

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΒΙΟΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΛΥΟΣ ΣΕ Ε.Ε.Λ.

Του Γ. Ευθήμερου, Δρ. Χημ. Μηχανικού Παν. Πατρών

Εισαγωγή

Σε προηγούμενο άρθρο σχετικά με την εφαρμογή μεθόδων βιοενίσχυσης σε Ε.Ε.Λ. και με σκοπό τη μείωση της παραγόμενης περίσσειας ενεργούς ιλύος, και εξετάζοντας παράλληλα και το θεωρητικό υπόβαθρο για τα στερεά σε ένα τέτοιο σύστημα, εξήχθησαν τα κάτωθι συμπεράσματα:

1^{ον} Οι μικροοργανισμοί αποδεδειγμένα βοηθούν αποτελεσματικά στη μείωση της παραγόμενης περίσσειας λυματολάσπης.

Άλλες, διαφορετικές επιλεγμένες ποικιλίες μικροοργανισμών βοηθούν επίσης και σε άλλες διεργασίες της βιολογικής επεξεργασίας όπως π.χ. αύξηση της απόδοσης, γρήγορη εκκίνηση και επανεκκίνηση της βιολογικής δράσης, επαναφορά από διάφορα σοκ, ομαλή λειτουργία, εποχιακή λειτουργία, μείωση του κόστους λειτουργίας, νιτροποίηση, διάσπαση λιπαρών, βελτίωση καθαρισιμότητας κ.τ.λ.

2^{ον} Οι μικροοργανισμοί είναι τελείως αδύνατον να μειώνουν υπερβολικά ή και να εξαφανίζουν την παραγόμενη περίσσεια ιλύος προς απόρριψη. Είναι εφικτές μόνο αποδόσεις μείωσης της συνολικής ιλύος από **25-50%** (και σε lagoon ίσως έως 60%).

3^{ον} Προκειμένου να αποφεύγονται εσφαλμένες εντυπώσεις, η πιστοποίηση της επιτυχούς εφαρμογής και του αποτελέσματος πρέπει να γίνεται με βάση προκαθορισμένες επιστημονικές μεθόδους, μετρήσεις και εργαστηριακές αναλύσεις και όχι με αυθαίρετες εκτιμήσεις και πρακτικές προσεγγίσεις.

Υλικό βιοενίσχυσης

Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή μιας μεθόδου βιοενίσχυσης σε ΕΕΛ θα πρέπει να είναι η ύπαρξη των κατάλληλων Δελτίων Δεδομένων Ασφαλείας, πιστοποιητικών Βιοδιασπασιμότητας Μικροοργανισμών και Δήλωσης του Παραγωγού που θα αποδεικνύουν ότι είναι κατάλληλα για βιοενίσχυση και ακίνδυνα στην ανθρώπινη επαφή, καθώς και έγκριση κυκλοφορίας του προϊόντος από τις Αρμόδιες Αρχές.

Παραγωγή στερεών

Συνεχίζοντας από το τελευταίο συμπέρασμα, το παρόν άρθρο παρουσιάζει έναν απλό τρόπο υπολογισμού της παραγόμενης περίσσειας ιλύος πριν και μετά την εφαρμογή μιας μεθόδου βιοενίσχυσης, ώστε τα αποτελέσματα της εφαρμογής να μπορούν να είναι μετρήσιμα και συγκρίσιμα.

Κάνοντας λόγο για περίσσεια ιλύος, αναφερόμαστε στην ποσότητα πτητικών στερεών (ενεργό ιλύ) που παράγονται από τη βιολογική επεξεργασία και δεν χρησιμοποιούνται στην ενδογενή αναπνοή των μικροοργανισμών, καθώς και στην ποσότητα των ανόργανων αιωρούμενων στερεών που διαφεύγουν στην έξοδο της βιολογικής βαθμίδας και που απομακρύνονται με την περίσσεια λάσπη.

Σε ότι αφορά τα πτητικά στερεά, ένα τέτοιο κριτήριο απόδοσης θα μπορούσε να είναι ο ειδικός ρυθμός παραγωγής πτητικών στερεών με βάση το εισερχόμενο υπόστρωμα (kgVSS/kgBOD_5), **πλην όμως ο ρυθμός αυτός δε λαμβάνει υπόψη τα ανόργανα στερεά**, τμήμα των οποίων θα διαλυτοποιείται μετά την εφαρμογή της βιοενίσχυσης, καθώς οι μέθοδοι αυτοί στηρίζονται στην προσθήκη μικροοργανισμών που παράγουν ένζυμα στο περιβάλλον τους, τα οποία προάγουν τη διαλυτοποίηση τέτοιων στερεών. Έτσι, εκτός του ειδικού ρυθμού παραγωγής πτητικών στερεών, πρέπει να εξετάζεται και η ποσότητα της αφαιρούμενης λάσπης, η οποία λαμβάνει υπόψη τα ανόργανα στερεά που εμπεριέχονται στα απόβλητα.

Καθώς ο σκοπός είναι ο υπολογισμός της συνολικής απόδοσης META την εφαρμογή, αυτή θα μπορεί να εκτιμηθεί συγκρίνοντας την κατάσταση της βιολογικής βαθμίδας ΠΡΙΝ την εφαρμογή. Έτσι, οι προτεινόμενες μετρήσεις πρέπει να ξεκινήσουν σε εύλογο χρονικό διάστημα πριν την έναρξη της εφαρμογής.

Βασικές σχέσεις - υπολογισμοί

Περίσσεια πτητικών στερεών (VSS):

$$\text{VSS} = \alpha * L * (\text{n\%/100}) - \beta * \text{MLVSS}, \quad (1)$$

όπου:

VSS = η ζητούμενη περίσσεια σε ημερήσια βάση

α = Συντελεστής παραγωγής λάσπης, τυπικά 0,5-0,73 για αστικά λύματα, ίδιος πριν και μετά την εφαρμογή της βιοενίσχυσης.

L = Το ημερήσιο οργανικό φορτίο εισόδου όπως προκύπτει από το γινόμενο της ημερήσιας παροχής με τη μέση ημερήσια συγκέντρωση BOD_5

n% = Η απόδοση της βιολογικής βαθμίδας ως προς το BOD_5 , που υπολογίζεται σαν τη μέση ημερήσια συγκέντρωση BOD_5 στην είσοδο και την έξοδο της μονάδας, διαιρούμενη ως προς τη συγκέντρωση εισόδου $((\text{BOD}_{5,\text{in}} - \text{BOD}_{5,\text{out}})/\text{BOD}_{5,\text{in}})$

β = Σταθερά ρυθμού ενδογενούς αναπνοής, τυπικά 0,075-0,125 για αστικά λύματα, ίδια πριν και μετά την εφαρμογή της βιοενίσχυσης

MLVSS = Η ποσότητα πτητικών αιωρούμενων στερεών στη βιολογική βαθμίδα, μετρούμενη σύμφωνα με τη μέθοδο APHA 2540-E. Καθώς η συγκέντρωση MLVSS δύναται να μεταβληθεί, το κριτήριο θα πρέπει να ανάγεται στην ίδια ποσότητα MLVSS πριν και μετά την εφαρμογή βιοενίσχυσης.

Ο ειδικός ρυθμός παραγωγής πτητικών στερεών, υπολογίζεται ως:

$$Y_{obs} = VSS / (L * (n\%/100)) \quad (2)$$

Όσο το Y_{obs} μειώνεται, αυτό σημαίνει ότι το σύστημα παράγει λιγότερα $kgVSS$ σε σχέση με τα $kgBOD_5$ που μεταβολίζει το σύστημα. Αυτό συμβαίνει όχι μόνο όσο μικραίνει το VSS στον αριθμητή, αλλά επίσης όσο μεγαλώνει ο παρονομαστής. Έτσι μείωση του ρυθμού παραγόμενων πτητικών παρουσιάζεται όσο αυξάνει η φόρτιση και η απόδοση της μονάδας.

Τέλος, η απορριπτόμενη ποσότητα στερεών υπολογίζεται σαν:

$$W_{obs} = VSS - Q * SS_{out} \quad (3),$$

Όπου:

Q = Ημερήσια παροχή σε m^3/d

SS_{out} = η συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στην έξοδο της βιολογικής βαθμίδας

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι συντελεστές α και β θα πρέπει να είναι οι ίδιοι στους υπολογισμούς πριν και μετά την εφαρμογή και θα πρέπει να καθοριστούν με μετρήσεις κατά τη συνήθη λειτουργία της μονάδας πριν την εφαρμογή. Επίσης, θα πρέπει να γίνεται αναγωγή σε ίδιες τιμές συγκεντρώσεων $MLSS$ και $MLVSS$ πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου.

Μετρήσεις – Αναλύσεις – Όγκος Ελέγχου

Ο όγκος ελέγχου για την εκτίμηση της απόδοσης της μεθόδου βιοενίσχυσης, είναι η βιολογική βαθμίδα από την είσοδο μέχρι την έξοδό της.

Ποσότητες ανάμικτου υγρού που απομακρύνονται από τη βιολογική βαθμίδα σε άλλα τμήματα της Ε.Ε.Α. (π.χ. ανακυκλοφορία στην προεπεξεργασία ή αποθήκευση σε άλλες δεξαμενές) θα πρέπει να συνυπολογίζονται στη συνολική ποσότητα στερεών που απομακρύνονται από το σύστημα.

Μεγέθη που σχετίζονται με την πρωτοβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία (απομάκρυνση στερεών, φίλτρανση, κλπ.) δεν υπολογίζονται για τις ανάγκες της παρούσας προσέγγισης.

Εντός των ορίων από την είσοδο μέχρι την έξοδο της βιολογικής βαθμίδας, οι αναλύσεις που απαιτούνται να γίνονται ώστε να εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα, είναι:

- $BOD_{5,in}$ και $BOD_{5,out}$
- $MLSS$ και $MLVSS$ σε όλες τις δεξαμενές που απαρτίζουν τη βιολογική βαθμίδα
- SS_{in} και SS_{out} στην είσοδο και την έξοδο της βιολογικής βαθμίδας
- Ολικός φώσφορος στην είσοδο και έξοδο της βιολογικής βαθμίδας, η συγκέντρωση του οποίου πρέπει να είναι ίδια πριν και μετά την εφαρμογή και να πληροί την απαίτηση $C:N:P = 100:5:1$. Προκειμένου για αμιγώς αστικά λύματα, η παραπάνω σχέση θεωρείται δεδομένη.
- Ολικό άζωτο στην είσοδο και έξοδο της βιολογικής βαθμίδας, για το οποίο ισχύει ότι και για τον ολικό φώσφορο.
- pH στην είσοδο, σε κάθε δεξαμενή και στην έξοδο της βιολογικής βαθμίδας

Όλες οι αναλύσεις θα πρέπει να γίνονται με διαπιστευμένα όργανα ή από πιστοποιημένα εργαστήρια. Οι υπολογισμοί θα πρέπει να γίνονται από προσωπικό κατάλληλης εκπαίδευσης και επιστημονικού υποβάθρου.

Τα υπολογιζόμενα μεγέθη (Y_{obs} , W_{obs} , κλπ.) προτείνεται να εξετάζονται σε βάθος μηνιαίας λειτουργίας της μονάδας, τόσο πριν όσο και μετά την εφαρμογή της μονάδας και στις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος (ίδια εποχή, θερμοκρασίες, κλπ.) ώστε να είναι άμεσα συγκρίσιμα.

Παραδείγματα υπολογισμών

Έστω Ε.Ε.Α. που σε μια ημέρα επεξεργάστηκε $2400 \text{ m}^3/\text{d}$ λυμάτων με μέση τιμή $BOD_{5,in}=217 \text{ mg/l}$. Το $BOD_{5,out}$ ήταν 20 mg/l και τα αιωρούμενα στερεά στην είσοδο και την έξοδο του αντιδραστήρα ήταν αντίστοιχα 120 mg/l και 18 mg/l . Οι συγκεντρώσεις $MLSS$ και $MLVSS$ σε όλο το βιο-αντιδραστήρα (με όγκο 1000 m^3) είναι 3.000 mgSS/l και 1.800 mgVSS/l , αντίστοιχα.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η απόδοση της μονάδας είναι:

$$n\% = (217 - 20) \text{ mg/l} / 217 \text{ mg/l} = 90,8\%$$

Το υπόστρωμα που τροφοδοτήθηκε στη μονάδα είναι:

$$L = 520,8 \text{ kgBOD}_5/\text{d}, \text{ ενώ αυτό που καταναλώθηκε είναι } L n\%/100 = 472,8 \text{ kgBOD}_5/\text{d}.$$

Θεωρώντας $\alpha=0,65$ και $\beta=0,1$, η περίσσεια στερεών και ο ειδικός ρυθμός παραγωγής, είναι:

$$\begin{aligned} VSS &= (0,65 * 472,8) \text{ kgVSS} - (0,1 * 1000 \text{ m}^3 * 1,8 \text{ kgVSS}/\text{m}^3) \text{ kgVSS}/\text{d} = \\ &= 307,32 - 180 \\ &= 127,32 \text{ kgVSS} \end{aligned}$$

και κατά συνέπεια:

$$Y_{obs} = 127,32 / 472,8 = 0,27 \text{ kgVSS/kgBOD}_5$$

Δηλαδή για κάθε κιλό υποστρώματος (BOD_5) παράγονται 270 gr περίσσειας πτητικών στερεών. Έτσι, αν το ζητούμενο είναι η μείωση της παραγόμενης περίσσειας κατά 30% για παράδειγμα, ο υπολογιζόμενος δείκτης Y_{obs} θα έπρεπε να μετριέται σε τιμές κοντά στο 0,19 kgVSS/kgBOD_5 , θεωρώντας ίδιες τιμές των παραμέτρων α , β και MLSS .

Η παραπάνω μονάδα θα αποχέτευε:

$$W_{obs} = 127,32 \text{ kgVSS} - (2400 * 0,018 \text{ kgSS}) = 84,12 \text{ kgSS},$$

ενώ θα είχε ήδη κατακρατήσει $2400 \text{ m}^3/\text{d} * (120 - 18 \text{ mgSS/l}) / 1000 = 244,8 \text{ kgSS}$, τα οποία προσμετρώνται στα MLSS του βιοαντιδραστήρα, ανεβάζοντας τη συγκέντρωση από τα 3000 mgSS/l στα $3000 + (1000 * 244,8 / 1000) = 3241 \text{ mgSS/l}$. Για να γίνει αναγωγή στην ίδια συγκέντρωση MLSS (3.000 mg/l) η περίσσεια στερεών πρέπει να αφαιρεθεί από τον όγκο του αντιδραστήρα.

Για διατήρηση της συγκέντρωσης των MLSS σταθερή στα 3000 mg/l , η μονάδα πρέπει συνολικά να αποχετεύσει $84,12 + 244,8 \text{ kgSS} = 328,92 \text{ kgSS}$, τα οποία θεωρώντας συγκέντρωση 1% στη δεξαμενή καθίζησης (η συγκέντρωση αυτή είναι μετρήσιμη) αντιστοιχούν σε περίπου 33 m^3 λάσπης.

Συμπέρασμα

Από το παραπάνω παράδειγμα είναι σαφές ότι υπάρχει τρόπος να μετρηθεί η αποτελεσματικότητα εφαρμογής βιοενίσχυσης για τη μείωση της περίσσειας ιλύος που παράγεται σε Ε.Ε.Λ. με σωστό επιστημονικά τρόπο, υπολογίζοντας από τα δεδομένα λειτουργίας της Ε.Ε.Λ. βασικά μεγέθη όπως η παραγόμενη περίσσεια πτητικών και αιωρούμενων στερεών, τόσο σαν απόλυτα μεγέθη (ποσότητα σε κιλά ξηράς ουσίας), όσο και αναγόμενη στο ημερήσιο οργανικό φορτίο. Το κριτήριο απόδοσης για να είναι συγκρίσιμο πρέπει να αφορά ή να ανάγεται σε ίδιες λειτουργικές παραμέτρους της μονάδας πριν και κατά την εφαρμογή.

Πηγή:

Γ. Μαρκαντωνάτος, Επεξεργασία και Διάθεση Υγρών Αποβλήτων, Β' Έκδοση, Αθήνα 1990.