

ΑΣΚΗΣΗ 2

Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων – Σύστημα Ενεργού Ιλύος για απομάκρυνση BOD, Νιτροποίηση -Απονιτροποίηση (με Προ-απονιτροποίηση)

ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΕΛ – ΜΕΡΟΣ 1^ο

(ΚΟΙΝΗ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΟΜΑΔΕΣ)

1. ΓΕΝΙΚΑ [1,2]

Τα υγρά απόβλητα που καταλήγουν στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας διακρίνονται ανάλογα με την προέλευσή τους σε :

- **Αστικά υγρά απόβλητα**, δηλαδή απόβλητα κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων, σχολείων, ξενοδοχείων κλπ.
- **Βιομηχανικά υγρά απόβλητα**, που διοχετεύονται στο αποχετευτικό σύστημα χωρίς ή μετά από προ-επεξεργασία.
- **Νερά διήθησης-εισροής**, που δέχεται το αποχετευτικό σύστημα λόγω της μη απόλυτης στεγανότητάς του (αρμοί αγωγών, σημεία με φθορές) και που προέρχονται από τον υδροφόρο ορίζοντα και τα νερά επιφανειακής απορροής.

Ανάλογα με την πηγή προέλευσής τους τα υγρά απόβλητα παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις ως προς το ρυπαντικό τους φορτίο.

Τα στάδια επεξεργασίας που εφαρμόζονται για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων συστατικών τους, είναι τα εξής:

Πρωτοβάθμια επεξεργασία ή πρωτοβάθμιος καθαρισμός. Αποσκοπεί στην απομάκρυνση των ογκωδών υλικών, των επιπλεόντων οργανικών υλικών (λίπη, λάδια), της άμμου και των

αιωρούμενων στερεών. Ο πρωτοβάθμιος καθαρισμός απομακρύνει περίπου το 70% των αιωρούμενων στερεών και το 30% των οργανικών συστατικών του αποβλήτου.

Δευτεροβάθμια επεξεργασία ή βιολογικός καθαρισμός. Αποσκοπεί στην απομάκρυνση των πολύ λεπτών ή διαλυμένων οργανικών συστατικών και των αιωρούμενων στερεών του αποβλήτου. Ο συνδυασμός πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας επεξεργασίας πετυχαίνει σχεδόν πλήρη απομάκρυνση των οργανικών συστατικών (μεγαλύτερη από 95%) και απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών κατά 80-90%.

Σημειώνεται ότι παράλληλα η δευτεροβάθμια επεξεργασία απομακρύνει και άζωτο (μέχρι και 40% περίπου του ολικού αζώτου) και το υπόλοιπο παραμένει στην απορροή, κυρίως με τη μορφή αμμωνίας, αν οι συνθήκες δεν ευνοούν τη νιτροποίηση (μετατροπή σε νιτρικά).

Τριτοβάθμια επεξεργασία. Αποσκοπεί στη βελτίωση ή τη συμπλήρωση των προηγούμενων σταδίων επεξεργασίας και πετυχαίνει την απομάκρυνση του αζώτου (με τη μορφή NH_3 και NO_3^-) και του φωσφόρου (με τη μορφή PO_4^{3-}), σε μονάδες επεξεργασίας, όπου παράλληλα απομακρύνεται και οργανικό φορτίο.

Τεταρτοβάθμια ή Προχωρημένη Επεξεργασία (advanced waste water treatment). Αποσκοπεί στην εκλεκτική απομάκρυνση των τοξικών ή άλλων ανεπιθύμητων ουσιών, ανάλογα με την τελική χρήση ή διάθεση του επεξεργασμένου αποβλήτου.

Ένα σύστημα Βιολογικής Επεξεργασίας υγρών Αποβλήτων είναι ένα σύστημα αποτελούμενο από μια συστοιχία μονάδων (δεξαμενών) κατάλληλα σχεδιασμένου, ώστε οι επικρατούσες σε αυτό συνθήκες (συγκέντρωση μ/ο, θερμοκρασία, PH, συγκέντρωση O_2 , κ.λ.π) να επιτρέπουν την επιτέλεση βιοχημικών αντιδράσεων που αποικοδομούν κάποια από τα ανεπιθύμητα συστατικά του αποβλήτου. **Τα συστατικά αυτά χαρακτηρίζονται ως ‘ρυπαντικό φορτίο του αποβλήτου’ και είναι οι ανθρακούχες ενώσεις (οργανικό φορτίο), οι αζωτούχες ενώσεις, και οι ενώσεις του φωσφόρου (που απομακρύνονται με βιολογικές διεργασίες δηλαδή παρουσία μ/ο), καθώς και τα αιωρούμενα σωματίδια SS (suspended solids) (που απομακρύνονται με απλή καθίζηση).**

Η αερόβια βιοχημική αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών γίνεται σε δύο στάδια:

► Στο πρώτο στάδιο αποικοδομούνται κυρίως οι ενώσεις του άνθρακα (απομάκρυνση BOD) και αποτελεί τη **δεύτερη βαθμίδα επεξεργασίας** (βιολογικός καθαρισμός).

► Στο δεύτερο στάδιο αρχίζει γύρω στην δέκατη μέρα (στους 20°C), όταν έχουν αναπτυχθεί αρκετά τα νιτροβακτήρια, τα οποία αρχίζουν να πολλαπλασιάζονται την 5^η-6^η μέρα. Κατά το στάδιο αυτό οξειδώνονται οι αζωτούχες ενώσεις που έχουν κυρίως απομείνει (νιτροποίηση), **παράλληλα με τα υπολείμματα των οργανικών ενώσεων του άνθρακα**. Το στάδιο αυτό αποτελεί την **τρίτη βαθμίδα επεξεργασίας**. Η τρίτη βαθμίδα επεξεργασίας μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από τη δεύτερη ή σε κοινά συστήματα. Όταν εκτός από την απομάκρυνση οργανικού φορτίου απαιτείται και απομάκρυνση αζώτου, εφαρμόζεται βιολογική επεξεργασία που περιλαμβάνει τη δεύτερη και τρίτη βαθμίδα.

Η μείωση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων πριν αυτά διοχευτευτούν σε έναν φυσικό αποδέκτη επιβάλλεται διότι οι οργανικές ενώσεις, όταν διοχευθούν σε έναν υδάτινο φορέα, καταναλώνονται από τους μικροοργανισμούς που περιέχονται στα απόβλητα ή στον αποδέκτη ως τροφή ή οξειδώνονται από το διαλυμένο οξυγόνο του αποδέκτη (Dissolved Oxygen, DO) με την καταλυτική δράση των μ/ο, καταναλώνοντάς το. Όταν ο ρυθμός κατανάλωσης του διαλυμένου οξυγόνου ξεπεράσει την ικανότητα επανοξυγόνωσης του φορέα και η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου γίνει μικρότερη από μια ορισμένη τιμή, ανατρέπεται η ισορροπία του οικοσυστήματος του φορέα με αποτέλεσμα το θάνατο των έμβιων οργανισμών και τη δημιουργία σηπτικών συνθηκών.

Επίσης, **η παρουσία ενώσεων αζώτου (και φωσφόρου) στα υγρά απόβλητα προκαλεί ρύπανση** στους αποδέκτες διότι προκαλούν ευτροφισμό, τα νιτρικά και τα νιτρώδη είναι επικίνδυνα για την υγεία, η αμμωνία καταναλώνει οξυγόνο, παρεμποδίζει τη χλωρίωση και είναι τοξική για τους υδρόβιους οργανισμούς.

Οργανικά συστατικά των ΥΑ

Τα κυριότερα οργανικά συστατικά των αποβλήτων είναι τα ακόλουθα :

1. **Πρωτεΐνες** (αποτελούνται κυρίως από C , H , O, N , S , P , Fe και αποσυντίθενται εύκολα από τους μικροοργανισμούς)
2. **Υδατάνθρακες** (αποτελούνται κυρίως από C , H ,O άλλοι διασπώνται εύκολα (πχ. ζάχαρη) ενώ άλλοι δυσκολότερα (πχ. άμυλο).
3. **Λιπίδια** (αποτελούνται κυρίως από υδρογονάνθρακες που διαλύονται δύσκολα στη μάζα του λύματος και επειδή μένουν στην επιφάνεια του φορέα δημιουργείται πρόβλημα στην οξυγόνωση και τη μεταφορά του ηλιακού φωτός)
4. **Επιφανειακά ενεργές ουσίες** (ορισμένες είναι μη βιοαποικοδομήσιμες ακόμα και τοξικές, διαλύονται στη μάζα των αποβλήτων και δημιουργούν επιφανειακούς αφρούς)
5. **Φαινόλες** (C_6H_5OH , σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 500mg/l δεν διασπώνται από τους μικροοργανισμούς)
6. **Εντομοκτόνα και φυτοφάρμακα** (επικίνδυνα τοξικά για όλες τις μορφές ζωής)

Η τυπική σύσταση των αστικών αποβλήτων είναι :

- 1 **40-60% Πρωτεΐνες**
- 2 **25-50% Υδατάνθρακες**
- 3 **10% Λιπίδια**

Εκτός από τη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, που είναι η κύρια επίπτωση της διοχέτευσης οργανικών ουσιών στο περιβάλλον, άλλα προβλήματα είναι η δημιουργία επιφανειακού αντιαισθητικού στρώματος από λιπίδια, η δημιουργία αφρών από τις επιφανειακά ενεργές ουσίες και ο άμεσος θάνατος των έμβιων οργανισμών από τοξικές ουσίες .

Λόγω του ότι οι διαδικασίες μείωσης των οργανικών ουσιών είναι κυρίως βιολογικές (δράση μικροοργανισμών), τοξικές όπως και δύσκολα διασπώμενες οργανικές ουσίες επηρεάζουν αρνητικά αυτές τις διαδικασίες.

Αζωτούχες ενώσεις των ΥΑ - Προέλευση αζώτου στα ΥΑ

Το άζωτο στα απόβλητα προέρχεται τόσο από τη χημική βιομηχανία, όσο και από “βιολογικές” πηγές, όπως είναι ο άνθρωπος, τα ζώα και η βιομηχανική παραγωγή τροφής.

Οι πιο συνηθισμένες μορφές αζώτου που μπορεί να βρεθούν στα υγρά απόβλητα είναι:

- **N₂ αέριο**
- **Ανηγμένες μορφές οργανικού και ανόργανου αζώτου** (οξειδωτική κατάσταση -3) όπως:
 - **NH₃** (αμμωνία ή αμμωνιακά άλατα)
 - **Οργανικές αζωτούχες ενώσεις** (πρωτεΐνες, ουρία και αμινοξέα)

Η αποσύνθεση των οργανικών αζωτούχων ενώσεων ελευθερώνει αμμωνία στο διάλυμα.

- **Οξειδωμένες μορφές αζώτου όπως**
 - **NO₂⁻**
 - **NO₃⁻**

αυτές προκύπτουν από την οξείδωση του αμμωνιακού αζώτου, σε αερόβιες συνθήκες, παρουσία μ/ο. Αρχικώς η αμμωνία οξειδώνεται σε νιτρώδη από ειδικά αερόβια νιτροποιητικά βακτηρίδια (Nitrosomonas) και στην συνέχεια τα νιτρώδη οξειδώνονται περαιτέρω σε νιτρικά από ειδικά αερόβια νιτροποιητικά βακτηρίδια (Nitrobacter).

Στα απόβλητα νερά **το άζωτο βρίσκεται γενικά υπό μορφή NH₃** (σε ποσοστό 40%) και **οργανικών ουσιών** (σε ποσοστό περίπου 60%), η δε **ποσότητα των νιτρικών είναι αμελητέα.**

Ο όρος “**ολικό κατά Kjeldahl άζωτο**” (“**Total Kjeldahl Nitrogen**”, TKN) χρησιμοποιείται στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων για να δηλώσει **το άθροισμα του οργανικού αζώτου και του αμμωνιακού αζώτου (NH₄⁺-N), δίχως το άζωτο των νιτρώδων (NO₂⁻-N) και νιτρικών (NO₃⁻-N).**

Προέλευση του αζώτου που περιέχεται στα υγρά απόβλητα

Οι κυριότερες πηγές **οργανικού αζώτου** είναι τα **οικιακά ΥΑ**, τα **ΥΑ από την εκτροφή ζώων** (ενσταυλισμένη κτηνοτροφία) και ΥΑ με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες από τη **βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων**.

Το οργανικό άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνία από ετερότροφα βακτήρια πριν φθάσουν τα απόβλητα στο σημείο αποβολής ή στη μονάδα επεξεργασίας ΥΑ.

Το 90% του αζώτου που περιέχεται στα οικιακά ΥΑ πριν φθάσει στη μονάδα επεξεργασίας απαντάται σε μορφή αμμωνίας ή σε χημική μορφή που μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε αμμωνία, πχ. ουρία.

Τα οικιακά ΥΑ παρουσιάζουν μικρά ποσά ρυπαντικού φορτίου σε σύγκριση με τα Υγρά Βιομηχανικά απόβλητα, λόγω της αραίωσης που γίνεται με το νερό του μπάνιου κλπ. Τα οικιακά υγρά απόβλητα περιέχουν σε γενικές γραμμές 35-50 mg/L αμμωνιακό άζωτο και έχουν ανθρακογενές BOD περίπου 200-350 mg/L .

Η αραίωση είναι πολύ μικρότερη στην περίπτωση της εκτροφής ζώων και το πρόβλημα εκεί είναι τόσο το ισχυρό οργανικό φορτίο όσο και η υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο. Στα σφαγεία και στα εργοστάσια επεξεργασίας κρέατος τα ΥΑ είναι πολύ ισχυρά και μερικά ρεύματα έχουν BOD₅ = 10⁵ mg/L. Αυτά τα υγρά απόβλητα, ακόμη και μετά την αραίωση από άλλα ρεύματα λιγότερο πυκνά, έχουν τελικό BOD 2000-3000 mg/L. Επίσης άζωτο περιέχουν και τα ΥΑ από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας γάλακτος.

Ρύπανση από άζωτο μπορεί να προκληθεί **στα επιφανειακά νερά και από φυσικές αιτίες ή από τις αγροτικές απορροές.**

Η βιομηχανία λιπασμάτων παράγει αμμωνία, νιτρικό οξύ, νιτρικό αμμώνιο, θειικό αμμώνιο και ουρία.

Η βιομηχανία εκρηκτικών υλών χρησιμοποιεί νιτρικό οξύ για την παραγωγή διαφόρων υλικών όπως νιτροκυτταρίνη, τρινιτροτολουόλη, νιτρογλυκερίνη κλπ.

Το νιτρικό οξύ επίσης χρησιμοποιείται επίσης για στην κατεργασία των μετάλλων και στη **βιομηχανία φυτοφαρμάκων**.

Μια άλλη πηγή αποβλήτων που περιέχουν αμμωνία είναι η **βιομηχανία εξευγενισμού του άνθρακα** όπου παράγεται το κωκ από το γαιάνθρακα. Η διαδικασία εξανθράκωσης παράγει αμμωνία και έναν επί πλέον αριθμό οργανικών ενώσεων.

Η παραγωγή ανθρακικού νατρίου (σόδας) με τη μέθοδο “Solvay”, που είναι η πιο κλασσική μέθοδος **βιομηχανικής παραγωγής της σόδας**, χρησιμοποιεί αμμωνία ως ενδιάμεσο χημικό και προκαλεί τη δημιουργία ρεύματος ΥΑ που περιέχουν αμμωνία.

Άλλες πηγές υγρών βιομηχανικών αποβλήτων που περιέχουν αμμωνία αποτελούν **οι εγκαταστάσεις ψύξης** στις οποίες το θερμοδυναμικό υγρό είναι η αμμωνία καθώς και ορισμένες **βιομηχανίες συνθετικών υφάνσιμων υλών**.

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΖΩΤΟΥ ΜΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ / ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ

Η βιολογική Νιτροποίηση / Απονιτροποίηση, για αφαίρεση των ενώσεων του αζώτου εφαρμόζεται σε πλήρη σειρά, αν το άζωτο είναι σε αμμωνιακή μορφή ή μόνο σαν απονιτροποίηση, αν βρίσκεται σε μορφή νιτρικών.

Νιτροποίηση:

Είναι η οξείδωση του αμμωνιακού αζώτου με αερόβια βακτήρια σε νιτρώδη και έπειτα σε Νιτρικά (αερόβια διαδικασία παρουσία διαλυμένου οξυγόνου, ελάχιστη συγκέντρωση O₂ 1mg/l – Degremont και pH = 8,2-8,6).

Η οξείδωση της αμμωνίας (νιτροποίηση) συνδέεται με την υψηλή κατανάλωση οξυγόνου αλλά και την παραγωγή κατιόντων υδρογόνου (H⁺) άρα και πτώση του pH. Οι αζωτούχες οργανικές ενώσεις μετατρέπονται αρχικά με υδρόλυση σε οργανικά οξέα και αμμωνιακό άζωτο (NH₄⁺), το οποίο έπειτα υπόκειται σε βιολογική οξείδωση. [1,2].

Δηλαδή, υπό αερόβιες συνθήκες παρουσία αυτότροφων νιτροβακτηρίων οξειδώνεται η αμμωνία στο διάλυμα σε νιτρώδη και στην συνέχεια σε νιτρικά, με παράλληλη παραγωγή ενέργειας, σύμφωνα με τις αντιδράσεις:

- $\text{NH}_4^+ + 3/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} + 55\text{Kcal}$ (Νιτροζομόνας, Nitrosomonas).
- $\text{NO}_2^- + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + 18\text{Kcal}$ (Νιτροβακτήρια, Nitro-bacter).

Η θεωρητική απαίτηση για βιοχημική οξείδωση της αμμωνίας προς νιτρώδη υπολογίζεται στοιχειομετρικά από την πρώτη αντίδραση και είναι 3,43 Kg O₂ / Kg N-NH₃ που οξειδώνεται.

Η θεωρητική απαίτηση για βιοχημική οξείδωση της αμμωνίας υπό τη μορφή νιτρώδων προς νιτρικά, υπολογίζεται στοιχειομετρικά από τη δεύτερη αντίδραση και είναι 1,14 Kg O₂ / Kg N-NO₂ που οξειδώνεται.

Επί πρόσθετα απαιτείται οξυγόνο για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων που δίνουν BOD.

Οι σημαντικότερες παράμετροι που επηρεάζουν τη νιτροποίηση είναι [1,2,3]:

- **η θερμοκρασία:** Η θερμοκρασία των αποβλήτων επηρεάζει έντονα την ανάπτυξη των νιτροποιητικών βακτηρίων. Άριστη θερμοκρασία 28-32 °C. Πρακτικά δεν έχουμε νιτροποίηση σε θερμοκρασίες < 5 °C και >45 °C). Ο απαιτούμενος χρόνος παρακράτησης για ικανοποιητική νιτροποίηση μπορεί να είναι αρκετές φορές μεγαλύτερος κατά το χειμώνα απ' ό,τι το καλοκαίρι.
- **το διαλυμένο οξυγόνο (D.O.),** έχει αποδειχθεί ότι πρακτικά δεν υπάρχει παρεμπόδιση στη νιτροποίηση για συγκεντρώσεις >1,5mg/L. Για συγκεντρώσεις DO = 1 mg/L η ταχύτητα νιτροποίησης είναι ίση με το 90% της ταχύτητας που παρατηρήθηκε στις υψηλές συγκεντρώσεις. Επίπεδα < 0,5mg/L έχουν αρνητική επίδραση στη νιτροποίηση, επειδή τα βακτήρια νιτροποίησης είναι υποχρεωτικά αερόβια. Συνιστάται να εξασφαλίζεται κατά τη νιτροποίηση μία συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (D.O.) στη Δ.Α. της τάξης 1-2 mg/L
- **η αλκαλικότητα,** καταστρέφεται κατά την οξείδωση της αμμωνίας, επειδή ελευθερώνονται H⁺ (βλ. σχετικές αντιδράσεις παράγ. 2.4.1.). Λόγω της πτώσης του pH κατά τη νιτροποίηση μπορούμε να πούμε ότι η βιολογική νιτροποίηση εξουδετερώνει την αλκαλικότητα (επειδή ελευθερώνονται H⁺), άρα απαιτείται ρύθμιση του pH στο επιθυμητό επίπεδο με προσθήκη κατάλληλων χημικών ενώσεων (πχ. ασβέστη). Περίπου 7,1 mg αλκαλικότητας εκφρασμένα ως CaCO₃ καταστρέφονται για κάθε mg NH₃-N που οξειδώνεται.
- **το PH:** Επειδή με τη νιτροποίηση παράγονται ιόντα υδρογόνου και καταναλώνεται αλκαλικότητα, έχουμε πτώση του pH. Επειδή σε μικρές τιμές του pH η νιτροποίηση μπορεί να σταματήσει, γι' αυτό απαιτείται η άμεση αύξηση του pH. Αυτή επιτυγχάνεται είτε με ρύθμιση (εξουδετέρωση) είτε με την απονιτροποίηση. Αν η ποσότητα της αρχικής αλκαλικότητας στα απόβλητα είναι αρκετή, μπορεί να λειτουργήσει ρυθμιστικά (buffer), διατηρώντας το pH σε ταθερά επίπεδα. Σε PH 5,5-9, τα βακτήρια επηρεάζονται από το pH, η ταχύτητα νιτροποίησης μειώνεται σε PH <7 (γύρω στην τιμή 6,3-6,7), είναι σταθερή σε PH 7,5-8,5.
- **το οργανικό φορτίο του υποστρώματος και η ηλικία της ιλύος,** (για τα αστικά υγρά απόβλητα, φορτίο μεγαλύτερο του 0,4 -0,6 Kg BOD₅ ανά Kg MLVSS και ημέρα ή ηλικία ιλύος μικρότερη των τεσσάρων ημερών, επιδρούν αρνητικά στη νιτροποίηση. Βιομηχανικά υγρά απόβλητα μπορεί επίσης να απαιτούν μικρότερα οργανικά φορτία και μεγαλύτερες ηλικίες ιλύος.
- **Ένας άλλος τρόπος έκφρασης του φορτίου και της επίπτωσής του στη νιτροποίηση** είναι το φορτίο του αμμωνιακού αζώτου (NH₃-N) της ενεργού ιλύος. Υπάρχει ένα όριο 0,45-0,55 Kg NH₃-N ανά Kg MLVSS και ανά ημέρα, ή 1,5 Kg NH₃-N / m³.d σε PH=7-7,6, πέραν του οποίου η διεργασία της νιτροποίησης εμποδίζεται από την ίδια την αμμωνία).

Ακόμη, η δράση των βακτηρίων νιτροποίησης παρεμποδίζεται με την παρουσία ακόμη και μικρών συγκεντρώσεων διαφόρων ουσιών, όπως βαρέα μέταλλα, κυανιούχα, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, φαινόλες, μερκαπτάνες και θειουρία.

Από τα σημαντικότερα συστατικά παρεμπόδισης της νιτροποίησης είναι η ελεύθερη αμμωνία, (Free Ammonia, FA) και το Ελεύθερο νιτρώδες οξύ (Free Nitrous Acid, FNA).

Από πειραματική εργασία, κατά τον Eskenfelder έχει αποδειχτεί ότι: [1]

- Η FA παρεμποδίζει τη Nitrosomonas σε συγκεντρώσεις από 10 έως 150 mg/L και το Nitrobacter σε συγκεντρώσεις από 0,1 έως 1,0 mg/L.
- Η παρεμπόδιση των μ/ο νιτροποίησης από το FNA γίνεται σε συγκεντρώσεις από 0,2 έως 2,8 mg/L

Απονιτροποίηση:

Απονιτροποίηση είναι η αναγωγή των νιτρικών, παρουσία ειδικών χημικοτροφικών ετερότροφων βακτηρίων, ως μέσα αναγωγής, που βρίσκονται στα απόβλητα, έως το σχηματισμό του στοιχειακού αζώτου σε ανοξικές συνθήκες (απουσία οξυγόνου και παρουσία νιτρικών),

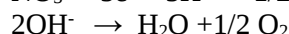
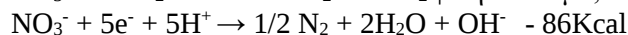
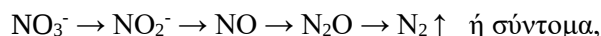
ή αλλιώς,

Οι οξειδωμένες μορφές του αζώτου, που προκύπτουν από τη νιτροποίηση, ανάγονται κάτω από ανοξικές συνθήκες, σε δεξαμενές οι οποίες καλούνται ανοξικές.

Τα βακτηρίδια αυτά:

-χρησιμοποιούν τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων (ή εξωτερικής πηγής) ως πηγή άνθρακα (COHNS) για να συνθέσουν νέα κύτταρα (C₅H₇NO₂)

-παίρνουν ενέργεια από την αντίδραση αναγωγής των νιτρικών που δίνεται παρακάτω.



Σύμφωνα με τις παραπάνω εξισώσεις τα NO₃⁻/NO₂⁻ δρουν ως οξειδωτικά (δέκτες ηλεκτρονίων) και ανάγονται με πρόσληψη ηλεκτρονίων που παρέχονται από την αναγωγική δράση της παρουσίας οργανικών ενώσεων στο υγρό (δότες ηλεκτρονίων). Δηλαδή οι οργανικές ενώσεις (ανθρακούχα συστατικά, BOD, COD) οξειδώνονται από τα νιτρώδη και νιτρικά και καταναλώνονται 2g BOD₅ ή 3,7g COD ανά 1g NO₃-N. Όταν υπάρχει οξυγόνο, αυτό δρα ως οξειδωτικό (δέκτης ηλεκτρονίων) και ανταγωνιστικά των NO₃⁻, αναστέλλοντας την απονιτροποίηση. Γι' αυτό και η απονιτροποίηση γίνεται σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου (αναερόβιες ή ανοξικές συνθήκες).

Για να γίνει η απονιτροποίηση σε ανοξικές συνθήκες, απαιτείται άνθρακας ως πηγή ηλεκτρονίων και ενέργειας. Η επιλογή της πηγής άνθρακα (ηλεκτρονιακού δότη) μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το σχεδιασμό της διαδικασίας. Η πιο κοινή πηγή άνθρακα είναι τα ανθρακούχα συστατικά του υγρού αποβλήτου (BOD₅, COD) ή η μεθανόλη, η οποία δεν αφήνει υπολειμματικό BOD στην απορροή. Κοστίζει ακριβά, γι' αυτό και η χρήση της περιορίζεται σε εργαστηριακές δοκιμές. Έχουν χρησιμοποιηθεί και άλλες πηγές άνθρακα, όπως η αιθανόλη, η μελάσα, η ζάχαρη, η ακετόνη, η γλυκόζη κ.ά.

Σε όλες τις χημικές εξισώσεις απονιτροποίησης με ηλεκτρονιακούς δότες ανθρακούχες οργανικές ενώσεις λαμβάνεται υπόψη ο σχηματισμός της βιομάζας (βιολογική σύνθεση). Η προσθήκη της μεθανόλης ελαττώνει σιγά – σιγά το διαλυμένο οξυγόνο.

- Συχνά στην απονιτροποίηση χρησιμοποιείται η περίσσεια ιλύος από βιολογικές διεργασίες ως πηγή οργανικού άνθρακα.
- Μπορούν ακόμη να χρησιμοποιηθούν ως πηγή άνθρακα:
 - απόβλητα βιομηχανιών με υψηλό οργανικό φορτίο και χαμηλές συγκεντρώσεις αζώτου. Για να χρησιμοποιηθούν τα απόβλητα αυτά θα πρέπει να γίνεται η διαδικασία απονιτροποίησης κοντά στη βιομηχανία που τα παράγει
 - ακατέργαστα υγρά απόβλητα. Είναι η πιο αποδοτική μέθοδος απονιτροποίησης σε σύστημα που απαιτείται νιτροποίηση/απονιτροποίηση. Στην περίπτωση αυτή, ανακυκλώνονται τα νιτροποιημένα υγρά απόβλητα στην αρχή της μονάδας επεξεργασίας και έρχονται σε επαφή με τα εισερχόμενα ακατέργαστα υγρά απόβλητα κάτω από αναερόβιες συνθήκες, με αποτέλεσμα την αναγωγή των νιτρικών. Ένα μέρος του οργανικού φορτίου των υγρών αποβλήτων χρησιμοποιείται ως πηγή άνθρακα (σχήμα 5&6).

Όπως όλες οι βιοχημικές αντιδράσεις, η απονιτροποίηση εξαρτάται από:

-τη θερμοκρασία : Η θερμοκρασία των αποβλήτων επηρεάζει έντονα την ανάπτυξη των απονιτροποιητικών βακτηρίων και όταν αυξάνεται, αυξάνεται και η ταχύτητα απονιτροποίησης. Εύρος : 5-60°C.

-το pH: Εύρος: 6-8, κάτω του 6 έχουμε ημιτελή αναγωγή των νιτρικών και συσσώρευση νιτρωδών. Ο ρυθμός απονιτροποίησης είναι ικανοποιητικός (μέχρι 80% του μεγίστου) στην περιοχή pH =6,5-7,5. Βέλτιστο pH =7,5-7,8.

Η απονιτροποίηση προκαλεί άνοδο του pH (παραγωγή 1mole υδροξυλίων για κάθε mole νιτρικών). Έχει υπολογισθεί ότι η αλκαλικότητα που παράγεται κατά την απονιτροποίηση είναι περίπου η μισή από εκείνη που αναλώνεται κατά τη νιτροποίηση.

-τη συγκέντρωση οξυγόνου: Η συγκέντρωση του οξυγόνου πρέπει να διατηρείται σε πολύ χαμηλά επίπεδα $\leq 0,1$ mg/L, (στην πράξη: $< 0,2-0,5$ mg/L).

-τη διαθεσιμότητα ενός κατάλληλου ηλεκτρονιακού δότη.

Ένα ποσοστό 20-40% των ετερότροφων βακτηρίων σε ένα σύστημα ενεργού ιλύος είναι χωρίς ιδιαίτερα μέτρα απονιτροποιητικά. Με την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών και απουσία οξυγόνου, αυξάνεται η αποτελεσματικότητα της απονιτροποίησης και αφαιρείται COD με ρυθμούς παρόμοιους με αυτούς του αερόβιου συστήματος ενεργού ιλύος (και υψηλότερους διότι δεν υπάρχει ο περιορισμός της μοριακής διάλυσης για τη μεταφορά του οξυγόνου. Τα βιοκινητικά δεδομένα των απονιτροποιητικών μ/ο είναι λίγο πολύ ίδια με αυτά των μ/ο της Ε.Ι.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ (ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ BOD, ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ - ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ (ΜΕ ΠΡΟ-ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ) [4,5, 6,7]

Για το σχεδιασμό μιας εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων γενικά, χρησιμοποιούμε κάποιες τιμές που δίνονται, όπως είναι **οι παροχές, τα πληθυσμιακά δεδομένα, οι απαιτήσεις της νομοθεσίας και οι παραγόμενες τιμές ρύπων ανά κάτοικο την ημέρα**, που υπάρχουν σε πίνακες της βιβλιογραφίας ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του αποβλήτου. Από τις δεδομένες τιμές υπολογίζονται τα υπόλοιπα δεδομένα σχεδιασμού όπως φαίνεται στον πίνακα 2, στον οποίο παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα δεδομένα σχεδιασμού και ο τρόπος υπολογισμού τους, για μια **εγκατάσταση βιολογικής απομάκρυνσης οργανικού φορτίου (BOD) και αζώτου, που περιλαμβάνει δεξαμενή αερισμού, στην οποία πραγματοποιείται οξείδωση BOD και νιτροποίηση, δεξαμενή απονιτροποίησης και δεξαμενή καθίζησης.**

Στον πίνακα 1 δίνονται τα δεδομένα εκροών ανάλογα με τον τύπο του αποδέκτη και την νομοθεσία, για την επιλογή των τιμών ορισμένων παραμέτρων στην εκροή της εγκατάστασης που σχεδιάζουμε.

Μεθοδολογία Σχεδιασμού Εγκατάστασης Απομάκρυνσης BOD, Νιτροποίησης - Απονιτροποίησης (με Προ-απονιτροποίηση)

Η διαδικασία σχεδιασμού είναι η ακόλουθη:

α) με βάση τα δεδομένα σχεδιασμού της άσκησης (Ισοδύναμος πληθυσμός – ΠΠ) και τις παραμέτρους που δίνονται βιβλιογραφικά (ειδικές παροχές, συγκεντρώσεις κλπ) υπολογίζονται τα υδραυλικά και ρυπαντικά φορτία, με τη σειρά, τους τύπους και τις υποδείξεις του πίνακα 2.

β) με βάση τις παραμέτρους σχεδιασμού που υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του πίνακα 2, υπολογίζουμε τη δεξαμενή αερισμού με τη σειρά, τους τύπους και τις υποδείξεις του πίνακα 3.

γ) Υπολογίζουμε τον όγκο της δεξαμενής απονιτροποίησης με βάση νέα δεδομένα και τύπους σχεδιασμού όπως δίνονται στον πίνακα 4 και δεδομένα σχεδιασμού που δίνονται ή υπολογίζονται στους πίνακες 2 & 3.

Πίνακας 1. Τυπικές τιμές συγκεντρώσεων ρυπαντικού φορτίου στα αστικά απόβλητα

Παράμετρος	Συγκέντρωση (mg/l)	
	Όρια	Τυπική τιμή
BOD ₅	110-400	220
TSS	100-350	220
Ολικό N	20-85	40
Ολικός P	4-15	8

Πίνακας 2. Προδιαγραφές επεξεργασμένων αποβλήτων για διάθεση σε ευαίσθητο αποδέκτη σύμφωνα με την οδηγία 91/271 της Ε.Ε.

Παράμετρος	Ευαίσθητος αποδέκτης	
	Συγκέντρωση εκροής (mg/l)	Ελάχιστος βαθμός απομάκρυνσης (%)
BOD ₅	25	70-90
TSS	35	90
Ολικό N	15	70-80
Ολικός P	2	80

Σημείωση:

Για πληθυσμό άνω των 10000 κατοίκων: Αιωρούμενα Στερεά $100-350 \leq 35$.

Για πληθυσμό άνω των 100000 κατοίκων: Ολικό Άζωτο (Kjeldahl) $20-80 \leq 10$, Ολικός Φώσφορος $5-20 \leq 1$.

Προσοχή! Κάποιες παράμετροι σχεδιασμού που υπολογίζονται σε mg/L μπορεί να χρειαστεί να αντικατασταθούν σε τύπους υπολογισμού με Kg/m³ και αντίστροφα, ανάλογα με τις μονάδες των άλλων παραμέτρων που χρησιμοποιείτε σε κάποιο υπολογισμό.
1 Kg/m³ = 1000 mg/L