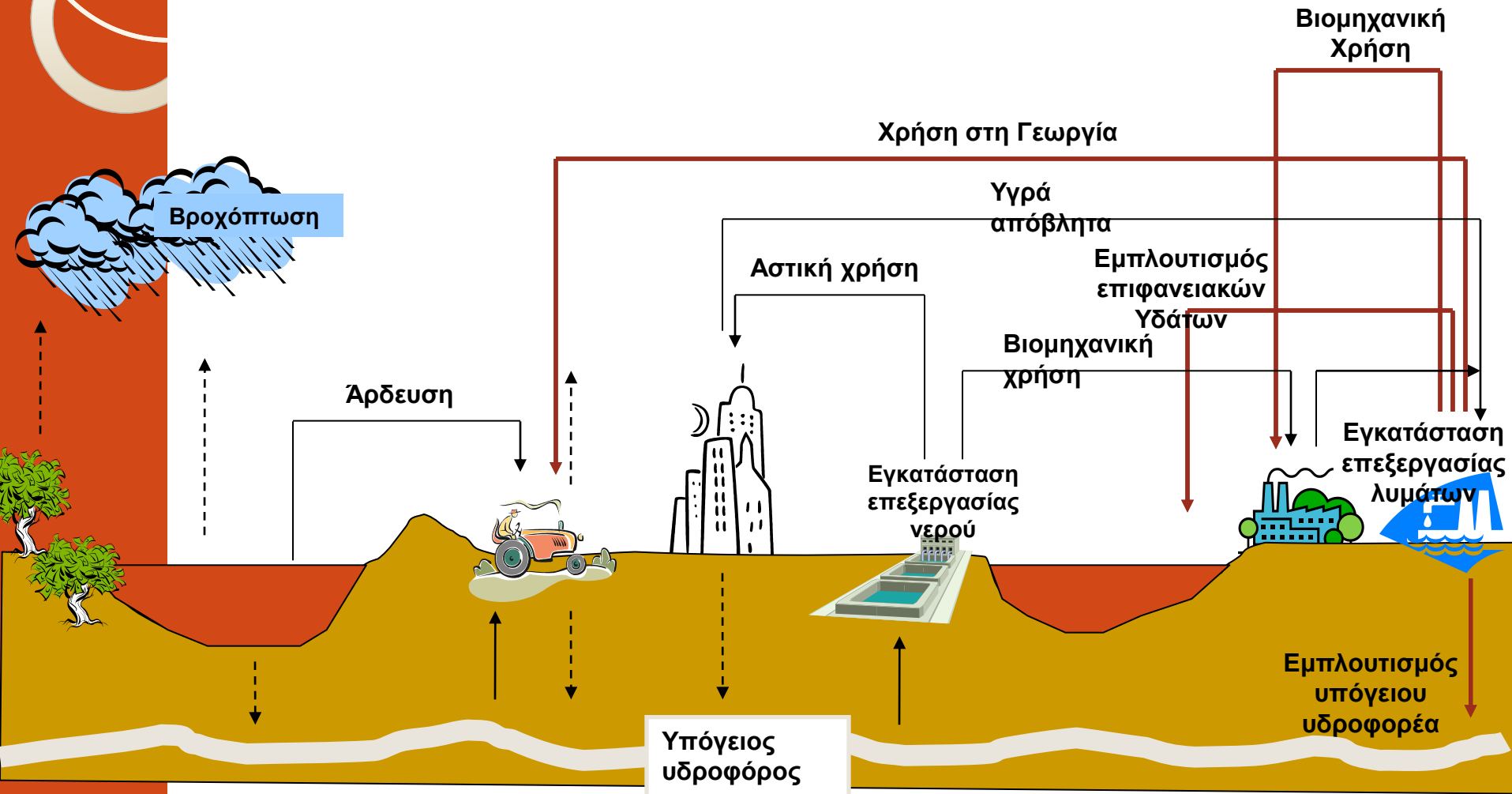
ΔΙΑΘΕΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- Διάθεση απορροής μετά την επεξεργασία: το τελευταίο στάδιο στο τρίπτυχο του χειρισμού των αποβλήτων (συλλογή-επεξεργασία-διάθεση).
- Εκλογή τελικού αποδέκτη (νερά, έδαφος), με κριτήρια δημόσιας υγείας, οικονομικά και περιβαλλοντικά, είναι καθοριστική.
- Η διάθεση των αποβλήτων γίνεται είτε στο έδαφος (υπόγεια ή επιφανειακά) είτε σε επιφανειακά νερά (ποτάμι, λίμνη, θάλασσα).

Όρια διάθεσης

- Καθορίζονται συνήθως με διοικητικές αποφάσεις, τα **επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης διάφορων ρυπαντικών ουσιών στα απόβλητα**, ανάλογα την προβλεπόμενη χρήση του αποδέκτη και τη γενικότερη πολιτική που εφαρμόζεται για την προστασία του περιβάλλοντος και την οικονομική ανάπτυξη.
- Επίσης έχουν θεσπιστεί **επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης ορισμένων τοξικών ουσιών** σε βιομηχανικά κυρίως απόβλητα προκειμένου να διατεθούν σε υδάτινο αποδέκτη. Τα όρια αυτά καθορίζονται με βάση τη μέση ημερήσια και μέση μηνιαία συγκέντρωση του ρύπου και τον τύπο της βιομηχανίας.

Ανάκτηση - επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και Υδρογεωλογικός κύκλος



Ρόλος του συστήματος αποχέτευσης στη δημόσια υγεία

Η αποτελεσματική συλλογή και επεξεργασία των λυμάτων:

- μειώνει τον κίνδυνο υδατογενών νοσημάτων
- περιορίζει την επιμόλυνση υδάτινων πόρων &
- συμβάλλει στη διατήρηση υγιεινών συνθηκών διαβίωσης.

Η κατανόηση της λειτουργίας του συστήματος είναι απαραίτητη για τους μελλοντικούς επαγγελματίες υγείας, καθώς η αποτυχία του συνδέεται άμεσα με επιδημίες, περιβαλλοντική υποβάθμιση και αυξημένη νοσηρότητα.

Μικροβιολογικοί κίνδυνοι με κλινικές εκδηλώσεις

- Βακτήρια: *E. coli* (αιμορραγική κολίτιδα), *Salmonella* (τυφοειδής πυρετός), *V. cholerae* (υδαρής διάρροια).
- Ιοί: Norovirus (οξεία γαστρεντερίτιδα), HAV/HEV (οξεία ηπατίτιδα).
- Πρωτόζωα: *Giardia* (δυσασπορρόφηση), *Cryptosporidium* (σοβαρή διάρροια σε ανοσοκαταστολή).
- Μηχανισμοί μετάδοσης: κατάποση μολυσμένου νερού, αερολύματα, επιμόλυνση τροφίμων.
- Κλινική υποψία σε ασθενείς με διάρροια μετά από πλημμύρες ή επαφή με λύματα.

Χημικοί κίνδυνοι και κλινικές επιπτώσεις

- **Τοξικά μέταλλα:**
 - ❖ Pb → νευρολογικά συμπτώματα, αναιμία.
 - ❖ Hg → νευροτοξικότητα, τρόμος.
 - ❖ Cd → νεφρική βλάβη.
- **Οργανικοί ρύποι/διαλύτες:** ηπατοτοξικότητα, νευρολογικές διαταραχές.
- **Φαρμακευτικά κατάλοιπα:** συμβολή σε αντοχή μικροβίων, επιπτώσεις σε ανοσοκατασταλμένους.
- **Κλινική σημασία:** υποψία τοξικής έκθεσης σε ασθενείς με ανεξήγητη νεφρική/ηπατική δυσλειτουργία.

Επαγγελματικοί κίνδυνοι και χαρακτηριστικές νόσοι

- **Αέρια:** H_2S → οξεία τοξικότητα, απώλεια συνείδησης. CH_4 → κίνδυνος έκρηξης.
- **Λοιμώξεις:** λεπτοσπείρωση (πυρετός, μυαλγίες, ίκτερος), δερματίτιδες, αναπνευστικές λοιμώξεις.
- **Κλειστοί χώροι:** κίνδυνος ασφυξίας, οξεία δηλητηρίαση.
- **Κλινική προσέγγιση:** λήψη επαγγελματικού ιστορικού σε κάθε ύποπτο περιστατικό.
- **Μέτρα προστασίας:** PPE, αερισμός, εκπαίδευση.

Μελέτη περίπτωσης: Οξεία τοξική έκθεση σε υδρόθειο (H₂S)

- **Ιστορικό:** 45χρονος τεχνικός αποχέτευσης, χωρίς χρόνια νοσήματα.
- **Συνθήκες έκθεσης:** Είσοδος σε φρεάτιο με ανεπαρκή αερισμό. Ξαφνική εισπνοή υψηλής συγκέντρωσης H₂S κατά τη διάρκεια εργασιών καθαρισμού.
- **Άμεση συμπτωματολογία:** αιφνίδια ζάλη, καύσος στα μάτια, δύσπνοια, σύγχυση. Λίγα λεπτά αργότερα: απώλεια συνείδησης.
- **Κλινικά ευρήματα στο ΤΕΠ:** ταχύπνοια, υπόταση, υποξαιμία, έντονη οσμή «σάπιου αυγού» στα ρούχα.

- **Παθοφυσιολογία:** το H_2S αναστέλλει την κυτταρική αναπνοή (κυτοχρωμική οξειδάση), προκαλώντας ιστοτοξική υποξία και ταχεία νευρολογική επιδείνωση.
- **Εξέλιξη:** σταθεροποίηση μετά από απομάκρυνση από την πηγή, υποστηρικτική αγωγή και παρακολούθηση σε ΜΕΘ.
- **Κλινικό μήνυμα:** η οξεία έκθεση σε H_2S μπορεί να οδηγήσει σε ταχεία απώλεια συνείδησης και αναπνευστική ανεπάρκεια. Η αναγνώριση του επαγγελματικού κινδύνου και η άμεση απομάκρυνση από τον χώρο είναι κρίσιμες για την επιβίωση.

Επιπτώσεις στην κοινότητα με κλινικό αντίκτυπο

- Ρύπανση υδάτων → αύξηση περιστατικών γαστρεντερίτιδας και ηπατίτιδας.
- Επιμόλυνση τροφίμων μέσω άρδευσης → τροφιμογενείς λοιμώξεις.
- Πλημμύρες/υπερχείλιση → αύξηση περιστατικών λεπτοσπείρωσης και δερματικών λοιμώξεων.
- Κλινική επαγρύπνηση σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων ή βλαβών δικτύου.

Σύγχρονες τεχνολογίες και κλινική αξιοποίηση

- Προηγμένες μέθοδοι απολύμανσης → μείωση παθογόνων φορτίων.
- Ανάλυση λυμάτων → πρώιμη ανίχνευση ιογενών εξάρσεων (π.χ. SARS-CoV-2, πολιομυελίτιδα).
- Χρήσιμη για κλινικούς σε επιδημιολογική επιτήρηση και πρόβλεψη αυξημένων περιστατικών.
- Ενίσχυση υποδομών → μείωση νοσηρότητας σε ευάλωτους πληθυσμούς.