



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



Διαχείριση Αποβλήτων

Ενότητα 2: Εισαγωγή στη Διαχείριση Αστικών Υγρών Αποβλήτων.

Δρ. Σταυρούλα Τσιτσιφλή

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σκοποί ενότητας

- Εισαγωγή στην έννοια των υγρών αποβλήτων.
- Ανάλυση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών: φυσικά, χημικά, βιολογικά.
- Εισαγωγή στις έννοιες BOD, COD.
- Υπολογισμός ισοδύναμου πληθυσμού.
- Ανάλυση της παροχής των αστικών υγρών αποβλήτων.
- Παράθεση χαρακτηριστικών τιμών παροχής και ποιοτικών χαρακτηριστικών.

Περιεχόμενα ενότητας

- Αποχετευτικά συστήματα.
- Φυσικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων.
- Χημικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων.
- Βιολογικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων.
- Παροχή και Σύσταση Αστικών Αποβλήτων.

Αποχετευτικά συστήματα

- Σκοπός: η όσο το δυνατό γρηγορότερη και οικονομικότερη απομάκρυνση των αποβλήτων για να υποστούν την κατάλληλη επεξεργασία ώστε να καθαριστούν και να διατεθούν ακίνδυνα στο περιβάλλον.
- Σύστημα αποχέτευσης ομβρίων και ακαθάρτων:
 - Χωριστικό σύστημα: ξεχωριστό δίκτυο αγωγών συλλογής των ακαθάρτων και των ομβρίων υδάτων.
 - Παντοροικό σύστημα: κοινό δίκτυο ομβρίων και ακαθάρτων.
 - Μεικτό σύστημα: μέρος της αποχετευόμενης παροχής εξυπηρετείται με χωριστικό σύστημα και μέρος με παντοροικό.
- Αν δεν υπάρχουν αποχετευτικά δίκτυα, τότε χρησιμοποιούνται βυτία βοθρολυμάτων.

Υγρά Απόβλητα

- Ανάλογα με την προέλευσή τους χωρίζονται σε:
 - Αστικά απόβλητα: προέρχονται από οικιακά συγκροτήματα, γραφεία, καταστήματα, σχολεία, ξενοδοχεία.
 - Απόβλητα βιομηχανιών και βιοτεχνιών: διοχετεύονται στο αποχετευτικό σύστημα χωρίς (ή μετά από) μερική επεξεργασία.
 - Επιφανειακά νερά απορροής: νερά βροχής μαζί με τα προϊόντα έκπλυσης των δρόμων που καταλήγουν στο αποχετευτικό σύστημα.
 - Νερά διήθησης – εισροής: τα δέχεται το αποχετευτικό σύστημα λόγω της μη απόλυτης στεγανότητάς του και προέρχονται από τον υδροφόρο ορίζοντα και τα νερά επιφανειακής απορροής.

Φυσικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων - Στερεά

- Στερεά:
 - Αιωρημένα ή διαλυμένα στη μάζα των αποβλήτων και αποτελούνται από οργανικά και ανόργανα συστατικά.
 - Ολικά στερεά (total solids TS) ορίζονται σαν το υπόλειμμα δείγματος αποβλήτων μετά από εξάτμισή του στους 105° C και μετριοούνται σε mg υπολείμματος ανά λίτρο δείγματος. Διακρίνονται σε διαλυμένα και αιωρούμενα.
 - Τα διαλυμένα στερεά (dissolved solids DS) αναφέρονται στη συγκέντρωση των στερεών συστατικών που βρίσκονται σε διαλυμένη ή κολλοειδή μορφή στη μάζα των αποβλήτων και ορίζονται ως τα στερεά του δείγματος που περνούν μέσα από ειδικό χάρτινο φίλτρο.
 - Τα στερεά που συγκρατούνται στο ειδικό φίλτρο ονομάζονται αιωρούμενα στερεά (suspended solids SS)
 - $DS + SS = TS$.

Φυσικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων – Θερμοκρασία I

- Μεγαλύτερη από του πόσιμου νερού και από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (με εξαίρεση τις ζεστές μέρες του καλοκαιριού): 10 – 22° C
- Είναι ρυθμιστικός παράγοντας του βιολογικού και χημικού χαρακτήρα τους
- Η αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει:
 - Ανάπτυξη μικροοργανισμών που ευνοούνται από υψηλές θερμοκρασίες
 - Επιτάχυνση βιολογικών διεργασιών
 - Μείωση διαλυτότητας αερίων στη μάζα των αποβλήτων (κυρίως οξυγόνου)
 - Επιτάχυνση χημικών αντιδράσεων

Πηγή: Κούγκολος, 2007.

Φυσικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων – Θερμοκρασία II

- Η διοχέτευση θερμών αποβλήτων σε ένα υδάτινο φορέα οδηγεί σε:
 - Σοβαρή μείωση διαλυμένου οξυγόνου.
 - Επιδρά αρνητικά στο οικοσύστημα του φορέα (θάνατος ωφέλιμων οργανισμών).
- Ιδανικό εύρος θερμοκρασιών για να αναπτυχθούν οι διεργασίες των βακτηρίων 25-35° C.

Φυσικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων - Χρώμα

- Είναι ενδεικτικό της ηλικίας και προέλευσης των αποβλήτων.
- Η αλλαγή του χρώματος οφείλεται στην κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς που διασπούν τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων.

Πηγή: Κούγκολος, 2007.

Φυσικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων - Οσμή

- Ενδεικτικό στοιχείο της κατάστασής τους.
- Δυσάρεστη οσμή εξαιτίας έκλυσης υδροθείου και παρουσίας ουσιών από βιομηχανικά απόβλητα (οργανικές).

Πηγή: Κούγκολος, 2007

Φυσικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων - Πυκνότητα

- Η πυκνότητα επηρεάζει την διαδικασία της καθίζησης στον σταθμό επεξεργασίας.
- Πυκνότητα αστικών αποβλήτων που δεν περιέχουν μεγάλες ποσότητες βιομηχανικών αποβλήτων είναι ίδια με αυτή του νερού στην ίδια θερμοκρασία.

Πηγή: Κούγκολος, 2007

Φυσικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων - Θολότητα

- Μέτρο ποιότητας των αποβλήτων που καταλήγουν σε φυσικούς αποδέκτες.
- Δεν υπάρχει συσχέτιση της θολότητας με τα αιωρούμενα σωματίδια σε ανεπεξέργαστα απόβλητα.
- Μεγάλη συσχέτιση σε απόβλητα που έχουν υποστεί δευτερογενή επεξεργασία.

Πηγή: Κούγκολος, 2007, Metcalf and Eddy, 1991

Χημικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων

- Οργανικά συστατικά.
- Ανόργανα συστατικά.
- Αέρια.

Πηγή: Κούγκολος, 2007

Χημικά Χαρακτηριστικά – Οργανικά συστατικά

- Το 75% των αποβλήτων αποτελείται από οργανικές ουσίες σε μορφή αιωρούμενων σωματιδίων που προέρχονται από φυτά, ζώα και ανθρώπινες δραστηριότητες.
- Οργανικά: άνθρακας, υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και S, P, Fe.
 - Πρωτεΐνες: 40-60%.
 - Υδατάνθρακες: 25-50%.
 - Λίπη και έλαια: 10%.
 - Επιφανειακά ενεργές ουσίες.
 - Φαινόλες.
 - Εντομοκτόνα, φυτοφάρμακα.

Μέτρο Χημικών Οργανικών Χαρακτηριστικών I

- Μέτρο: ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για να οξειδώσει πλήρως τα οργανικά συστατικά του.
- **Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD):**
ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου από μικροοργανισμούς σε αερόβιες συνθήκες.
 - Αργή – 20 μέρες – BOD_L τελικό BOD.
 - Στην πράξη προσδιορισμός του BOD στις 5 ημέρες (BOD_5): οξειδώνονται απλές οργανικές ουσίες που αντιπροσωπεύουν ένα ποσοστό 60-70% των συνολικών οργανικών ουσιών.

Πηγή: Κούγκολος, 2007

Μέτρο Χημικών Οργανικών Χαρακτηριστικών II

- **Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD):** Η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου σε CO_2 και H_2O από ισχυρό οξειδωτικό μέσο σε όξινες συνθήκες.
 - Κατά τον προσδιορισμό του COD οξειδώνονται όλες σχεδόν οι οργανικές ουσίες .
- **Συνολικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (TOD):** η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την χημική οξείδωση των οργανικών ουσιών σε τελικά σταθερά προϊόντα σε θερμοκρασία 900°C και με παρουσία καταλύτη – χρησιμοποιείται ελάχιστα.

Πηγή: Κούγκολος, 2007.

Μέτρο Χημικών Οργανικών Χαρακτηριστικών III

- **Θεωρητικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Thod):** το οξυγόνο που απαιτείται θεωρητικά για την οξείδωση κάποιας οργανικής ουσίας και υπολογίζεται από τον μοριακό τύπο της ουσίας.
- **Συνολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC):** μέτρηση του CO₂ που παράγεται κατά την πλήρη οξείδωση του άνθρακα των οργανικών ουσιών σε υψηλή θερμοκρασία με παρουσία καταλύτη.

Χημικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων – Ανόργανα συστατικά I

- **Άζωτο:**
 - Οργανικό N (πρωτεΐνες, ουρία, αμινοξέα).
 - Αμμωνιακό N (άλατα NH_4^+ ή NH_3).
- **Φώσφορος:**
 - Ανόργανος P.
 - Λιγότερο ως πολυφωσφορικά.
- **pH:** επηρεάζει όλες τις διαδικασίες επεξεργασίας και σχετίζεται με προβλήματα φθοράς (διάβρωση) σε αγωγούς, μηχανολογικό εξοπλισμό κλπ.
- **Αλκαλικότητα:** η αλκαλικότητα ρυθμίζει το pH και εκφράζεται με mg/L CaCO_3 .

Χημικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων

– Ανόργανα συστατικά II

- **Χλωριούχα:** περιέχονται στα αστικά απόβλητα από το πόσιμο νερό και τα ανθρώπινα απόβλητα (6gr/άτομο, ημέρα) και σε βιομηχανικά απόβλητα – μειώνουν τη διαλυτότητα του οξυγόνου και επηρεάζουν τον προσδιορισμό του COD.
- **Ενώσεις του θείου:** η μορφή SO_4^{-2} δημιουργεί προβλήματα ρύπανσης – έκλυση δυσάρεστης οσμής στο αποχετευτικό και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας.
- **Τοξικά συστατικά – βαρέα μέταλλα:** ιόντα στοιχείων Cu, Pb, Cr, As, Bo, Ag, Ni, Mn, Cd, Zn, Fe, Hg πάνω από ορισμένη συγκέντρωση είναι τοξικά.

Χημικά Χαρακτηριστικά - Αέρια

- **Διαλυμένο Οξυγόνο (DO):** ποιοτικό χαρακτηριστικό υδάτινου φορέα.
 - μικρή διαλυτότητα οξυγόνου στο νερό - μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, τη μείωση της καθαρότητάς του και τη μείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης.
- **Μεθάνιο:** σχηματίζεται κατά την αναερόβια αποσύνθεση οργανικών ενώσεων των αποβλήτων από ειδικούς μικροοργανισμούς και δεν περιέχεται στα απόβλητα.

Πηγή: Κούγκολος, 2007

Βιολογικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων I

- Οι μικροοργανισμοί των αποβλήτων χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία αποβλήτων και προκαλούν εξάπλωση ασθενειών μέσω του νερού.
- Μικροοργανισμοί:
 - Ανάλογα με την πηγή άνθρακα που χρησιμοποιούν σαν τροφή:
 - Αυτοτροφικοί (CO_2).
 - Ετεροτροφικοί (οργανικό άνθρακα).
 - Ανάλογα με την παρουσία ή όχι οξυγόνου στο περιβάλλον που ζουν και αναπτύσσονται:
 - Αερόβιοι: παρουσία οξυγόνου.
 - Αναερόβιοι: απουσία οξυγόνου.
 - Αερόβιοι – αναερόβιοι: παρουσία ή απουσία οξυγόνου.

Βιολογικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων II

- Βακτήρια: *Escherichia coli*.
- Μύκητες.
- Πρωτόζωα.
- Μικροφύκη (algae).
- Έλμινθες – Νηματοειδή.
- Ιοί.

Πηγή: Κούγκολος, 2007

Ισοδύναμο Πληθυσμού

- «Αντιστοίχιση του οργανικού φορτίου που παράγεται από μια πηγή ρύπων (βιομηχανία) με τον αριθμό των ατόμων που θα παρήγαγαν και θα διέθεται στο δίκτυο την ίδια ποσότητα οργανικού φορτίου» (Κούγκολος, 2007).
- Ελλάδα: μέση τιμή BOD_5 για κάθε άτομο.
 - 60gr/ατ. ημ. για χωριστικό σύστημα.
 - 70 – 80 gr/ατ. ημ. για παντορροϊκό σύστημα.
- Υπολογισμός: διαιρούμε το συνολικό ημερήσιο BOD_5 μιας πηγής ρύπανσης με το ποσό που αντιστοιχεί στο άτομο, προκύπτει το πληθυσμιακό ισοδύναμο της πηγής από πλευράς οργανικού φορτίου.

Καμπύλη υποχώρησης οξυγόνου I

- Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου σε ένα ποτάμι είναι δείκτης της συνολικής ισορροπίας του οικοσυστήματός του (Κούγκολος, 2007).
- Μείωση συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου προκαλείται από την εκβολή μεγάλων ποσοτήτων εκροών με μεγάλο BOD (χάνεται η ικανότητα αυτοκαθαρισμού).
- Διαλυμένο οξυγόνο $< 4-5 \text{ mg/L}$, τότε υπάρχει πρόβλημα βιωσιμότητας των ψαριών του οικοσυστήματος και όλων των οργανισμών.
- Η ικανότητα απορρόφησης του οργανικού φορτίου από ένα αποτελεί παράμετρο ποιοτικής διαχείρισης του σώματος αυτού.
- **Καμπύλη Υποχώρησης Οξυγόνου (oxygen sag curve):** προφίλ συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου στο ποτάμι από το σημείο που ενώνεται με την εκροή και προς τη φορά ροής του.

Καμπύλη υποχώρησης οξυγόνου II

- Δραστική μείωση του οξυγόνου αρχικά – ανάκαμψη της συγκέντρωσής του με τον χρόνο και την απόσταση καθώς γίνεται εισαγωγή του οξυγόνου στο οικοσύστημα από την ατμόσφαιρα.
- Πηγές εισροής οξυγόνου: ατμόσφαιρα και φωτοσύνθεση
- Πηγές εκροής οξυγόνου:
 - βιολογική ανάγκη οξυγόνου (BOD) των εισροών στο σύστημα και του ίδιου του συστήματος.
 - συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στα λύματα που εισέρχονται - μικρότερη αυτής του οικοσυστήματος.
 - αναπνοή βενθικών οργανισμών και υδάτινων φυτών.
- Υπολογισμός κρίσιμου χρόνου στον οποίο παρατηρείται το μέγιστο έλλειμμα διαλυμένου οξυγόνου.

Πηγή: Κούγκολος, 2007, Davis and Cornwell, 1998

Ποιοτικά και Ποσοτικά χαρακτηριστικά αστικών λυμάτων

- Μελέτη σχεδιασμού μονάδων επεξεργασίας:
 - καθορισμός ογκομετρικής παροχής αποβλήτων.
 - συγκέντρωση ρυπαντικών ουσιών που πρόκειται να απομακρυνθούν.
- **ΠΑΡΟΧΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**
 - Από: κατοικίες, εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης (ξενοδοχεία, εστιατόρια), ιδρύματα (σχολεία), εγκαταστάσεις αναψυχής (κατασκηνώσεις).
 - Εξαρτάται από τον αριθμό των ατόμων που εξυπηρετούνται.
 - Διακυμάνσεις ανάλογα με την εποχή ιδιαίτερα στην περίπτωση εγκαταστάσεων αναψυχής.

Παροχή αστικών λυμάτων (L/κάτοικο/ημέρα)

Προέλευση	Περιοχή τιμών	Τυπική τιμή
Κατοικία	110-230	170
Ξενοδοχείο		
Πελάτης	150-230	190
Εργαζόμενος	30-50	38
Εστιατόριο	30-38	34
Σχολείο	19-64	42
Κατασκήνωση	130-190	170

Πηγή: Crites and Tchobanoglous, 1998

- Ιδιαίτερη προσοχή στην διαχείριση αποβλήτων παραγωγικών μονάδων – προεπεξεργασία.

Πηγή: Κούγκολος, 2007

Σύσταση αποβλήτων

- Κυριότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά:
 - Περιεκτικότητα σε οργανικό φορτίο (BOD₅, COD).
 - Αιωρούμενα στερεά (TSS).
 - Άζωτο (αμμωνιακό, οργανικό, νιτρικά ιόντα).
 - Φώσφορος.
- Σε περίπτωση συνεπεξεργασίας με βιομηχανικά απόβλητα πρέπει να υπολογιστεί η επιβάρυνση: πληθυσμιακό ισοδύναμο.
 - Αγνοούνται όμως συγκεντρώσεις άλλων ουσιών, π.χ. μέταλλα, τοξικές οργανικές ουσίες κλπ.
 - Ιδιαίτερες εγκαταστάσεις επεξεργασίας πριν την διάθεσή τους σε ένα κοινό δίκτυο με τα αστικά λύματα.

Πηγή: Κούγκολος, 2007.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά αποβλήτων από αστικές περιοχές (gr/κάτοικο/ημέρα)

Παράμετρος	Περιοχή τιμών	Τυπική τιμή
Οργανικό φορτίο		
BOD ₅	50-120	80
COD	110-295	190
Αιωρούμενα στερεά	60-150	90
Άζωτο		
Αμμωνιακό	5-12	7,6
Οργανικό	4-10	5,4
Ολικός φώσφορος	2,7-4,5	3,2

Πηγή: Crites and Tchobanoglous, 1998, Κούγκολος, 2007.

Βιβλιογραφία

- Κούγκολος Α., (2007), «Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική», Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Metcalf & Eddy (2007) «Μηχανική Υγρών Αποβλήτων – Επεξεργασία και Επαναχρησιμοποίηση», 4^η έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Στάμου Α.Ι., Βογιατζής Γ., (1986), «Βασικές αρχές και σχεδιασμός συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων», ΤΕΕ Αθήνα.
- Crites R., Tchobanoglous G., (1998), “*Small and Decentralized Wastewater Management Systems*”, WCB/McGraw-Hill, Singapore.
- Davis M.A., Cornwell D.A., (1998), “*Introduction to Environmental Engineering*”, McGraw-Hill, Boston.
- Metcalf & Eddy (1991) “*Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*”, 3rd Edition, McGraw-Hill Singapore.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



Τέλος Ενότητας 2

Εισαγωγή στη Διαχείριση Αστικών
Υγρών Αποβλήτων.

