

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ MBR)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

2.4	Βιολογική επεξεργασία (μέθοδος ενεργού ιλύος με μεμβράνες MBR).....	2
2.4.1	Γενικά	2
2.4.2	Δεξαμενή και αντλιοστάσιο εξορρόπησης	3
2.4.3	Λεπτοεσχάρωση	4
2.4.4	Βιολογικός αντιδραστήρας	4
2.4.5	Σύστημα αερισμού	5
2.4.6	Σύστημα μεμβρανών.....	6
2.4.6.1	Γενικά	6
2.4.6.2	Εξοπλισμός εξυπηρέτησης συστήματος MBR.....	8
2.4.6.3	Έλεγχος λειτουργίας	8
2.4.7	Ανακυκλοφορία ιλύος.....	9
2.4.8	Απομάκρυνση περισσεύας ιλύος	9

2.4 Βιολογική επεξεργασία (μέθοδος ενεργού ιλύος με μεμβράνες MBR)¹

2.4.1 Γενικά

Με την βιολογική επεξεργασία επιτυγχάνεται, η νιτροποίηση και απονιτροποίηση, καθώς επίσης και η αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου. Για την βιολογική επεξεργασία θα εφαρμοστεί η μέθοδος της ενεργού ιλύος με μεμβράνες για τον διαχωρισμό υγρών – στερεών (MBR). Οι βιολογικοί αντιδραστήρες, το σύστημα των μεμβρανών και η ανακυκλοφορία ιλύος αποτελούν μία ενιαία διεργασία, ο βαθμός απόδοσης της οποίας εξαρτάται από τον συνδυασμένο σχεδιασμό των επιμέρους μονάδων.

Ειδικότερα η βιολογική επεξεργασία θα περιλαμβάνει²:

- Ανοξική ζώνη για την απονιτροποίηση
- Αερόβια ζώνη για την νιτροποίηση και την οξείδωση του οργανικού φορτίου
- Σύστημα μεμβρανών
- Ανακυκλοφορία ιλύος

Η διαστασιολόγηση και ο σχεδιασμός των επιμέρους τμημάτων της βιολογικής επεξεργασίας πρέπει να γίνει λαμβάνοντας υπόψη την εποχιακή διακύμανση των φορτίων (χειμώνας – καλοκαίρι).

Οι επιμέρους δεξαμενές / ζώνες των βιολογικών αντιδραστήρων μπορεί να είναι διακριτές δομικές κατασκευές με κατάλληλη υδραυλική διασύνδεση, ή τμήματα μίας ή περισσότερων δομικών κατασκευών με πρόβλεψη αποτελεσματικού διαχωρισμού τους.

Η βιολογική βαθμίδα θα περιλαμβάνει³ τουλάχιστον δύο (2) γραμμές για την φάση σχεδιασμού με πρόβλεψη του απαραίτητου αριθμού όμοιων γραμμών για τις μελλοντικές ανάγκες του έργου.

Ανάλογα με το τύπο των μεμβρανών (π.χ. επίπεδες μεμβράνες, μεμβράνες κοίλων ινών) και τις απαιτήσεις του κατασκευαστή τους, είναι αναγκαία η απομάκρυνση από τα λύματα σωματιδίων μεγαλύτερων από 2mm, ανάλογα με τις απαιτήσεις του κατασκευαστή των μεμβρανών) ώστε να εξασφαλίζεται η ικανοποιητική λειτουργία των MBR. Για το σκοπό αυτό το συγκρότημα προεπεξεργασίας της ΕΕΛ θα συμπεριλαμβάνει εσχάρωση με διάκενα με απόσταση μεταξύ τους το πολύ 2mm. Εφόσον κριθεί απαραίτητο, μπορεί να προβλεφθεί επιπλέον βαθμίδα εσχάρωσης με λεπτοκόσκινο με διάκενο, σύμφωνα με τις υποδείξεις του κατασκευαστή των μεμβρανών. Το λεπτοκόσκινο θα εγκατασταθεί κατόπιν της προεπεξεργασίας (πρώτη βαθμίδα εσχάρωσης και εξάμμιση) και πριν την τροφοδότηση της βιολογικής βαθμίδας με MBR.

Για τον σχεδιασμό υπάρχουν δύο επιλογές:

1 Η διαστασιολόγηση των μεμβρανών διαχωρισμού υγρών – στερεών εξαρτάται άμεσα από την υδραυλική φόρτιση των μεμβρανών. Για τον σκοπό αυτό, στην αντίστοιχη παράγραφο του μέρους Α του παρόντος τεύχους θα πρέπει με σαφήνεια να προσδιορίζεται η διακύμανση της παροχής λυμάτων, και ειδικότερα θα πρέπει στα Τεύχη Δημοπράτησης να προσδιορίζονται:

- Η μέση ημερήσια παροχή: η παροχή, που θα χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των λειτουργικών δαπανών της μονάδας
- Η μέγιστη εβδομαδιαία παροχή: η παροχή λυμάτων, που εκτιμάται ότι θα διέρχεται συνεχώς από τις μεμβράνες για λιγότερο από δύο εβδομάδες
- Η μέγιστη ημερήσια παροχή: η παροχή λυμάτων που μπορεί να έχει συνεχή διάρκεια για λιγότερο από 24 ώρες
- Η μέγιστη ωριαία παροχή: η παροχή λυμάτων, που μπορεί να διέρχεται συνεχώς από τις μεμβράνες για λιγότερο από 4 ώρες ημερησίως

2 επιλέγεται και συμπληρώνεται / διαγράφεται κατά περίπτωση

3 καθορίζεται ο ελάχιστος αριθμός παράλληλων γραμμών

1. Στην πρώτη επιλογή θα κατασκευασθεί δεξαμενή εξισορρόπησης με την οποία θα γίνεται πλήρης εξισορρόπηση στην μέγιστη παροχή, απορροφώντας πλήρως ωριαίες αιχμές. Στην περίπτωση αυτή η μονάδα μεμβρανών και τα κατάντη έργα θα σχεδιασθούν με βάση την μέγιστη ημερήσια παροχή (καθώς επίσης και την μέση ημερήσια και μέγιστη εβδομαδιαία παροχή όπως αυτές καθορίζονται) αγνοώντας κατά τον σχεδιασμό την παροχή αιχμής.

2.4.2 Δεξαμενή και αντλιοστάσιο εξισορρόπησης

Κατασκευάζονται δεξαμενή εξισορρόπησης με ενεργό όγκο ικανό για την πλήρη εξισορρόπηση της μέγιστης ημερήσιας παροχής που θα διαθέτει αποτελεσματικό σύστημα ανάμιξης. Ο αριθμός, η θέση και τα χαρακτηριστικά των αναδευτήρων (τύπος, ισχύς, στρόφες, διάμετρος πτερωτής κτλ.) θα επιλεγούν από κατασκευαστή – προμηθευτή του σχετικού εξοπλισμού, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία της δεξαμενής, την συγκέντρωση στερεών κτλ. Για τον σκοπό αυτό η τεχνική προσφορά θα συνοδεύεται από σχετικό φύλλο υπολογισμού, με το οποίο θα τεκμηριώνεται η επιλογή και ο σχεδιασμός του συστήματος ανάμιξης από τον προμηθευτή του σχετικού εξοπλισμού.

Ο όγκος της δεξαμενής εξισορρόπησης θα είναι τουλάχιστον ίσος με το 100% της μέγιστης ημερήσιας παροχής. Η δεξαμενή θα είναι κλειστή, κατά το δυνατόν υπόγεια και θα διαθέτει σύστημα αερισμού-ανάμιξης το οποίο θα αποτελείται είτε από σύστημα διάχυσης χονδρής ή μεσαίας φυσαλίδας είτε από συνδυασμό flow-jet και αναδευτήρα. Σε κάθε περίπτωση ο αέρας που θα παρέχεται δεν θα είναι μικρότερος από 0,8 m³/m³ δεξαμενής και ώρα.

Στην περίπτωση αερισμού με διάχυση ο αέρας θα παρέχεται από ζεύγος λοβοειδών φυσητήρων (ο ένας από τους δύο θα εγκατασταθεί ως εφεδρικός), ενώ το δίκτυο διάχυσης θα αποτελείται από ανοξείδωτους διαχυτές ικανού αριθμού και δίκτυο από ανοξείδωτο χάλυβα. Στην περίπτωση αερισμού με αντλία αερισμού τύπου flow-jet και αναδευτήρα θα πρέπει η θέση και τα χαρακτηριστικά του συστήματος να υποδεικνύονται από τον προμηθευτή ή τον κατασκευαστή του εξοπλισμού. Εναλλακτικά του αναδευτήρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερες της μίας αντλίας αερισμού με την προϋπόθεση ότι ο κατασκευαστής ή προμηθευτής του συστήματος εγγυάται τόσο τον αερισμό όσο και την ανάδευση της δεξαμενής.

Σε επαφή με την δεξαμενή ή εντός αυτής αλλά με κατάλληλη διαμόρφωση, θα κατασκευασθεί το αντλιοστάσιο εξισορρόπησης, το οποίο θα έχει πυθμένα χαμηλότερα από την δεξαμενή ώστε να είναι ενεργός όλος ο όγκος της δεξαμενής και ταυτόχρονα να είναι δυνατή η εκκένωσή της, και το οποίο θα εξοπλισθεί με ικανό αριθμό αντλιών.

Στην περίπτωση ύπαρξης δεξαμενής εξισορρόπησης, μπορεί κάθε γραμμή βιολογικής επεξεργασίας να τροφοδοτείται από ανεξάρτητη (ες) αντλία (ες) και να μην υπάρχει μεριστής παροχής.

Ο έλεγχος λειτουργίας του αντλιοστασίου και του εξοπλισμού αερισμού και ανάδευσης θα γίνεται μέσω μετρητή στάθμης, ενώ η παροχή των αντλιών θα είναι μεταβαλλόμενη και ρυθμιζόμενη με inverter.

Στη δεξαμενή πρέπει να προβλεφθεί υπερχειλίση υψηλής στάθμης, που θα οδηγεί την υπερχειλίζουσα παροχή στο δίκτυο παράκαμψης και από εκεί στο φρεάτιο εξόδου της ΕΕΛ.

Στη δεξαμενή εξισορρόπησης θα εγκατασταθούν επιπλέον δύο διακόπτες στάθμης:

- ένας υψηλής στάθμης, που θα ενημερώνει το ΚΕΛ της εγκατάστασης ότι έχει ενεργοποιηθεί η υπερχειλίση υψηλής στάθμης και ένας
- πολύ χαμηλής στάθμης, που θα διακόπτει την λειτουργία των αντλιών εξισορρόπησης για την προστασία τους από την εν ξηρώ λειτουργία

Οι διακόπτες στάθμης θα πρέπει να ενεργοποιούν και οπτικό και ηχητικό συναγερμό

Στη πλάκα οροφής θα προβλεφθούν επαρκή ανοίγματα, που θα είναι καλυμμένα από καλύμματα, για την επίσκεψη, την εγκατάσταση και την απομάκρυνση του εξοπλισμού.

2.4.3 Λεπτοεσχάρωση

Η μονάδα λεπτοεσχάρωσης, εφόσον είναι απαραίτητη σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κατασκευαστή των μεμβρανών, θα αποτελείται από ένα ή περισσότερα κόσκινα με κατάλληλο διάκενο, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κατασκευαστή των συστημάτων MBR και θα είναι βιομηχανικό προϊόν κατασκευαστή, που θα διαθέτει ISO για τον σχεδιασμό και την κατασκευή παρόμοιων μονάδων (λεπτοεσχάρωσης). Το κάθε κόσκινο θα είναι κατασκευασμένο εξ ολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα, θα έχει τύμπανο εσχάρωσης, διάταξη έκπλυσης και διάθεσης των εσχαρισμάτων σε κοχλία μεταφοράς - συμπίεσης, καθώς και υπερχειλίση υψηλής στάθμης, μέσω της οποίας τα υπερχειλίζοντα θα οδηγούνται στο δίκτυο στραγγιδίων της εγκατάστασης. Εξάλλου, στο κατώτερο σημείο της μονάδας λεπτοεσχάρωσης θα υπάρχει χειροκίνητη βάνα για την εκκένωση και τον καθαρισμό της διάταξης. Η εκκένωση κάθε διάταξης θα γίνεται προς το δίκτυο στραγγιδίων της ΕΕΛ.

Το λεπτοκόσκινο θα συνοδεύεται από ηλεκτρικό πίνακα με PLC για τον αυτόματο έλεγχο της όλης μονάδας. Στο Κέντρο Ελέγχου (ΚΕΛ) θα μεταφέρονται σήματα λειτουργίας / βλάβης για το σύνολο του εξοπλισμού.

2.4.4 Βιολογικός αντιδραστήρας

Η νιτροποίηση και απονιτροποίηση των λυμάτων θα γίνεται σε βιολογικούς αντιδραστήρες, που θα διαθέτουν επάλληλες αερόβιες και ανοξικές ζώνες.

Ο σχεδιασμός της μονάδας θα γίνει, σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια⁴:

Φόρτιση στερεών (F/M)	[kg BOD ₅ /kg MLSS .d]	≤ 0,15
Συγκέντρωση αναμίκτου υγρού (MLSS)	[mg/l]	≤ 10.000
Ηλικία ιλύος (SRT) ⁵	[d]	≥ 20

Στους βιολογικούς αντιδραστήρες θα πρέπει να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για να μην εγκλωβίζεται επιπλέον ιλύς.

Θα προβλεφθούν επάλληλα ανοξικά και αερόβια διαμερίσματα για την νιτροποίηση και απονιτροποίηση των λυμάτων για όλο το εύρος των φορτίων σχεδιασμού και της θερμοκρασίας.

Τα λύματα θα εισέρχονται στην ανοξική ζώνη, θα διέρχονται από τα αερόβια διαμερίσματα κάθε βιολογικού αντιδραστήρα. Στην είσοδο της ανοξικής ζώνης θα οδηγείται και το ανάμικτο υγρό, που θα ανακυκλοφορεί από το κατάντη άκρο της αερόβιας ζώνης κάθε βιολογικού αντιδραστήρα ή από τις μεμβράνες. Η παροχή της ανακυκλοφορίας νιτρικών θα μπορεί να ρυθμίζεται με χρονοπρόγραμμα από το ΚΕΛ της εγκατάστασης, λαμβάνοντας υπόψη την μέτρηση της παροχής των λυμάτων και τον επιθυμητό ρυθμό ανακυκλοφορίας νιτρικών. Εναλλακτικά η ανακυκλοφορία νιτροποιημένων εκρών μπορεί να συνδυαστεί με την ανακυκλοφορία ιλύος από τις δεξαμενές των μεμβρανών (βλ. παρ.2.5.8 του παρόντος τεύχους).

Επισημαίνεται ότι οα πρέπει να διασφαλίζεται η ύπαρξη ανοξικών συνθηκών στην δεξαμενή απονιτροποίησης έναντι της τυχόν υψηλής συγκέντρωσης οξυγόνου στο ρεύμα της ανακυκλοφορίας ιλύος από την(ις) δεξαμενή(ες) μεμβρανών

4 Προσδιορίζονται τα κριτήρια σχεδιασμού.

5 Για τον υπολογισμό της ηλικίας ιλύος λαμβάνεται υπόψη η συγκέντρωση του ανάμικτου υγρού (MLSS) και ο όγκος της ανοξικής και αερόβιας ζώνης, καθώς επίσης και ο όγκος της δεξαμενής των μεμβρανών.

Σε κάθε ανοξική ζώνη θα εγκατασταθεί αποτελεσματικό σύστημα ανάμιξης του ανάμικτου υγρού. Ο αριθμός, η θέση και τα χαρακτηριστικά των αναδευτήρων (τύπος, ισχύς, στροφές, διάμετρος πτερωτής κτλ.) θα επιλεγτούν από κατασκευαστή – προμηθευτή του σχετικού εξοπλισμού, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία της δεξαμενής, την συγκέντρωση του ανάμικτου υγρού κτλ. Για τον σκοπό αυτό η τεχνική προσφορά θα συνοδεύεται από σχετικό φύλλο υπολογισμού, με το οποίο θα τεκμηριώνεται η επιλογή και ο σχεδιασμός του συστήματος ανάμιξης από τον προμηθευτή του σχετικού εξοπλισμού.

Στα αερόβια διαμερίσματα κάθε βιολογικού αντιδραστήρα θα εγκατασταθεί σύστημα αερισμού για την κάλυψη των αναγκών σε οξυγόνο.

Για τον υπολογισμό της συνολικής απαίτησης σε όγκο αερισμού θα συνυπολογιστεί και ο ελεύθερος όγκος που παρέχεται από την αεριζόμενη δεξαμενή βύθισης μεμβρανών αφού δηλαδή αφαιρεθεί ο συνολικός όγκος που καταλαμβάνεται από τις μονάδες μεμβρανών (modules)

Αν οι διαγωνιζόμενοι το κρίνουν απαραίτητο, με βάση την μεταβολή του απαιτούμενου ανοξικού όγκου για χειμώνα και θέρος και τις εποχιακές διακυμάνσεις των φορτίων, εκτός από τα αερόβια και ανοξικά διαμερίσματα θα προβλεφθούν και επαμφοτερίζοντα διαμερίσματα στα οποία θα εγκατασταθεί τόσο σύστημα ανάδευσης όσο και σύστημα αερισμού.

2.4.5 Σύστημα αερισμού

Στην περίπτωση βύθισης των συστοιχιών μεμβρανών (membrane modules) εντός των βιολογικών δεξαμενών αερισμού για τον υπολογισμό της μέσης ζήτησης οξυγόνου στον βιολογικό αντιδραστήρα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και το οξυγόνο, που παρέχεται στο ανάμικτο υγρό από τον αερισμό για την πλύση των μεμβρανών. Για τον υπολογισμό της προστιθέμενης ποσότητας οξυγόνου από την πλύση μεμβρανών, δεν θα ληφθεί συντελεστής απόδοσης του συστήματος διάχυσης μεγαλύτερος από 8%.

Για τον υπολογισμό του παρεχόμενου στις μεμβράνες οξυγόνου σε τυπικές συνθήκες θα ληφθεί συντελεστής άλφα (alpha factor), από την παρακάτω σχέση:

$$\alpha = 1.5074 e^{-0.08788 \times \text{MLSS}} \text{ (Krampe and Krauth, 2003)}$$

Για τον αερισμό των λυμάτων στους βιολογικούς αντιδραστήρες θα χρησιμοποιούνται διαχυτήρες λεπτής φυσαλίδας (μέση διάμετρος φυσαλίδας 1,5mm - 2,0mm), τύπου ελαστικής μεμβράνης από EPDM με μεγάλη μηχανική αντοχή και ανθεκτικότητα σε χημική αλλοίωση. Οι διαχυτήρες θα είναι εφοδιασμένοι με βαλβίδα αντεπιστροφής, που θα εμποδίζει την είσοδο λυμάτων, σε περίπτωση διακοπής της παροχής αέρα. Η βαλβίδα αντεπιστροφής μπορεί να αποτελεί τμήμα της μεμβράνης κατάλληλα διαμορφωμένο, που να φράσσει τη διέλευση του υγρού στις σωληνώσεις αέρα ή ανεξάρτητο ειδικό τεμάχιο κατασκευασμένο από πλαστικό υλικό.

Η διάταξη των διαχυτήρων θα καλύπτει ομοιόμορφα τον πυθμένα της ζώνης αερισμού για την αποφυγή ασύμμετρων καταστάσεων παροχής οξυγόνου και ανάδευσης.

Ο αριθμός των διαχυτήρων κάθε συστοιχίας και κάθε δεξαμενής συνολικά θα πρέπει να προσδιοριστούν λαμβάνοντας υπόψη τις διαστάσεις του βιολογικού αντιδραστήρα και των επιμέρους ζωνών, καθώς επίσης και την εξασφάλιση ικανοποιητικής οξυγόνωσης και ανάδευσης του ανάμικτου υγρού. Για τον σκοπό αυτό, η διάταξη των διαχυτήρων στη δεξαμενή αερισμού, που θα υποβληθεί κατά την προσφορά, πρέπει να έχει προκύψει αποδεδειγμένα σε συνεργασία και με την επικύρωση του προμηθευτή ή του κατασκευαστή των διαχυτών. Οι διαχυτήρες πρέπει να είναι βιομηχανικό προϊόν κατασκευαστή, που διαθέτει ISO 9001, ή ισοδύναμο για τον σχεδιασμό και την κατασκευή παρόμοιου εξοπλισμού, και εμπειρία, η οποία πρέπει να αποδεικνύεται με κατάλογο έργων στα οποία εγκαταστάθηκε παρόμοιος εξοπλισμός του κατασκευαστή.

Κάθε συστοιχία διάχυσης (ομάδας διαχυτών) θα τροφοδοτείται με ξεχωριστό αγωγό τροφοδότησης, που θα απομονώνεται από τον αγωγό μεταφοράς με δικλείδα απομόνωσης και ρύθμισης της παροχής αέρα, τύπου πεταλούδας ή ισοδύναμου. Επίσης θα πρέπει να προβλεφθούν παγίδες συμπτυκνωμάτων και κρουνοί αποστράγγισης για κάθε συστοιχία. Οι αγωγοί διανομής αέρα που θα φέρουν τους διαχυτές θα στηρίζονται στον πυθμένα της δεξαμενής σε ειδικά στηρίγματα από ανοξείδωτο χάλυβα ή GRP, ρυθμίσιμα καθ' ύψος ώστε να είναι δυνατή η τοποθέτηση των διαχυτών στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο..

Η διάμετρος των σωληνώσεων αέρα θα υπολογιστούν, ώστε η ταχύτητα αέρα να μην ξεπερνά τα 15m/sec, ενώ στο δίκτυο αέρα πρέπει να προβλεφθούν κατάλληλα εξαρτήματα σύνδεσης των σωληνώσεων, ικανά να παραλαμβάνουν τις διαμήκεις παραμορφώσεις τους, λόγω συστολοδιαστολών,

Οι σωληνώσεις αέρα, που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του νερού πρέπει να είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα ή από πλαστικό (πχ. PVC, PP κτλ.) επαρκούς αντοχής στη θερμοκρασία του πεπιεσμένου αέρα.

Στο σημείο αυτό πρέπει να προστεθεί πάντως ότι σε περίπτωση περίσσειας οξυγόνου και εφαρμογής δεξαμενής αποξυγόνωσης ποσοστό του οξυγόνου που παρέχεται στις δεξαμενές μεμβρανών και συμβάλει στις βιολογικές διεργασίες δεν θα λαμβάνεται καθόλου υπόψη εφόσον αφαιρείται στις δεξαμενές αποξυγόνωσης. Στην περίπτωση αυτή θα μπορεί ωστόσο να ληφθεί υπόψη ως όγκος αερισμού και να αφαιρεθεί αντιστοίχως από τις απαιτήσεις της βιολογίας, ο ωφέλιμος όγκος βύθισης των μεμβρανών αφού εντός αυτού διενεργούνται όλες οι απαραίτητες βιοχημικές αντιδράσεις μείωσης BOD και νιτροποίησης.

Ο απαιτούμενος αέρας τόσο για τον αερισμό των λυμάτων στους βιοαντιδραστήρες όσο και για τον καθαρισμό των μεμβρανών θα παρέχεται από φυσητήρες με ηχομονωτικό κλωβό ή τοποθετημένους εντός ηχομονωμένου κτιρίου.

Η λειτουργία του συστήματος αερισμού θα ρυθμίζεται, λαμβάνοντας υπόψη την μέτρηση διαλυμένου οξυγόνου, που θα γίνεται στις αερόβιες ζώνες. Για τον σκοπό αυτό σε κάθε βιολογικό αντιδραστήρα θα εγκατασταθεί ένα τουλάχιστον όργανο μέτρησης DO, με βάση τις μετρήσεις του οποίου θα ρυθμίζεται η παροχή οξυγόνου.

Η ρύθμιση της παροχής οξυγόνου μπορεί να γίνει με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- ⇒ Διακοπτόμενη λειτουργία φυσητήρων αέρα
- ⇒ Αλλαγή στροφών περιστροφής των φυσητήρων είτε βαθμιδωτά (πχ. κινητήρας δύο ταχυτήτων) ή συνεχώς μέσω ρυθμιστή στροφών
- ⇒ Ρύθμιση των οδηγητικών πτερυγίων εισόδου ή/και εξόδου των φυγοκεντρικών συμπιεστών (turbo compressors)
- ⇒ Ρύθμιση των δικλίδων προσαγωγής αέρα σε κάθε βιολογικού αντιδραστήρα σε συνδυασμό με την αυξομείωση της παροχής αέρα από τους φυσητήρες, ανάλογα με την πίεση στον συλλέκτη εξόδου των φυσητήρων.

Στη τεχνική προσφορά πρέπει να γίνεται εμπειριστατωμένη περιγραφή του συστήματος ελέγχου και ρύθμισης του συστήματος αερισμού.

2.4.6 Σύστημα μεμβρανών

2.4.6.1 Γενικά

Ο σχεδιασμός της μονάδας διαχωρισμού υγρών – στερεών με μεμβράνες θα γίνει σύμφωνα με τις υποδείξεις του προμηθευτή του προσφερομένου συστήματος μεμβρανών. Για τον σκοπό αυτό με την Τεχνική Προσφορά θα υποβληθεί η δήλωση που περιγράφεται στο κεφάλαιο Α του παρόντος.

Ο σχεδιασμός θα γίνει για την ικανοποίηση των παρακάτω ελάχιστων απαιτήσεων:

- Η υδραυλική φόρτιση των μεμβρανών (flux, σε $\text{lt}/\text{m}^2\cdot\text{h}$) για θερμοκρασίες μικρότερες των 20°C δίδεται από την παρακάτω σχέση:

$$F = F_0 \times (1,025)^{(T-20)}, \text{ όπου:}$$

- ⇒ F: Υδραυλική φόρτιση σε θερμοκρασία T ($^\circ\text{C}$)
- ⇒ F₀: Υδραυλική φόρτιση σε θερμοκρασία T $\geq 20^\circ\text{C}$, (βλ. παρακάτω Πίνακα) ή σε περίπτωση χρήσης δεξαμενής εξισορρόπησης λαμβάνεται σταθερά η τιμή F₀ $\leq 20 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ για την ημερήσια παροχή σχεδιασμού⁶

Υδραυλική φόρτιση F ₂₀ (flux)			Διάρκεια
Μέση ημερήσια παροχή	[$\text{lt}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]	$\leq 20,00$	
Μέγιστη εβδομαδιαία παροχή	[$\text{lt}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]	$\leq 25,00$	Συνεχής φόρτιση για δύο βδομάδες
Μέγιστη ημερήσια παροχή	[$\text{lt}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]	$\leq 30,00$	Συνεχής φόρτιση για 24 ώρες
Μέγιστη ωριαία παροχή	[$\text{lt}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]	$\leq 40,00$	Συνεχής φόρτιση για 4 ώρες

- Για τον υπολογισμό της υδραυλικής φόρτισης του προηγούμενου πίνακα, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο πραγματικός χρόνος λειτουργίας των μεμβρανών αφαιρουμένου του χρόνου πλύσης, ανάπαυσης κτλ.
- Κατά την διαδικασία καθαρισμού των μεμβρανών, όταν η αντίστοιχη δεξαμενή μεμβρανών θα βρίσκεται εκτός λειτουργίας τον καθαρισμό, το σύνολο της παροχής θα διέρχεται από τις υπόλοιπες δεξαμενές. Η διαστασιολόγηση των MBR θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη ότι κατά τη περίοδο του καθαρισμού θα διέρχεται από το έργο η μέγιστη εβδομαδιαία παροχή⁷.

Από την έξοδο των βιολογικών αντιδραστήρων, το ανάμικτο υγρό θα οδηγείται στις δεξαμενές εγκατάστασης των μεμβρανών (δεξαμενές διήθησης), κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η τροφοδοσία των δεξαμενών διήθησης μπορεί να γίνει είτε με βαρύτητα ή μέσω αντλιοστασίου. Η έξοδος των διαυγασμένων θα γίνεται είτε με αντλίες διαυγασμένων ή με την βαρύτητα. Σε κάθε περίπτωση το προσφερόμενο σύστημα πρέπει να τεκμηριωθεί επαρκώς από υδραυλικής άποψης και θα αξιολογηθεί η ευελιξία του, η απλότητα λειτουργίας του και η καταναλισκόμενη ενέργεια.

Στις δεξαμενές θα εγκατασταθούν οι απαραίτητες συστοιχίες (modules) μεμβρανών, στις οποίες θα προβλεφθούν όλες οι απαραίτητες συνδέσεις εκροής των διαυγασμένων λυμάτων και παροχής του αέρα καθαρισμού, σύμφωνα με τις οδηγίες του προμηθευτή του συστήματος.

Ο σχεδιασμός των δεξαμενών διήθησης θα γίνει για την ικανοποίηση των παρακάτω απαιτήσεων⁸:

- 6 Προσδιορίζονται οι φορτίσεις κατά περίπτωση. Οι ανωτέρω τιμές της υδραυλικής φόρτισης είναι ενδεικτικά προτεινόμενες και θα συμπληρώνονται από τον συντάκτη των τευχών. Επισημαίνεται ότι σε μικρές εγκαταστάσεις (< 1.000 ισοδύναμους κατοίκους) οι φορτίσεις του πίνακα μπορεί να απομειωθούν μέχρι και στο 50%.
- 7 Επιπλέον θα πρέπει να καθορισθεί (α) συγκεκριμένη υδραυλική φόρτιση που θα ισχύει για όσο διαρκεί ο καθαρισμός (προτεινόμενη τιμή 40 LMH που ισχύει για μέγιστη φόρτιση σε κανονική λειτουργία) και (β) να διευκρινισθεί ότι η παράκαμψη της δεξαμενής των μεμβρανών που υφίστανται τον καθαρισμό θα είναι υποχρεωτική μόνο όταν από τον σχεδιασμό του συστήματος απαιτείται να καθαρίζονται ταυτόχρονα όλα τα modules ή/και αυτή είναι υποχρεωτική από τον σχεδιασμό του συστήματος ή τον κατασκευαστή
- 8 καθορίζεται κατά περίπτωση ο αριθμός των δεξαμενών μεμβρανών ανά γραμμή επεξεργασίας και η μέγιστη συγκέντρωση στερεών στις δεξαμενές των μεμβρανών

Αριθμός δεξαμενών	[#]	1
Συγκέντρωση ανάμικτου υγρού στη δεξαμενή μεμβρανών	[mg/l]	≤ 15.000

2.4.6.2 Εξοπλισμός εξυπηρέτησης συστήματος MBR

Φυσητήρες καθαρισμού μεμβρανών

Για τον καθαρισμό των μεμβρανών θα εγκατασταθούν φυσητήρες για την παροχή του απαραίτητου αέρα πλύσης. Η παροχή του αέρα πλύσης θα καθοριστεί από τον προμηθευτή των μεμβρανών. Θα εγκατασταθεί τουλάχιστον ένας φυσητήρας για κάθε δεξαμενή διήθησης, ενώ θα παρέχεται εφεδρεία τουλάχιστον 25%.

Σύστημα καθαρισμού των μεμβρανών

Το σύστημα καθαρισμού μεμβρανών περιλαμβάνει τον εξοπλισμό αποθήκευσης και δοσομέτρησης των κατάλληλων διαλυμάτων χημικών τα οποία χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό. Το σύστημα θα είναι ανάλογο της τεχνολογίας που προσφέρεται και στην τεχνική προσφορά των διαγωνιζόμενων θα υπάρχει αναλυτική περιγραφή του εξοπλισμού και του τρόπου λειτουργίας του. Στη Τεχνική Προσφορά θα δίνονται αναλυτικές πληροφορίες του τρόπου και των διαδικασιών καθαρισμού των μεμβρανών.

Αντλίες διαυγασμένων (permeate pumps)

Στη περίπτωση, που η απομάκρυνση των διαυγασμένων θα γίνεται με αντλίες, θα εγκατασταθεί μία τουλάχιστον αντλία ανά module ενώ θα υπάρχει τουλάχιστον 25% εφεδρεία. Οι αντλίες θα είναι λοβοειδείς, ενώ στην περίπτωση εφαρμογής αντίστροφης έκπλυσης των μεμβρανών, θα έχουν δυνατότητα αναστροφής της ροής ώστε να γίνεται με την ίδια αντλία η πλύση με καθαρό νερό των μεμβρανών κατά το πρόγραμμα αυτόματα. Οι προδιαγραφές, ο τρόπος λειτουργίας και ρύθμισης της παροχής και τα λοιπά χαρακτηριστικά των ως άνω αντλιών θα είναι σύμφωνες με τις απαιτήσεις του συστήματος των μεμβρανών.

Λοιπός εξοπλισμός

Όλες οι σωληνώσεις του συστήματος θα είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα ή πλαστικό υλικό, εκτός αυτών που θα είναι εκτεθειμένες στην ηλιακή ακτινοβολία, οι οποίες θα είναι κατασκευασμένες αποκλειστικά από ανοξείδωτο χάλυβα.

2.4.6.3 Έλεγχος λειτουργίας

Για τον έλεγχο και τον αυτοματισμό λειτουργίας του συστήματος των μεμβρανών, θα πρέπει να προσφέρονται όλα τα απαραίτητα όργανα για την μέτρηση όλων των βασικών παραμέτρων λειτουργίας. Ο αριθμός και το είδος των οργάνων που προσφέρονται θα είναι σαφή στην τεχνική προσφορά του κάθε διαγωνιζόμενου.

Η λειτουργία του συστήματος των μεμβρανών θα είναι αυτόματη. Για τον σκοπό αυτό θα εγκατασταθεί ξεχωριστός πίνακας ελέγχου της μονάδας, που συνδέει όλα τα δεδομένα της διαδικασίας και τις μετρήσεις των οργάνων, ώστε να λειτουργεί πλήρως αυτόματα και με ασφάλεια το όλο σύστημα. Τα βασικά στοιχεία του αυτοματισμού (τρόπος λειτουργίας και διαχείριση παραμέτρων) αποτελούν αντικείμενο σχεδιασμού του προμηθευτή του συστήματος των μεμβρανών. Στη τεχνική προσφορά του κάθε διαγωνιζόμενου, θα πρέπει να υπάρχει αναλυτική περιγραφή του τρόπου ελέγχου λειτουργίας και του προσφερόμενου εξοπλισμού.

Θα πρέπει να παρέχονται οι παρακάτω τουλάχιστον πληροφορίες στο Κέντρο Ελέγχου της εγκατάστασης, με την πρόβλεψη κατάλληλων οργάνων μέτρησης.

- Στάθμη δεξαμενών διήθησης
- Συγκέντρωση στερεών στις δεξαμενές διήθησης

- Παροχή διηθημένου υγρού από κάθε δεξαμενή μεμβρανών
- Πίεση στη γραμμή διηθημένου υγρού
- Θολότητα εξόδου στη κάθε γραμμή διηθημένου υγρού
- Παρεχόμενος αέρας για την πλύση των μεμβρανών (air scouring)⁹

2.4.7 Ανακυκλοφορία ιλύος

Η ιλύς από τις δεξαμενές των μεμβρανών θα ανακυκλοφορεί στους βιολογικούς αντιδραστήρες, έτσι ώστε να διατηρείται ικανοποιητική συγκέντρωση αναμίκτου υγρού. Η ιλύς από τις δεξαμενές των μεμβρανών (δεξαμενές διήθησης) υπερχειλίζει σε διώρυγα ή φρεάτιο από όπου στη συνέχεια θα οδηγείται στη κεφαλή των βιολογικών αντιδραστήρων., η ανακυκλοφορία μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω αντλιών.

Ο ρυθμός ανακυκλοφορίας θα καθορίζεται από την συγκέντρωση του ανάμικτου υγρού στον βιολογικό αντιδραστήρα και στις δεξαμενές MBR. Για τον σκοπό αυτό θα πρέπει να εγκατασταθούν μετρητές στερεών στους βιολογικούς αντιδραστήρες, καθώς επίσης και στις δεξαμενές διήθησης, οι ενδείξεις των οποίων θα μεταφέρεται στο Κέντρο Ελέγχου (ΚΕΛ) της εγκατάστασης. Η παροχή ανακυκλοφορίας θα ρυθμίζεται αυτόματα λαμβάνοντας υπόψη την παροχή των λυμάτων και τον επιθυμητό ρυθμό ανακυκλοφορίας.

Στη περίπτωση κοινού αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας ιλύος και νιτρικών, το αντλιοστάσιο θα σχεδιασθεί με την δυσμενέστερη παροχή (παροχή ανακυκλοφορίας νιτρικών ή ανακυκλοφορίας ιλύος).

Οι αντλίες ανακυκλοφορίας ή/και οι αντλίες τροφοδότησης των MBR μπορεί να είναι φυγοκεντρικές ή αξονικής ροής (ξηρού ή υποβρύχιου τύπου), σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές.

2.4.8 Απομάκρυνση περίσσειας ιλύος

Οι περίσσεια ιλύς θα απομακρύνεται από τις δεξαμενές διήθησης προς την γραμμή επεξεργασίας της ιλύος. Η απομάκρυνσή της μπορεί να γίνεται είτε με βαρύτητα και κατάλληλη ηλεκτροδικλείδα, είτε με αντλίες προς τη δεξαμενή αποθήκευσης ιλύος πριν την επεξεργασία της. Οι αντλίες περίσσειας ιλύος μπορεί να είναι φυγοκεντρικές (ξηρού ή υποβρύχιου τύπου), ή αντλίες θετικής εκτόπισης, σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές.

Οι αντλίες θα λειτουργούν με χρονοπρόγραμμα, ώστε να εξασφαλίζεται καθημερινή απομάκρυνση ιλύος, λαμβάνοντας υπόψη και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της μονάδας επεξεργασίας ιλύος.

⁹ σε μικρές εγκαταστάσεις (π.χ.< 4.000 ισοδύναμους κατοίκους) αντί της μέτρησης παροχής μπορεί να εγκατασταθεί ένας πρεσσοστάτης ή οπτικό παροχόμετρο με οπτική ένδειξη.

ΤΥΡΝΑΒΟΣ, 23 ΜΑΙΟΥ 2022
(Τόπος – Ημερομηνία)

ΣΥΝΤΑΧΘΗΚΕ

Κων/νος Παπαϊωάννου

Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός
MSc

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ & ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

Ο Γεν. Δ/ντης της
ΔΕΥΑ ΤΥΡΝΑΒΟΥ

Σταύρος Τσαγκαράκος
Διπλ. Τοπογράφος Μηχανικός,
MSc

ΕΓΚΡΙΘΗΚΕ

Με την υπ' αριθμ. 27/2022 Απόφαση του Δ.Σ. της ΔΕΥΑ ΤΥΡΝΑΒΟΥ

Ο Πρόεδρος του ΔΣ της ΔΕΥΑ ΤΥΡΝΑΒΟΥ

ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΟΚΟΥΡΑΣ

ΔΗΜΑΡΧΟΣ ΤΥΡΝΑΒΟΥ