

ΠΕΡΙΒΑΛΟΝΤΙΚΗ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΔΙΑΣΤΑΛΑΓΜΑΤΑ – ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ - ΕΜΦΡΑΞΗ

Α.Σ.Α. - Χ.Υ.Τ.Α.

Έκθεση Παγκόσμιας Τράπεζας του 2012

- το έτος 2002: 0,64 kg στερεών αποβλήτων/άτομο & ημέρα
- το έτος 2012: 1,2 kg στερεών αποβλήτων/άτομο & ημέρα
- εκτιμάται ότι, το έτος 2025 θα είναι 1,42 kg σε σύνολο 4,3 δισεκατομμυρίων αστικού πληθυσμού

Χ.Υ.Τ.Α.

Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.)

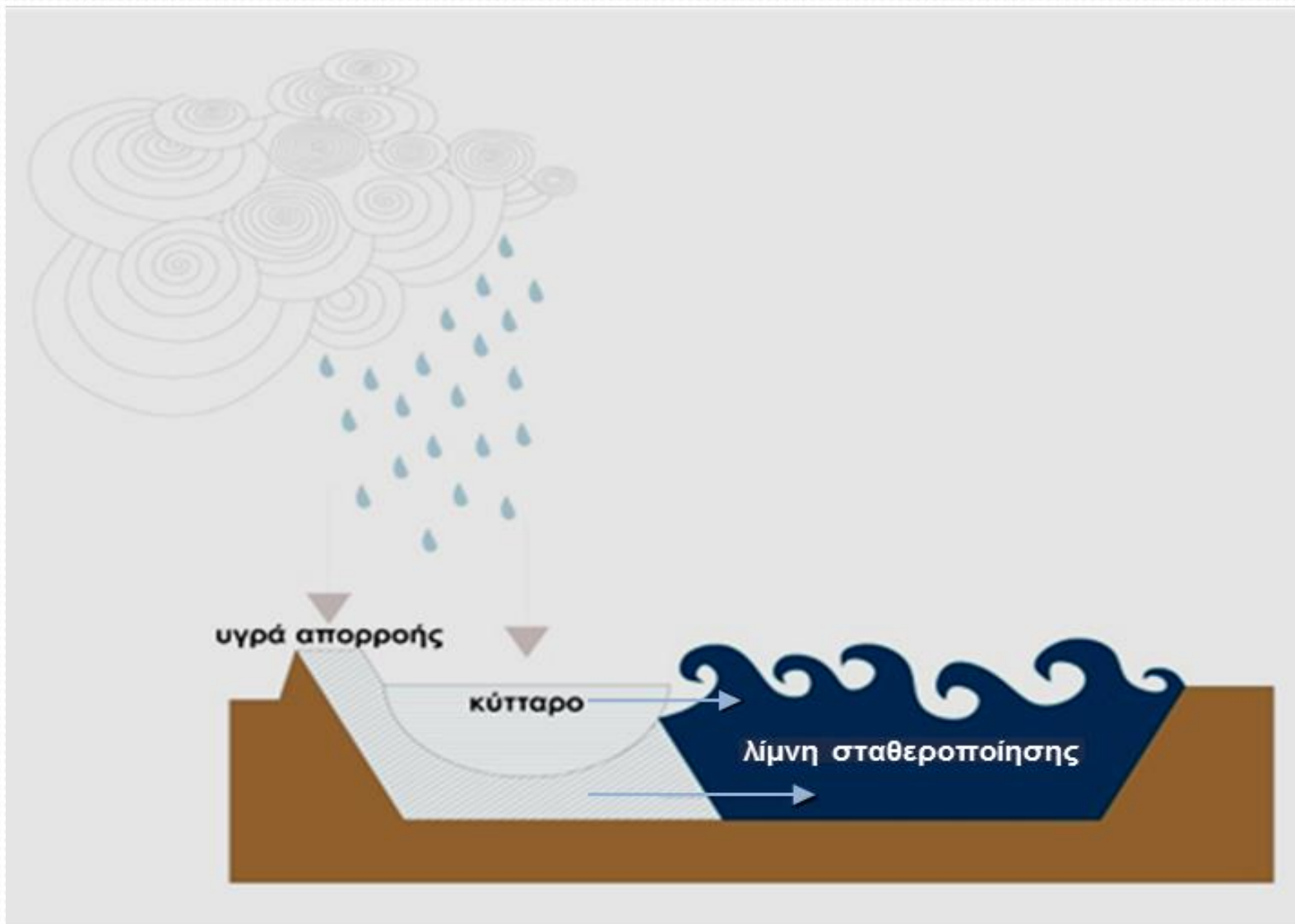
- χαμηλό κόστος εφαρμογής
- ελεγχόμενοι χώροι απόθεσης
- περιορισμός περιβαλλοντικών κινδύνων
- συμβολή στην αποδόμηση ρυπογόνων συστατικών

Χ.Υ.Τ.Α.

Πολύπλοκα συστήματα επηρεαζόμενα από:

- υδρολογικές
- εποχικές
- κλιματικές συνθήκες
- επίπεδα υγρασίας
- θερμοκρασία
- βαθμό συμπίεσης και
- τρόπο απόθεσης των στερεών

Χ.Υ.Τ.Α. – Παραγωγή Διασταλαγμάτων



Χ.Υ.Τ.Α. – Παραγωγή Διασταλαγμάτων

Σύσταση και ποσότητα διασταλαγμάτων

- βροχόπτωση και εισχώρηση υδάτων
- προ-επεξεργασία στερεών αποβλήτων
- βαθμός συμπίεσης και τρόπος απόθεσης
- υγρασία, σύσταση και διαπερατότητα των στερεών
- ανακυκλοφορία διασταλάγματος εντός Χ.Υ.Τ.Α.
- εσωτερική θερμοκρασία
- ηλικία Χ.Υ.Τ.Α.

Βιοδιεργασίες σε Χ.Υ.Τ.Α.

Ηλικία Χ.Υ.Τ.Α.

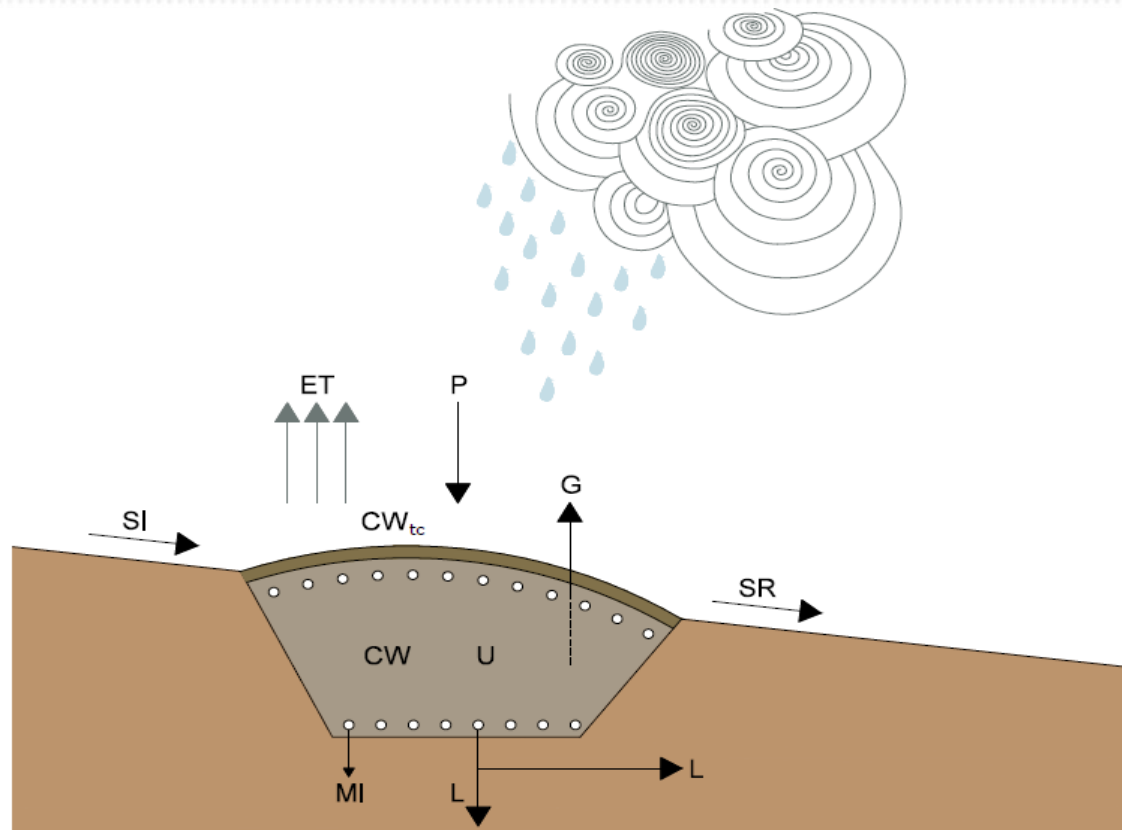
- αρχικό στάδιο έως 1 έτος
- ενδιάμεσο στάδιο έως 5 έτη
- στάδιο ωρίμανσης έως 10 έτη

Διασταλάγματα

- φρέσκα (υψηλός λόγος BOD/COD)
- ενδιάμεσης ηλικίας
- ώριμα (χαμηλός λόγος BOD/COD)

Χ.Υ.Τ.Α. – Παραγωγή Διασταλαγμάτων

- Υπολογισμός της ποσότητας του παραγόμενου διασταλάγματος σύμφωνα με τους Kjeldsen & Beaven

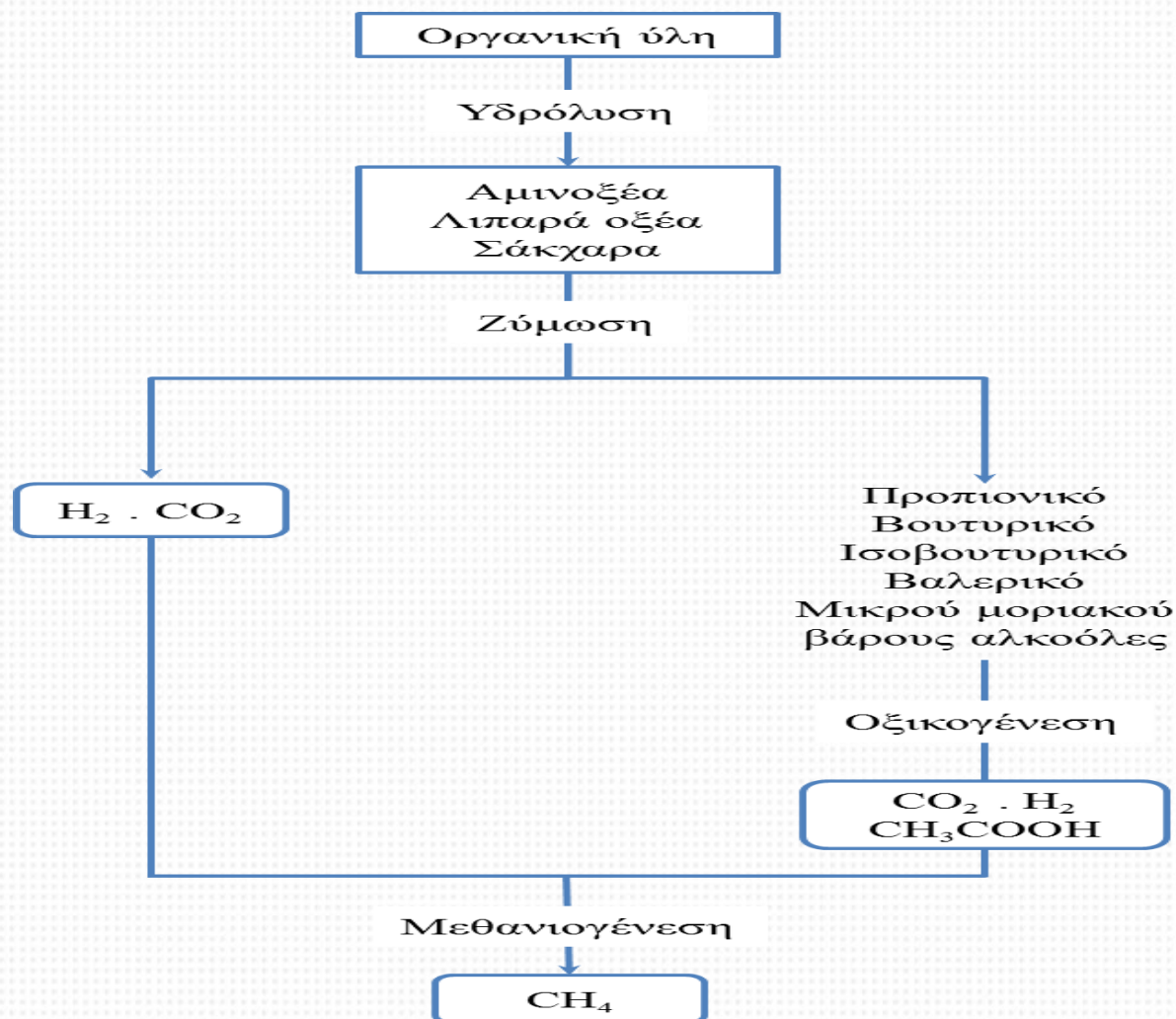


Βιοδιεργασίες σε Χ.Υ.Τ.Α.

Στάδια έως τη σταθεροποίηση

- Τα κύρια στάδια αποδόμησης των συστατικών του διασταλάγματος είναι τέσσερα
 - ❖ Αρχικό αερόβιο στάδιο μικρής διάρκειας
 - ❖ Στάδιο υδρόλυσης μεγαλομοριακών ενώσεων και ζύμωση των μονομερών τους (οξεοποίηση)
 - ❖ Βιομετατροπή των προϊόντων της ζυμώσεως (εκτός του οξικού) σε οξικό (οξικοποίηση)
 - ❖ Στάδιο της μεθανιογένεσης
 - ❖ Περιορισμένης κλίμακας εισχώρηση οξυγόνου σε τμήματα του κυττάρου

Βιοδιεργασίες σε Χ.Υ.Τ.Α.



Βιοδιεργασίες σε Χ.Υ.Τ.Α.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά του διασταλάγματος

- Τα χαρακτηριστικά του διασταλάγματος είναι δυνατό να εκτιμηθούν μέσω του προσδιορισμού παραμέτρων, όπως
 - ❖ το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD),
 - ❖ το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) ή TOC,
 - ❖ το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC),
 - ❖ τα αιωρούμενα στερεά (SS),
 - ❖ το ολικό κατά Kjeldahl άζωτο και το αμμωνιακό άζωτο (NH_4^+-N)

Βιοδιεργασίες σε Χ.Υ.Τ.Α.

- Οι συγκεντρώσεις των ρύπων προσεγγίζουν τις μεγαλύτερες δυνατές τιμές τους μέσα σε ένα χρονικό διάστημα έως τριών ετών από την έναρξη της λειτουργίας ενός Χ.Υ.Τ.Α. και ακολουθούν σταθερά καθοδική πορεία κατά τα επόμενα χρόνια μέχρι την σταθεροποίησή τους
- Η παραδοχή αυτή φαίνεται να ισχύει τόσο για τις βασικές παραμέτρους χαρακτηρισμού του διασταλάγματος, όπως είναι το BOD και το COD, καθώς και για τον πληθυσμό των βακτηρίων
- Εξαίρεση φαίνεται να ακολουθεί η συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου

Μέθοδοι επεξεργασίας διασταλαγμάτων

Οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι περιλαμβάνουν

- Την επεξεργασία των διασταλαγμάτων εντός του Χ.Υ.Τ.Α. (*in situ* επεξεργασία), δηλαδή στο χώρο παραγωγής τους, την προώθησή τους στο δίκτυο επεξεργασίας υγρών αποβλήτων
- τη μεταφορά τους εκτός του σημείου παραγωγής, ώστε να καταστεί εκεί δυνατή η απομάκρυνση των ρυπαντικών συστατικών τους
- Η επιλεχθείσα μέθοδος μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τη σύσταση του διασταλάγματος και τις συνθήκες που συντελούν στον σχηματισμό του

Μέθοδοι επεξεργασίας διασταλαγμάτων

Ποσοστό υγρασίας

- Επηρεάζει την ποικιλομορφία των μικροοργανισμών, την ποσότητα και σύσταση του παραγόμενου διασταλάσματος και εκλυόμενου βιοαερίου

Γεωμορφία του ΧΥΤΑ

- Το βάθος που τα στερεά απόβλητα τοποθετούνται και το ποσοστό κάλυψης τους καθορίζει τις επικρατούσες συνθήκες (αερόβιες-αναερόβιες), το ποσοστό υγρασίας και το ρυθμό βιοαποδόμησής τους

Χαρακτηριστικά στερεών αποβλήτων

- Προεπεξεργασία στερεών αποβλήτων και τρόπος απόθεσης

Συνθήκες θερμοκρασίας και pH

- Αλλαγή θερμοκρασίας ανάλογα με το βάθος και τη συμπίεση - μικροβιακή δραστηριότητα και ρυθμός αποδόμησης ανάλογα με τη θερμοκρασία και το pH

Μέθοδοι επεξεργασίας διασταλαγμάτων

Φυσικοχημική επεξεργασία

- In-situ αερισμός
- Χημική οξείδωση
- Επίπλευση
- Κροκίδωση/συσσωμάτωση
- Υπερδιήθηση
- Προσρόφιση σε ενεργό άνθρακα
- Αντίστροφη ώσμωση
- Θερμική επεξεργασία

Βιολογική επεξεργασία

- Αερόβια-ανοξικά συστήματα ενεργού ιλύος
- Αναερόβια επεξεργασία
- Λίμνες σταθεροποίησης
- Συνεπεξεργασία διασταλαγμάτων και αστικών υγρών αποβλήτων

Εναλλακτικοί τρόποι επεξεργασίας

- Άρδευση σε λιβάδια
- Ανακυκλοφορία εντός του Χ.Υ.Τ.Α.
- Φυσική εξάτμιση διασταλάγματος

Μέθοδοι επεξεργασίας διασταλαγμάτων

Βιολογικές μέθοδοι

- Τα βιολογικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων χρησιμοποιούνται επιτυχώς για την απομάκρυνση οργανικών και ανόργανων συστατικών
- Η επαρκής γνώση για την παρουσία συγκεκριμένων μικροοργανισμών, η ηλικία της ιλύος, ο λόγος F/M, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής και τα επίπεδα **διαλυμένου οξυγόνου** αποτελούν σημαντικούς παράγοντες ελέγχου της διαδικασίας αποδόμησης των συστατικών του διασταλάγματος

Διαδικασία νιτροποίησης

Νιτροποίηση

- Η σύσταση ενός υγρού αποβλήτου συνήθως περιλαμβάνει τόσο οργανικό όσο και ανόργανο άζωτο
- Κατά την αμμωνιοποίηση πραγματοποιείται ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου, παράγοντας αμμωνία, μέρος της οποίας προσλαμβάνεται από τους μικροοργανισμούς για επίτευξη της κυτταρικής σύνθεσης και το υπόλοιπο ελευθερώνεται ως αμμωνιακά στο υγρό απόβλητο

Διαδικασία νιτροποίησης

Νιτροποίηση

- Η οξείδωση της αμμωνίας σε νιτρικά λαμβάνει χώρα σε δύο στάδια, όπου αρχικά οξειδωτές της αμμωνίας (Ammonia Oxidizing Bacteria - AOB) μετατρέπουν την αμμωνία σε νιτρώδη και κατόπιν οι οξειδωτές των νιτρωδών (Nitrite Oxidizing Bacteria - NOB) οξειδώνουν τα νιτρώδη σε νιτρικά
- Ο σχηματισμός των νιτρωδών γίνεται από στελέχη του γένους *Nitrosomonas* και *Nitrospira*, ενώ επίσης στελέχη του γένους *Nitrosococcus* μπορούν να συμμετέχουν στη μετατροπή αυτή.

Διαδικασία νιτροποίησης

Νιτροποίηση

- Η ακολουθούμενη οξείδωση των νιτρωδών σε νιτρικά πραγματοποιείται τόσο από στελέχη του γένους *Nitrobacter*, όσο και από στελέχη του γένους *Nitrospira*
- Η συνολική διαδικασία είναι σχετικά αργή αφού παρόλο που οι πραγματοποιηθείσες αντιδράσεις είναι εξώθερμες, η ανάπτυξη των στελεχών των γενών *Nitrosomonas* και *Nitrobacter* είναι χρονοβόρα λόγω της αυτότροφης ανάπτυξης
- Παράμετροι για την νιτροποίηση

Διαδικασία νιτροποίησης

Amo



- οξειδωτές της αμμωνίας (AOB)
- οξειδωτές των νιτρωδών (NOB)

Αργή διαδικασία λόγω της αυτότροφης ανάπτυξης

Διαδικασία απονιτροποίησης

Απονιτροποίηση

- Το δεύτερο στάδιο της αφαίρεσης αζώτου περιλαμβάνει τη μετατροπή των σχηματισθέντων νιτρικών σε μοριακό άζωτο (ή σε κάποιες περιπτώσεις σε οξειδία του αζώτου)
- Χημειοτερότροφοι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν ως τελικό δέκτη ηλεκτρονίων αντί για το οξυγόνο τα νιτρικά ή τα νιτρώδη ιόντα
- Οι μικροοργανισμοί που συμμετέχουν στην πορεία αυτή είναι προαιρετικά αναερόβια βακτήρια (π.χ. μέλη των γενών *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Acinetobacter*)

Διαδικασία απονιτροποίησης

Απονιτροποίηση

- Η σύνθεση της αναγωγής των νιτρωδών στην κυτταρική μεμβράνη αναστέλλεται από την παρουσία οξυγόνου και έτσι η βιομετατροπή των νιτρωδών λαμβάνει χώρα μόνο υπό ανοξικές συνθήκες
- Η συνολική αντίδραση, η οποία είναι ιδιαιτέρως εξώθερμη πραγματοποιείται συνήθως από ετερότροφα απονιτροποιητικά βακτήρια που χρησιμοποιούν οργανικά συστατικά για τη σύνθεση κυττάρων και την αναγωγή των νιτρικών σε μοριακό άζωτο

Διαδικασία απονιτροποίησης

Απονιτροποίηση

- Σε επιβαρυμένα απόβλητα οι υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας και κατά συνέπεια νιτρικών προς αναγωγή, προϋποθέτουν τη διαθεσιμότητα ικανής ποσότητας δότη ηλεκτρονίων που συχνά δεν είναι πλήρως διαθέσιμος στο επεξεργαζόμενο υγρό απόβλητο
- Η απονιτροποίηση καταναλώνει περίπου 3,7 g ευκόλως βιοδιασπώμενου COD ανά g NO_3^- -N, σχηματίζοντας ταυτόχρονα 0,45 g νέα κύτταρα και 3,57 g αλκαλικότητας

Διαδικασία απονιτροποίησης

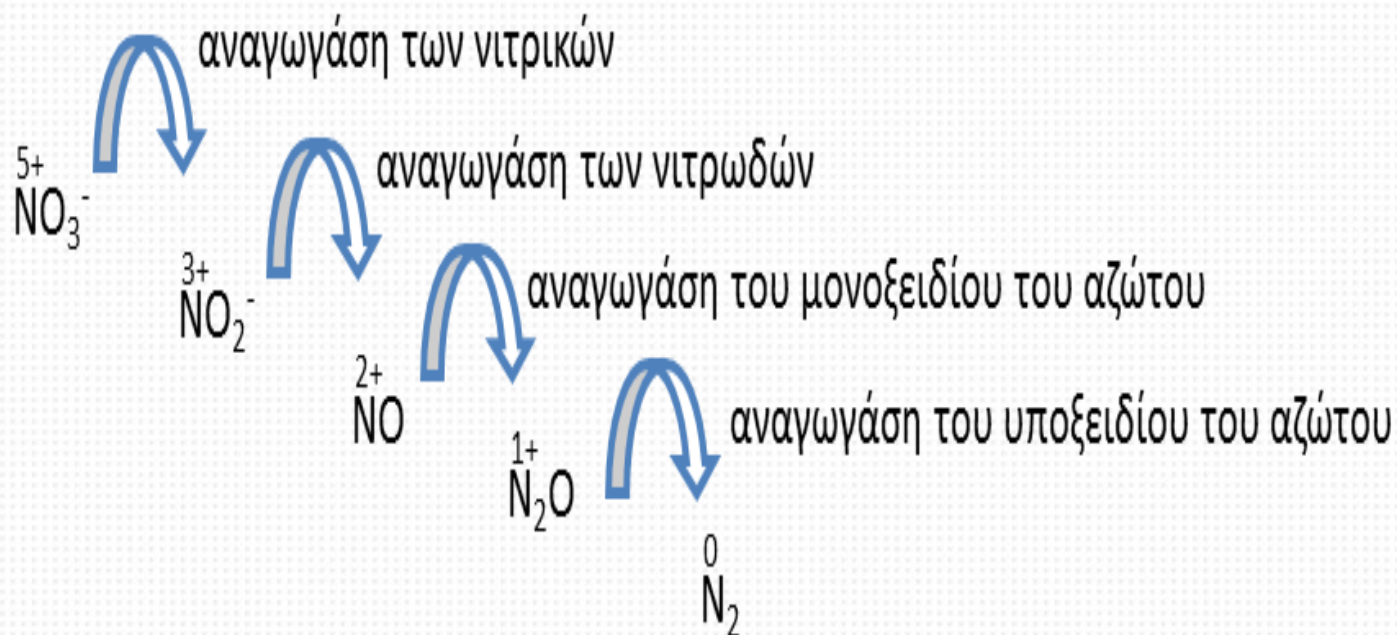
Nir



- ιδιαιτέρως εξώθερμες διεργασίες
- χημειοτερότροφοι μικροοργανισμοί
- τελικός δέκτης ηλεκτρονίων τα νιτρικά ή τα νιτρώδη
- ενζυμο κλειδί στη διαδικασία: Nir

Διαδικασία απονιτροποίησης

Απονιτροποίηση



Επεξεργασία διασταλαγμάτων

Συστήματα μεμβρανών

- Οι βιοαντιδραστήρες μεμβρανών στηρίζονται στη βιολογική αποδόμηση των θρεπτικών συστατικών του υγρού αποβλήτου που τίθεται υπό επεξεργασία μέσω της
 - ❖ μικρο-
 - ❖ νανο-
 - ❖ υπερ-διήθησης
 - ❖ αντίστροφης ώσμωσης

Επεξεργασία διασταλαγμάτων

Συστήματα μεμβρανών

- Βάσει του πορώδους τα κυριότερα είδη μεμβρανών είναι:
 - ❖ Μεμβράνες μικροδιήθησης (MF)
 - ❖ Μεμβράνες Υπερδιήθησης (UF)
 - ❖ Μεμβράνες Νανοδιήθησης (NF)
 - ❖ Μεμβράνες Αντίστροφης Όσμωσης (RO)

Επεξεργασία διασταλαγμάτων

Συστήματα μεμβρανών

- για την μικροδιήθηση το μέγεθος των πόρων της μεμβράνης κυμαίνεται μεταξύ 0,1-10 μm ώστε το διήθημα να περιλαμβάνει νερό και διαλυτά σε αυτό συστατικά,
- για την υπερδιήθηση το μέγεθος αυτό κινείται μεταξύ 0,01-0,1 μm με το διήθημα να περιέχει νερό και διαλυτά μόρια,
- μειώνεται στην νανοδιήθηση, όπου οι πόροι βρίσκονται μεταξύ 0,001-0,01 μm
- για την αντίστροφη ώσμωση το μέγεθος των πόρων είναι ακόμη μικρότερο, μεταξύ 0,0001-0,001 μm

Επεξεργασία διασταλαγμάτων

Συστήματα μεμβρανών

• Τα κύρια υλικά κατασκευής των μεμβρανών αποτελούνται από μεγαλομοριακές ενώσεις όπως:

1. Πολυπροπυλένιο
2. Ακρυλονιτρίλιο
3. Πολυβινυλοφθορίδιο
4. Πολυτετραφθοροαιθυλένιο (Teflon)
5. Αλειφατικά πολυαμίδια (Nylon)
6. Αρωματικά πολυαμίδια

Επεξεργασία διασταλαγμάτων

Συστήματα μεμβρανών

- Πλεονεκτήματα

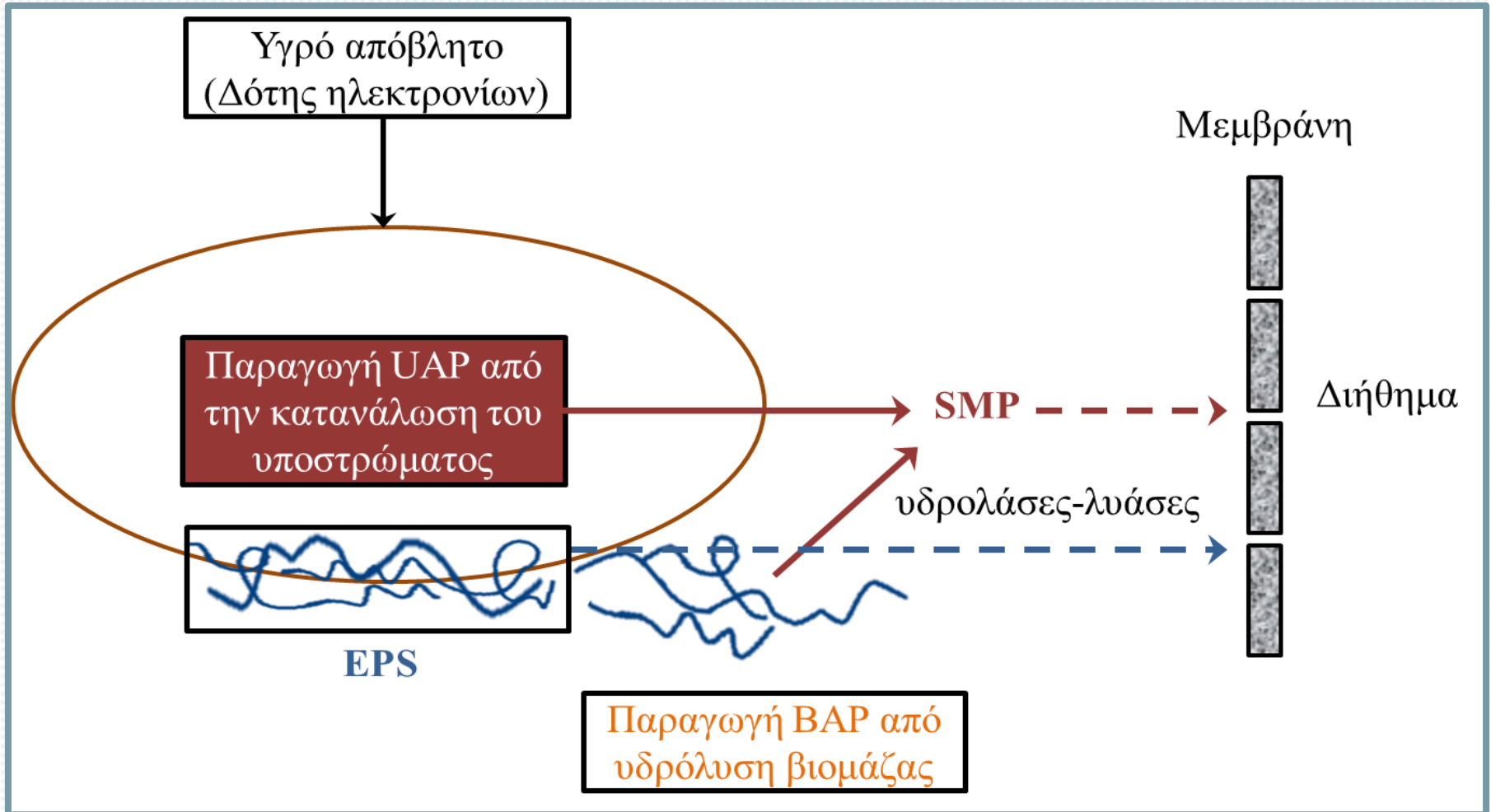
α) η παραλαβή εκροής με μειωμένα θρεπτικά συστατικά (BOD, COD, ολικό άζωτο) σε ένα μόνο στάδιο,

β) ηλικία της ιλύος (SRT) που παρέχει έλεγχο των βιολογικών διεργασιών και πλούσια σε μικροοργανισμούς προσαρμοσμένη βιομάζα,

γ) ο έλεγχος διακυμάνσεων στο εισερχόμενο οργανικό φορτίο και η αντιμετώπιση των μεταβολών αυτών από τη βιομάζα

δ) η μειωμένη και ελεγχόμενη παραγωγή ιλύος σε σχέση με άλλες αερόβιες διεργασίες

Έμφραξη της μεμβράνης



Εξωκυτταρικά βιοπολυμερή

- Η έμφραξη οργανικής προέλευσης προκαλείται από την εναπόθεση βιοπολυμερών στην επιφάνεια της μεμβράνης, όπως είναι:
 - οι πρωτεΐνες
 - οι πολυσακχαρίτες
 - τα νουκλεϊκά οξέα
 - τα φωσφολιπίδια
 - τα εξωκυτταρικά ένζυμα



Λόγω του μικρού τους μεγέθους και της εύκολης μεταφοράς τους κατά τη διήθηση του μικτού υγρού δημιουργούν ανάσχεση της ροής διαμέσου των πόρων της μεμβράνης

Εξωκυτταρικά βιοπολυμερή

- Τα συστατικά που ελευθερώνονται κατά τη μικροβιακή δραστηριότητα στο μικτό υγρό, εξαιτίας της:
 - ❖ σύνθεσης και της λύσης των κυττάρων
 - ❖ διάχυσής τους από την κυτταρική μεμβράνη
 - ❖ έκκρισής τους κατά τις αλληλεπιδράσεις των οργανισμών

αποτελούν στο σύνολό τους το διαλυτό μικροβιακό προϊόν

Soluble Microbial Product - SMP

Εξωκυτταρικά βιοπολυμερή

Soluble Microbial Product - SMP

- Ένας επιπλέον διαχωρισμός διακρίνει το διαλυτό μικροβιακό προϊόν σε αυτό που παράγεται
 - ❖ κατά την κατανάλωση του διαθέσιμου υποστρώματος του μικτού υγρού και χαρακτηρίζεται ως UAP (utilization-associated products)
 - ❖ κατά την υδρόλυση πολυμερών σε μικρότερου μοριακού βάρους ενώσεις και χαρακτηρίζεται ως BAP (biomass-associated products)
 - ❖ από τα προϊόντα της κυτταρικής λύσης.

Εξωκυτταρικά βιοπολυμερή

Soluble Microbial Product - SMP

- Έτσι, η παραγωγή του διαλυτού μικροβιακού κλάσματος προέρχεται είτε από το μεταβολισμό του υποστρώματος από τους μικροοργανισμούς (utilization-associated products), είτε από τη βιομάζα ως αποτέλεσμα της υδρόλυσης κυτταρικών δομών και της λύσης των κυττάρων
- Ποιες είναι οι συνθήκες που ευνοούν τον σχηματισμό τους

Εξωκυτταρικά βιοπολυμερή

Soluble Microbial Product - SMP

- τα βακτήρια σχηματίζουν οργανικά διαλυτά συστατικά (SMP) ως απόρροια της ενδογενούς αναπνοής σε περιόδους έλλειψης θρεπτικού υποστρώματος
- η ύπαρξη σημαντικού πλεονάσματος ενέργειας που προέρχεται από την παρουσία επαρκούς εξωτερικής πηγής άνθρακα μπορεί επίσης να ευνοήσει τον σχηματισμό τους
- συχνή είναι η έκκριση διαλυτών οργανικών συστατικών για τη διατήρηση της ωσμωτικής ισορροπίας διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης

Εξωκυτταρικά βιοπολυμερή

Soluble Microbial Product - SMP

- απότομη μεταβολή στη διαθεσιμότητα των οργανικών συστατικών είναι ικανή να προκαλέσει τον άμεσο θάνατο ορισμένων βακτηρίων και την έκλυση SMP
- μικρή συγκέντρωση βασικών για τους μικροοργανισμούς θρεπτικών οδηγεί στο σχηματισμό SMP ως μηχανισμό προσαρμογής στην αυξανόμενη ανάγκη της ενεργού ιλύος σε θρεπτικά
- διαλυτό μικροβιακό προϊόν παράγεται τέλος από αλλαγές στην ωσμωτική πίεση (αλατότητα) και τη θερμοκρασία

Εξωκυτταρικά βιοπολυμερή

Extracellular polymeric substances - EPS

- Τα EPS αποτελούνται κατά κύριο λόγο από:
 - ❖ πολυσακχαρίτες, οι οποίοι είναι πολυμερή μονομερών γλυκοζιτών, όπως γλυκόζη, μανόζη, ριβόζη και γαλακτόζη
 - ❖ πρωτεΐνες, που η πρωτοταγής τους δομή προέρχεται από τη σύνδεση αμινοξέων, όπως γλουταμινικό, ασπαρτικό, αλανίνη, λευκίνη και κυστεΐνη
 - ❖ λιπίδια, νουκλεϊκά και χουμικά οξέα μπορούν επίσης να εντοπιστούν σε μικρότερο βαθμό

Εξωκυτταρικά βιοπολυμερή

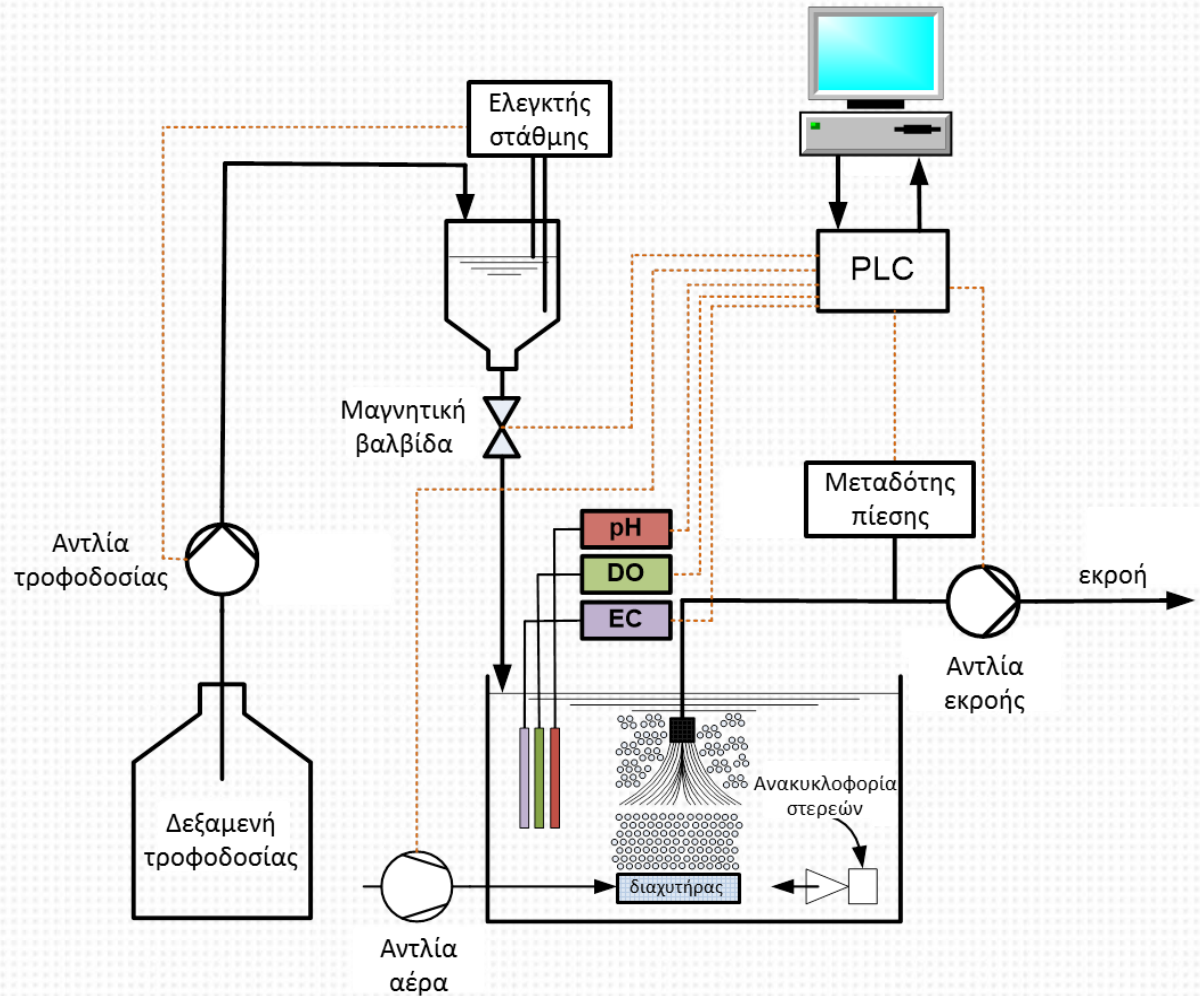
Extracellular polymeric substances - EPS

- Τα εξωκυτταρικά πολυμερή:
 - ❖ περιλαμβάνουν ένα ισχυρά προσκολλημένο στη βιομάζα τμήμα και
 - ❖ ένα εξωτερικό, το οποίο παρουσιάζει ένα ασθενέστερο δεσμό με τη νιφάδα
 - ❖ Συνήθως, τα προσκολλημένα πρωτεϊνικά συστατικά αποτελούν μέρος του εσωτερικού τμήματος των EPS, ενώ οι πολυσακχαρίτες εντοπίζονται στο εξωτερικό τμήμα

Αποτελέσματα

Διαστάλαγμα	Φρέσκο-Μέσης ηλικίας
Προέλευση	Χ.Υ.Τ.Α. Ξάνθης
Βιοαντιδραστήρας	MBR (βιολογική αφαίρεση αζώτου)
Οργανική φόρτιση	0,192 g COD/L.d + 950 mg/L γλυκερόλη 0,211 g COD/L.d + 950 mg/L γλυκερόλη 0,297 g COD/L.d + 950 mg/L γλυκερόλη
Μικροβιολογική ανάλυση	
Εφαρμοζόμενες μοριακές τεχνικές	Μη καλλιεργητική τεχνική: Αλληλούχιση Illumina των 16S rRNA βακτηρίων & 5.8S rRNA-ITS μυκήτων
Εξωκυτταρικά πολυμερή	Πρωτεϊνικά και υδατανθρακικά EPS & SMP
Ένζυμα	Υδρολυτική δραστηριότητα μικτού υγρού MBR

Αποτελέσματα



Χαρακτηριστικά λειτουργίας του MBR

Κύκλος λειτουργίας διάρκειας 12 h:

- Τροφοδοσία λύματος και ανοξικό στάδιο λειτουργίας: 1 h
- Αερόβιο στάδιο λειτουργίας: 3 h
- Τροφοδοσία λύματος και ανοξικό στάδιο λειτουργίας : 1 h
- Αερόβιο στάδιο λειτουργίας φάση: 3 h
- Τροφοδοσία γλυκερόλης υπό ανοξικές συνθήκες: 5 min
- Ανοξικό στάδιο λειτουργίας: 1 h 55 min
- Αερόβιο στάδιο λειτουργίας: 1 h 41 min 20 sec
- Εκροή υπό αερόβιες συνθήκες: 18 min 40 sec

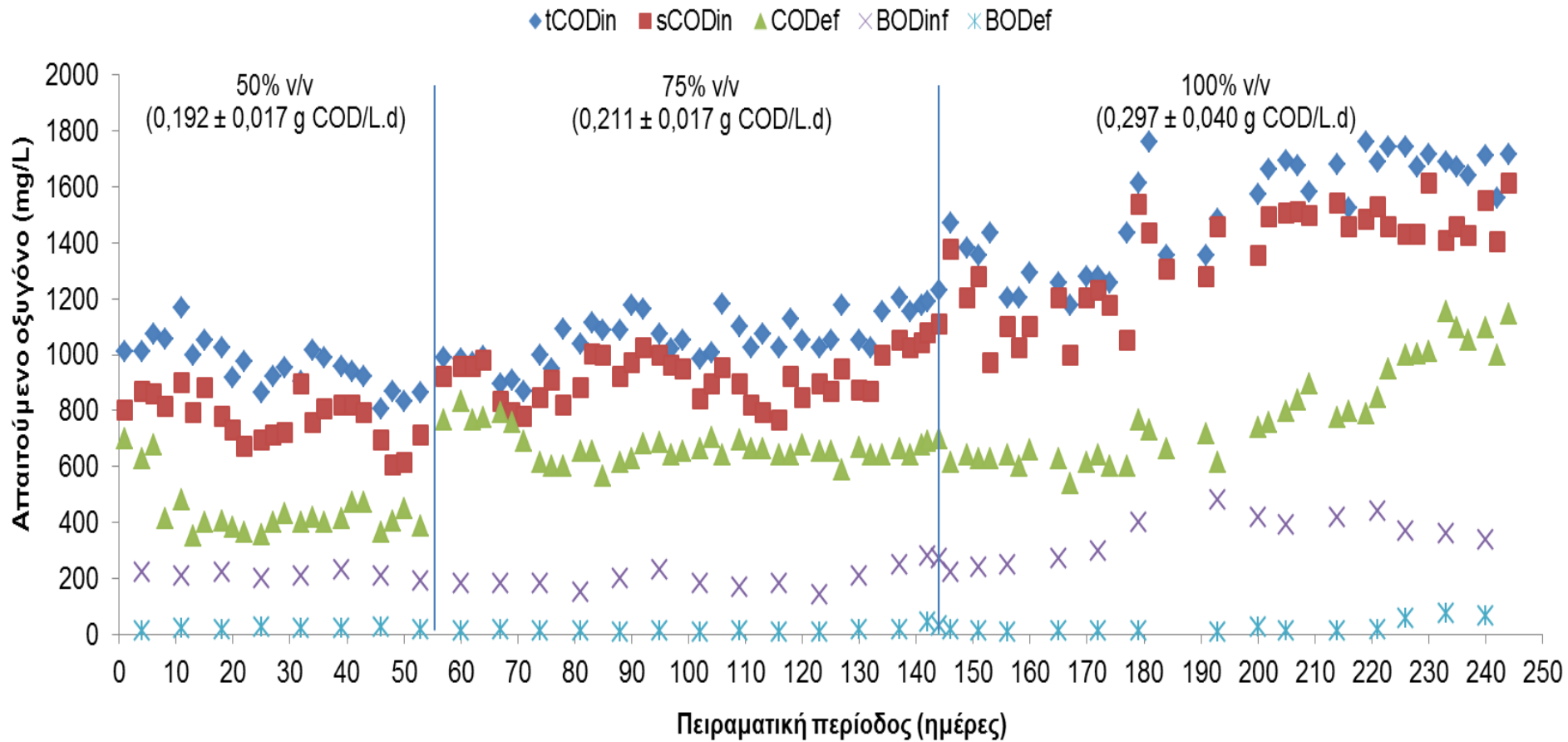
- HRT 5 ημερών

EPS και SMP στον MBR στις διαφορετικές αραιώσεις φρέσκου προς μέσης ηλικίας διασταλάγματος

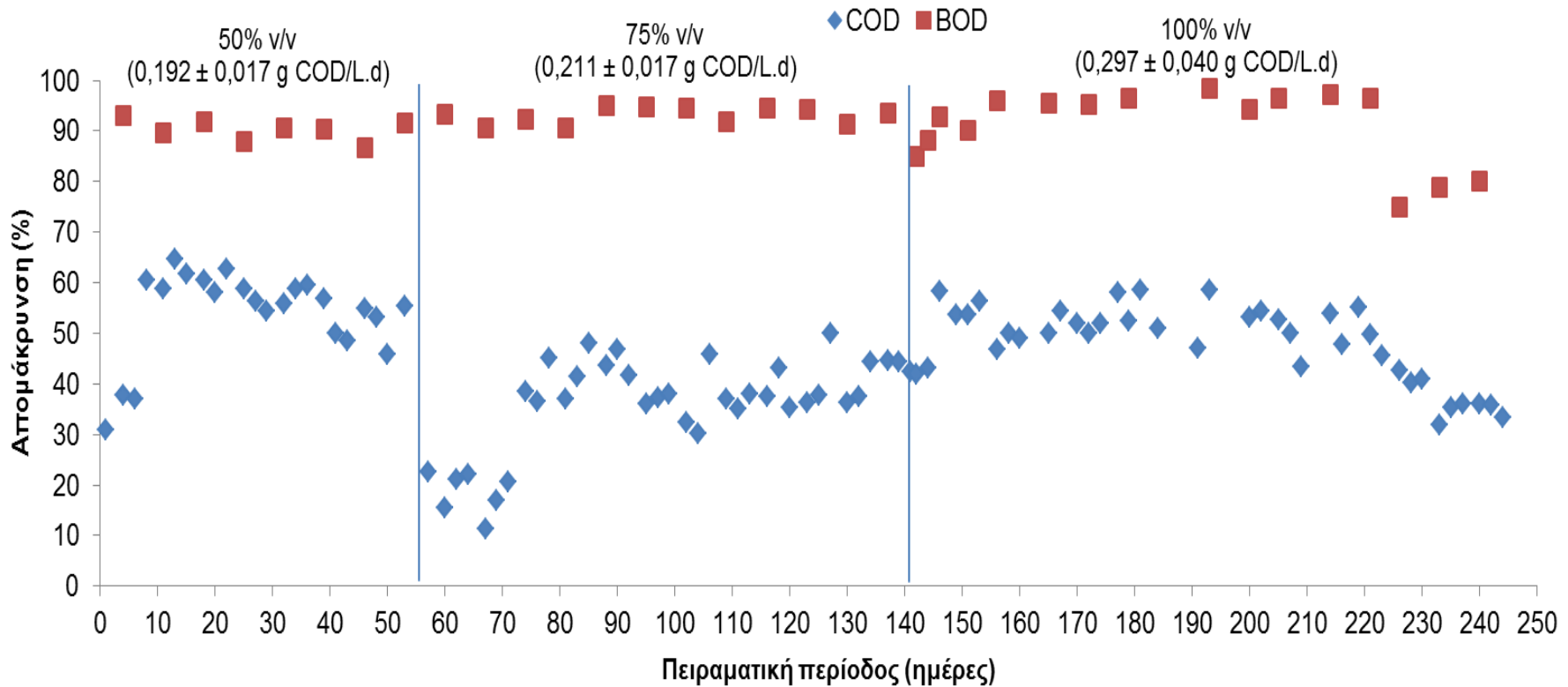
	tCOD _{in}	BOD _{in}	MLVSS	TMP	EC _{in}	NH ₄ ⁺ -N _{in}	β - γλυκοσιδάση
tCOD _{in}	-						
BOD _{in}	0,860**	-					
MLVSS	0,450**	0,442**	-				
TMP	0,752**	0,697**	0,605**	-			
EC _{in}	0,937**	0,835**	0,480**	0,742**	-		
NH ₄ ⁺ -N _{in}	0,836**	0,759**	0,574**	0,797**	0,853**	-	
πρωτεϊνικά EPS	0,670**	0,301	0,130	0,513**	0,674**	0,535**	
πρωτεϊνικά SMP	0,625**	0,288	-0,070	0,401*	0,570**	0,415*	
υδατανθρακικά EPS	0,687**	0,440*	-0,124	0,380*	0,634**	0,466**	
υδατανθρακικά SMP	0,808**	0,623**	0,095	0,588**	0,731**	0,629**	
β -γλυκοσιδάση	-0,653**	-0,470	-0,208	-0,694**	-0,731**	-0,587**	-

Συγκριτικός πίνακας απομάκρυνσης θρεπτικών συστατικών άνθρακα και αζώτου σε συστήματα νιτροποίησης-απονιτροποίησης MBR που επεξεργάστηκαν διασταλάγματα διαφορετικών ηλικιών δίχως προεπεξεργασία

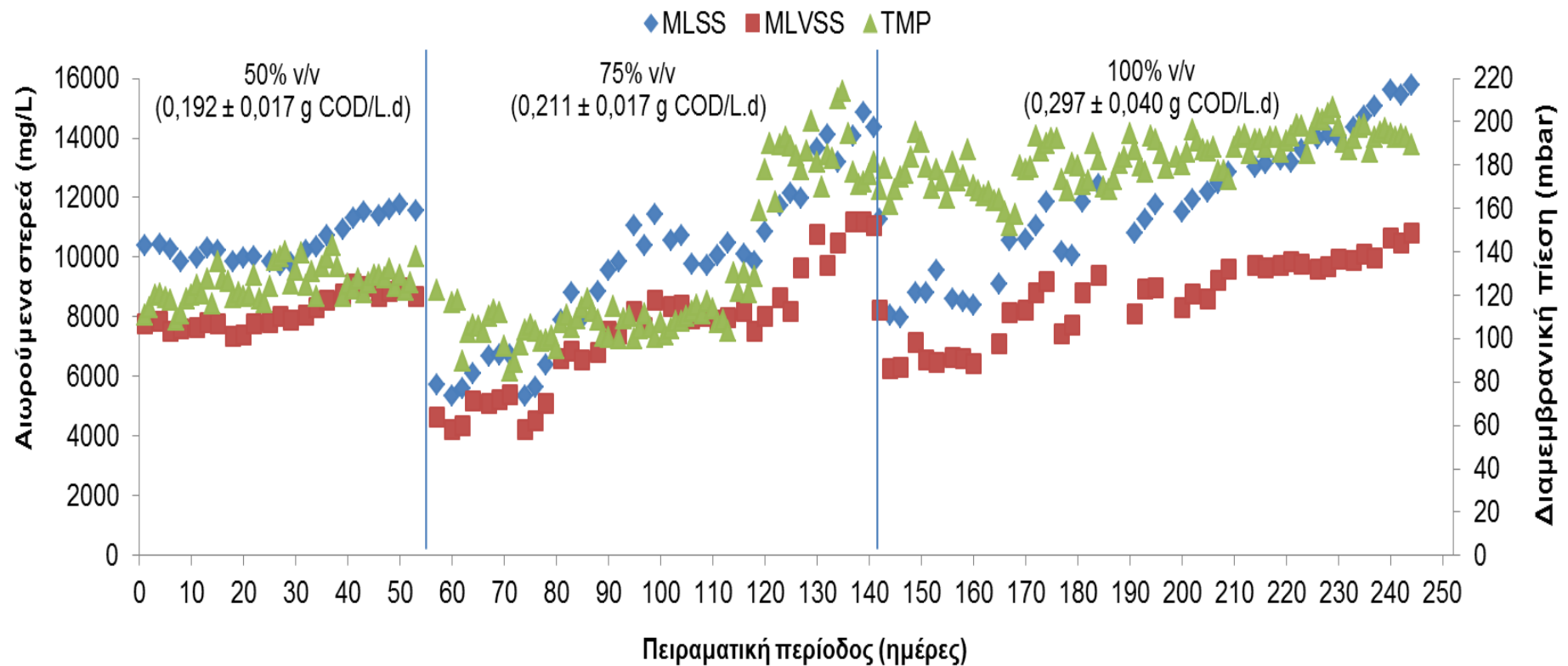
HRT/Όγκος	BOD/ COD	COD _{in} (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N _{in} (mg/L)	COD _{rem} (%)	NH ₄ ⁺ -N _{rem} (%)	TN _{rem} (%)
1 d/9 L	0,48	6.740	170	92-98	80-95	80-95
4,2 d	0,12	5.978	2.464	71,4	63,4	61,2
2 + 2 d/50 + 50 L	0,14	3.135	435	80	80	ΔΑ
0,83/20 L	0,5	9.000- 11.000	1.800-4.000	70	96	95
5 d/45 L	0,05	2.701	756	69	99	ΔΑ
3 d/120 + 60 L	0,59	2.200	210	98,5	97	50-60
4 L	0,35	700-1.000	30-50	93	97	25
4 L	0,49	18.685	1.245	89	84	<85
10 d/5 L	ΔΑ	2.456	238	40-60	>99	78-88
5 d/20 L	0,2	4.190	84,0	25-27	>90	40-50
5 d/20 L	0,22	951	421	56,8	86,7	71,7
5 d/20 L	0,17	1.081	489	39,9	96,6	83,0
5 d/20 L	0,23	1.443	639	51,6	97,8	81,8



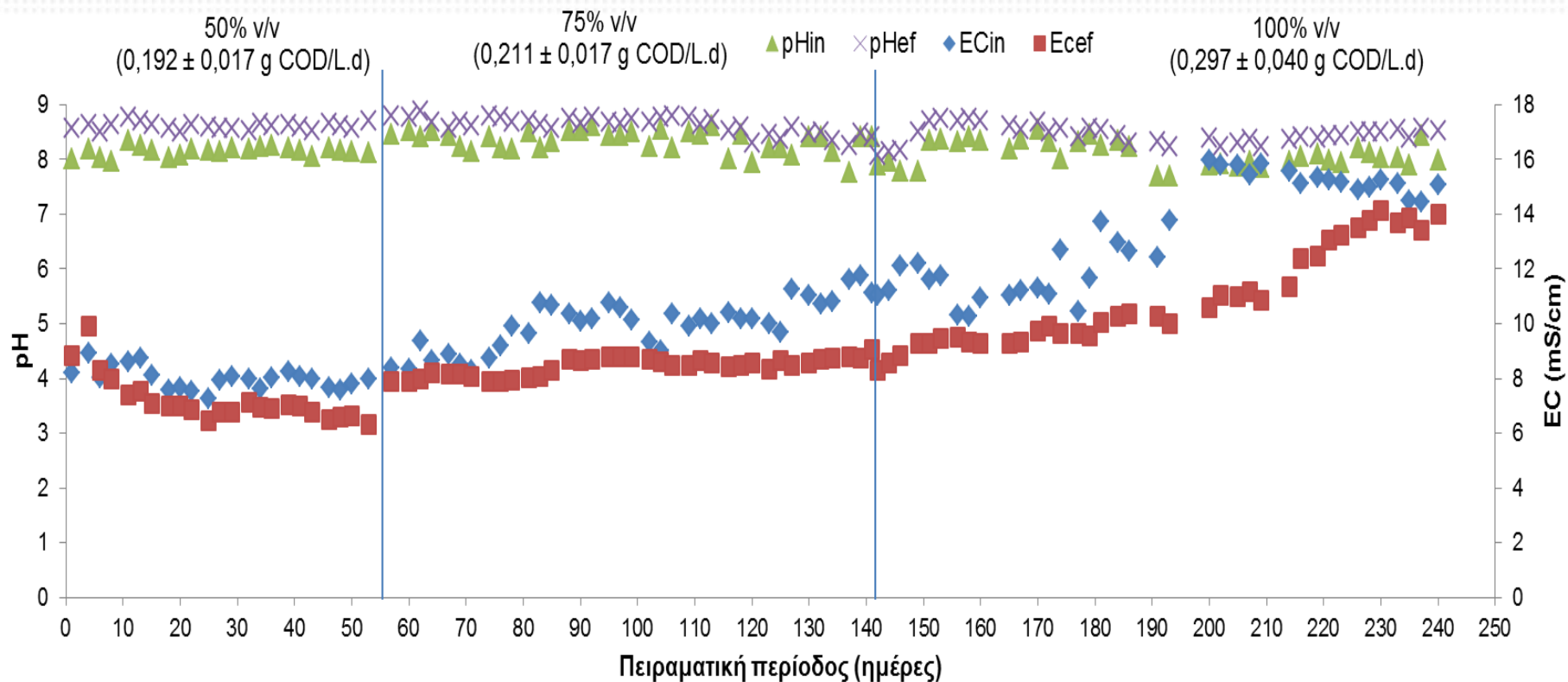
Καταγραφή των συγκεντρώσεων BOD και COD στο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών που επεξεργαζόταν φρέσκο προς μέσης ηλικίας διαστάλαγμα



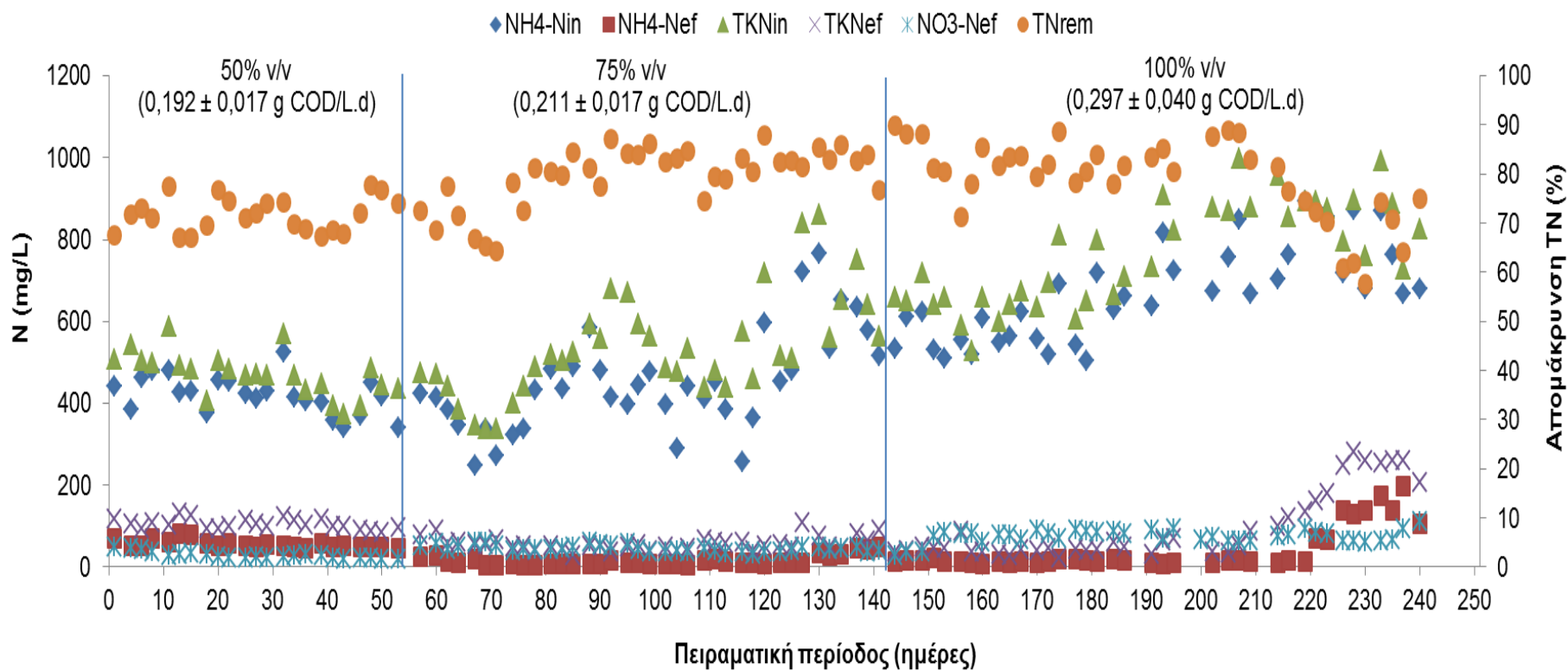
Απόδοση απομάκρυνσης BOD και COD στο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών που επεξεργαζόταν φρέσκο προς μέσης ηλικίας διαστάλαγμα



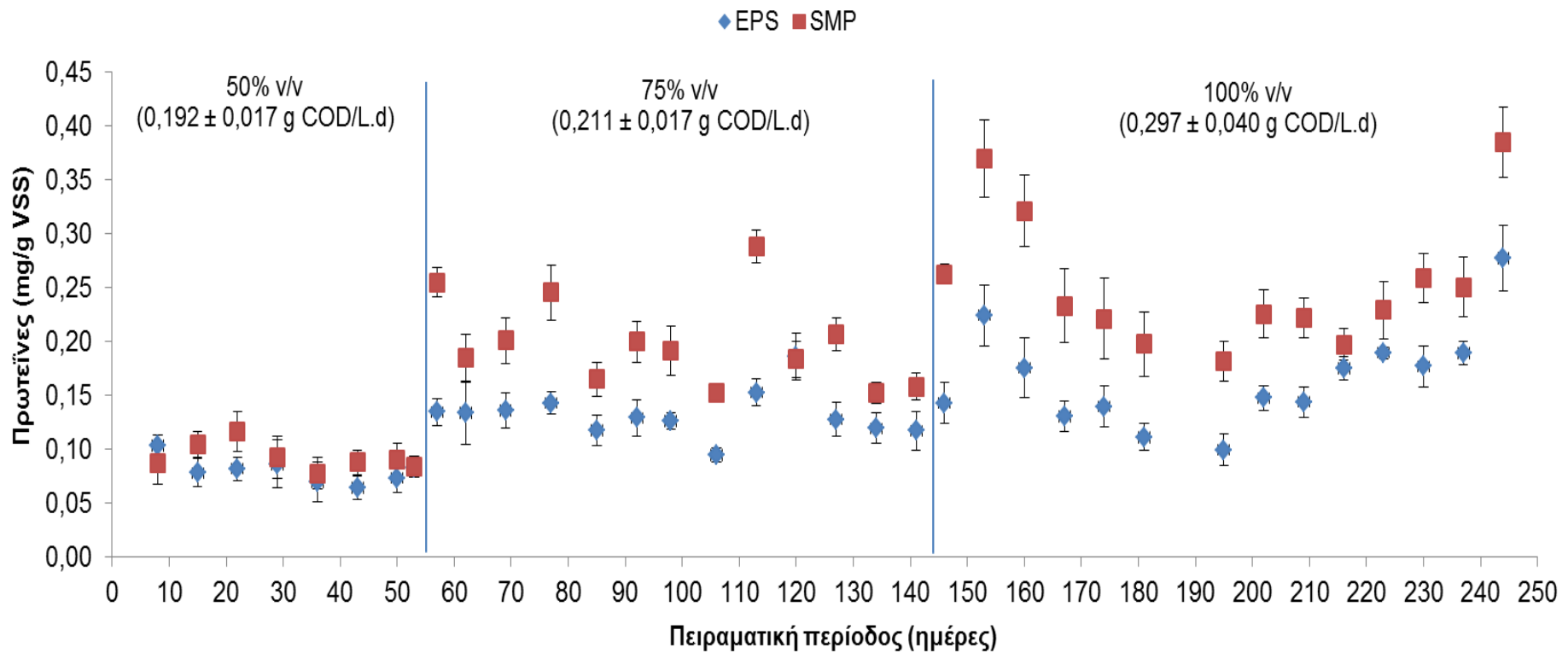
Συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών και επίπεδα διαμεμβρανικής πίεσης στον πιλοτικό βιοαντιδραστήρα μεμβρανών που επεξεργαζόταν φρέσκο προς μέσης ηλικίας διαστάλαγμα



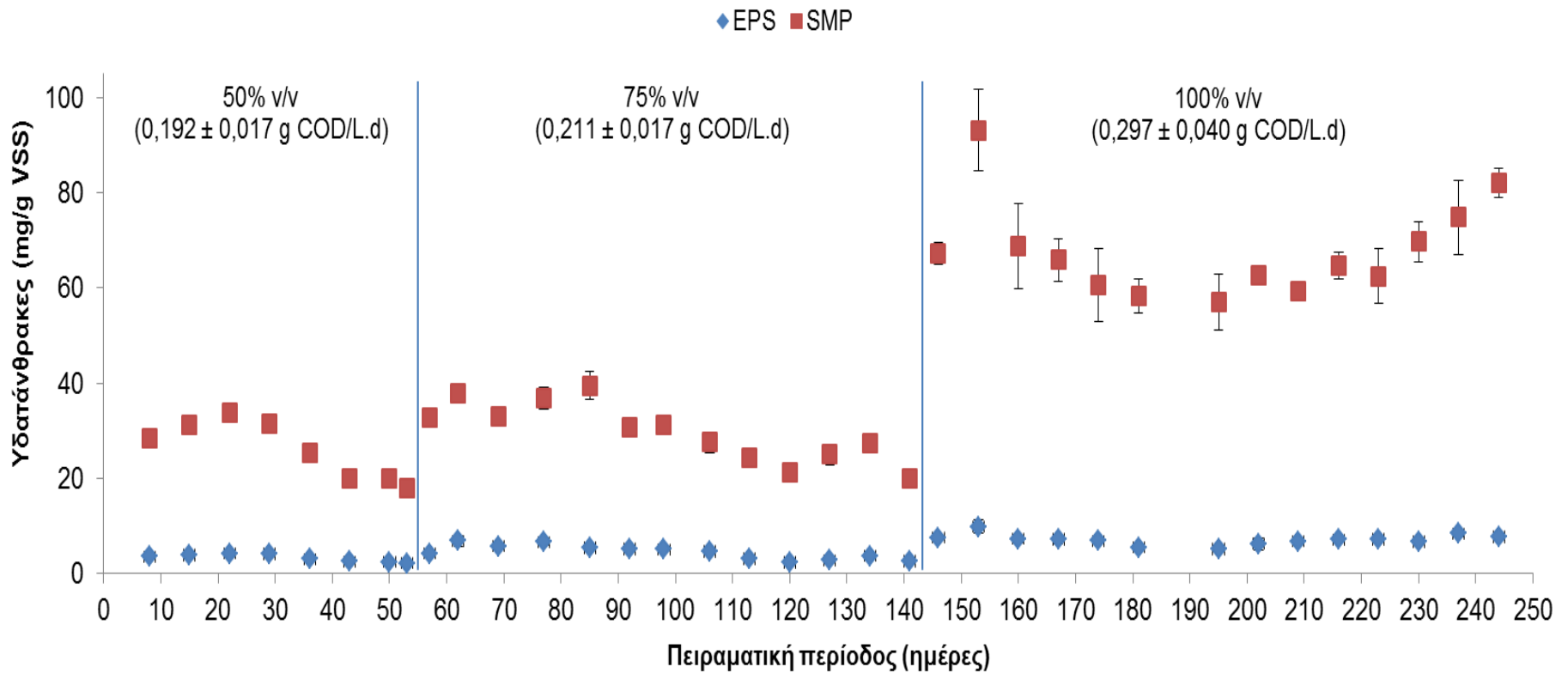
Καταγραφή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και του pH στον πιλοτικό βιοαντιδραστήρα μεμβρανών που επεξεργαζόταν φρέσκο προς μέσης ηλικίας διαστάλαγμα



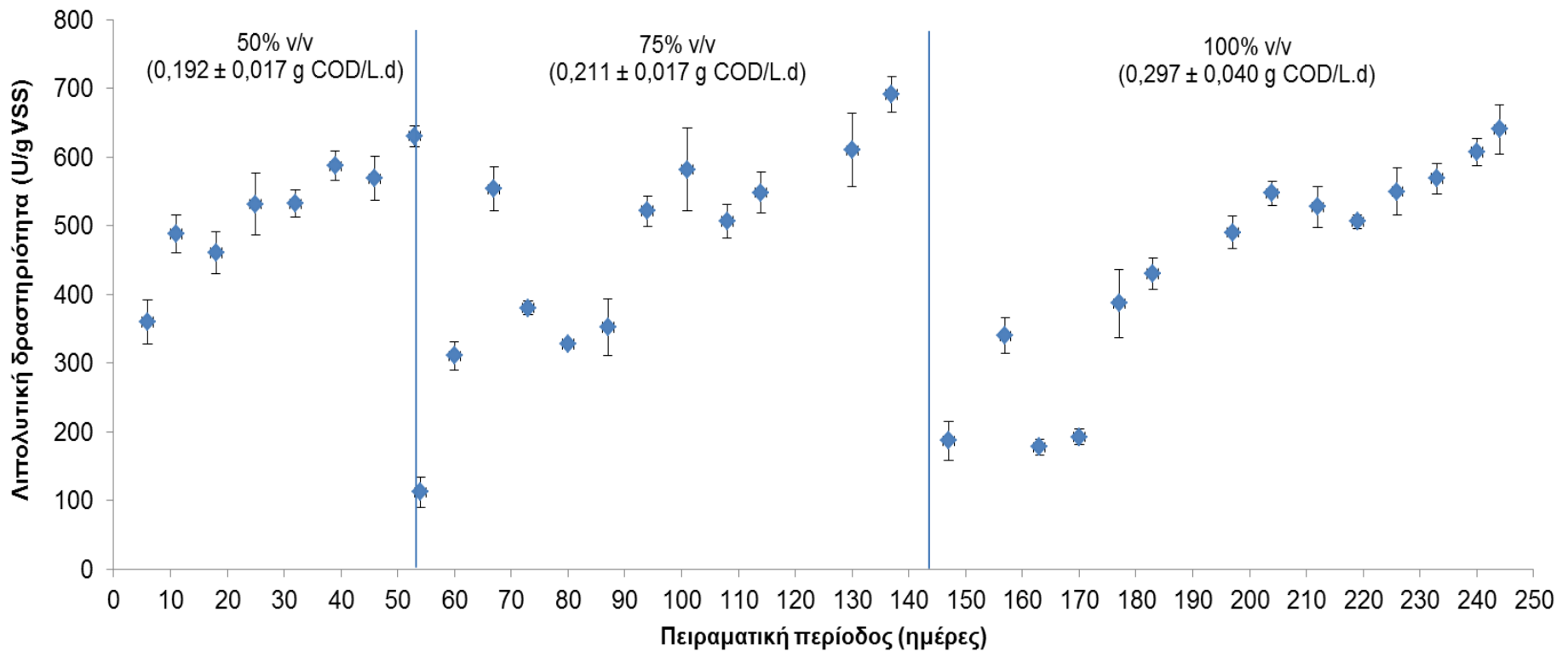
Καταγραφή των συγκεντρώσεων αζωτούχων ενώσεων και της απόδοσης απομάκρυνσής τους στο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών που επεξεργαζόταν φρέσκο προς μέσης ηλικίας διαστάλαγμα



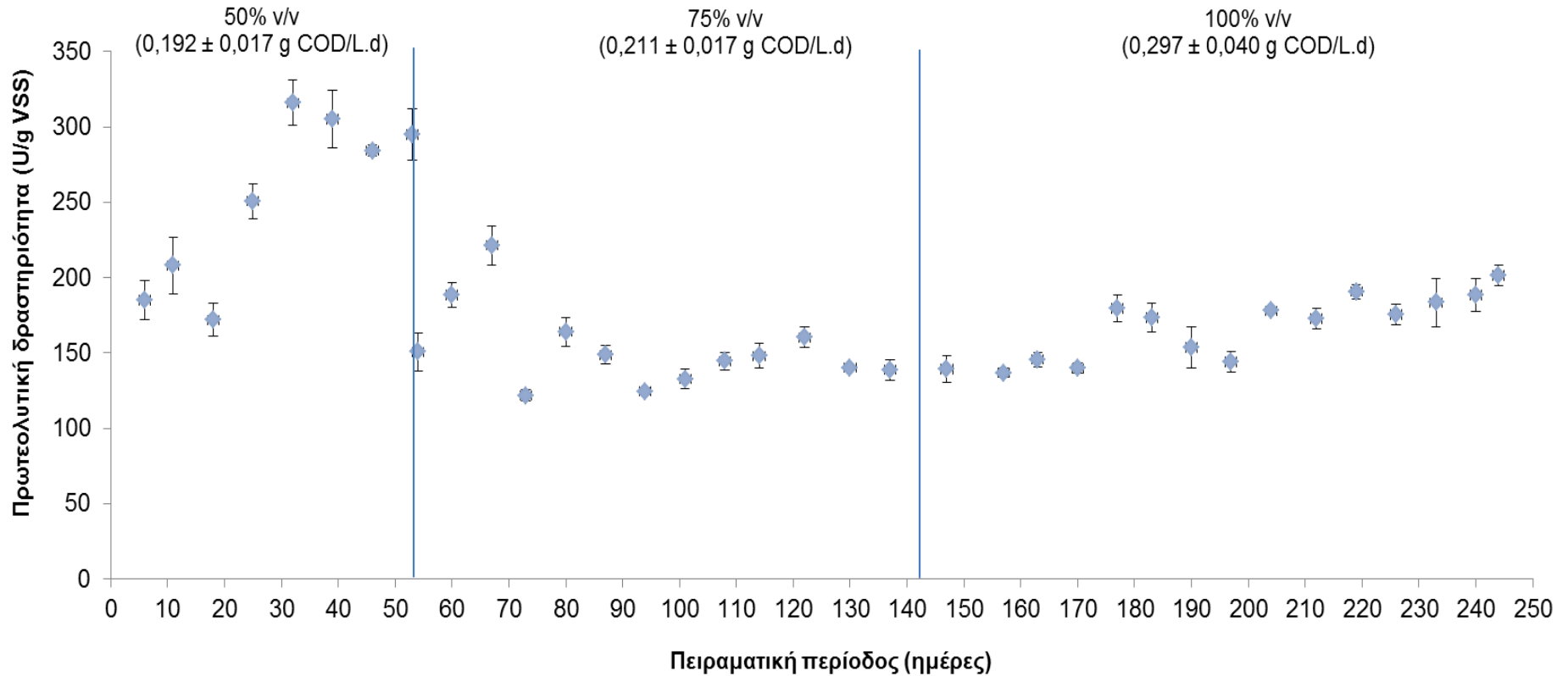
Καταγραφή των πρωτεϊνικών EPS και SMP (εκφρασμένα σε mg g^{-1} VSS) στο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών που επεξεργαζόταν φρέσκο προς μέσης ηλικίας διαστάλαγμα



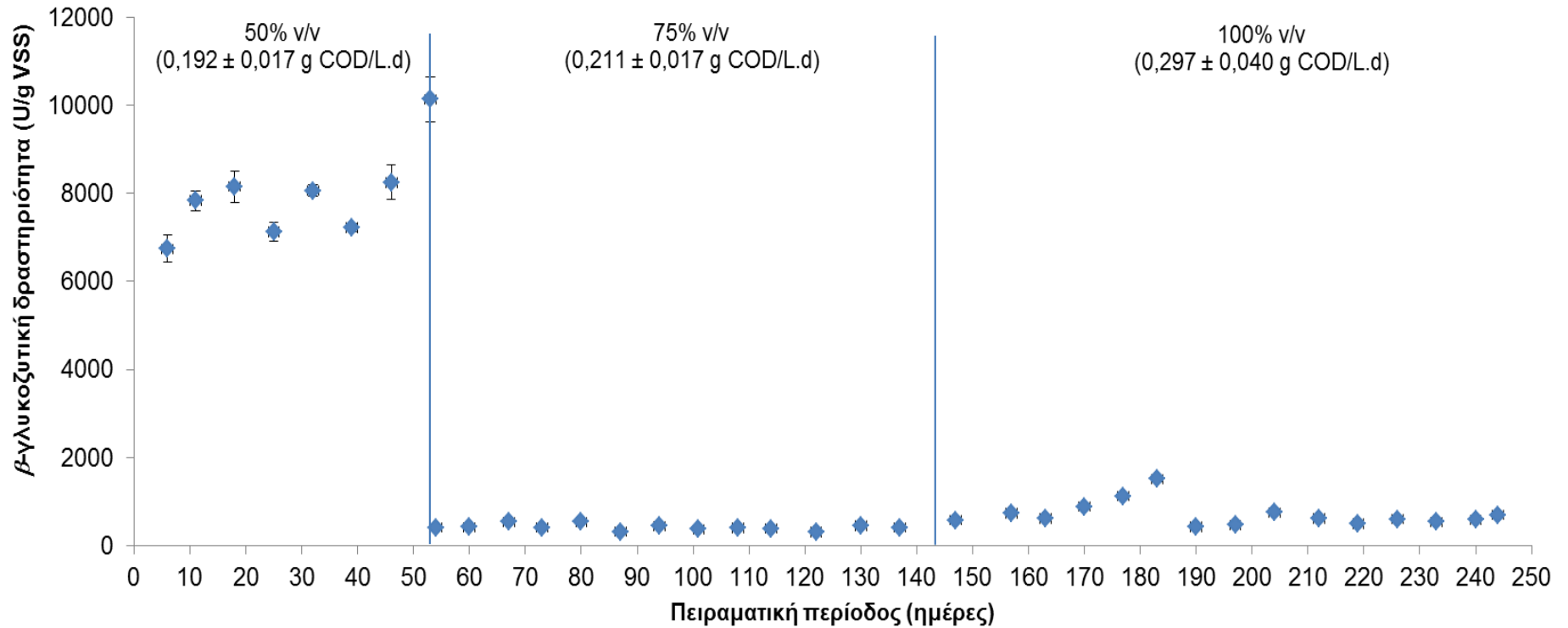
Καταγραφή των υδατανθρακικών EPS και SMP (εκφρασμένα σε mg g^{-1} VSS) στο βιοαντιδραστήρα μεμβρανών που επεξεργαζόταν φρέσκο προς μέσης ηλικίας διαστάλαγμα



Καταγραφή της λιπολυτικής δραστηριότητας της ενεργού ιλύος του βιοαντιδραστήρα μεμβρανών που επεξεργαζόταν φρέσκο προς μέσης ηλικίας διαστάλαγμα

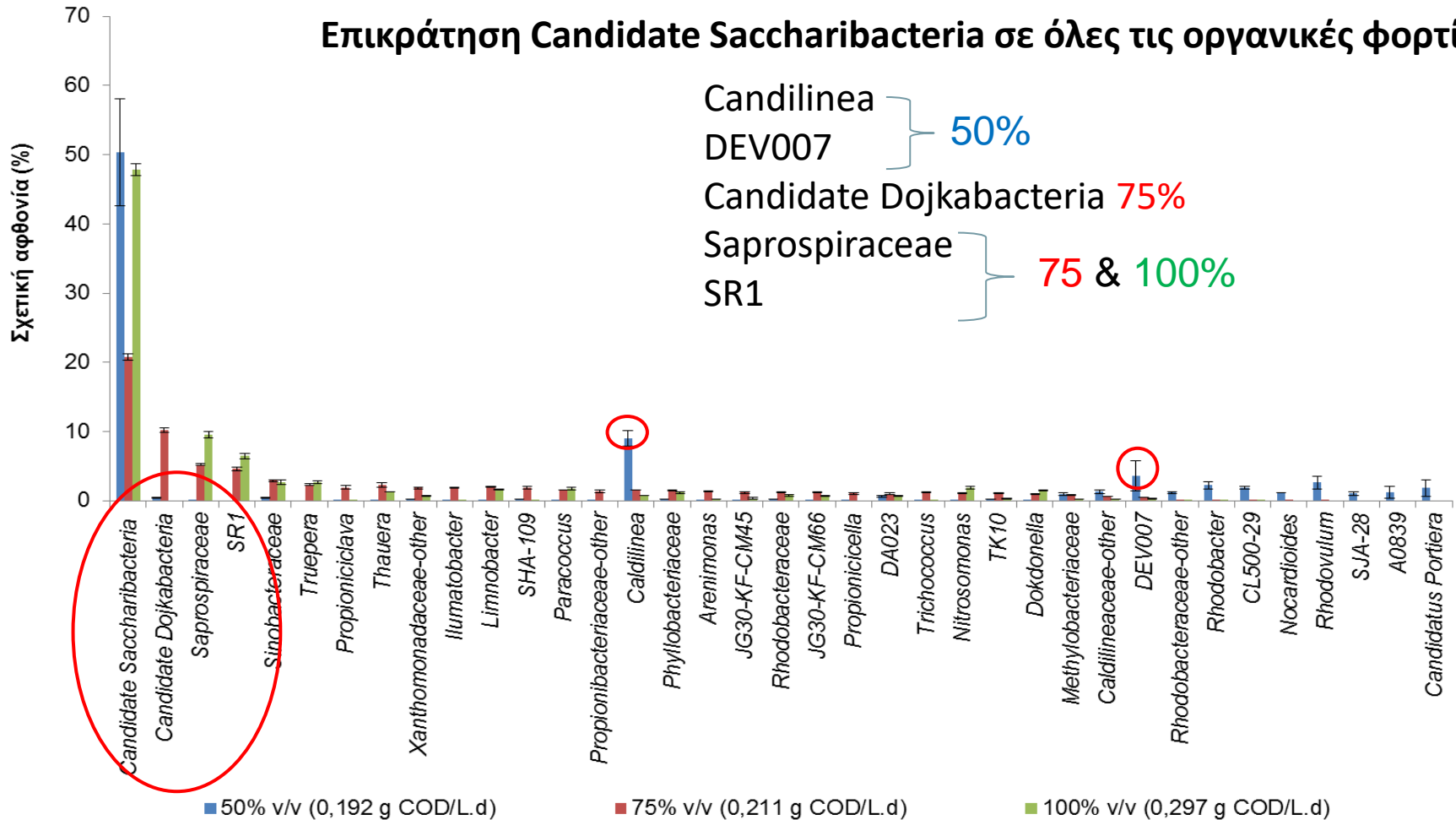


Καταγραφή της πρωτεολυτικής δραστηριότητας της ενεργού ιλύος του βιοαντιδραστήρα μεμβρανών που επεξεργαζόταν φρέσκο προς μέσης ηλικίας διαστάλαγμα

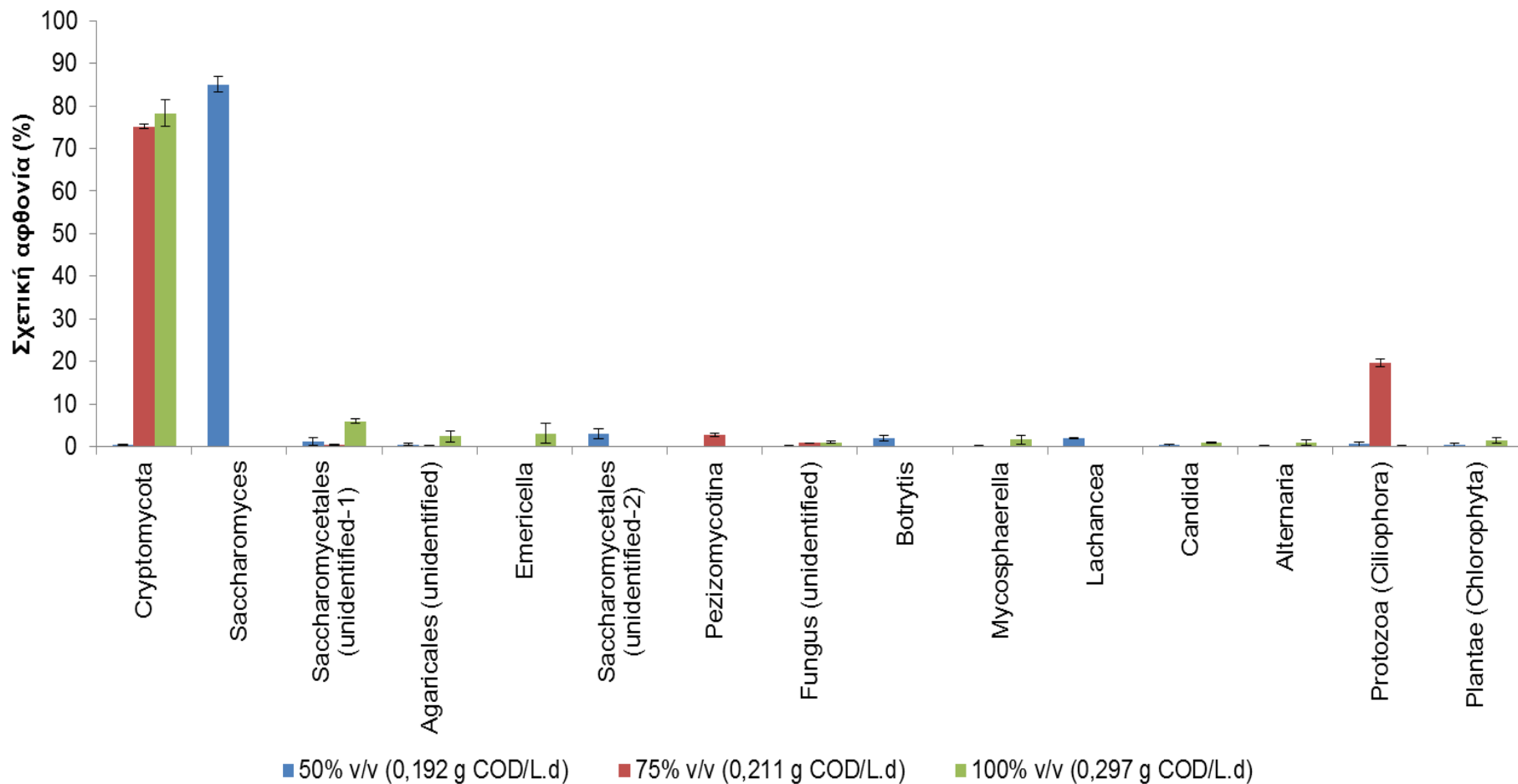


Καταγραφή της β-γλυκοζυτικής δραστηριότητας της ενεργού ιλύος του βιοαντιδραστήρα μεμβρανών που επεξεργαζόταν φρέσκο προς μέσης ηλικίας διαστάλαγμα

Επικράτηση Candidate Saccharibacteria σε όλες τις οργανικές φορτίσεις



Η δομή των κοινοτήτων βακτηρίων (σε επίπεδο γένους) της ενεργού ιλύος του βιοαντιδραστήρα μεμβρανών που επεξεργαζόταν φρέσκο προς μέσης ηλικίας διαστάλαγμα



Η δομή των κοινοτήτων ευκαρυωτικών της ενεργού ιλύος του βιοαντιδραστήρα μεμβρανών που επεξεργαζόταν φρέσκο προς μέσης ηλικίας διαστάλαγμα