3 ΧΗΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ (Χ.Μ.) 1
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1
3.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ Χ.Μ. – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ 1
3.2.1 Εισαγωγή 1
3.2.2 Δεξαμενή εξισορρόπησης 2
3.2.3 Μονάδα κροκίδωσης 2
3.2.4 Μονάδα διήθησης (Μ.Δ.) 3
3.2.5 Μονάδα απολύμανσης με Υ.Α. 3
3.3 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ 4
3.3.1 Γενικά στοιχεία υφιστάμενης Ε.Ε.Λ. 4
3.3.2 Δεδομένα σχεδιασμού υφιστάμενης Ε.Ε.Λ. 5
3.3.3 Επιμέρους μονάδες υφιστάμενης Ε.Ε.Λ. 6
3.3.4 Διάθεση επεξεργασμένων λυμάτων υφιστάμενης Ε.Ε.Λ. 7
3.4 ΕΡΓΟ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ 9
3.4.1 Γενικά στοιχεία του έργου επαναχρησιμοποίησης λυμάτων 9
3.4.2 Όρια σχεδιασμού επεξεργασμένων λυμάτων 10
3.4.3 Δεδομένα σχεδιασμού του έργου επαναχρησιμοποίησης λυμάτων 14
3.4.4 Συνοπτική περιγραφή του έργου επαναχρησιμοποίησης λυμάτων 15
3.5 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ 17
3.5.1 Δεξαμενή εξισορρόπησης - αντλιοστάσιο ανύψωσης λυμάτων 17
3.5.1.1 Γενικά – περιγραφή λειτουργίας 17
3.5.1.2 Ηλεκτροδότηση, ηλεκτρική εγκατάσταση, έλεγχος 18
3.5.1.3 Παράμετροι σχεδιασμού 19
3.5.2 Μονάδα κροκίδωσης 19
3.5.2.1 Γενικά – περιγραφή λειτουργίας 19
3.5.2.2 Δέσμευση Φωσφόρου 21
3.5.2.3 Κτίριο χημικών 21
3.5.2.4 Παράμετροι σχεδιασμού 22
3.5.2.5 Ηλεκτροδότηση, ηλεκτρική εγκατάσταση, έλεγχος 22
3.5.3 Μεριστής παροχής (κοινό κανάλι εισόδου στα τέσσερα (4) φίλτρα) 22
3.5.3.1 Περιγραφή λειτουργίας 22
3.5.3.2 Βασικές διαστάσεις δομικών έργων 23
3.5.4 Μονάδα διήθησης (φίλτρανσης) 23
3.5.4.1 Περιγραφή λειτουργίας 23
3.5.4.2 Φάση διήθησης 24
3.5.4.3 Φάση έκπλυσης 26
3.5.4.4 Διάταξη συλλογής επιπλεόντων 29
3.5.4.5 Ηλεκτροδότηση, ηλεκτρική εγκατάσταση, έλεγχος 29
3.5.4.6 Παράμετροι σχεδιασμού 30
3.5.5 Μονάδα απολύμανσης με UV (αντιδραστήρας απολύμανσης υπεριώδης ακτινοβολίας – Α.Α.Υ.Α.) 31
3.5.5.1 Εισαγωγή 31
3.5.5.2 Περιγραφή 31
3.5.5.3 Εννοιολογική θεμελίωση της Υ.Α 32
3.5.5.4 Μέρη ενός Α.Α.Υ.Α. 56
3.5.5.5 Η αρχιτεκτονική ενός Α.Α.Υ.Α. ανοικτού καναλιού 60
3.5.5.6 Επιλογή αρχιτεκτονικής του υπό μελέτη Α.Α.Υ.Α. 63
3.5.5.7 Περιγραφή Α.Α.Υ.Α. 67
3.5.5.8 Παράμετροι σχεδιασμού 70
3.5.5.9 Βασικές διαστάσεις δομικών έργων 70
3.5.5.10 Ηλεκτροδότηση, ηλεκτρική εγκατάσταση , έλεγχος. 70
3.5.6 Δεξαμενή τριτοβάθμιων επεξεργασμένων εκροών (Δ.Τ.Ε.Ε.) – ανλητικά συγκροτήματα 72
3.5.6.1 Γενικά 72
3.5.6.2 Περιγραφή Δ.Τ.Ε.Ε. 72
3.5.6.3 Ηλεκτροδότηση, ηλεκτρική εγκατάσταση, έλεγχος 72
3.5.6.4 Παράμετροι σχεδιασμού 73
3.5.7 Λοιπά βοηθητικά έργα 73
3.6 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΩΝ 75
3.6.1 Γενικά – δεδομένα σχεδιασμού 75
3.6.2 Απομάκρυνση φωσφόρου 75
3.6.2.1 Εισαγωγή 75
3.6.2.2 Εκτίμηση παραγόμενης ποσότητας χημικής ιλύος 77

3.6.3 Μονάδα κροκίδωσης ... 78
3.6.3.1 Υπολογισμός ωφέλιμου όγκου δεξαμενής κροκίδωσης ... 78
3.6.3.2 Ανάδευση και διασκορπισμός ισχύος ... 78
3.6.3.3 Υπολογισμοί ... 80
3.6.3.4 Βασικές διαστάσεις δομικών έργων ... 81
3.6.4 Μονάδα διήθησης ... 81
3.6.4.1 Παράμετροι σχεδιασμού ... 81
3.6.4.2 Υπολογισμός απαιτούμενης επιφάνειας βάσει υδραυλικής φόρτισης ... 82
3.6.4.3 Υπολογισμός απαιτούμενης επιφάνειας βάσει της φόρτισης στερεών ... 82
3.6.4.4 Επιλεγείσα μονάδα - έλεγχος κριτηρίων ... 83
3.6.4.5 Εκτίμηση απόδοσης ... 85
3.6.4.6 Υπολογισμός θολότητας ... 87
3.6.4.7 Υπολογισμός αντλιών έκπλυσης ... 87
3.6.4.8 Υπολογισμοί αντλιών αποκομιδής επιπλεόντων ... 87
3.6.4.9 Εκτίμηση παραμέτρων κύκλου έκπλυσης ... 87
3.6.4.10 Διαχείριση στραγγιδίων φίλτρων ... 89
3.6.5 Μονάδα απολύμανσης με Υ.Α. (αντιδραστήρας απολύμανσης υπεριώδους ακτινοβολίας – Α.Α.Υ.Α.) ... 90
3.6.5.1 Παραδοχές σχεδιασμού ... 90
3.6.5.2 Υπολογισμός απόδοσης Α.Α.Υ.Α. ... 91
3.6.5.3 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου απολύμανσης με Υ.Α. ... 91
3.6.5.4 Μεθοδολογία διαστασιολόγησης ... 96
3.6.5.5 Διαστασιολόγηση ... 104
3.6.5.6 Επιλογή Α.Α.Υ.Α. – ελάχιστες τεχνικές απαιτήσεις ... 108

3 ΧΗΜΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ (Χ.Μ.)

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2, η χημικοτεχνική μελέτη για όλες τις προβλεπόμενες μονάδες θα εκπονηθεί απ ευθείας σε Οριστικό Στάδιο παραλειπομένων των σταδίων της Προκαταρκτικής και της Προμελέτης.

Στο υπολογιστικό της μέρος η χημικοτεχνική μελέτη μεταξύ άλλων περιλαμβάνει :

- Στους υγιεινολογικούς υπολογισμούς (μελέτη διεργασιών). Με βάση τους υπολογισμούς αυτούς θα γίνει ο προσδιορισμός της δυναμικότητας και η βασική διαστασιολόγηση των ακόλουθων μονάδων :
  - Της μονάδας κροκίδωσης
  - Της μονάδας διήθησης (Μ.Δ)
  - Της μονάδας απολύμανσης

3.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ Χ.Μ. – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

3.2.1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια εκπόνησης της Χ.Μ. θα ληφθεί υπόψη από τον Φ.Ε. η ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων, βάσει των λειτουργικών δεδομένων της υφιστάμενης εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. Επίσης, θα ληφθεί υπόψη η κείμενη νομοθεσία, που αφορά στην τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων και επαναχρησιμοποίηση αυτών για άρδευση χωρίς περιορισμούς (απεριόριστη άρδευση) και θα διαστασιολογηθεί η προταθείσα στην Εισηγητική Έκθεση Εκτίμησης Έργου μονάδας διύλισης. Στόχος της χημικοτεχνικής μελέτης για την εγκατάσταση τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων, προκειμένου να εξυπηρετηθούν τα προβλεπόμενα υδραυλικά και ρυπαντικά φορτία, είναι παράλληλα η διασφάλιση της δημόσιας υγείας της ευρύτερης περιοχής, προστατεύοντας την αρδευόμενη περιοχή και εν γένει το περιβάλλον. Ακόμη, θα προσδιοριστεί ο βασικός απαιτούμενος ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός για τη λειτουργία της εγκατάστασης τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων και τα απαραίτητα έργα υποδομής.

Αναλυτικότερα, για κάθε επιμέρους μονάδα του έργου επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων της Ε.Ε.Λ. Λαμίας (εγκατάσταση τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων) θα γίνουν αναλυτικοί υγιεινολογικοί υπολογισμοί με βάση μαθηματικούς ή εμπειρικούς τύπους από τη διεθνή βιβλιογραφία (πρότυπα ATV, στοιχεία διεθνώς αναγνωρισμένων εξειδικευμένων οίκων κλπ.), προκειμένου να καθοριστούν οι βασικές σχεδιαστικές και λειτουργικές παράμετροι κάθε επιμέρους μονάδας, ήτοι όγκοι και διαστάσεις δεξαμενών,

χρόνοι παραμονής λυμάτων, απαιτήσεις ανάδευσης υγρών, δοσομέτρησης χημικών κλπ., σε συνάρτηση με την ζητούμενη συνολική απόδοση της εγκατάστασης. Η μελέτη θα δίνει στοιχεία για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας των βιολογικών, φυσικοχημικών και άλλων διεργασιών, που επιτελούνται στην προτεινόμενη εγκατάσταση τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων, καθώς και τις απαιτήσεις σε ποιοτικούς ελέγχους-ρυθμίσεις κατά τη λειτουργία. Για το λόγο αυτό η εγκατάσταση τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων θα πρέπει να εξοπλιστεί με τα κατάλληλα όργανα μέτρησης, που θα επιτρέπουν την αυτοματοποιημένη λειτουργία αυτής.

Επίσης, θα γίνει αναλυτικός σχεδιασμός και σύνταξη των απαιτούμενων τεχνικών προδιαγραφών των μονάδων δοσομέτρησης χημικών για την κροκίδωση των λυμάτων, καθώς και κάθε μονάδας που περιλαμβάνει χημικοτεχνικές διεργασίες.

3.2.2 Δεξαμενή εξισορρόπησης

Με βάση τα δεδομένα από τον Φ.Ε. θα γίνει λεπτομερής διαστασιολόγηση της Δ.Ε. Παράλληλα θα γίνει κατάλληλη επιλογή της παροχής σχεδιασμού των ανλητικών συγκροτημάτων τροφοδοσίας της Μ.Δ.

3.2.3 Μονάδα κροκίδωσης

Ο σχεδιασμό της μονάδας κροκίδωσης θα γίνει με βάση τα εξής :

- Η επιλογή του ωφέλιμου όγκου της δεξαμενής ανάμιξης θα γίνει με βάση κατάλληλο χρόνο επαφής, ο οποίος θα προκύψει από στοιχεία βιβλιογραφικά και την εμπειρία των μελών της σύμπραξης μας από τον σχεδιασμό και λειτουργία παρόμοιων έργων τόσο σε Δήμους όσο και στην βιομηχανία.
- Η επιλογή της κατάλληλης προδιδόμενης ισχύος ανά μονάδα υγρού όγκου ώστε να υπολογισθεί η αναγκαία ισχύς του αναδευτήρα θα γίνει στην βάση εμπειρικών υπολογιστικών σχέσεων από την διεθνή βιβλιογραφία, αλλά και σχετικών στοιχείων από τους γνωστούς οίκου κατασκευής αναδευτήρων.
- Ιδιαίτερη μέριμνα θα ληφθεί στον σχεδιασμό του υπερχειλιστή παροχέτευσης των κροκιδωμένων λυμάτων από την δεξαμενή ανάμιξης στην δεξαμενή κροκίδωσης (βάθος και πλάτος διάρρου) ώστε αυτή να γίνεται υπό συνθήκες στρωτής ροής (Laminar flow) προκειμένου να αποφεύγεται η αποκροκίδωση των λυμάτων.

3.2.4 Μονάδα διήθησης (Μ.Δ.)

Ο σχεδιασμός της Μ.Δ. θα διαρθρωθεί ως εξής :

- Θα αναπτυχθούν οι βασικές παράμεροι σχεδιασμού, δηλαδή θα υιοθετηθούν κατάλληλες τιμές (κριτήρια), τα οποία σε συνδυασμό με την επιθυμητή ποσοστιαία απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών και συνεπώς (σωματιδιακού) BOD θα οδηγήσουν στην λεπτομερή διαστασιολόγηση των διηθητικών κλινών.
- Μετά την τελική επιλογή των διαστάσεων της Μ.Δ. και των χαρακτηριστικών τους (αριθμούς κυψελών/κλίνη, γεωμετρικά στοιχεία κυψέλης, χαρακτηριστικά κοκκώδους μέσου) θα γίνουν σχετικοί έλεγχοι κριτηρίων, ώστε να πιστοποιηθεί ότι οι επιλεγείσες μονάδες πληρούν όλα τα τεθέντα κριτήρια.
- Με βάση κοινά αποδεκτές καμπύλες φόρτισης – απομάκρυνσης (SS και BOD_5) θα γίνει έλεγχος απόδοσης της Μ.Δ. για τις συνθήκες σχεδιασμού ως προς τις ακόλουθες βασικές παραμέτρους :
    - SS
    - BOD_5
    - Θολότητα
- Με βάση τις ανάγκες θα εκτιμηθούν τα χαρακτηριστικά των αντλιών έκπλυσης και αποκομιδής επιπλεόντων.
- Με βάση την διαστασιολόγηση θα γίνει εκτίμηση του αριθμού εκπλύσεων του κοκκώδους υλικού ανά ημέρα, του παραγόμενου όγκου στραγγιδίων και της σχετικής διαχείρισης τους.

3.2.5 Μονάδα απολύμανσης με Υ.Α.

Όπως αναφέρθηκε και στην Μεθοδολογία σκοπός της μελέτης διεργασιών αναφορικά με την μονάδα απολύμανσης με UV είναι ο λεπτομερής σχεδιασμός του Αντιδραστήρα Απολύμανσης Υπεριώδους Ακτινοβολίας (ΑΑΥΑ). Ο σχεδιασμός του Α.Α.Υ.Α. θα διαρθρωθεί ως εξής :

- Δοθέντος ότι στην ελληνική βιβλιογραφία λείπει μια ενδελεχής ανάπτυξη της φύσης και τον χαρακτηριστικών της απολύμανσης με Υ.Α. παρατίθεται μια εκτενής εννοιολογική θεμελίωση της Υ.Α.
- Ακολουθεί με βάση συγκεκριμένα κριτήρια επιλογή της αρχιτεκτονικής του Α.Α.Υ.Α.
- Αναπτύσσεται το μαθηματικό μοντέλο απολύμανσης με Υ.Α. και με βάση αυτό υπολογίζεται το βασικότερο διαστασιολογικό μέγεθος ή δόση Υ.Α.
- Τέλος, δίνεται η βασική διαστασιολόγηση του Α.Α.Υ.Α.

3.3 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

3.3.1 Γενικά στοιχεία υφιστάμενης Ε.Ε.Λ.

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Δήμου Λαμίας έχει κατασκευαστεί σε πεδινή αγροτική περιοχή, στη θέση «Μπούφης», σε απόσταση 1,5km περίπου από τον οικισμό Ροδίτσας, δίπλα στην αποστραγγιστική τάφρο.

Οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων έχουν σχεδιασθεί ώστε να εξυπηρετούν στην Α' Φάση πληθυσμό 66.700 ικ και μετά την εκτελεσθείσα επέκταση στη Β' ΦΑΣΗ και την προβλεπόμενη αναβάθμιση της παλιάς εγκατάστασης πληθυσμό 104.200ικ.

Η αποχετευόμενη περιοχή περιλαμβάνει:

- Τα λύματα της ευρύτερης περιοχής της Λαμίας (90% χωριστικό και 10% παντορροϊκό δίκτυο αποχέτευσης).
- Τα λύματα της Αγ. Παρασκευής, τα υγρά απόβλητα από την ΒΙ.ΠΕ. Λαμίας και τα Δημοτικά Σφαγεία και τα λύματα της Μεγ. Βρύσης.
- Τα λύματα του Οργανισμού Εργατικών Κατοικιών (ΟΕΚ) Ανθήλης και του οικισμού Ανθήλης.

Ήδη η ΔΕΥΑ Λαμίας έχει προγραμματίσει την σύνδεση των παρακάτω οικισμών με την ΕΕΛ Λαμίας:

- Τα λύματα των οικισμών Ηράκλειας, Μοσχοχωρίου και Ν. Κρικελίου του Δήμου Λαμίας.
- Τα λύματα των οικισμών της Στυλίδας Αγίας Μαρίνας και Αυλακίου του Δήμου Στυλίδας.

Επομένως, στην εγκατάσταση θα οδηγούνται:

- Τα λύματα της πόλης της Λαμίας και των οικισμών Καλυβιών, Σταυρού, Σ.Σ. Λειανοκλαδίου, Ροδϊτσας, Μεγάλης Βρύσης, Νέας Μαγνησίας, Ανθήλης και Ο.Ε.Κ. Ανθήλης, Αγ. Παρασκευής, Κόμματος, Ηράκλειας, Μοσχοχωρίου και Ν. Κρίκελλου του Δήμου Λαμίας.
- Τα λύματα των οικισμών της Στυλίδας, Αγίας Μαρίνας και Αυλακίου του Δήμου Στυλίδας.
- Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα της ΒΙ.ΠΕ. Λαμίας
- Τα προεπεξεργασμένα υγρά απόβλητα των Δημοτικών Σφαγείων.
- Τα βοθρολύματα της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Λαμίας.

3.3.2 Δεδομένα σχεδιασμού υφιστάμενης Ε.Ε.Λ.

Στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 3.1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα φορτία εισόδου-σχεδιασμού της Ε.Ε.Λ. Λαμίας, σύμφωνα με την Α.Π.οικ.197163/28.03.2012 Απόφαση ανανέωσης, τροποποίησης και κωδικοποίησης των περιβαλλοντικών όρων, που έχουν επιβληθεί με τις: α) ΚΥΑ 105453/5.7.2006 «Ανανέωση και τροποποίηση των Περιβαλλοντικών Όρων που έχουν τεθεί με την ΚΥΑ 106759/2000 για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Δήμου Λαμίας του Νομού Φθιώτιδας και β) ΚΥΑ 127166/23.6.2010 «Τροποποίηση των Περιβαλλοντικών όρων που έχουν επιβληθεί με την ΚΥΑ105453/2006 για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων του Δήμου Λαμίας του Νομού Φθιώτιδας, η οποία αφορά στο έργο: Φωτοβολταϊκός Σταθμός Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΦΒΣΠΗΕ), ισχύος 200KW, στην ΕΕΛ Λαμίας, Νομού Φθιώτιδας». Ακόμη, στον ΠΙΝΑΚΑ 3.2 παρουσιάζονται συνοπτικά τα τωρινά φορτία λειτουργίας της Ε.Ε.Λ. Λαμίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ-ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ Ε.Ε.Λ. ΛΑΜΙΑΣ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Α' ΦΑΣΗ	Β' ΦΑΣΗ
Ισοδύναμος πληθυσμός [κάτοικοι]	66.700	104.200
Μέση ημερήσια παροχή [m^3/d]	11.560	22.920
Ημερήσια παροχή βοθρολυμάτων [m^3/d]	90	45
BOD_5 [kg/d]	3.870	6.250
Αιωρούμενα στερεά [kg/d]	4.146	7.610
Ολικό Άζωτο [kg/d]	1.036	1.260
Φώσφορος [kg/d]	120	220

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2

ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ & Β' ΦΑΣΗΣ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ Ε.Ε.Λ. Β' ΦΑΣΗ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ Ε.Ε.Λ.
Παροχή (m^3/d)	22.920	15.220
BOD_5 (kg/d)	6.250	3.290
SS (kg/d)	7.610	4.590
N (kg/d)	1.260	775
P (kg/d)	220	96

Στην παρούσα φάση, όπως φαίνεται από την συγκριτική παρουσίαση του ΠΙΝΑΚΑ 3.2, είναι προφανές ότι τα φορτία των εισερχόμενων λυμάτων υπολείπονται των φορτίων της Β' Φάσης για τα οποία έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί η ΕΕΛ Λαμίας.

3.3.3 Επιμέρους μονάδες υφιστάμενης Ε.Ε.Λ.

Η Ε.Ε.Λ. Λαμίας τέθηκε σε αποδοτική λειτουργία το 1995 και μετά από τα έργα βελτίωσης και επέκτασης περιλαμβάνει τις εξής επιμέρους μονάδες:

- Έργα εισόδου
  - Φρεάτιο εισόδου και παράκαμψης
  - Αντλιοστάσιο εισόδου με κοχλιωτές αντλίες (τύπου Αρχιμήδη)
- Μονάδα υποδοχής και προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων
  - Compact συγκρότημα προεπεξεργασίας (εσχάρωσης-εξάμμωσης) βοθρολυμάτων
  - Δεξαμενή εξισορρόπησης και αερισμού βοθρολυμάτων
- Προεπεξεργασία
  - Εσχάρωση (δύο αυτοκαθαριζόμενες εσχάρες)
  - Εξάμμωση- Λιποσυλλογή (δύο δεξαμενές/γραμμές)
- Βιολογική επεξεργασία, αποτελούμενη από τρεις γραμμές επεξεργασίας, που περιλαμβάνουν:
  - Δεξαμενή βιοεπιλογής
  - Φρεάτιο μερισμού
  - Τρεις βιολογικοί αντιδραστήρες για την νιτροποίηση και απονιτροποίηση των λυμάτων (δύο οξειδωτικές τάφροι και μία διπλή δεξαμενή απονιτροποίησης - αερισμού)
  - Φρεάτιο μερισμού
  - Τρεις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης
  - Δύο αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας - απαγωγής περίσσειας ιλύος (ένα για τις δύο οξειδωτικές τάφρους και ένα για τη διπλή δεξαμενή απονιτροποίησης -αερισμού)
- Απολύμανση (χλωρίωση) των διαυγασμένων λυμάτων με υποχλωριώδες νάτριο και αποχλωρίωση.

- Επεξεργασία ιλύος που περιλαμβάνει:
  - Δύο παχυντές βαρύτητας
  - Κτίριο αφυδάτωσης με ένα φυγοκεντρικό αφυδατωτή (decanter) και δύο ταινιοφιλτρόπρεσσες
  - Εφεδρικές κλίνες ξήρανσης
- Αντλιοστάσιο οτραγγιδίων
- Μονάδα παραγωγής βιομηχανικού νερού, που περιλαμβάνει:
  - Φίλτρο βαρύτητας άμμου
  - Δεξαμενή αποθήκευσης φιλτραρισμένων
  - Πιεστικό συγκρότημα
  - Μονάδα απολύμανσης UV κλειστού τύπου
- Μονάδα απόσμησης (βιόφιλτρο)
- Κτίριο φυσητήρων αερισμού
- Λοιπά βοηθητικά έργα εξυπηρέτησης των ανωτέρω

3.3.4 Διάθεση επεξεργασμένων λυμάτων υφιστάμενης Ε.Ε.Λ.

Τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται στην αποστραγγιστική τάφρο «Γερμανική τάφρος» ή «τάφρος Λαμίας», σύμφωνα με την υπ' αριθμόν 13707/23.12.1998 Απόφαση του Νομάρχη Φθιώτιδας, από όπου οδηγούνται σε εκτροπή του Σπερχειού, που εκβάλει στον Μαλιακό κόλπο. Εναλλακτικά τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να διατεθούν για άρδευση επιλεγμένων καλλιεργειών ή δασικών εκτάσεων κατά τη θερινή κυρίως περίοδο, απευθείας ή μετά τη διάθεση τους στην τάφρο.

Μετά την ολοκλήρωση της επέκτασης της Ε.Ε.Λ. Λαμίας, ήτοι Β' Φάσης κατασκευής της ΕΕΛ Λαμίας καλύπτονται πλήρως τα όρια που έχουν τεθεί από την ισχύουσα απόφαση έγκρισης των περιβαλλοντικών όρων της Ε.Ε.Λ. (ΚΥΑ 197163/28.3.2012 της ΕΥΠΕ/ΥΠΕΚΑ) και συγκεκριμένα τα εξής:

- Οργανικό φορτίο (BOD_5): < 25 mg/lt
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD): < 90 mg/lt
- Αιωρούμενα στερεά (SS): < 25 mg/lt

- Καθιζάνοντα στερεά εντός 2ωρών σε κώνο Imhoff: < 0,3ml/l
- Ολικό άζωτο (TN): < 20 mg/lt
- Αμμωνιακό άζωτο ($N\text{-}NH_4$) < 2 mg/lt
- Λίπη – έλαια : 0 , 1 mg/lt
- Επιπλέοντα στερεά : 0
- Διαλυμένο οξυγόνο (DO): > 5 mg/lt

3.4 ΕΡΓΟ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

3.4.1 Γενικά στοιχεία του έργου επαναχρησιμοποίησης λυμάτων

Τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται στην αποστραγγιστική τάφρο «Γερμανική τάφρος» ή «τάφρος Λαμίας», σύμφωνα με την υπ' αριθμόν 13707/23.12.1998 Απόφαση του Νομάρχη Φθιώτιδας, από όπου οδηγούνται σε εκτροπή του Σπερχειού, που εκβάλει στον Μαλιακό κόλπο. Εναλλακτικά τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να διατεθούν για άρδευση επιλεγμένων καλλιεργειών ή δασικών εκτάσεων κατά τη θερινή κυρίως περίοδο, απευθείας ή μετά τη διάθεση τους στην τάφρο.

Τα επεξεργασμένα λύματα μπορεί να είναι κατάλληλα για αρδευτική χρήση σε καλλιέργειες ή σε αστικό πράσινο, με την προϋπόθεση της εξασφάλισης ικανοποιητικής ποιότητας του επαναχρησιμοποιούμενου νερού σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011 «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις» στην οποία ορίζονται συγκεκριμένα όρια και διαδικασίες ανάλογα με τον τρόπο επαναχρησιμοποίησης.

Η περιοχή, όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί η εκροή της Ε.Ε.Λ. Λαμίας για άρδευση καλλιεργειών, είναι το αγρόκτημα του Τοπικού Οργανισμού Εγγείων Βελτιώσεων Μεγ. Βρύσης-Ροδίτσας-Αυλακίου, το οποίο βρίσκεται ανατολικά-νοτιοανατολικά της πόλης της Λαμίας και ουσιαστικά περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της καλλιεργούμενης έκτασης μεταξύ του οικιστικού ιστού της Λαμίας και του Μαλιακού Κόλπου. Η καλλιεργούμενη έκταση του αγροκτήματος είναι περίπου 14.000 στρέμματα με κύριες καλλιέργειες αυτές του ρυζιού, του βαμβακιού και των σιτηρών, ενώ ένα ποσοστό της τάξης του 25% μένει ακαλλιέργητο.

Η χρήση της εκροής της Ε.Ε.Λ. στην άρδευση καλλιεργειών της περιοχής αυτής, δε θα επιφέρει καμία αλλαγή στο μέγεθος της καλλιεργούμενης έκτασης, ούτε προβλέπεται κατασκευή νέων εγκαταστάσεων εντός του αρδευτικού δικτύου, καθώς τα νερά θα διοχετευθούν στο υπάρχον δίκτυο. Απεναντίας, η αυξημένη διαθεσιμότητα νερού κατά τους θερινούς μήνες αναμένεται να βοηθήσει στη διατήρηση της ποιότητας του αγροτικού οικοσυστήματος των ορυζώνων και των άλλων καλλιεργειών της περιοχής.

Κατά τη διάθεση των λυμάτων στην άρδευση της περιοχής ευθύνης του ΤΟΕΒ Μεγ. Βρύσης-Ροδίτσας-Αυλακίου, τα λύματα μέσω καναλιών θα διοχετεύονται στην άρδευση καλλιεργειών, ενώ η περίσσεια του νερού του αρδευτικού δικτύου θα καταλήγει πρακτικά στο ίδιο σημείο, όπου εκβάλουν τα λύματα μέσω της νέας κοίτης του Σπερχειού.

3.4.2 Όρια σχεδιασμού επεξεργασμένων λυμάτων

Λαμβάνοντας υπόψη τον χαρακτήρα της προς άρδευση περιοχής, ήτοι εύκολα προσβάσιμη περιοχή, χωρίς φύλαξη, άρδευση και με καταιονισμό κλπ. προτείνεται η εφαρμογή των όρων, που καθορίζονται για την άρδευση χωρίς περιορισμούς (απεριόριστη άρδευση). Η διοχέτευση του επεξεργασμένου νερού στο πεδίο άρδευσης θα γίνεται μέσω της υφιστάμενης αρδευτικής διώρυγας, που διέρχεται δίπλα από το όριο του γηπέδου της Ε.Ε.Λ.

Η λειτουργία της υφιστάμενης Ε.Ε.Λ., αποτελούμενη από τρεις γραμμές βιολογικής επεξεργασίας, για τα δεδομένα εισόδου-σχεδιασμού της Β' Βάσης επαρκεί για την επεξεργασία των λυμάτων, που εισέρχονται στην εγκατάσταση, όπως άλλωστε αποδεικνύεται και από τις εργαστηριακές αναλύσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών της εκροής της Δ.Ε.Υ.Α.Λ. και οδηγεί σε ικανοποιητική ποιότητα εκροής ούτως ώστε μετά και την τριτοβάθμια επεξεργασία να ικανοποιούνται τα όρια, που καθορίζονται στο Πίνακα 2 του Παραρτήματος Ι της ΚΥΑ 145116/2011 για απεριόριστη άρδευση.

Στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 3.3 φαίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων (ανακτημένου νερού), που προορίζονται για απεριόριστη άρδευση, σύμφωνα με τον Πίνακα 2 του Παραρτήματος Ι της ΚΥΑ 145116/2011.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3
ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ (ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ)

ΤΥΠΟΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ	E COLI [EC/100ml]	BOD_5 [mg/lt]	SS [mg/lt]	ΘΟΛΟΤΗΤΑ [NTU]	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
Απεριόριστη άρδευση	≤ 5 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 50 για το 95% των δειγμάτων	≤ 10 για το 80% των δειγμάτων	≤ 10 για το 80% των δειγμάτων	≤2 διάμεση τιμή	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ακολουθούμενη από τριτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση

Επίσης, στη ΚΥΑ 145116/2011 (Παράρτημα ΙΙ) καθορίζονται οι μέγιστες αποδεκτές συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων, όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 3.4:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ (ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ)

Μέταλλο	Μέγιστη συγκέντρωση [mg/lt]
Al (Αργίλιο)	5
As (Αρσενικό)	0,1
Be (Βηρύλλιο)	0,1
Cd (Κάδμιο)	0,01
Co (Κοβάλτιο)	0,05
Cr (Χρώμιο)	0,1
Cu (Χαλκός)	0,2
F (Φθόριο)	1,0
Fe (Σίδηρος)	3,0
Li (Λίθιο)	2,5
Μη (Μαγγάνιο)	0,2
Mo (Μολυβδένιο)	0,01
Νί (Νικέλιο)	0,2
Pb (Μόλυβδος)	0,1
Se (Σελήνιο)	0,02
V (Βανάδιο)	0,1
Ζπ (Ψευδάργυρος)	2,0
Hg (Υδράργυρος)	0,002
B (Βόριο)	2

Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων της εκροής της ΕΕΛ Λαμίας, υπάρχουν από το έτος 1995, όταν τέθηκε σε λειτουργία για πρώτη φορά. Παράλληλα η ΔΕΥΑ Λαμίας έχει πραγματοποιήσει και πρόσθετες αναλύσεις (μέταλλα κλπ.), κατά την τελευταία πενταετία, τόσο στο εργαστήριο της όσο και σε διαπιστευμένα εργαστήρια, που συνοπτικά παρουσιάζονται για τα τελευταία έτη στους παρακάτω ΠΙΝΑΚΕΣ 3.5 έως 3.8.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

ΕΤΟΣ	Q	pH	EC	Θολότητα	Χρώμα	COD	BOD_5	SS	TN	TP
	[m^3/d]		[MS/cm]	[NTU]	[Pt/Co]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
2011	14.400	8,07	784	8,0	44	30	9,2	2,5	9,9	2,8
2012	14.300	7,82	743	7,3	80	28	9,2	3,6	6,3	1,8
2013	15.200	7,44	722	4,0	96	25	9,0	7,3	7,4	1,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

ΕΤΟΣ	Cl	$HC0_3$	K	Na	Ca	Mg	SAR
	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	$(meq/l)^{0'5}$
2011	2,412	6,197	0,405	2,871	4,491	0,798	1,77
2012	2,990	6,000	0,467	2,880			
2013	2,031	4,607	0,205	1,679	3,194	1,440	1,10
2014	1,504	5,525	0,230	2,414	3,433	1,884	1,48
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
2011	85,5	378	15,8	66,0	90,0	9,7	
2012	106	366	18,2	66,2			
2013	72,0	281	8,0	38,6	64,0	17,5	
2014	53,3	337	9,0	55,5	68,8	22,9	

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

ΕΤΟΣ	Fe	Mn	Cu	Zn	Al	Cr	Ni	Pb	Cd	F	B	Hg	As
	[μg/l]												
2011			30	44		20	LOD	12	0,2			LOD	LOD
2011		3,5	16		50	2,4	LOD	3,2	LOD		220	LOD	LOD
2011	120	13,1	5,4	20	115	5,2	3,4	2,6	LOD				
2011	88	32,9	5,9	50	50,4	10,9	2,9	1,7	1,0	LOD			
2012	100	20	10	90		2,5	4,1	3,4	LOD				1
2012	194	119	9,5	40	41,1	4,9	3,2	1,7	LOD				
2013	51,1	32,2	7,7	90	27,5	0,4	3,0	2,4	LOD	0,06			
2014	44,0	25,0	1,3	LOD	19,9	2,6	LOD	1,5	LOD	0,06			

LOD: όρια ανίχνευσης

Ειδικά για το έτος 2013 οι μέσες τιμές για τις βασικές παραμέτρους εκροής της Ε.Ε.Λ. Λαμίας είναι οι εξής:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8

ΤΙΜΕΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΚΡΟΗΣ ΕΕΛ ΛΑΜΙΑΣ (2013)

ΕΤΟΣ	Q	PH	EC	Θολότητα	Χρώμα	COD	BOD_5	SS	TN	TP
	[m^3/d]		[MS/cm]	[NTU]	[Pt/Co]	[mg/lt]	[mg/lt]	[mg/lt]	[mg/lt]	[mg/lt]
2013	15.200	7,44	722	4	96	25	9,0	7,3	7,4	1,7

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω μετρήσεις τα χημικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων ικανοποιούν τα όρια για απεριόριστη άρδευση, εφόσον κατασκευαστεί μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας ώστε να ικανοποιηθούν τα όρια σχετικά με το μικροβιακό φορτίο, τη θολότητα, τη συγκέντρωση στερεών και BOD_5.

Για την ικανοποίηση των ορίων, που καθορίζονται στο Πίνακα 2 του Παραρτήματος Ι της ΚΥΑ 145116/2011 είναι απαραίτητο να κατασκευαστεί τριτοβάθμια επεξεργασία, που θα περιλαμβάνει τις παρακάτω μονάδες:

- Μονάδα κροκίδωσης (με προαιρετική λειτουργία)
- Μονάδα διύλισης σε κλίνες άμμου
- Απολύμανση με UV

3.4.3 Δεδομένα σχεδιασμού του έργου επαναχρησιμοποίησης λυμάτων

Στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 3.9 παρουσιάζονται τα φορτία σχεδιασμού του έργου της επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων της ΕΕΛ Λαμίας, ήτοι της εγκατάστασης τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων τόσο στην είσοδο όσο και στην έξοδο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9

ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΕΙΣΟΔΟΣ/ΕΞΟΔΟΣ)

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΟΝ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ
1	Μέγιστη ωριαία παροχή - Παροχή σχεδιασμού	m^3/hr	1000	1000
2	BOD_5	mg/lt	25	≤10
3	Αιωρούμενα στερεά (μέγιστη τιμή)	mg/lt	35	≤10
4	Αιωρούμενα στερεά (μέση τιμή)	mg/lt	25	≤10
5	Θολότητα	NTU		2
6	Escherichia coli (EC)	EC/100ml		<5/100ml
7	Ολικό Άζωτο (μέγιστη ετήσια τιμή σχεδιασμού)	mg/lt	15	≤15
8	Φώσφορος (μέγιστη ετήσια τιμή σχεδιασμού)	mg/lt	5,5	≤2

Παρατηρήσεις:

1. Οι μέγιστες τιμές των συμβατικών και μικροβιολογικών ρυπαντικών παραμέτρων για τον συγκεκριμένο τύπο επαναχρησιμοποίησης δίνονται από τους ΠΙΝΑΚΕΣ 2 (Παράρτημα Ι), 4 (Παράρτημα ΙΙ), 6 (Παράρτημα IV) της ΚΥΑ 145116/2-2-2011 (ΦΕΚ 354/Β/8.3.2011) όπως αυτή ισχύει εκάστοτε.
2. Αναφορικά με τις μέγιστες τιμές συγκεντρώσεων ολικού αζώτου και ολικού φωσφόρου ισχύ έχει η ΚΥΑ 5673/400/5-3-97 (ΦΕΚ 192/Β/14-3-97)
3. Αναφορικά με τους διαφόρους δείκτες μικροβιολογικής ρύπανσης χρησιμοποιούνται συνήθως οι ακόλουθες ομάδες δεικτών μικροοργανισμών :
   - Η ομάδα των ολικών κολοβακτηριοειδών (TC) . Οι συγκεντρώσεις, που αυτά απαντώνται στα ανεπεξέργαστα λύματα είναι κατά μέσο όρο $10^7 \div 10^{10}$/100ml.
   - Η ομάδα των κοπρανωδών (περιττωματικών) κολοβακτηριοειδών (FC). Οι συγκεντρώσεις, που αυτά απαντώνται στα ανεπεξέργαστα λύματα είναι κατά μέσο όρο $10^5 \div 10^8$/100ml.
   - Η υποομάδα των Escherichia coli (E.coli). Η υποομάδα αυτή είναι η χαρακτηριστικότερη υποομάδα της ομάδας των FC. Είναι δηλαδή (E.coli)≤(FC). Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης υποθέτουμε (E.coli)=(FC)

3.4.4 Συνοπτική περιγραφή του έργου επαναχρησιμοποίησης λυμάτων

Συνοπτικά τα προβλεπόμενα έργα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων της ΕΕΛ Λαμίας περιλαμβάνουν :

- Εξισορρόπηση παροχών, με χρήση της υφιστάμενης δεξαμενής χλωρίωσης
- Αντλιοστάσιο ανύψωσης και τροφοδοσίας φίλτρων (Α.Τ.Φ.)
- Μονάδα κροκίδωσης (Μ.Κ.)
- Μεριστή παροχής
- Μονάδα διήθησης (φίλτρανσης) – Μ.Φ.
- Μονάδα (αντιδραστήρας) απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία (Α.Α.Υ.Α.)
- Αντλιοστάσιο απομάκρυνσης τριτοβάθμιων εκροών (Α.Α.Τ.Ε.)
- Λοιπά βοηθητικά έργα :
    - Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις – δίκτυο ισχύος
    - Σύστημα Ελέγχου και Τηλεχειρισμού - Αυτοματισμοί
    - Δίκτυο και αντλιοστάσιο στραγγισμάτων
    - Επέκταση δικτύων ύδρευσης και βιομηχανικού νερού.
    - Τροποποίηση δικτύου οδοποιίας
    - Έργα διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου

Τα λύματα από το κανάλι δευτεροβάθμιων εκροών, κατάντη των δεξαμενών δευτεροβάθμιας καθίζησης, οδηγούνται με βαρύτητα στην υφιστάμενη δεξαμενή χλωρίωσης, η οποία προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί ως δεξαμενή εξισορρόπησης καθότι:

- Αφενός η απολύμανση των λυμάτων θα γίνεται πλέον με υπεριώδη ακτινοβολία.
- Η υφιστάμενη εγκατάσταση χλωρίωσης θα συνεχίσει να λειτουργεί με τροφοδότηση του απολυμαντικού μέσω του σωληνοσυλλέκτη του Α.Τ.Φ, ώστε να προλαμβάνεται η ανάπτυξη αλγών στην κοκκώδη (άμμος) κλίνη διήθησης.

Σε κατάλληλη θέση της δεξαμενής χλωρίωσης εγκαθίστανται τρεις υποβρύχιες αντλίες ανύψωσης, δυναμικότητας 500m^3/hr η καθεμία, οι οποίες ανυψώνουν τις δευτεροβάθμιες εκροές προς την μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας.

Αναλυτικότερα, τα δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα, μέσω των υποβρύχιων αντλιών θα καταλήγουν στη μονάδα κροκίδωσης και στη συνέχεια με την βαρύτητα θα καταλήγουν μέσω του μεριστή παροχής στη μονάδα διήθησης, αποτελούμενη από τέσσερις κλίνες. Από την έξοδο της μονάδας διήθησης τα διυλισμένα λύματα θα διέρχονται από τη μονάδα απολύμανσης UV (αντιδραστήρας απολύμανσης υπεριώδους ακτινοβολίας – Α.Α.Υ.Α.) και θα καταλήγουν στην δεξαμενή τριτοβάθμιων επεξεργασμένων εκροών.

Παραπλεύρως της δεξαμενής αυτής τοποθετείται ο ξηρός θάλαμος των αντλητικών συγκροτημάτων απομάκρυνσης τριτοβάθμιων εκροών.

Στον θάλαμο αυτό τοποθετούνται τρία (3) αντλητικά συγκροτήματα ξηρού τύπου (επιφανείας), με τα οποία οι τριτοβάθμιες εκροές καταθλίβονται προς την υφιστάμενη αρδευτική διώρυγα (θερινή λειτουργία), ενώ επιστρέφουν βαρυτικά μέσω δίδυμου σίφωνα (2Φ630/HDPE/10bar) στην υφιστάμενη δεξαμενή χλωρίωσης και κατόπιν οδηγούνται βαρυτικά με την υπάρχουσα διαδικασία στην γερμανική τάφρο (χειμερινή λειτουργία).

3.5 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

3.5.1 Δεξαμενή εξισορρόπησης - αντλιοστάσιο ανύψωσης λυμάτων

3.5.1.1 Γενικά – περιγραφή λειτουργίας

Στην παρούσα φάση τα λύματα από το κανάλι δευτεροβάθμιων εκροών, κατάντη των δεξαμενών δευτεροβάθμιας καθίζησης, οδηγούνται με βαρύτητα στην υφιστάμενη δεξαμενή χλωρίωσης. Η δεξαμενή χλωρίωσης έχει τη μορφή μαιανδρικού καναλιού, ωφέλιμου όγκου 490,00m^3 περίπου, ώστε να εξασφαλίζεται εμβολοειδής ροή. Με κατάλληλο χειρισμό των χειροκίνητων θυροφραγμάτων απομόνωσης της δεξαμενής και του παράπλευρου καναλιού by pass αυτής παρέχεται η δυνατότητα παράκαμψης της χλωρίωσης και η απευθείας διοχέτευση των λυμάτων στο υφιστάμενο φρεάτιο εξόδου.

Η εν λόγω δεξαμενή χλωρίωσης προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί ως δεξαμενή εξισορρόπησης, καθότι η απολύμανση των λυμάτων θα γίνεται πλέον με υπεριώδη ακτινοβολία.

Σε κατάλληλο σημείο της δεξαμενής χλωρίωσης θα εγκατασταθούν τρεις υποβρύχιες αντλίες, εκ των οποίων οι δύο κύριες και η μία εφεδρική, έκαστη παροχής 500m^3/h στα 5μΣΥ , για την ανύψωση των δευτεροβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων στην εγκατάσταση τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Επομένως, οι δύο αντλίες κύριας λειτουργίας έχουν τη δυνατότητα να καλύψουν την παροχή σχεδιασμού της εγκατάστασης τριτοβάθμιας επεξεργασίας (1000m^3/h). Οι αντλίες θα τοποθετηθούν πάνω σε πέλματα επικάθισης στον πυθμένα της δεξαμενής και θα ολισθαίνουν πάνω σε οδηγό/ούς κατά την απομάκρυνση ή την τοποθέτηση τους. Όλες αυτές οι αντλίες θα διαθέτουν μετατροπείς συχνότητας (inverters) για την ρύθμιση της παροχής τους.

Επομένως, μέσω της δεξαμενής εξισορρόπησης της παροχής των λυμάτων και του αντλιοστασίου αυτής δίνεται η δυνατότητα ελεγχόμενης ρύθμισης της τροφοδοτούμενης παροχής στην εγκατάσταση τριτοβάθμιας επεξεργασίας.

Στη δεξαμενή θα εγκατασταθεί σύστημα μέτρησης της στάθμης λειτουργίας των αντλιών, με υπερήχους και πλωτηροδιακόπτες στάθμης (εφεδρικοί), για τη λειτουργία των αντλιών.

Επίσης, θα τοποθετηθεί ανυψωτικός μηχανισμός (με χειροκίνητο βαρούλκο), για την ανύψωση των αντλιών για συντήρηση ή επισκευή.

Κάθε αντλία ανύψωσης των λυμάτων θα φέρει ανεξάρτητο καταθλιπτικό αγωγό, κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα, οι οποίοι θα συμβάλλουν σε κοινό καταθλιπτικό αγωγό, που θα τροφοδοτεί την κατάντη μονάδα κροκίδωσης. Ακόμη, κάθε αντλία θα φέρει στον ανεξάρτητο καταθλιπτικό αγωγό της συρταροδικλείδα , τεμάχιο εξάρμοσης και δικλείδα αντεπιστροφής προ της συμβολής της με τον κοινό καταθλιπτικό αγωγό. Στον κοινό καταθλιπτικό αγωγό των αντλιών θα τοποθετηθεί ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής των λυμάτων, βάσει του οποίου και σε συνδυασμό με τους μετατροπείς συχνότητας (inverters) των αντλιών θα πραγματοποιείται η ρύθμιση της τροφοδοτούμενης παροχής των λυμάτων στην εγκατάσταση τριτοβάθμιας επεξεργασίας.

Σε περίπτωση μη λειτουργίας του έργου επαναχρησιμοποίησης λυμάτων ο τρόπος διοχέτευσης των δευτεροβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων θα παραμείνει ως έχει.

3.5.1.2 Ηλεκτροδότηση, ηλεκτρική εγκατάσταση, έλεγχος

Η ηλεκτροδότηση των αντλιών θα γίνει με χαμηλή τάση 380/220 V, 50 Hz.

Η λειτουργία των αντλιών θα ρυθμίζεται από τον Τοπικό Πίνακα (Τ.Π.). Η λειτουργία των αντλιών θα εναλλάσσεται αυτόματα με σκοπό την ομοιόμορφη φθορά των κινητήρων, τριβέων κλπ.

Στον Τ.Π. προβλέπεται να τοποθετηθεί αυτοματισμός, που θα μανδαλώνει την λειτουργία της υφιστάμενης δοσομετρικής αντλίας απολύμανσης με την λειτουργία κάθε μιας από τις αντλίες του Α.Τ.Φ.

Η επιλογή του τρόπου λειτουργίας των αντλιών του Α.Τ.Φ. θα γίνεται μέσω επιλογικού διακόπτη με τις επιλογές MAN- 0 – AUTO .

Στον Τ.Π. θα υπάρχουν ενδείξεις για την λειτουργία – στάση βλάβη των αντλιών καθώς και για την πολύ υψηλή και πολύ χαμηλή στάθμη, ενώ για την δεύτερη θα υπάρχει και ηχητικό σήμα συναγερμού.

Το Α.Τ.Φ. θα λειτουργεί θα λειτουργεί με βάση την στάθμη στην Δ.Ε. και κατά συνέπεια την εισερχόμενη παροχή. Στην Δ.Ε. εγκαθίστανται έξι (6) διακόπτες στάθμης τύπου ηλεκτροδίου, των οποίων η ένδειξη θα αντιστοιχεί σε:

- Ένας (1) διακόπτης πολύ χαμηλής στάθμης (LSLL): διακόπτης ξηρής λειτουργίας. Κάτω από την στάθμη αυτή δεν επιτρέπεται λειτουργία των αντλιών (διακοπή της λειτουργίας των αντλιών) και υπάρχει τοπικά οπτικοακουστική σήμανση.
- Ένας (1) διακόπτης χαμηλής στάθμης (LSL): διακοπή της λειτουργίας των αντλιών.

- Ένας (1) διακόπτης 1ης ενδιάμεσης στάθμης (LS1): εκκίνηση λειτουργίας πρώτης αντλίας.
- Ένας (1) διακόπτης 2ης ενδιάμεσης στάθμης (LS2): εκκίνηση λειτουργίας και της δεύτερης (εφεδρικής) αντλίας.
- Ένας (1) διακόπτης υψηλής στάθμης (LSH): εκκίνηση λειτουργίας και της τρίτης (εφεδρικής) αντλίας.
- Ένας (1) διακόπτης πολύ υψηλής στάθμης (LSHH): που ειδοποιεί για την υπερχείλιση προς την γερμανική τάφρο.

3.5.1.3 Παράμετροι σχεδιασμού

- Παροχή σχεδιασμού: 1.000,00 m^3/hr συνολικά, ή 500,00 m^3/hr ανά αντλία
- Αριθμός αντλιών: ΤΡΕΙΣ (3)
- Εφεδρεία: 50%
- Τύπος αντλιών: Υποβρύχιες

3.5.2 <u>Μονάδα κροκίδωσης</u>

3.5.2.1 Γενικά – περιγραφή λειτουργίας

Τα λύματα μέσω του κοινού καταθλιπτικού αγωγού των υποβρύχιων αντλιών στη δεξαμενή εξισορρόπησης θα εισέρχονται στη μονάδα κροκίδωσης. Η μονάδα κροκίδωσης θα αποτελείται από τη δεξαμενή κροκίδωσης, όπου θα πραγματοποιείται η προσθήκη κροκιδωτικού χημικού διαλύματος, το οποίο επιπροσθέτως συμβάλλει στην χημική απομάκρυνση του φωσφόρου.

Η δεξαμενή κροκίδωσης θα περιλαμβάνει τρία εν σειρά διαμερίσματα.

Η κροκίδωση των αιωρουμένων στερεών και η καταβύθιση του εναπομείναντος φωσφόρου συντελείται με την προσθήκη διαλύματος $FeCIS0_4$, υπό αργή ανάδευση, που γίνεται μέσω τριών αργόστροφων κατακόρυφων αναδευτήρων, ένα ανά διαμέρισμα, ώστε το κροκιδωτικό να αναμειχθεί πλήρως με όλη τη μάζα του υγρού. Άρα η προσθήκη του κροκιδωτικού θα εξασφαλίζει τη θρόμβωση-κροκίδωση και το σχηματισμό μεγαλύτερου μεγέθους κροκίδων, ώστε να αυξάνεται η απόδοση της απομάκρυνσης στερεών, καθώς και του φωσφόρου.

Έκαστος αναδευτήρας θα διαθέτει μετατροπέα συχνότητας (inverter) ώστε να επιλέγεται η επιθυμητή ταχύτητα περιστροφής του, που θα εξασφαλίζει τη μέγιστη απόδοση στην απομάκρυνση στερεών ή/και του φωσφόρου. Τα βυθισμένα μέρη των αναδευτήρων θα είναι κατασκευασμένα από GRP.

Η απαιτούμενη ισχύς, ο αριθμός στροφών και η ακριβής θέση εγκατάστασης των αναδευτήρων υπολογίστηκαν σε συνεργασία με τους κατασκευαστικούς οίκους αυτών, δεδομένης της γεωμετρίας και της λειτουργίας της δεξαμενής για την εγγυημένη αποδοτική λειτουργία αυτών.

Για την πρόσβαση στους αναδευτήρες και για την εγκατάσταση αυτών θα κατασκευαστεί γέφυρα, ενώ για την τήρηση των κανόνων ασφαλείας θα υπάρχουν μεταλλικά καλύμματα και κιγκλιδώματα.

Στην είσοδο της δεξαμενής κροκίδωσης θα τοποθετηθούν θυροφράγματα με χειροστρόφαλο είτε για την τροφοδότηση αυτής, είτε για την παράκαμψη της μονάδας και διοχέτευση των λυμάτων ανάντη της μονάδας διήθησης.

Για τη δοσομέτρηση του κροκιδωτικού διαλύματος $FeCIS0_4$ θα εγκατασταθούν δύο δοσομετρικές διαφραγματικές αντλίες η μια κύρια και η μία εφεδρική, με τις απαραίτητες σωληνώσεις και ποδοβαλβίδες στην αναρρόφηση, δικλείδες απομόνωσης στην κατάθλιψη και βαλβίδα τεχνητής αντίθλιψης βαλβίδα ασφάλειας και κλειστό δοχείο εκτόνωσης πίεσης. Έκαστη δοσομετρική αντλία θα έχει παροχή 120lt/hr σε πίεση τουλάχιστον 10bar. Επίσης, οι αντλίες θα έχουν τη δυνατότητα είτε χειροκίνητης, είτε αυτόματης ρύθμισης μέσω μετατροπέα συχνότητας (inverter) από 10 - 100% της ονομαστικής παροχής έκαστης αντλίας. Η λειτουργία των αντλιών θα εναλλάσσεται αυτόματα για ομοιόμορφη φθορά, ενώ σε περίπτωση βλάβης θα ξεκινά αυτόματα η εφεδρική.

Το διάλυμα $FeCIS0_4$ θα αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή (κυλινδρική, κατακόρυφης τοποθέτησης) από γραμμικό πολυαιθυλένιο, χωρητικότητας 10000lt τουλάχιστον και εξοπλισμένη με θυρίδα επίσκεψης και εξοπλισμό εκκένωσης και πλήρωσης. Επίσης, η δεξαμενή θα διαθέτει δύο φλοτεροδιακόπτες στάθμης (χαμηλής & υψηλής). Το γραμμικό πολυαιθυλένιο μεσαίου μοριακού βάρους, μικρού δείκτη ροής και μικρής διασποράς μοριακού βάρους, πληροί όλες τις απαιτήσεις και προδιαγραφές για την αποθήκευση χημικών με μεγάλη αντοχή στο χρόνο.

Το σύστημα δοσομέτρησης (αντλίες & δεξαμενές) έχει διαστασιολογηθεί για την παροχή σχεδιασμού της εγκατάστασης τριτοβάθμιας επεξεργασίας.

Τα διαμερίσματα της δεξαμενής θα επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω κατάλληλων ανοιγμάτων.

3.5.2.2 Δέσμευση Φωσφόρου

Όπως προαναφέρθηκε η πρόσθετη μείωση του φωσφόρου στα επεξεργασμένα λύματα, για την επίτευξη χαμηλότερου ορίου εκροής φωσφόρου σ' αυτά, θα πραγματοποιείται συνδυαστικά με την προσθήκη του κροκιδωτικού χημικού διαλύματος ($FeCIS0_4$) στο φρεάτιο ταχείας ανάμιξης επιτυγχάνοντας την χημική κατακρήμνιση και απομάκρυνση του φωσφόρου. Για την ταυτόχρονη ιζηματοποίηση θα χρησιμοποιηθεί κροκιδωτικό διάλυμα $FeCIS0_4$ περιεκτικότητα 12,3%κ.β. σε Fe^{+3} και πυκνότητα 1,25Kg/lt.

Η προσθήκη του διαλύματος του $FeCIS0_4$ θα επιφέρει την απομάκρυνση του φωσφόρου (ο οποίος βρίσκεται στη μορφή ορθοφωσφορικών) με τη δημιουργία ιζήματος σύμφωνα με την αντίδραση:

$$\boxed{PO_4^{-3} + Fe^{+3} \rightarrow FePO_4 \downarrow} \quad (3.1)$$

Από την παραπάνω αντίδραση προκύπτει ότι η θεωρητική απαίτηση είναι ένα γραμμομόριο Fe^{+3} για κάθε γραμμομόριο P, συνεπώς απαιτούνται l,80grFe για την απομάκρυνση 1grP. Στην πράξη όμως λόγω δευτερογενών αντιδράσεων που λαμβάνουν μέρος η παραπάνω αναλογία προσαυξάνεται σε 2,70 grFe/grP.

3.5.2.3 Κτίριο χημικών

Το σύστημα δοσομέτρησης και η δεξαμενή αποθήκευσης του κροκιδωτικού χημικού διαλύματος θα εγκατασταθούν σε κτίριο. Ειδικότερα, το κτίριο θα αποτελείται από δύο ανεξάρτητους χώρους, όπου στον πρώτο (εξωτερικό υπόστεγο) θα εγκατασταθεί η δεξαμενή αποθήκευσης του κροκιδωτικού διαλύματος $FeCIS0_4$ και στο δεύτερο οι αντλίες δοσομέτρησης του εν λόγω διαλύματος.

Η δεξαμενή αποθήκευσης χημικού διαλύματος θα προστατευτεί με την κατασκευή λεκάνης από σκυρόδεμα στο χώρο τοποθέτησης της με ηλεκτρόδιο στάθμης. Το νέο δάπεδο της λεκάνης θα διαμορφωθεί με κατάλληλη κλίση, ούτως ώστε σε περίπτωση διαρροής το συγκεντρωθέν διάλυμα να καταλήγει σε φρεάτιο από όπου θα γίνεται η απομάκρυνση του με φορητή αντλία.

Οι αγωγοί διακίνησης χημικού θα κατασκευαστούν από LDPE πίεσης 16 atm και όλα τα υδραυλικά εξαρτήματα (βάνες κτλ.) θα κατασκευαστούν από το ίδιο υλικό.

Το κτίριο θα εξοπλιστεί με ανεμιστήρα εξαερισμού.

3.5.2.4 Παράμετροι σχεδιασμού

- Παροχή σχεδιασμού: 1.000,0 m^3/hr
- Συγκέντρωση εισόδου σε φώσφορο: 5,5mg/lt
- Απαιτούμενη συγκέντρωση εξόδου σε φώσφορο: 2,0 mg/lt
- Απομάκρυνση φωσφόρου: 64%.
- Κλάσμα μέσης κλίσης ταχύτητας, $\overline{G}$:
  - $1^{ου}$ θαλάμου : 100 sec^{-1}
  - $2^{ου}$ θαλάμου : 70 sec^{-1}
  - $3^{ου}$ θαλάμου : 50 sec^{-1}
- Τύπος αναδευτήρων: Αργόστροφοι κατακόρυφου άξονα
- Αριθμός αναδευτήρων: ΤΡΕΙΣ (3), ένας ανά διαμέρισμα
- Τύπος δοσομετρικής: Διαφραγματική εμβολοφόρα
- Παροχή δοσομετρικής: 0 – 120lt/hr
- Αριθμός δοσομετρικών αντλιών: ΔΥΟ (2), η μια εφεδρική

3.5.2.5 Ηλεκτροδότηση, ηλεκτρική εγκατάσταση, έλεγχος

Η ηλεκτροδότηση των αντλιών θα γίνει με χαμηλή τάση 400/220 V, 50 Hz.

Η λειτουργία των αναδευτήρων και των δοσομετρικών αντλιών θα ρυθμίζεται από τον Γενικό Πίνακα (Γ.Π.) που βρίσκεται στον χώρο δοσομέτρησης κροκιδωτικών (βλ. Σχ. ΗΛ – 01).

Οι δοσομετρικές αντλίες θα λειτουργούν με ρύθμιση της παροχής από το σώμα της αντλίας, θα είναι μανδαλωμένες με τις αντλίες του Α.Τ.Φ. ενώ θα προβλέπεται χρονική καθυστέρηση για την έναρξη και παύση της λειτουργίας.

3.5.3 <u>Μεριστής παροχής (κοινό κανάλι εισόδου στα τέσσερα (4) φίλτρα)</u>

3.5.3.1 Περιγραφή λειτουργίας

Τα λύματα θα οδηγούνται με βαρύτητα στον μεριστή παροχής της μονάδας διήθησης (κοινό κανάλι εισόδου), η οποία αποτελείται από τέσσερεις κλίνες.

Ο μεριστής παροχής θα περιλαμβάνει τον κεντρικό θάλαμο (κανάλι) εισόδου, όπου θα επικρατούν συνθήκες εξομάλυνσης της ροής των λυμάτων, από τον οποίο τα λύματα μέσω τεσσάρων θυροφραγμάτων - υπερχειλιστών με αυτόματο μηχανοκίνητο χειροστρόφαλο θα διοχετεύονται στους τέσσερεις κατάντη θαλάμους φόρτισης των κλινών

διήθησης (ένα για κάθε κλίνη διήθησης). Μέσω των θυροφραγμάτων-υπερχειλιστών υπάρχει και η δυνατότητα απομόνωσης κάθε κλίνης διήθησης.

Από τους θαλάμους φόρτισης θα γίνεται η τροφοδοσία των κλινών διήθησης μέσω οπών.

Για την ευχερή πρόσβαση και χειρισμό των θυροφραγμάτων-υπερχειλιστών θα εγκατασταθούν κλίμακες και εσχαρωτό δάπεδο στην στέψη του μεριστή παροχής και θα υπάρχουν προστατευτικά κιγκλιδώματα.

3.5.3.2 Βασικές διαστάσεις δομικών έργων

- Κεντρικός θάλαμος εισόδου
  - Μήκος: 24,75m
  - Πλάτος : 0,90m
  - Ύψος : 2,05m
- Τέσσερα (4) κανάλια εισόδου (φόρτισης), έκαστο με διαστάσεις
  - Μήκος : 14,95m
  - Πλάτος : 0,80m
  - Ύψος : 2,05m

3.5.4 <u>Μονάδα διήθησης (φίλτρανσης)</u>

3.5.4.1 Περιγραφή λειτουργίας

Μετά το μεριστή παροχής τα λύματα θα οδηγούνται στη μονάδα διήθησης (φίλτρανσης), όπου θα πραγματοποιείται μείωση των αιωρούμενων στερεών αλλά και των συγκεντρώσεων των ρυπαντικών φορτίων, που διαφεύγουν από την δευτεροβάθμια καθίζηση. Με τη διήθηση επιτυγχάνεται μείωση των αιωρούμενων στερεών, της θολότητας, του BOD_5 και του φωσφόρου.

Η επεξεργασία των λυμάτων θα γίνεται σε κλίνη φίλτρανσης συνεχούς λειτουργίας, καθοδικής ροής μέσω βαρύτητας σε μονοστρωματική κλίνη άμμου με αυτόματο σύστημα έκπλυσης (διακοπτόμενης ή συνεχούς λειτουργίας) του μέσου φίλτρανσης μέσω μετακινούμενης γέφυρας. Η μονάδα είναι κατάλληλη για την διήθηση δευτεροβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων και επίσης μπορεί να δέχεται μεταβαλλόμενες παροχές εισόδου.

Ο σχεδιασμός και η διαστασιολόγηση της μονάδας διήθησης έγινε με την ικανοποίηση των παρακάτω κριτηρίων του ΠΙΝΑΚΑ 3.10

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΟΝΑΔΑΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΤΙΜΗ
1	Παροχή σχεδιασμού	m^3/hr	1000
2	Αριθμός παράλληλων μονάδων (κλινών)		4
3	Επιφανειακή φόρτιση (για την παροχή σχεδιασμού)	$m^3/m^2.h$	≤5,00
4	Παροχή νερού εκπλύσης	$m^3/m^2.h$	≥40,00
5	Λόγος μήκους / πλάτος κλίνης		≤6:1
6	Φόρτιση στερεών για την παροχή σχεδιασμού και για τα εισερχόμενα στερεά (<35mg/lt)	$kgSS/m^2.hr$	≤0,25
7	BOD_5 στην είσοδο (έξοδος των δεξ/νών δευτεροβάθμιας καθίζησης)	mg/lt	≤30,00
8	BOD_5 στην έξοδο	mg/lt	≤10,00
9	Συγκέντρωση στερεών στην είσοδο (έξοδος των δεξ/νών δευτεροβάθμιας καθίζησης)	mg/lt	≤35,00
10	Συγκέντρωση στερεών στην έξοδο (για το 80% των δειγμάτων)	mg/lt	≤10,00

Συγκεκριμένα θα κατασκευαστούν τέσσερις κλίνες φίλτρανσης και θα εγκατασταθεί ο αναγκαίος ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός τους. Οι κλίνες φίλτρανσης θα είναι ανοικτές κατασκευές, που ο πυθμένας και τα τοιχώματα θα είναι κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα C32/40.

Μέσω του μεριστή παροχής τα λύματα θα διοχετεύονται στο κανάλι εισόδου έκαστης κλίνης φίλτρανσης και θα τροφοδοτούν πλευρικά αυτή σε όλο το μήκος της. Στη συνέχεια τα λύματα θα διοχετεύονται σε κάθε κλίνη φίλτρανσης και εξερχόμενα από αυτή θα υπερχειλίζουν από το κανάλι εξόδου της σε κοινό κανάλι εξόδου των τεσσάρων κλινών απ' όπου θα οδηγούνται στη μονάδα απολύμανσης βαρυτικά.

3.5.4.2 Φάση διήθησης

Αναλυτικότερα, το κανάλι εισόδου έκαστης κλίνης θα έχει πλάτος 0,80m. Από αυτό το κανάλι και δια μέσου οπών διατεταγμένων κατά μήκος του ενδιάμεσου τοιχίου καναλιού - κλίνης φίλτρανσης, τα υγρά θα εισέρχονται σε κάθε κλίνη φίλτρανσης.

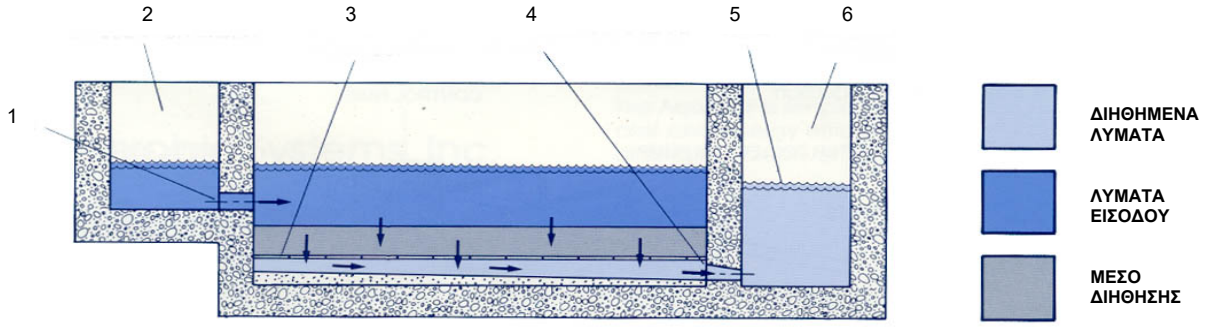
Οι διαστάσεις έκαστης κλίνης θα είναι (Π x Μ) 3,80m x 15,25m. Έκαστη κλίνη θα διαχωρίζεται σε 50 ανεξάρτητες κυψέλες, πλάτους 0,30m και μήκους ίσου με το πλάτος της κλίνης μέσω διαφραγμάτων. Κάθε διάφραγμα διαχωρισμού θα μονώνεται κατάλληλα και στις δύο πλευρές ώστε να ελαχιστοποιούνται οι διαρροές κατά την έκπλυση και ο κίνδυνος διάβρωσης του συστήματος στράγγισης. Κάθε κυψέλη θα είναι διατεταγμένη ώστε να συνδέεται με μια ξεχωριστή οπή έκπλυσης.

Το ύψος της κλίνης του διηθητικού μέσου (πυριτικής άμμου) θα είναι περίπου 0,40m, με ονομαστική διάμετρο κόκκου άμμου 0,55-0,65mm και συντελεστή ομοιομορφίας <1,5. Η άμμος θα στηρίζεται σε ψευδοπυθμένα από πορώδες υλικό.

Η στήριξη των πλακών από πορώδες υλικό του ψευδοπυθμένα πάνω στις οποίες θα τοποθετηθεί η άμμος θα εξασφαλίζει την απαιτούμενη στεγανότητα και την ελάχιστη καταπόνηση των πλακών. Επίσης, με κατάλληλα στηρίγματα θα αποτρέπεται η ανύψωση των πλακών κατά την έκπλυση.

Τα υγρά αφού διέλθουν από κάθε κλίνη και το ψευδοπυθμένα της καταλήγουν στο πλευρικό κανάλι διαμέσου οπών εξόδου (μια οπή ανά κυψέλη). Από το κανάλι αυτό, που έχει πλάτος 0,80m, τα διηθημένα υγρά υπερχειλίζουν μέσω υπερχειλιστή προς το κοινό κανάλι εξόδου των τεσσάρων κλινών.

Τα προς επεξεργασία υγρά κατανέμονται σε ολόκληρη την επιφάνεια έκαστου φίλτρου κατά μήκος της κλίνης φίλτρανσης μπροστά στις οπές εισόδου και αφού διέλθουν από κάθε κλίνη και το πορώδες υλικό του ψευδοπυθμένα της εκρέουν από τον πυθμένα του φίλτρου προς το πλευρικό κανάλι εξόδου- συλλογής του διηθημένου υγρού (βλ.Σχ. 3.1)



ΣΧΗΜΑ 3.1. Συγκρότημα φίλτρου κατά την διαδικασία της διήθησης

1. ΚΑΝΑΛΙ ΛΥΜΑΤΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ
2. ΟΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΗΘΗΤΙΚΗ ΚΛΙΝΗ
3. ΠΟΡΩΔΗΣ ΠΛΑΚΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΜΕΣΟΥ ΔΙΗΘΗΣΗΣ
4. ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΜΑΧΙΟ ΕΞΟΔΟΥ
5. ΠΑΡΟΧΗ ΕΞΟΔΟΥ
6. ΚΑΝΑΛΙ ΔΙΗΘΗΜΕΝΩΝ

3.5.4.3 Φάση έκπλυσης

Η αύξηση του βάθους των υγρών σε κάθε κλίνη διήθησης είναι ο παράγοντας, που καθορίζει το πότε θα πρέπει να γίνει έκπλυση έκαστου φίλτρου.

Πάνω από κάθε κλίνη και κατά μήκος της δεξαμενής θα κινείται γέφυρα με ταχύτητα περίπου 0,5m/min. Μέσω αυτής της γέφυρας θα πραγματοποιείται η έκπλυση κάθε μιας κυψέλης χωριστά, ενώ ταυτόχρονα στις άλλες κυψέλες συνεχίζεται η διήθηση.

Η εντολή για την έναρξη της έκπλυσης έκαστης κλίνης (φίλτρου) θα δίνεται από σύστημα ηλεκτροδίων στάθμης, το οποίο θα είναι τοποθετημένο πάνω στην παλινδρομική γέφυρα, που θα φέρει τον εξοπλισμό έκπλυσης. Ο εξοπλισμός αυτός θα αποτελείται από τα εξής τμήματα:

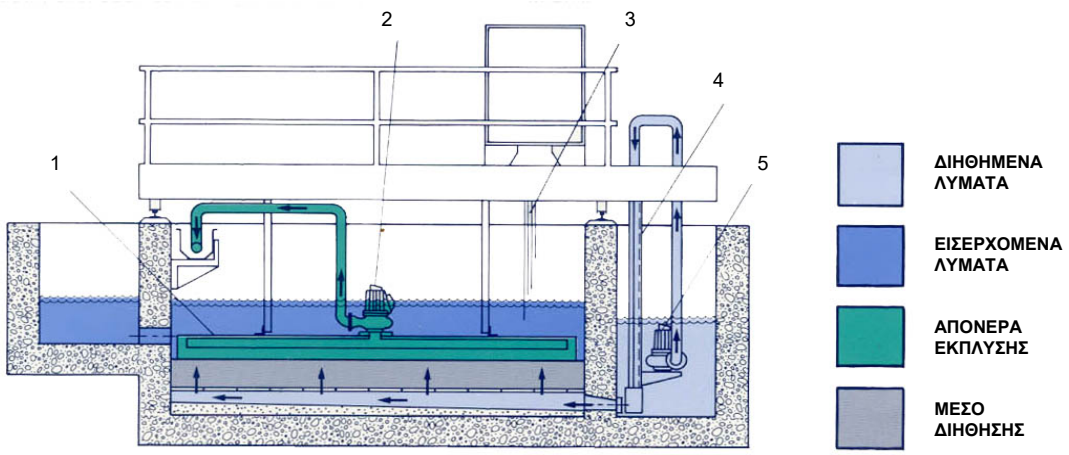
- Χοάνη από ανοξείδωτο χάλυβα, η οποία αφενός μεν θα διακόπτει την τροφοδοσία της κάθε κυψέλης κατά την διάρκεια έκπλυσης, αφετέρου δε θα εγκλωβίζει τα νερά έκπλυσης της κυψέλης (κάλυπτρο συλλογής απόνερων).
- Πλευρικό διάφραγμα, το οποίο θα φράσσει το άνοιγμα εκροής (οπή εξόδου) του διηθημένου υγρού της κυψέλης προς το κανάλι κατά την διάρκεια της έκπλυσης.
- Υποβρύχια αντλία κατάλληλης δυναμικότητας για υδραυλική φόρτιση έκπλυσης 40 m^3/m^2.hr, η οποία θα είναι ανηρτημένη στην γέφυρα και θα αντλεί διηθημένο υγρό μέσα από το πλευρικό κανάλι.
- Υποβρύχια αντλία αποκομιδής των απόνερων έκπλυσης σταθερά συνδεδεμένη με την χοάνη συλλογής απόνερων από τις κυψέλες της κλίνης.
- Υποβρύχια αντλία απομάκρυνσης επιπλεόντων.

Η έκπλυση έκαστης κλίνης (φίλτρου) θα εφαρμόζεται πάντα στην κυψέλη, πάνω από την οποία θα βρίσκεται εκείνη την χρονική στιγμή το σύστημα αναρρόφησης νερών έκπλυσης (κάλυπτρο συλλογής απόνερων). Το κάλυπτρο αυτό θα είναι αναρτημένο στη γέφυρα παλινδρομικής κίνησης, η οποία εκτός του καλύπτρου θα φέρει την αντλία έκπλυσης και την αντλία αποκομιδής των απόνερων. Κατά την έκπλυση, η αντλία έκπλυσης θα αντλεί από το κανάλι καθαρών διηθημένων υγρών και θα εκπλένει κάθε μια κυψέλη, καταθλίβοντας το νερό δια μέσου των στομίων εκροής / έκπλυσης, αντίστροφα προς τις πορώδεις πλάκες. Η αντλία αποκομιδής των απόνερων θα αναρροφά την ποσότητα εκπλυμάτων, που θα συγκεντρώνεται κάθε στιγμή στο κάλυπτρο συλλογής και θα τα καταθλίβει μέσω αγωγού στο κανάλι συλλογής απόνερων. Οι κυψέλες που δεν βρίσκονται κάτω από το κάλυπτρο, θα συνεχίζουν την διήθηση (συνεχής λειτουργία).

Λεπτομερειακά, η διαδικασία της έκπλυσης θα γίνεται ως ακολούθως (Σχ.3.2 & Σχ.3.3):

- Με την κίνηση της γέφυρας η προς έκπλυση κυψέλη θα καλύπτεται σταδιακά από την χοάνη και έτσι διακόπτεται σταδιακά η τροφοδοσία της. Επίσης θα διακόπτεται η εκροή προς το κανάλι διηθημένου υγρού μέσω διαφράγματος που επίσης θα είναι αναρτημένο στην γέφυρα και θα φράσσει σταδιακά τα πλευρικά ανοίγματα εξόδου στον πυθμένα του φίλτρου.
- Μέσω της υποβρύχιας αντλίας έκπλυσης (βυθισμένη εντός του καναλιού διηθημένου υγρού) θα πραγματοποιείται η έκπλυση της άμμου της κυψέλης με αντίστροφη ροή διηθημένου υγρού. Το νερό της έκπλυσης θα συγκεντρώνεται στην επιφάνεια της κυψέλης και θα εγκλωβίζεται από την χοάνη και στη συνέχεια θα απομακρύνεται με την αντλία αποκομιδής των απόνερων μέσω αγωγού προς το κανάλι συλλογής απόνερων, το οποίο θα οδηγεί το νερό έκπλυσης στο δίκτυο στραγγιδίων.

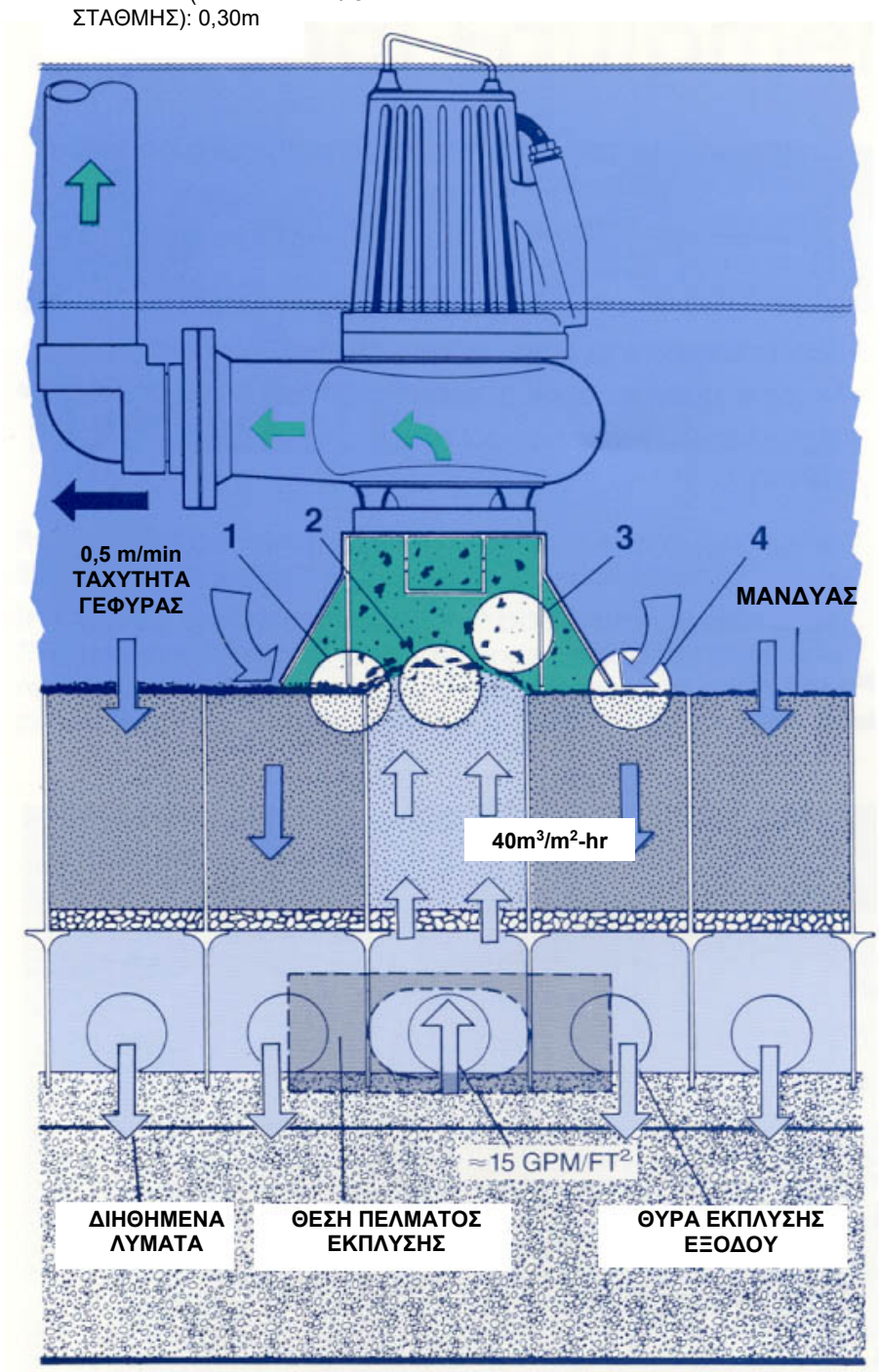
Η όλη διαδικασία της έκπλυσης θα διαρκεί περίπου 25min (30sec ανά κυψέλη) και η απαιτούμενη παροχή έκπλυσης θα είναι 40 m^3/m^2.hr. Η μέση κατανάλωση νερού για έκπλυση θα είναι περίπου 5% της ημερήσιας παροχής εισόδου.

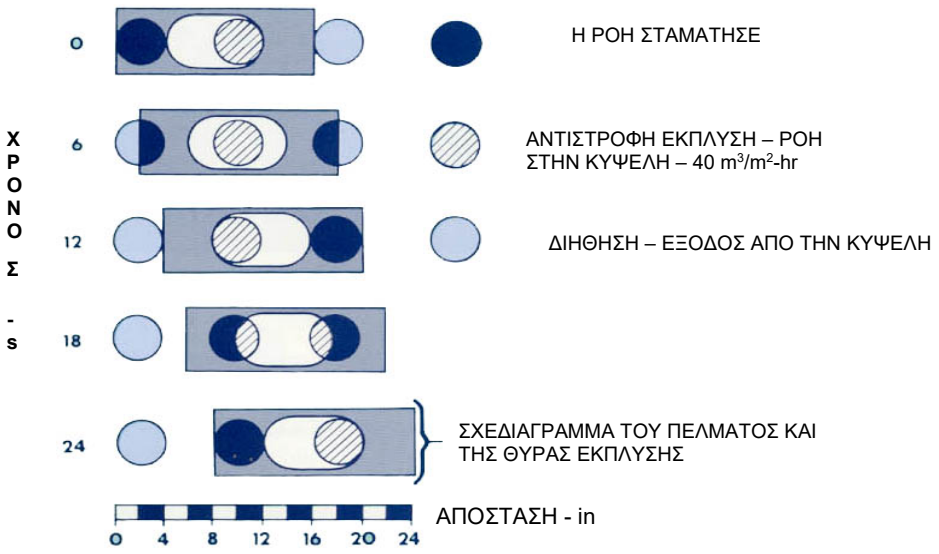


ΣΧΗΜΑ 3.2. Συγκρότημα διήθησης κατά την διαδικασία της αντίστροφης έκπλυσης

1. ΚΑΛΥΜΜΑ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΑΠΟΝΕΡΩΝ
2. ΑΝΤΛΙΑ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ ΑΠΟΝΕΡΩΝ
3. ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΑΘΜΗΣ
4. ΠΑΡΟΧΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΕΚΠΛΥΣΗΣ
5. ΑΝΤΛΙΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΕΚΠΛΥΣΗΣ

ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ (ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ): 0,30m





ΣΧΗΜΑ 3.3. Αντίστροφη έκπλυση

Η μέση κατανάλωση υγρών για έκπλυση είναι περίπου 5% της ημερήσιας παροχής εισόδου.

Όσον αφορά στην μετακινούμενη γέφυρα θα περιλαμβάνει και θα στηρίζει τον μηχανισμό κίνησης τις αντλίες καθώς και το σύστημα απομάκρυνσης των νερών έκπλυσης και των επιπλεόντων.

Ο μηχανισμός κίνησης θα αποτελείται από έναν ηλεκτρομειωτηρα, που θα μεταδίδει την κίνηση και στους δύο τροχούς. Η ισχύς του ηλεκτρομειωτηρα θα είναι 0,37 kW. Ο άξονας μετάδοσης της κίνησης θα έχει επαρκείς διαστάσεις ώστε να δέχεται με ασφάλεια τα φορτία στρέψης και κάμψης κατά την εκκίνηση και την λειτουργία.

3.5.4.4 Διάταξη συλλογής επιπλεόντων

Προβλέπεται ένα σάρωθρο επιφανείας, το οποίο είναι σταθερά συνδεδεμένο με την γέφυρα και κατάλληλης γεωμετρίας ώστε να συλλέγονται τα επιπλέοντα σε σημείο, που τοποθετείται η αντλία επιπλεόντων, η οποία παροχετεύει στο κανάλι συλλογής επιπλεόντων.

3.5.4.5 Ηλεκτροδότηση, ηλεκτρική εγκατάσταση, έλεγχος

Για κάθε μονάδα διήθησης προβλέπεται τοπικός πίνακας ελέγχου και αυτοματισμού.

Ο τοπικός πίνακας θα είναι τοποθετημένος επάνω στη μετακινούμενη γέφυρα και θα τροφοδοτείται μέσω συρόμενου επί συρματόσχοινου καλωδίου από τον γενικό πίνακα (Γ.Π.Σχ.ΗΛ-01).

Η ηλεκτροδότηση της μονάδας διήθησης θα γίνει με χαμηλή τόση 380/220 V, 50 Hz.

Η λειτουργία των φίλτρων θα είναι πλήρως αυτοματοποιημένη, αλλά θα υπάρχει και η δυνατότητα χειροκίνητης λειτουργίας μέσω του τοπικού πίνακα ελέγχου της λειτουργίας όλου του εξοπλισμού.

Επίσης, θα εξασφαλίζεται η εύκολη πρόσβαση σε όλο τον εξοπλισμό για εργασίες επιθεώρησης και συντήρησης.

3.5.4.6 Παράμετροι σχεδιασμού

- Τύπος μονάδας: Συνεχούς λειτουργίας, καθοδικής ροής, βαρύτητας, ταχείας διύλισης φίλτρο. Έκπλυση μέσω μετακινούμενης γέφυρας.
- Μέση υδραυλική φόρτιση: ≤5 m^3/m^2 -hr
- Υδραυλική φόρτιση αιχμής: ≤10m^3/m^2 -hr
- Φόρτιση στερεών: ≤0,25kgSS/m^2-hr
- Μέση ωριαία εισερχόμενη παροχή σχεδιασμού ανά μονάδα : 250,00m^3/hr
- BOD_5 δευτεροβάθμιων εκροών: ≤30 mg/lt (δυσμενής περίπτωση)
- Αιωρούμενα στερεά δευτεροβάθμιων εκροών: ≤ 35 mg/lt (δυσμενής περίπτωση)
- Αριθμός μονάδων διύλισης στην φάση σχεδιασμού: ΤΕΣΣΕΡΕΙΣ (4)

3.5.5 Μονάδα απολύμανσης με UV (αντιδραστήρας απολύμανσης υπεριώδης ακτινοβολίας – Α.Α.Υ.Α.)

3.5.5.1 Εισαγωγή

Στην Ε.Ε.Ε.Ε. (§6.1 & 6.3) έγινε μια ιδιαίτερα λεπτομερής διερεύνηση μεταξύ των κατάλληλων τεχνολογιών απολύμανσης με βάση την οποία καταλήξαμε στην καταλληλότερη για την υπό μελέτη περίπτωση τεχνολογίας που είναι η

Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία με την βοήθεια λαμπτήρων χαμηλής πίεσης και υψηλής έντασης (Αντιδραστήρας απολύμανσης υπεριώδους ακτινοβολίας – Α.Α.Υ.Α.)

Στα επόμενα γίνεται λεπτομερής περιγραφή του Α.Α.Υ.Α.

3.5.5.2 Περιγραφή

Απολύμανση είναι η επιλεκτική ελάττωση σε επιθυμητά επίπεδα των παθογόνων μικροβίων. Παθογόνοι παράγοντες που μεταφέρονται απευθείας με το νερό και προκαλούν εντερολοιμώξεις είναι συνήθως διάφορα βακτήρια, ιοί, κύστες και αυγά εντερικών παρασίτων.

Ως απολυμαντικό μέσο θα χρησιμοποιηθεί η υπεριώδης ακτινοβολία (UV), που θα παράγεται από λαμπτήρες αυτών υδραργύρου χαμηλής πίεσης, υψηλής έντασης, που θα εκπέμπουν μονοχρωματική ακτινοβολία σε μήκος κύματος 254nm, που ανήκει στην βέλτιστη περιοχή για την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών και θα τοποθετηθούν μέσα σε ανοιχτό κανάλι παράλληλα με τη ροή.

Τα πλεονεκτήματα της απολύμανσης με UV είναι τα ακόλουθα:

- Είναι μια μέθοδος αποδεκτή για το περιβάλλον καθώς δεν χρησιμοποιεί χημικά και δεν δημιουργεί τοξικά και άλλα βλαβερά παραπροϊόντα. Μεγαλύτερη δόση ακτινοβολίας από την απαιτούμενη δεν προκαλεί ανεπιθύμητα αποτελέσματα, εκτός βέβαια από την άσκοπη αύξηση του κόστους.
- Παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια κατά την λειτουργία (χειρισμό συστήματος).
- Έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα σε ευρεία κλίμακα παθογόνων μ/ο.
- Έχει μικρότερο χρόνο επεξεργασίας από τις άλλες μεθόδους, όπως τη χλωρίωση.
- Απαιτείται μικρότερος χώρος εγκατάστασης του συστήματος
- Έχει σχετικά χαμηλό λειτουργικό κόστος
- Έχει απλή λειτουργία.

Οι υπεριώδεις ακτίνες (UV) σε κατάλληλες δόσεις (εκφραζόμενες σε μWsec/cm2) μπορούν να καταστρέψουν ένα μεγάλο εύρος μικροοργανισμών. Το υπεριώδες φως, στο βακτηριοκτόνο μήκος κύματος των 253,7nm, επιδρά μεταβάλλοντας το γενετικό κώδικα (DNA) των κυττάρων, έτσι ώστε βακτήρια, ιοί και άλλοι μικροοργανισμοί να μην μπορούν να αναπαραχθούν.

Στην §6.2 της Ε.Ε.Ε.Ε. δόθηκε μια περιγραφή της φύσης της υπεριώδους ακτινοβολίας. Στα επόμενα παρατίθεται περιγραφή του Α.Α.Υ.Α.

Δοθέντος , ότι απ όσο γνωρίζουμε στην ελληνική βιβλιογραφία δεν υπάρχει επαρκής αναφορά για το ζήτημα της απολύμανσης τριτοβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων με την χρήση Υ.Α. για λόγους πληρότητας παραθέτουμε στα επόμενα στοιχεία για την εννοιολογική θεμελίωση της τεχνολογίας αυτής.

3.5.5.3 Εννοιολογική θεμελίωση της Υ.Α

Α. Γενικά

Η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας είναι μία φυσική μέθοδος απολύμανσης που δεν παράγει παραπροϊόντα και υπολειμματικές συγκεντρώσεις όπως η χλωρίωση. Η μέθοδος της υπεριώδους ακτινοβολίας έχει κερδίσει μια συνεχώς αυξανόμενη προτίμηση σε σχέση με την χλωρίωση εξαιτίας των παρακάτω λόγων :

- Ζητήματα ασφαλείας κατά την μεταφορά και χρήση του χλωρίου.
- Αύξηση των ολικών διαλυμένων στερεών εξαιτίας των διαδικασιών χλωρίωσης και αποχλωρίωσης.
- Δημιουργία χημικών παραπροϊόντων της χλωρίωσης όπως τριαλογονωμένων παραγώγων του μεθανίου.
- Απαίτηση για έλεγχο της εκπομπής χλωριωμένων υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα σύμφωνα με τους κανονισμούς για την ποιότητα του αέρα.
- Δυνητική τοξικότητα του υπολειμματικού χλωρίου σε υδρόβιους οργανισμούς

Η υπεριώδης ακτινοβολία παράγεται συνήθως από λαμπτήρες ατμών υδραργύρου που διακρίνονται σε χαμηλής πίεσης ή μέσης πίεσης (βλ. §6.3 της Ε.Ε.Ε.Ε.).

Οι λαμπτήρες συνίστανται από ένα λεπτό (διαμέτρου 15 έως 35mm) σωλήνα μεγάλου σχετικά μήκους (750 και 1.500mm περίπου) όπου εκπεμπόμενη ακτινοβολία παράγεται με τη δημιουργία ενός ηλεκτρικού τόξου μέσα σε ατμούς υδραργύρου.

Οι χαμηλής πίεσης λαμπτήρες εκπέμπουν το 85 έως 90 % της ενέργειας σε μήκος κύματος περίπου ίσο με 254nm και έχουν ευρύτατα χρησιμοποιηθεί.

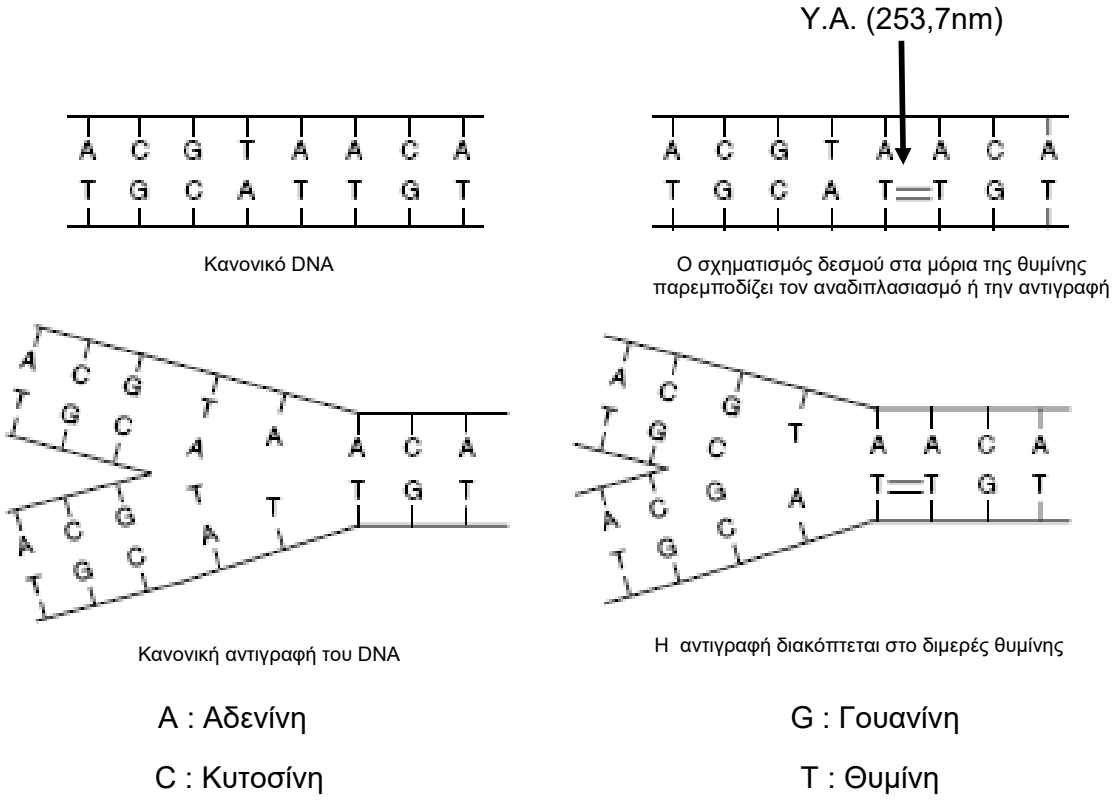
Β. Τρόποι μικροβιοκτόνου δράσης της Υ.Α.

Τα μικροβιοκτόνα αποτελέσματα της Υ.Α. οφείλονται κυρίως στην φωτοχημική προσβολή του DNA και του RNA.

Το δεσοξυριβονουκλεϊκό οξύ (DNA) και το ριβονουκλεϊκό οξύ (RNA) αποτελούν τους βασικούς στόχους των φωτονίων της υπεριώδους ακτινοβολίας. Η περιοχή του φάσματος όπου προκαλούνται οι σημαντικότερες βλάβες σε ζωντανούς οργανισμούς βρίσκεται μεταξύ των μηκών κύματος 250nm και 270nm.

Το DNA μεταφέρει γενετικές πληροφορίες, που είναι απαραίτητες για την αναπαραγωγή του κυττάρου και η καταστροφή του έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της κυτταρικής ανάπτυξης.

Οι φωτοχημικές μεταβολές που προκαλούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία στο γενετικό υλικό ενός οργανισμού δεν επιτρέπουν τη μεταφορά των γενετικών πληροφοριών του κυττάρου με αποτέλεσμα το θάνατό του, όπως φαίνεται στο Σχ. 3.4.



A : Αδενίνη G : Γουανίνη

C : Κυτοσίνη T : Θυμίνη

ΣΧΗΜΑ 3.4. Φωτοχημική προσβολή DNA από Υ.Α.

Αρκετοί οργανισμοί έχουν την ικανότητα να θεραπεύουν οι ίδιοι τις βλαβερές επιδράσεις που προκαλούνται από την επίδραση διαφόρων απολυμαντικών παραγόντων. Η θεραπευτική διαδικασία που λαμβάνει χώρα στην περίπτωση της απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία είναι γνωστή ως φωτοεπιδιόρθωση (photoreactivation). Υπεύθυνοι για την ενεργοποίηση αυτού του μηχανισμού είναι :

- Ειδικά ένζυμα (φωτολυάση – photolyase) , τα οποία έχουν την ικανότητα να επιδιορθώνουν τμήματα του DNA, που έχουν υποστεί βλάβη.
- Η ηλιακή ακτινοβολία και συγκεκριμένα σε ακτινοβολία με μήκος κύματος από 310 έως 490nm

Ο μηχανισμός φωτοεπιδιόρθωσης, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των κολοβακτηριδίων μέχρι 10 φορές.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ικανότητα αυτοεπιδιόρθωσης των π.μ/ο εξαρτάται από μια σειρά παράγοντες όπως :

- Το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης Υ.Α.
- Η ένταση της εκπεμπόμενης Υ.Α.
- Ο χρόνος έκθεσης του π.μ/π σε Υ.Α.

Είναι γενικά παραδεκτό πως μεγάλες δόσεις Υ.Α. απομειώνουν έως μηδενισμού την ικανότητα αυτοεπιδιόρθωσης ενός π.μ/ο.

Ένας άλλος μηχανισμός αυτοεπιδιόρθωσης των π.μ/ο είναι η επιδιόρθωση υπό συνθήκες σκότους (dark repair).

Γ. Δόση Υ.Α. - ένταση Υ.Α. – χρόνος έκθεσης

Η απολύμανση με Υ.Α. είναι μια φυσική διαδικασία, που υλοποιείται με την βοήθεια της διάδοσης ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας με την μορφή Υ.Α. η οποία εκπέμπεται από μια πηγή (λαμπτήρα) προς ένα υγρό μέσο (π.χ. τριτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα)

Στην §Β αναφέρθηκαν συνοπτικά οι τρόποι, με τους οποίους δρα η Υ.Α. στους π.μ/ο. Η δόση είναι θεμελιώδης παράμετρος διαστασιολόγησης ενός συστήματος Υ.Α. και σχετίζεται με δύο επίσης θεμελιώδεις παράγοντες :

- Την ένταση (I) της Υ.Α. η ένταση είναι ο ρυθμός , με τον οποίο η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια με την μορφή Υ.Α, αποδίδεται από μια πηγή προς ένα υγρό μέσο.
- Τον χρόνο έκθεσης των π.μ/ο στην Υ.Α.

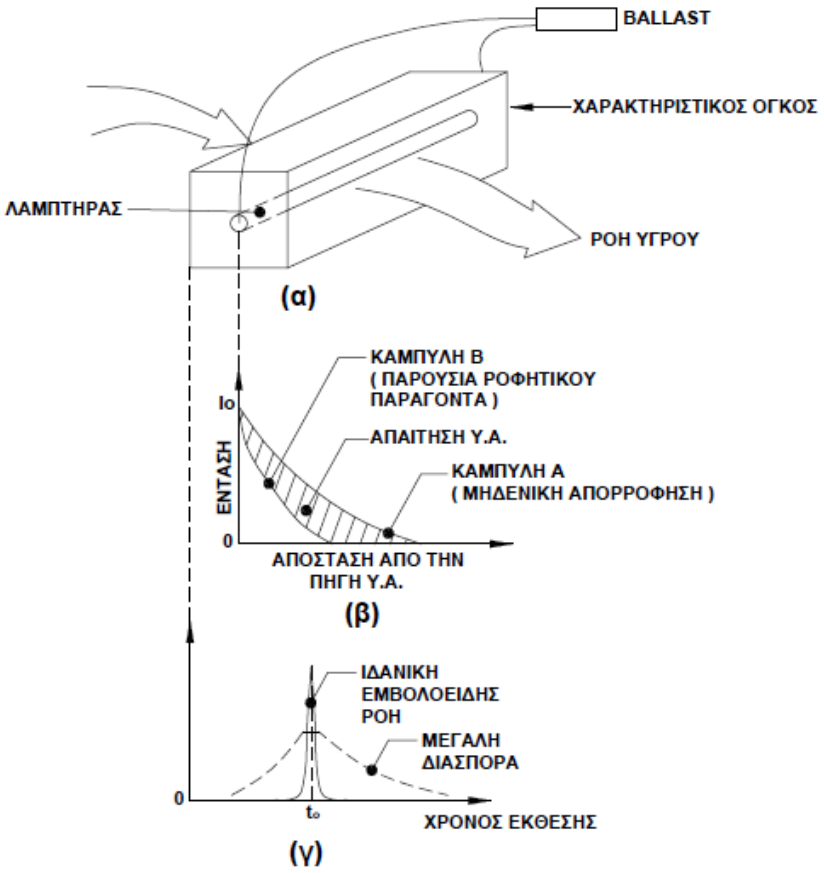
Η αποδιδόμενη στο μέσο ποσότητα Υ.Α. σχετίζεται με την δόση Υ.Α. μέσα σε έναν Α.Α.Υ.Α. Η δόση Υ.Α. ορίζεται ως το γινόμενο της μέσης πραγματικής έντασης (I) μέσα σε μια συστοιχία (bank) λαμπτήρων επί τον χρόνο έκθεσης των μικροοργανισμών σε Υ.Α. :

$$\boxed{\text{Δόση}\left(mw\cdot \sec/cm^2\right)=\text{Ένταση}\left(mw/cm^2\right)\times\text{Χρόνος έκθεσης}\,(\sec)} \quad (\text{Γα})$$

Δύο παρατηρήσεις σε σχέση με την (Γα) :

- Η δόση, που υπολογίζεται από την (Γα) αναφέρεται :
  - Σε «γυμνό» λαμπτήρα, χωρίς χιτώνιο
  - Σε εντελώς νέο λαμπτήρα.

  Προκειμένου να κάνουμε την συνόρθωση σε πραγματικές συνθήκες, θα πρέπει να χρησιμοποιούμε διορθωτικούς συντελεστές, ώστε να ληφθούν υπόψη:
  - Η γήρανση του λαμπτήρα
  - Η διαπερατότητα του χιτωνίου (συνθήκες εντελώς καθαρού χιτωνίου)
  - Η αναπτυσσόμενη θολότητα του χιτωνίου
- Η δόση με την ένταση είναι δύο διαφορετικά πράγματα :
  - Η ένταση εκφράζει τον ρυθμό, με τον οποίον αποδίδεται η ενέργεια Υ.Α. στο υγρό (τριτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα).
  - Η δόση είναι η ποσότητα ενέργειας Υ.Α. , που διαπερνά το υγρό για χρονική διάρκεια έκθεσης t και είναι η παράμετρος που προσδιορίζει το ποσοστό αδρανοποίησης των π.μ/ο και μεταξύ άλλων την απόδοση ενός Α.Α.Υ.Α. μεταβάλλεται δε είτε αλλάζοντας την μέση πραγματική ένταση είτε τον χρόνο έκθεσης.



ΣΧΗΜΑ 3.5

Στο Σχήμα 3.5α δίνεται παραστατικά ένας λαμπτήρας Υ.Α. (πηγή), ο οποίος περιβάλλεται από έναν χαρακτηριστικό όγκο του υγρού μέσου, ο οποίος δέχεται την Υ.Α. , που εκπέμπεται από τον συγκεκριμένο λαμπτήρα.

Η ροή του υγρού στο παράδειγμα είναι κάθετη στην διεύθυνση του λαμπτήρα. Ο λαμπτήρας εκπέμπει Υ.Α. αρχικής έντασης I_0 (ένταση στην επιφάνεια του λαμπτήρα).

Η ένταση της Υ.Α. εξασθενεί καθώς αυξάνει η απόσταση από την πηγή (λαμπτήρα).

Η καμπύλη εξασθένισης έχει τη μορφή της καμπύλης Α (ιδανική καμπύλη εξασθένισης της έντασης – απουσία ροφητικών παραγόντων). Οι σημαντικότεροι ροφητικοί παράγοντες στην περίπτωση που το υγρό μέσο είναι τριτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα είναι :

- Χημικές ενώσεις, που ενυπάρχουν στις τριτοβάθμιες εκροές (π.χ. πρωτεΐνες, φαινόλες, ενώσεις σιδήρου κλπ) .
- Αιωρούμενα στερεά

Οι ανωτέρω παράγοντες απορροφούν μέρος της Υ.Α. που κανονικά θα χρησιμοποιείτο για την αδρανοποίηση π.μ/ο

Έτσι η καμπύλη Α μετατοπίζεται όπως δίνεται στο Σχήμα 3.5β διαμορφώνοντας ένα χωρίο, το εμβαδόν του οποίου δίνει το ποσό της ενέργειας (σε μορφή Υ.Α) που δεσμεύεται από τους ροφητικούς παράγοντες.

Η επίπτωση του ανωτέρω μηχανισμού εξασθένισης (attenuation) μετριέται συνήθως με όρους απορρόφησης (absorbance) ή διαπερατότητας (transmittance).

Η εξασθένιση της έντασης με την απόσταση προσδιορίζεται από μια σχέση γνωστή ως νόμος Beer – Lambert. Έτσι αν έχουμε μια στοιβάδα υγρού μέσου πάχους x με τουλάχιστον ένα ροφητικό παράγοντα διαλυμένο σε αυτό τότε ισχύει η σχέση :

$$\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = -\varepsilon(\lambda)\cdot C\cdot x = \kappa(\lambda)x = \left[A(\lambda)/x\right]\cdot x$$ (Γβ), όπου

- I : Η ένταση της Υ.Α. σε απόσταση x, mw/cm^2
- I_0 : Η ένταση στην πηγή της Υ.Α., mw/cm^2
- ε(λ) : Μοριακή απορροφητικότητα του διαλυμένου φωτοροφητικού (light absorbing) παράγοντα σε μήκος κύματος λ (γνωστή και ως μοριακός συντελεστής απορρόφησης – extinction coefficient),lt/mole x cm
- C : Η συγκέντρωση (molarity) του διαλυμένου φωτοροφητικού παράγοντα, mole/lt
- x : Το μήκος της τροχιάς της Υ.Α. (πάχος της υγρής στοιβάδας), cm
- κ(λ) : Η μονάδα απορρόφησης ανά cm, (απορροφητικότητα – absorptivity), cm^{-1}
- Α(λ) : Η απορρόφηση (absorbance), αδιάστατο μέγεθος.

Αν και η απορρόφηση είναι αδιάστατο μέγεθος συχνά αναφέρεται με μονάδα το cm^{-1} , που αντιστοιχεί στην απορροφητικότητα. Αν το μήκος της τροχιάς της Υ.Α. είναι 1cm, τότε η απορροφητικότητα ταυτίζεται με την απορρόφηση.

Στην πράξη χρησιμοποιείται περισσότερο η διαπερατότητα Τ(λ) που ορίζεται από την σχέση:

$$\mathrm{T}(\lambda)(\%) = \left(\frac{I}{I_0}\right)\times 100$$ (Γγ)

Ο συνδυασμός των (Γβ) και (Γγ) οδηγεί στην συσχέτιση της απορρόφησης με την διαπερατότητα:

$$\boxed{T(\lambda)(\%) = 10^{-A(\lambda)} \times 100} \quad (\Gamma\delta)$$

Έτσι για ένα ιδανικά διαπερατό υγρό μέσο είναι A(λ)=0, T(λ)=1 και για ένα πλήρως αδιαφανές υγρό μέσο είναι A(λ) → ∞ ,T(λ)=0

Οι διαλυμένοι ροφητικοί παράγοντες επηρεάζουν την απολύμανση με Υ.Α. με δύο τρόπους :

- Απ΄ ευθείας μέσω του μηχανισμού της απορρόφησης (όσο αυξάνεται η απορρόφηση τόσο αυξάνεται η εξασθένιση της έντασης της εκπεμπόμενης Υ.Α.)
- Έμμεσα μέσω του μηχανισμού επικαθίσεων πάνω στο χιτώνιο του λαμπτήρα.

Ένα από τα βασικότερα προς επίλυση ζητήματα κατά τον σχεδιασμό ενός Α.Α.Υ.Α. είναι η εκτίμηση της αναγκαίας δόσης προκειμένου να αδρανοποιήσει τον ενδεικτικό π.μ/ο και συναφώς η εύρεση της μέση έντασης I_μ, μέσα σε ένα σύστημα Υ.Α. (π.χ. σε μία συστοιχία λαμπτήρων), γιατί το μέγεθος I_μ υπεισέρχεται στην εύρεση της κατάλληλης, κάθε φορά δόσης (σχέση (Γα)).

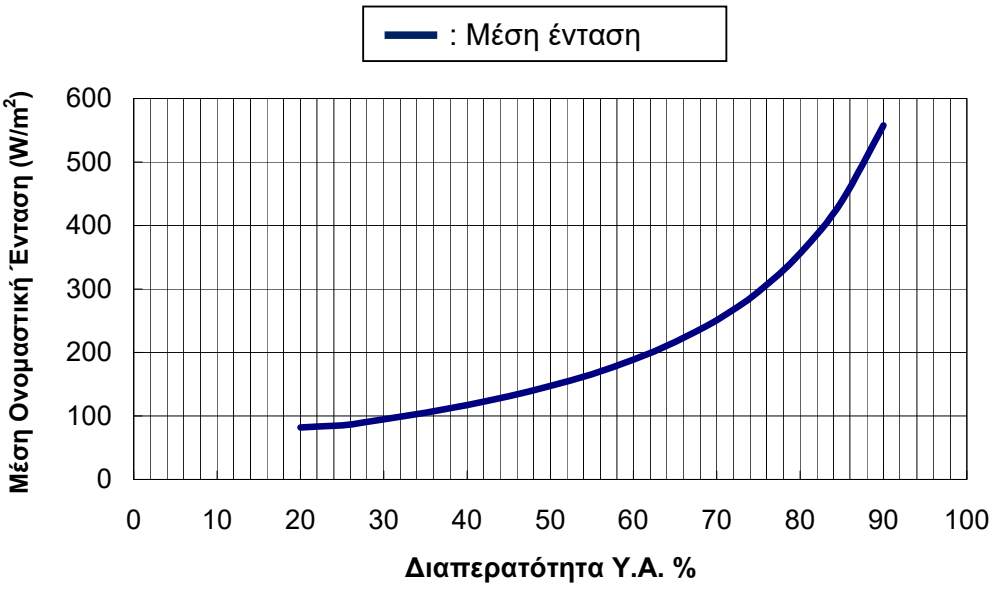
Η μέση ένταση σε ένα σύστημα Υ.Α. εξαρτάται :

- Από την αποδιδόμενη ισχύ του λαμπτήρα (UV-C output).
- Τον κάνναβο των λαμπτήρων
- Την γεωμετρία του Α.Α.Υ.Α. και τέλος
- Την διαπερατότητα του μέσου

Για την εύρεση της μέσης έντασης μέσα σε ένα κάνναβο λαμπτήρων έχουν προταθεί από οργανισμούς και εταιρείες κατά καιρούς διάφορες υπολογιστικές μέθοδοι, όπως :

- Η μέθοδος άθροισης σημειακής πηγής (point source summation method – PSS), για την οποία η US E.P.A. ανέπτυξε το 1992 ένα λογισμικό πακέτο υπολογισμού το UVDIS 3.1.
- Η προσομοίωση απλής σημειακής πηγής (single point source simulation – SPSS), που αναπτύχθηκε από την εταιρεία TROJAN

Όλες οι ανωτέρω προσομοιώσεις σκοπό έχουν να αναπτύξουν καμπύλες διαπερατότητας – μέσης έντασης, όπως , για παράδειγμα, η καμπύλη του Σχήματος 3.6



ΣΧΗΜΑ 3.6

Οι καμπύλες αυτές δίνουν την μέση ένταση Υ.Α σαν συνάρτηση της διαπερατότητας του υγρού μέσου (π.χ. τριτοβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων) και ισχύουν για συγκεκριμένη διαμόρφωση (κάνναβο) λαμπτήρων κάθε φορά.

Οι εταιρείες κατασκευής Α.Α.Υ.Α. διαθέτουν τέτοιες καμπύλες για διάφορους κάνναβους λαμπτήρων, τύπους λαμπτήρων και είδος υγρού μέσου, οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν βάση σχεδιασμού.

Ένας άλλος θεμελιώδης παράγων, που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την διαστασιολόγηση ενός συστήματος Υ.Α. είναι η πρόνοια εξασφάλισης επαρκούς χρόνου έκθεσης των π.μ/π σε Υ.Α., ώστε να ικανοποιηθεί η απαίτηση συγκεκριμένης ποσότητας εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας (δόση) για συγκεκριμένη ένταση. Ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται με εξασφάλιση κατάλληλων υδραυλικών συνθηκών, ώστε κατά την ροή του υγρού μέσου , αυτές να προσομοιάζουν με εκείνες της εμβολοειδούς ροής διαμέσου του συγκροτήματος (συστοιχίας) λαμπτήρων. Έτσι, όλα τα υγρά σημεία κατά την διέλευση τους από τον Α.Α.Υ.Α. δέχονται Υ.Α. για ταυτόσημο χρονικό διάστημα.

Δοθέντος ότι οι συνθήκες εμβολοειδούς ροής αποτελούν εξιδανικευμένη περίπτωση ροής, εμφανίζεται μια διασπορά των πραγματικών χρόνων έκθεσης των διαφόρων υγρών σημείων γύρω από την θεωρητική τιμή του χρόνου έκθεσης t_o (βλ.Σχ.3.5γ)

Αντικείμενο του σωστού υδραυλικού σχεδιασμού των στοιχείων ενός Α.Α.Υ.Α. είναι η ελαχιστοποίηση αυτής της διασποράς. Λεπτομέρειες επί του θέματος αυτού θα δοθούν σε επόμενη θέση.

Στην αμέσως επόμενη παράγραφο αναφέρουμε, συνοπτικά, τις παραμέτρους που επηρεάζουν την απόδοση ενός Α.Α.Υ.Α.

Δ. Παράμετροι που επηρεάζουν την απόδοση της απολύμανσης με Υ.Α.

$Δ_1$.Γενικά

Οι κυριότεροι παράμετροι των λυμάτων που επηρεάζουν την απόδοση της απολύμανσης με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας είναι οι ακόλουθοι :

- Διαπερατότητα του νερού στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- Θολότητα και αιωρούμενα στερεά.
- Μέγεθος σωματιδίων.
- Ολικά διαλυμένα στερεά και σκληρότητα.
- Σίδηρος
- Η γήρανση των λαμπτήρων
- Η διέλευση της Υ.Α. από το προστατευτικό χιτώνιο (quartz sleeve) του λαμπτήρα
- Τα στάδια επεξεργασίας ανάντη του σημείου απολύμανσης
- Η παροχή σχεδιασμού
- Ο σχεδιασμός του Α.Α.Υ.Α.

$Δ_2$. Διαπερατότητα και απορρόφηση

Ήδη στην §Γ αναφερθήκαμε στην απορρόφηση και στην διαπερατότητα, συνδέοντας τις με την σχέση (Γδ)

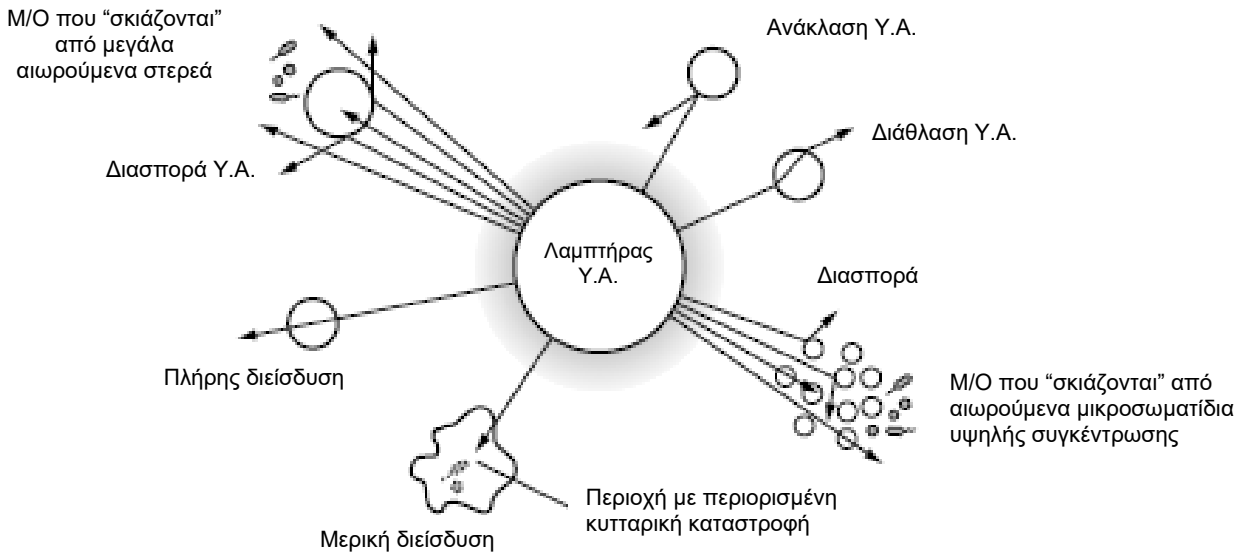
Ο όρος διαπερατότητα σημαίνει το ποσοστό της Υ.Α. (μήκους 253,7nm) που δεν απορροφήθηκε μετά από διέλευση μέσω στοιβάδας υγρού μέσου πάχους x cm. Στην §Γ έχουν αναφερθεί οι κυριότερες κατηγορίες παραγόντων , που είναι υπεύθυνοι για την μείωση της διαπερατότητας (ροφητικοί παράγοντες).

Ο όρος απορροφητικότητα αναφέρεται στο ποσοστό της Υ.Α. (μήκους 253,7nm), που απορροφάται από μια διαλυμένη ουσία ανά cm μήκους υγρού μέσου.

Ως διαλυμένες ουσίες που απορροφούν άμεσα την Υ.Α. αναφέρονται ο σίδηρος , ο ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) , το COD κλπ.

$Δ_3$: Θολότητα και αιωρούμενα στερεά (SS)

Υψηλά επίπεδα θολότητας και αιωρούμενων στερεών μειώνουν την αποδοτικότητα της απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία. Αυτό συμβαίνει διότι στην περίπτωση αυτή αρκετοί μικροοργανισμοί είτε σκιάζονται είτε κρύβονται μέσα σε αιωρούμενα σωματίδια όπως φαίνονται στο Σχήμα 3.7.



ΣΧΗΜΑ 3.7. Μείωση αποδοτικότητας λόγω θολότητας και αιωρούμενων στερεών

Είναι προφανές ότι ένα συγκρότημα διήθησης βοηθάει καθοριστικά στο πρόβλημα, που προκύπτει από την παρουσία SS και θολότητας.

$Δ_4$. Ολικά διαλυμένα στερεά και σκληρότητα

Τα ολικά διαλυμένα στερεά καθώς και η σκληρότητα του νερού δεν επηρεάζουν την διαπερατότητά του σε υπεριώδη ακτινοβολία και συνεπώς δεν έχουν καμία επίδραση στην αποτελεσματικότητά της. Ωστόσο, αυτές οι παράμετροι επιδρούν στην ταχύτητα ανάπτυξης των επικαθίσεων πάνω στο χαλαζιακό χιτώνιο του λαμπτήρα.

Το αποτέλεσμα αυτής της επίδρασης είναι η μείωση της έντασης της υπεριώδους ακτινοβολίας που εκπέμπεται στο νερό και η αύξηση της απαιτούμενης συχνότητας καθαρισμού των λαμπτήρων. Η αύξηση της ταχύτητας ανάπτυξης των επικαθίσεων οδηγεί σε αύξηση της συχνότητας καθαρισμού της λάμπας (δηλαδή αυξάνει το λειτουργικό κόστος). Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι και άλλες παράμετρο όπως το pH και η ταχύτητα του νερού επηρεάζουν την ταχύτητα ανάπτυξης των επικαθίσεων.

$Δ_5$. Σίδηρος

Ο σίδηρος απορροφά υπεριώδη ακτινοβολία και αυξάνει την ταχύτητα ανάπτυξης των επικαθίσεων πάνω στις λάμπες υπεριώδους ακτινοβολίας. Από τους κατασκευαστές εξοπλισμού υπεριώδους ακτινοβολίας συνιστάται η συγκέντρωση σιδήρου να είναι μικρότερη από 0.5 mgr/lt. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σιδήρου μπορεί να απαιτήσουν υπολογισμούς σε πιλοτικές μονάδες για να προβλεφθεί με ακρίβεια η ταχύτητα ανάπτυξης των επικαθίσεων στις λάμπες υπεριώδους ακτινοβολίας, η οποία είναι πολύ σημαντική μεταβλητή στον υπολογισμό του κόστους.

Πάντως σε περίπτωση, κατά την οποία άλατα σιδήρου χρησιμοποιούνται σε κάποια διεργασία (π.χ. χημική καθίζηση, χημική απομάκρυνση φωσφόρου κλπ.) ανάντη ενός Α.Α.Υ.Α. θα πρέπει να εξετάζεται σοβαρά η αντικατάσταση αυτών των αλάτων από άλλο κροκιδωτικό μέσο (π.χ. Alum).

$Δ_6$. Η γήρανση των λαμπτήρων

Καθώς ο χρόνος λειτουργίας ενός λαμπτήρα Υ.Α. αυξάνεται η εξερχόμενη ενέργεια UV μειώνεται.

Συνεπώς ένας συντελεστής απομείωσης του ρυθμού μετάδοσης της Υ.Α. θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τους υπολογισμούς.

Το εύρος των τιμών του συντελεστή αυτού μεταβάλλεται ανάλογα με τον σκοπό, που επιτελεί ένας Α.Α.Υ.Α. Έτσι για έναν Α.Α.Υ.Α. που τοποθετείται για την απολύμανση νερού φαίνεται λογικό να υιοθετηθεί ένας ιδιαίτερα χαμηλός συντελεστής απομείωσης (της τάξης του 0,50). Γενικά ο συντελεστής αυτός κυμαίνεται στο εύρος 0,50 ÷ 0,98. Για περιπτώσεις απολύμανσης τριτοβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων ένας συντελεστής απομείωσης της τάξης του $σ_2$ = 0,90 θεωρείται αποδεκτός για λαμπτήρες νέας τεχνολογίας, οι οποίοι λειτουργούν τουλάχιστον 1 έτος.

$Δ_7$. Διέλευση της Υ.Α. από το προστατευτικό χιτώνιο του λαμπτήρα.

Κατά την διέλευση της Υ.Α. από το χιτώνιο του λαμπτήρα υφίσταται απομείωση της εκπεμπόμενης προς το υγρό μέσο έντασης της Υ.Α., η οποία οφείλεται σε δύο κυρίως παράγοντες :

- Στην απομείωση της έντασης Υ.Α. υπό συνθήκες πλήρως καθαρού (καινούργιου) χιτωνίου
- Στην απομείωση της έντασης Υ.Α. κατά την διέλευση από το χιτώνιο, λόγω αύξησης της θολότητας του χιτωνίου, που οφείλονται στην ανάπτυξη επικαθίσεων στην επιφάνεια του.

Στην πράξη δεν υπάρχει χιτώνιο πλήρως διαφανές. Έτσι προβλέπεται κατά τους υπολογισμούς ένας συντελεστής απομείωσης για καθαρό χιτώνιο της τάξης του: σ_1 = 0,92.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη θέση τα TDS , η σκληρότητα των υγρών , η παρουσία διαλυμένου Fe κλπ. είναι παράγοντες, που προκαλούν την ανάπτυξη επικαθίσεων πάνω στο χιτώνιο των λαμπτήρων, με αποτέλεσμα την αύξηση της θολότητας των χιτωνίων και συνακόλουθα την μείωση της έντασης της Υ.Α. που εκπέμπεται στο μέσο. Είναι, λοιπόν, αναγκαία η υιοθέτηση ενός συντελεστή απομείωσης της διαπερατότητας Υ.Α. κατά την διέλευση από το χιτώνιο λόγω θολότητας της τάξης του 0,80 ÷ 0,98, ανάλογα με την τεχνική καθαρισμού του χιτωνίου που χρησιμοποιείται.

Έτσι στην περίπτωση :

- Μικρής συγκέντρωσης SS στις τριτοβάθμιες εκροές (≤10mg/lt)
- Πολύ μικρής συγκέντρωσης ιόντων Fe^{+++} (≤1mg/lt)
- Μηχανικού τρόπου καθαρισμού των χιτωνίων

ένας συντελεστής απομείωσης της τάξης του 0,95 φαίνεται λογικό να υιοθετηθεί (σ_3=0,95).

Αντίστοιχα στην περίπτωση :

- Μικρής συγκέντρωσης SS στις τριτοβάθμιες εκροές (≤10mg/lt)
- Πολύ μικρής συγκέντρωσης ιόντων F_e^{+++} (≤1mg/lt)
- Χημικομηχανικού τρόπου καθαρισμού των χιτωνίων

ένας συντελεστής απομείωσης της τάξης του 0,98 φαίνεται λογικό να υιοθετηθεί.

$Δ_8$. Τα στάδια επεξεργασίας των λυμάτων ανάντη του σημείου απολύμανσης

Μεγάλη επιρροή στην αποτελεσματικότητα της απολύμανσης με Υ.Α. έχει ο βαθμός επεξεργασίας των λυμάτων ανάντη του σημείου απολύμανσης.

Τα εύρη μέσα στα οποία κυμαίνεται η διαπερατότητα ενός συστήματος Υ.Α. για διάφορες κατηγορίες επεξεργασίας στα ανάντη δίνονται στο επόμενο ΠΙΝΑΚΑ 3.11

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11

ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ (%) ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΑΝΑΝΤΗ (ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ 254nm)

Α/Α	ΕΙΔΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ	ΕΥΡΟΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ
1	Συστήματα πρωτοβάθμιας επεξεργασίας	20% ÷ 50%
2	Συστήματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας	45% ÷ 70%
3	Συστήματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας με νιτροποίηση	55% ÷ 80%
4	Συστήματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας με διήθηση	55% ÷ 80%
5	Συστήματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας με μικροδιήθηση (MBR)	80% ÷ 90%
6	Συστήματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας με αντίστροφη όσμωση	90% ÷ 98%

Δ9. Η παροχή σχεδιασμού

Η αποτελεσματικότητα ενός ΑΑΥΑ φαίνεται να βασίζεται στην ποσότητα Υ.Α. (δόση) που αποδίδεται από ένα αριθμό λαμπτήρων .

Είναι, λοιπόν, φανερό πως κάθε παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την μέση πραγματική ένταση της Υ.Α. ή τον χρόνο έκθεσης επηρεάζει και την αποτελεσματικότητα ενός Α.Α.Υ.Α.

Έτσι η παροχή σχεδιασμού, που διέρχεται από έναν Α.Α.Υ.Α. επηρεάζει τον χρόνο έκθεσης. Συνακόλουθα για σταθερή μέση πραγματική ένταση Υ.Α. σε έναν Α.Α.Υ.Α. ο χρόνος έκθεσης προσδιορίζει την δόση Υ.Α.

Δ10. Σχεδιασμός του Α.Α.Υ.Α.

Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά με τα οποία το υγρό διαρρέει τις συστοιχίες ενός Α.Α.Υ.Α. είναι καθοριστικής σημασίας για την απόδοση του συστήματος όπως αναφέρθηκε στην §Γ. όπως θα δούμε στα επόμενα οι πραγματικές υδραυλικές συνθήκες απέχουν από το να είναι ιδανικές (εμβολοειδής ροή)

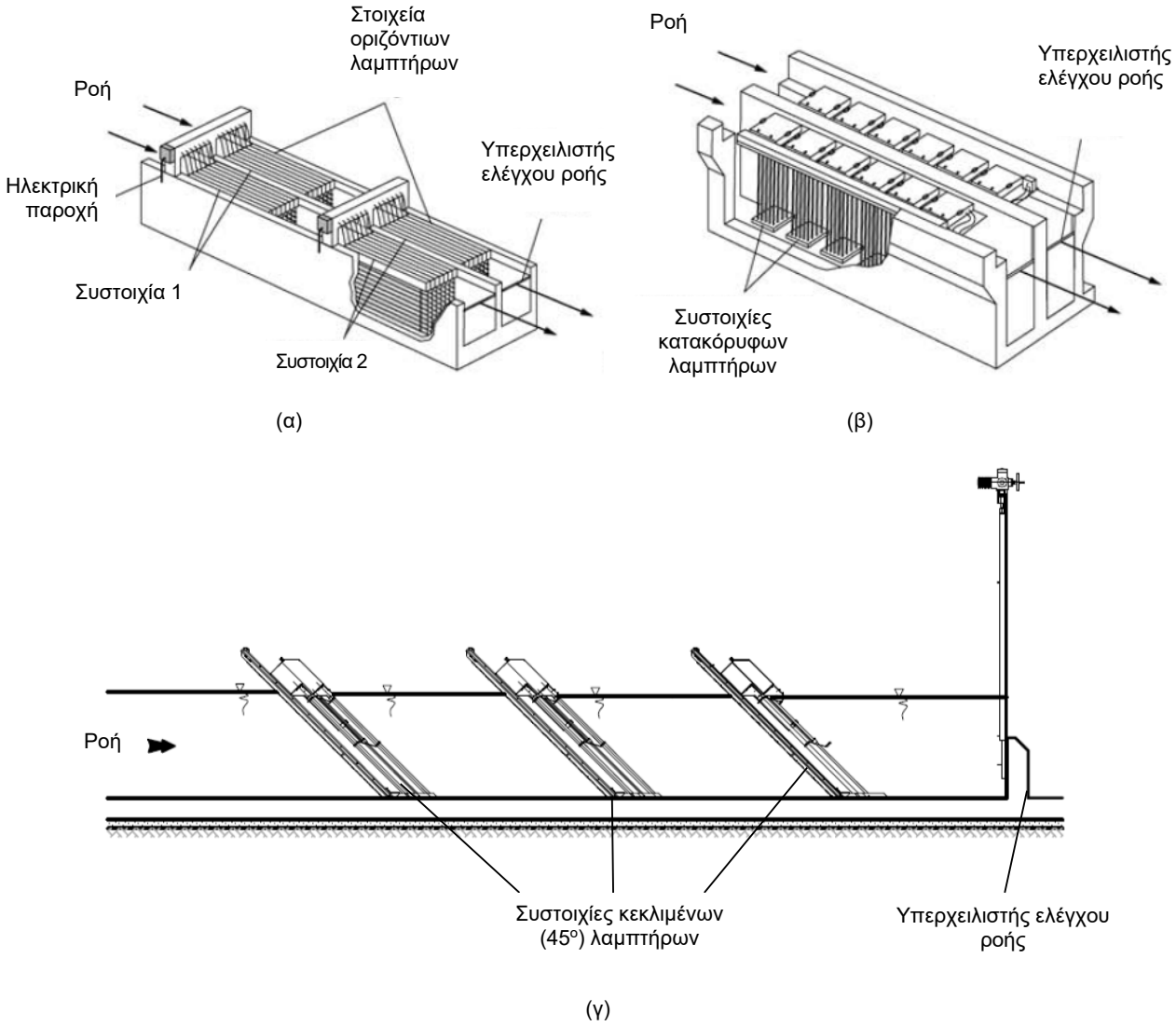
Το βέλτιστο υδραυλικό σενάριο για τον σχεδιασμό ενός Α.Α.Υ.Α. υψηλής απόδοσης αντιστοιχεί σε υδραυλικές συνθήκες ροής που εξασφαλίζουν ήπια τυρβώδη ροή, δηλαδή τυρβώδη ροη συνοδευόμενη από μικρές υδραυλικές απώλειες με το ελάχιστο δυνατό εύρος μεταβολής της υγρής στάθμης.

Η επίτευξη του βέλτιστου υδραυλικού σεναρίου έχει να κάνει :

- Με την διάταξη των λαμπτήρων μέσα στον Α.Α.Υ.Α. Στους ΑΑΥΑ ανοικτού καναλιού τρεις είναι οι κυρίως χρησιμοποιούμενες διατάξεις λαμπτήρων.
- Η διάταξη οριζόντιων (παράλληλα κατά την ροή) συστοιχιών

- Η διάταξη κατακόρυφων (κάθετων προς την ροή) συστοιχιών
- Η διάταξη κεκλιμένων (45° προς την ροή) συστοιχιών

Στο σχήμα 3.8 δίνονται παραστατικά οι παραπάνω διατάξεις .



ΣΧΗΜΑ 3.8. Διατάξεις οριζόντιων , κατακόρυφων και κεκλιμένων συστοιχιών Α.Α.Υ.Α.

Ε. Μέθοδοι προσδιορισμού της απαιτούμενης δόσης Υ.Α.

E_1. Εισαγωγικά

Η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης με Υ.Α. είναι συνάρτηση της ποσότητας της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας (δόση), που απορροφάται από τον π.μ/ο. Η δόση προσδιορίζεται από την σχέση (Γα). Θα πρέπει να τονισθεί ότι η σχέση αυτή «δουλεύει» μόνο για στατικά συστήματα δηλ. για συστήματα στα οποία :

- Εξασφαλίζεται μια ομοιόμορφη κατανομή της εκπεμπόμενης έντασης της Υ.Α. μέσα στον κάνναβο των λαμπτήρων και συνεπώς στην σχέση (Γα) υπεισέρχεται το μέγεθος της μέσης έντασης.
- Κατά την ροή δια μέσου του Α.Α.Υ.Α. επικρατούν συνθήκες εμβολοειδούς ροής.
- Δεν εμφανίζονται «νεκρά» σημεία (ή χώροι) δηλαδή, σημεία, που δέχονται διαφορετικά (ή καθόλου) δόση Υ.Α.

Είναι φανερό ότι η σχέση (Γα) είναι μια σχέση, που περιγράφει ιδεατές συνθήκες. Επομένως τα συμπεράσματα από την (Γα) πρέπει να ελέγχονται προσεκτικά.

Προηγουμένως (§Δ) αναφέρθηκαν οι σημαντικότεροι παράγοντες, που επηρεάζουν τον ρυθμό αδρανοποίησης των π.μ/ο (ιοί, βακτήρια, παράσιτα κλπ.)

Ο στόχος κάθε μαθηματικής προσομοίωσης (μοντελοποίησης) της απολύμανσης με Υ.Α. είναι να περιγράψει (αναλυτικά) μια σχέση (καμπύλη) δόσης – απόκρισης (dose response curve) , η οποία :

- Να προκύπτει από διεθνώς αποδεκτές πειραματικές διαδικασίες (πειράματα βιοαποικοδόμησης – bioassay tests) οι οποίες περιγράφονται σε κατευθυντήριες οδηγίες (guide lines), αποδεκτές από την επιστημονική κοινότητα, που ασχολείται με το θέμα.
- Να επαληθεύεται, αντίστοιχα, με πειράματα πιλοτικής (ή και πραγματικής) κλίμακας.

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων βιοαποικοδόμησης, που αναφέρθηκαν προηγουμένως συνήθως τα απεικονίζουμε σε καμπύλες δόσης – απόκρισης, όπου στον άξονα των τετμημένων (χ-άξονας) καταγράφονται οι δόσεις, που εφαρμόσθηκαν και στον άξονα των τεταγμένων (ψ-άξονας) οι λογάριθμοι του λόγου επιβίωσης (log επιβίωσης – log survival ratio).

Ως λόγο επιβίωσης ορίζουμε τον αριθμό $\log\left[\frac{N(t)}{N(o)}\right]$ όπου :

- $N(t)$: Ο ολικός αριθμός των ενεργών π.μ/ο, δηλ. αυτών που έχουν επιβιώσει μετά από χρόνο t έκθεσης τους σε Υ.Α.
- $N(o)$: Ο ολικός αριθμός των ενεργών π.μ/ο αμέσως πριν την έναρξη εφαρμογής της Υ.Α.

Αντίστοιχα ως λόγο αδρανοποίησης ορίζουμε τον αριθμό $\log\left[\frac{N'(t)}{N(o)}\right]$ όπου :

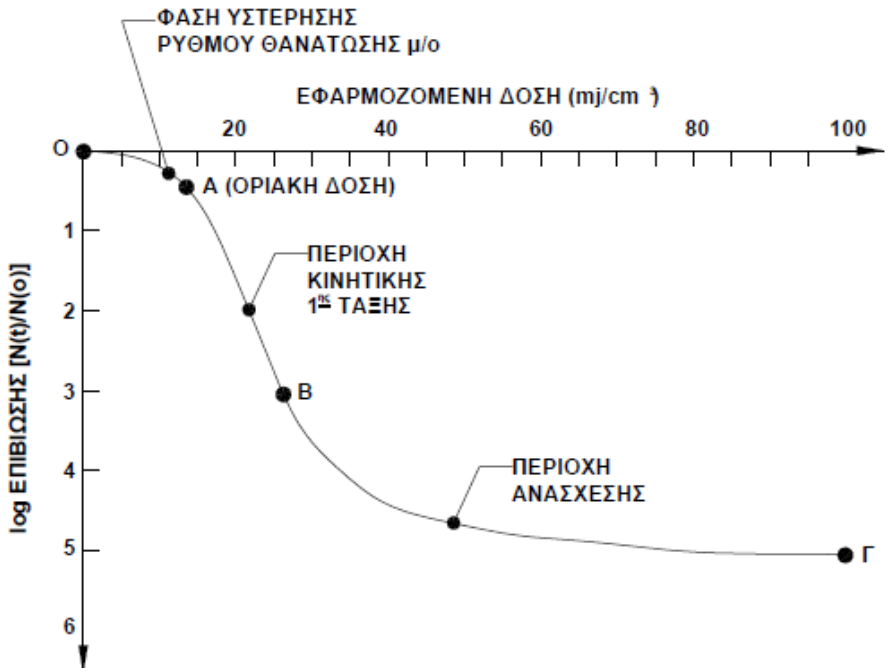
- $N'(t)$: Ο ολικός αριθμός των αδρανοποιηθέντων (νεκρών) π.μ/ο από την έκθεση τους σε Υ.Α. για χρόνο t.
- $N(o)$: Όπως προηγουμένως.

Η απόδοση ενός ΑΑΥΑ συνήθως ορίζεται ως log αδρανοποίησης . Έτσι :

- 90% αδρανοποίηση συμβολίζεται με 1,0log
- 99% αδρανοποίηση συμβολίζεται με 2,0log
- 99,9% αδρανοποίηση συμβολίζεται με 3,0log
- 99,99% αδρανοποίηση συμβολίζεται με 4,0log

Το πλεονέκτημα του συμβολισμού αυτού είναι ότι παρέχει έναν πολύ απλό τρόπο σύγκρισης των υψηλών επιπέδων αδρανοποίησης.

Μια τέτοια καμπύλη δόσης – απόκρισης δίνεται στο Σχ. 3.9.



ΣΧΗΜΑ 3.9 Καμπύλη δόσης – απόκρισης

Το γράφημα αυτό είναι ημιλογαριθμικής μορφής (ο ψ-άξονας είναι σε λογαριθμική κλίμακα) για λόγους καλύτερης οπτικοποίησης .

Στην καμπύλη του Σχ. 3.9 δίνονται τρεις κυρίως περιοχές :

- Η περιοχή, που προσδιορίζεται από το τμήμα Ο.Α της καμπύλης. Στην περιοχή αυτή (περιοχή χαμηλών δόσεων Υ.Α) εμφανίζεται μια υστέρηση στον ρυθμό αδρανοποίησης (θανάτωσης) των π.μ/ο (φάση υστέρησης του ρυθμού θανάτωσης λόγω χαμηλών δόσεων Υ.Α – shouldering effect). Η ερμηνεία αυτού του φαινομένου εστιάζεται κυρίως σε παράγοντες, που σχετίζονται με τον σχηματισμό συναθροισμάτων π.μ/ο, με τον μηχανισμό φωτοεπιδιόρθωσης (photoreactivation) των π.μ/ο και με τον μηχανισμό επιδιόρθωσης υπό συνθήκες σκότους (dark repair), βλ. §Β.
- Η περιοχή, που προσδιορίζεται από το τμήμα ΑΒ της καμπύλης.

  Στην περιοχή αυτή (περιοχή μεγάλης θνησιμότητας μ/ο λόγω ΥΑ) και πάνω από μια οριακή δόση (threshold dose) παρατηρείται μια γραμμική συσχέτιση μεταξύ εφαρμοσμένων δόσεων Υ.Α. και log επιβίωσης (Ιδανικό υπόδειγμα απολύμανσης με Υ.Α – Ideal first order kinetics). Η περιοχή αυτή μπορεί να μοντελοποιηθεί με την βοήθεια μιας κινητικής πρώτης τάξης όπως θα αναπτυχθεί στην §3.6.5.3.
- Τέλος , η περιοχή, που προσδιορίζεται από το τμήμα ΒΓ (περιοχή υψηλών δόσεων Υ.Α.). Στην περιοχή αυτή εμφανίζεται μια αναχαίτιση του ρυθμού θανάτωσης των μ/ο (φαινόμενο ανάσχεσης – tailing effect) . Το φαινόμενο αυτό δείχνει να οφείλεται στην ύπαρξη αιωρούμενων στερεών στο υγρό (βλ. §$Δ_3$). Ο κατηγορίες των π.μ/ο που εμφανίζονται σε τριτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα (αλλά και γενικότερα σε λύματα) είναι κυρίως πέντε (5) :
  - Ξεχωριστά άτομα π.μ/ο και επομένως εκτίθενται πλήρως σε Υ.Α.
  - Μικρές συστάδες ατόμων π.μ/ο. και επομένως εκτίθενται πλήρως σε Υ.Α
  - Εκείνοι οι π.μ/ο που «σκιάζονται» από σχετικά μεγάλα αιωρούμενα στερεά (shielding effect) και συνεπώς προστατεύονται από την έκθεση σε Υ.Α.
  - Εκείνοι οι π.μ/ο που «σκιάζονται» από σχετικά μικρά SS υψηλής όμως συγκέντρωσης (shielding effect)
  - Εκείνοι οι π.μ/ο, που έχουν παγιδευθεί στο εσωτερικό μικροστοιβάδων στερεών ή μεγάλων στερεών, όπου η Υ.Α. έχει περιορισμένη διείσδυση και επομένως αδύναμη μικροβιοκτόνο δράση (limited cellular damage), βλ.Σχ. 3.7

Έχει αποδειχθεί ότι αιωρούμενα στερεά μικρότερα από ένα χαρακτηριστικό μέγεθος (της τάξης των 10μm) δεν είναι ικανά να "σκιάσουν" και γενικότερα να παρεμποδίσουν π.μ/ο από το να εκτεθούν πλήρως σε Υ.Α. Στην περίπτωση αυτή οι π.μ/ο των τριών (3) τελευταίων κατηγοριών δέχονται κατά μέσο όρο την ίδια ένταση Υ.Α. που δέχονται οι δύο πρώτες κατηγορίες π.μ./ο.

Γενικά ένα σύστημα επεξεργασίας στα ανάντη ενός Α.Α.Υ.Α. που περιλαμβάνει διήθηση δια μέσου κοκκώδους μέσου (άμμου) δεν κατακρατεί πλήρως όλα τα στερεά με μέγεθος >10μm.

E_2. Διαθέσιμες τεχνικές προσδιορισμού της απαιτούμενης δόσης Υ.Α.

Στην διαδικασία σχεδιασμού ενός Α.Α.Υ.Α., ο οποίος πρέπει να επιτυγχάνει συγκεκριμένο στόχο (ή στόχους) υπεισέρχονται δύο βασικές κατηγορίες π.μ/ο, οι οποίες εμπλέκονται στον προσδιορισμό της απαιτούμενης δόσης Υ.Α. και συνεπώς στον σχεδιασμό του Α.Α.Υ.Α.

- Ο ενδεικτικός π.μ/ο ή π.μ/ο – στόχος (target microorganism) : Είναι ο π.μ./ο, τον οποίο κυρίως πρέπει να εξοντώσει ένα σύστημα Υ.Α. σε συγκεκριμένη εφαρμογή.

  Πολλές φορές στον σχεδιασμό εμπλέκονται περισσότερα του ενός είδη π.μ/ο. – στόχοι.

- Ο π.μ/ο – δείκτης (challenge microorganisms) : Είναι ο π.μ./ο, με τον οποίο εκτελείται η πειραματική διαδικασία (διαδικασία εργαστηρίου) προσδιορισμού της αναγκαίας δόσης.

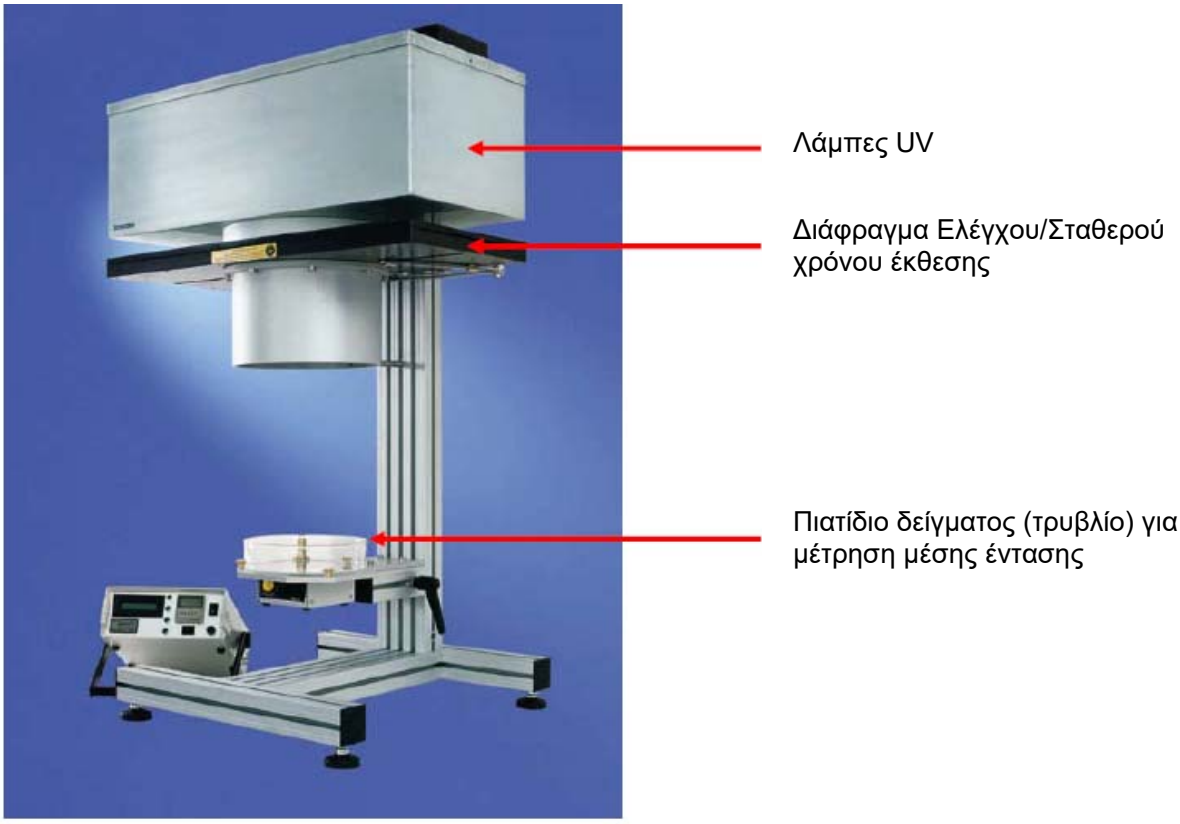
  Οι διαθέσιμες διεθνώς τεχνικές προσδιορισμού της απαραίτητης παραλαμβανόμενης δόσης (delivered dose) είναι τρεις :

- Κατά την 1η μέθοδο υπολογίζεται η απαραίτητη δόση από την σχέση (Γα), αφού πρώτα υπολογισθεί η μέση ονομαστική ένταση $\left(I_{\mu}\right)$ μέσα στο σύστημα (συστοιχία) λαμπτήρων και επιλεγεί ο κατάλληλος χρόνος έκθεσης σε Υ.Α. t.

  Στην §Γ, αναφέρθηκαν τα κυριότερα υπολογιστικά «εργαλεία» με την βοήθεια των οποίων εκτιμάται η μέση ονομαστική ένταση. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής υπολογισμού της απαραίτητης παραλαμβανόμενης δόσης γίνεται πλέον μόνο στις περιπτώσεις απουσίας πειραματικού ή/και πιλοτικού εξοπλισμού εξαγωγής της δόσης με τις διαδικασίες που περιγράφονται στα αμέσως επόμενα. Κύρια αιτία των αβεβαιοτήτων που παράγει η μέθοδος αυτή είναι το ότι οι υδραυλικές συνθήκες πραγματικές κλίμακας διαφέρουν από αυτές, που γίνονται αποδεκτές (εμβολοειδής ροή) ως προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου.

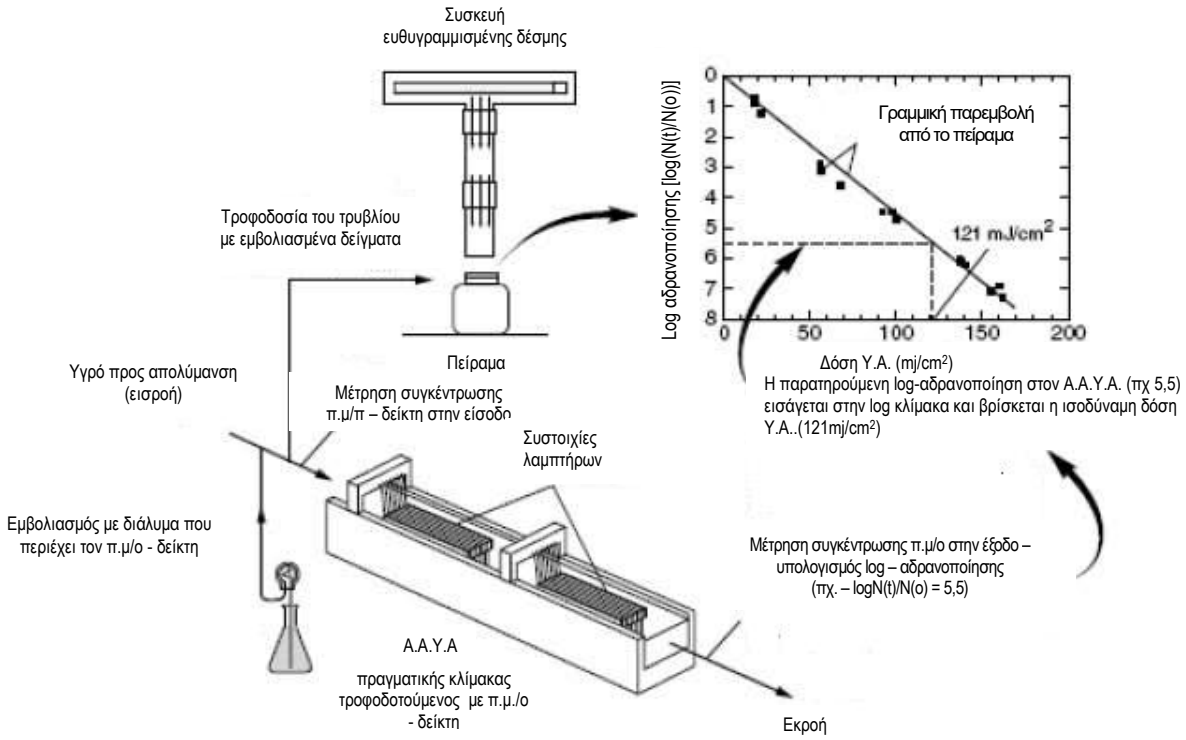
- Κατά την δεύτερη μέθοδο ο αντιδραστήρας επιλύεται υδραυλικά με την βοήθεια της υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (computational fluid dynamics – CFD) ώστε να προκύψουν :
  - Η κατανομή των εντάσεων μέσα στον αντιδραστήρα
  - Η κατανομή των ταχυτήτων μέσα στον αντιδραστήρα.
  - Τελικά, η κατανομή των δόσεων μέσα στον αντιδραστήρα, δηλ. πως η συγκεκριμένη εκπεμπόμενη Υ.Α. διαπερνά το υγρό μέσο και επιτυγχάνει την αναγκαία απολύμανση.

    Η μέθοδος αυτή, αν και πολλά υποσχόμενη εφαρμόζεται περιορισμένα λόγω του ότι :
  - Η μέθοδος δεν τυποποιείται
  - Παρ' ότι παραγόμενες κατανομές δόσεων είναι ακριβείς δεν μπορούν από μονές τους να προδιαγράψουν το συγκρότημα Υ.Α.
- Η τρίτη μέθοδος (μέθοδος της ισοδύναμης δόσης αδρανοποίησης (reduction equivalent dose – RED)), είναι η πιο διαδεδομένη στις Η.Π.Α. και την Ευρώπη στηρίζεται στην διεξαγωγή δύο παράλληλων πειραμάτων βιοαποπικοδόμησης (bioassay tests) κάτω από δομημένα αυστηρά πρωτόκολλα :
  - Ενός πειράματος που λέγεται μελέτη ευθυγραμμισμένης δέσμης (collimated beam bioassay test) και εκτελείται με την βοήθεια της συσκευής του Σχήματος 3.10. Η μελέτη ευθυγραμμισμένης δέσμης είναι μια πειραματική μέθοδος παραγωγής καμπύλων δόσεων – αποκρίσεων σε κλίμακα εργαστηρίου χρησιμοποιώντας ως υγρό μέσο το υγρό στο οποίο πρόκειται να εγκατασταθεί ο προς πιστοποίηση Α.Α.Υ.Α.



ΣΧΗΜΑ 3.10 : Συσκευή ευθυγραμμισμένης δέσμης (collimated beam bioassay device)

- Ενός πειράματος πιλοτικής (ή και πραγματικής κλίμακας), το οποίο πραγματοποιείται επί τόπου στο σημείο που εγκαταστάθηκε ο Α.Α.Υ.Α. είτε (για τον λόγο αποφυγής μη κατάλληλης λειτουργίας του Α.Α.Υ.Α. για την συγκεκριμένη εφαρμογή) σε αναγνωρισμένα κέντρα πιστοποίησης σωστής λειτουργίας π ου κατέχουν κατασκευαστές Α.Α.Υ.Α. στις ΗΠΑ ή αλλού, πριν ο Α.Α.Υ.Α. εγκατασταθεί στην συγκεκριμένη εφαρμογή.



ΣΧΗΜΑ 3.11 : Σχηματική παράσταση εκτέλεσης

Στο Σχήμα 3.11 δίνεται παραστατικά η εκτέλεση αυτών των δύο παράλληλων πειραμάτων.

Τα βήματα για την υλοποίηση της τρίτης μεθόδου είναι , συνοπτικά τα ακόλουθα :

1. Η μελέτη ευθυγραμμισμένης δέσμης πραγματοποιείται με το συγκεκριμένο υγρό μέσο της εφαρμογής (π.χ. τριτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα της ΕΕΛ Λαμίας) εμβολιασμένο με έναν π.μ/ο – δείκτη (π.χ. βακτηριοφάγος MS2 (MS2 bacteriophage)) σε περίπου έξι (6) δόσεις και κατασκευάζεται (βάσει πρωτοκόλλου) η καμπύλη δόσης – log αδρανοποίησης για τον π.μ/ο – δείκτη (ημιλογαριθμικό γράφημα).
2. Ταυτόχρονα πραγματοποιείται το πείραμα πλήρους κλίμακας με το υγρό μέσο της εφαρμογής, τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας (παροχή , UVT(%), διαρρύθμιση (αρ. συστοιχιών κλπ)) και με εμβολιασμό με τον ίδιο όπως και πριν π.μ./ο – δείκτη.

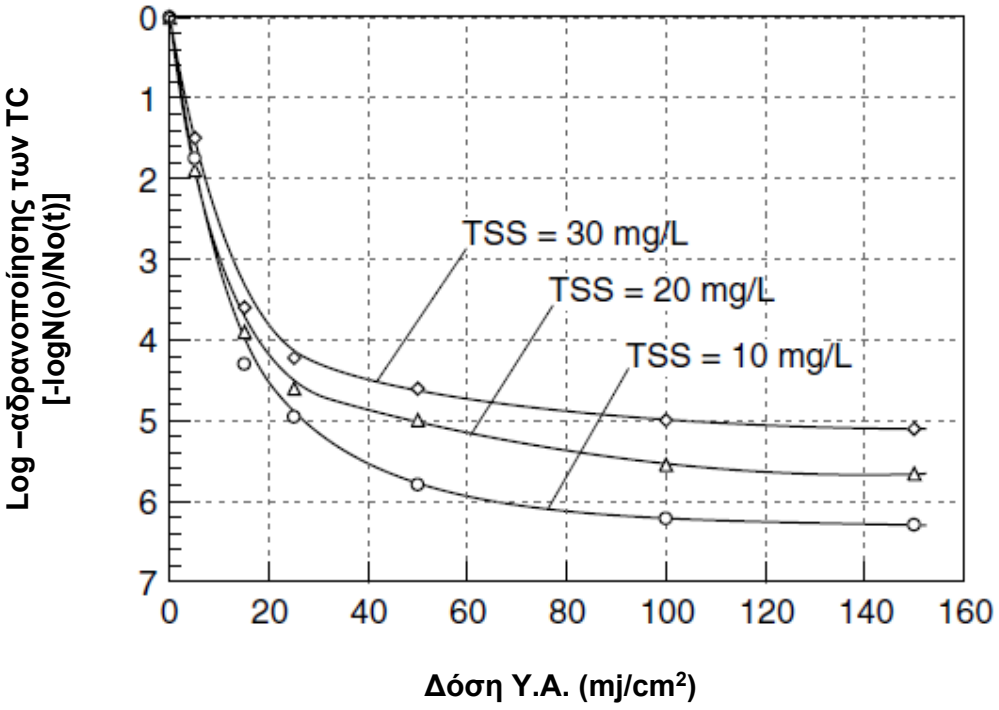
Μεταβάλλοντας διάφορες παραμέτρους λειτουργίας (ένταση Υ.Α., διαπερατότητα κλπ) βρίσκουμε την log-αδρανοποίηση.

3. Θέτοντας την log-αδρανοποίηση, που έχουμε βρει στο 2ο βήμα στην ήδη κατασκευασθείσα καμπύλη δόσης – log αδρανοποίησης από την μελέτη ευθυγραμμισμένης δέσμης βρίσκουμε την RED.
4. Συνορθώνουμε την ευρεθείσα τιμή RED με την βοήθεια ενός συντελεστή, ώστε να ληφθούν υπόψη αβεβαιότητες μετρήσεων κλπ.

Τα παραπάνω βήματα δίνονται παραστατικά στο Σχήμα 3.11.

Ευάριθμα πειράματα βιοαποικοδόμησης με την βοήθεια της συσκευής ευθυγραμμισμένης δέσμης (Σχ.3.10) έχουν πραγματοποιηθεί και στα διεθνή εγχειρίδια είναι διαθέσιμες καμπύλες δόσης – απόκρισης.

Μια σπουδαία δέσμη καμπύλων δόσης – απόκρισης, που είναι προϊόν μεγάλης ερευνητικής δουλειάς δίνεται στο Σχήμα 3.12.



ΣΧΗΜΑ 3.12 : Τυπικές καμπύλες δόσης – απόκρισης για διάφορα επίπεδα SS στο υγρό

Από το σχήμα αυτό και ανάλογα με :

- Την συγκέντρωση SS στο προς απολύμανση υγρό
- Το επιθυμητό επίπεδο log-αδρανοποίησης

προσδιορίζεται η αναγκαία δόση σε mj/cm^2 (= $mw \cdot sec/cm^2$) προκειμένου να επιτευχθεί το αναγκαίο ποσοστό απολύμανσης. Σημειώνεται ότι οι καμπύλες του Σχ. 3.12 αναφέρονται σε αδρανοποίηση ολικών κολοβακτηριδίων (TC). Εάν ο π.μ./ο – στόχος είναι διαφορετικός των TC, τότε θα πρέπει να γίνει η κατάλληλη συνόρθωση, όπως θα αναπτυχθεί σε επόμενη θέση. Τέλος, από το Σχ.3.12 παρατηρούμε (και με την βοήθεια του Σχ. 3.9) ότι εμφανίζεται σε όλες τις καμπύλες μια περιοχή ανάσχεσης (tailing region) της απολυμαντικής δράσης. Στην περιοχή αυτή ακόμη και μεγάλες αυξήσεις της δόσης οδηγούν σε περιορισμένες αυξήσεις της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης με Υ.Α. Οι λόγοι εξηγήθηκαν στην §E_1.

Τονίζεται ότι τα στοιχεία του Σχ.3.12 έχουν εξαχθεί χωρίς να ληφθούν υπόψη απομειώσεις λόγω :

- Γήρανσης των λαμπτήρων (lamp aging)
- Επικαθήσεων στα χιτώνια των λαμπτήρων (lamp fouling)

Στον επόμενο ΠΙΝΑΚΑ 3.12 δίνονται οι κατευθυντήριες γραμμές βασικών παραμέτρων για μια : ντετερμινιστική προσέγγιση στον σχεδιασμό ενός Α.Α.Υ.Α. (deterministic approach to UV disinfection system design) . Τα στοιχεία του ΠΙΝΑΚΑ 3.12 έχουν εξαχθεί από στοιχεία κατασκευαστικών οίκων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12

ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΝΟΣ Α.Α.Υ.Α.

Α/Α	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΞΟΔΟ (MPN/100ml)	ΕΙΣΟΔΟΣ (MPN/100ml)	SS (mg/lt)	ΕΙΔΟΣ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ Υ.Α. (%)	ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΔΟΣΗ (mJ/cm^2)	ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΩΝ ΑΝΑ ΚΑΝΑΛΙ	ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ
1	1000 FC	10^6	20	-	55	26		
			30	-	55	30		
2	200 FC	10^5	10	-	55	25		
			20	-	55	30		
			30	-	55	37		
3	100 FC	10^5	5	Φίλτρο άμμου	65	35	2	
			10	-	55	35		
			20	-	55	40		
4	100 TC	10^5	aver.5	Φίλτρο άμμου	65	40-50	2	
			max.10					
5	23 FC	10^5	aver.5	Φίλτρο άμμου	65	40-50	2	
			max.10					
6	10 FC	10^5	aver.5	Φίλτρο άμμου	65	60	2	
			max.10					
7	10 TC	10^5	aver.5	Φίλτρο άμμου	65	85	3	
			max.10					
8	2,2 TC	10^5	aver.2	Φίλτρο άμμου	65	100	3	Θολότητα <2NTU
			max.4-5					
9	2,0 TC	10^5	aver.2	Φίλτρο άμμου	65	160	3	Θολότητα <2NTU
			max.4-5					

Στην υπό μελέτη περίπτωση δοθέντος ότι στον Ελλαδικό χώρο δεν υφίσταται η υποδομή για την πραγματοποίηση της 3ης μεθόδου θα περιορισθούμε στην 1η μέθοδο, αφού πρώτα επιλέξουμε προσεκτικά τον βέλτιστο για την περίπτωση τύπο Α.Α.Υ.Α.

3.5.5.4 Μέρη ενός Α.Α.Υ.Α.

Α. Εισαγωγή

Τα συστήματα ΑΑΥΑ προκειμένου να επιτύχουν τον σκοπό λειτουργίας τους αποτελούνται από διάφορα μέρη, τα κυριότερα των οποίων είναι :

- Οι λαμπτήρες Υ.Α. μαζί με τα προστατευτικά εξωτερικά χιτώνια
- Τα συστήματα καθαρισμού των χιτωνίων
- Τα κέντρα διανομής ισχύος (power distribution center), ένα ανά μια ή δύο συστοιχίες.
- Πυκνωτές (τροφοδοτικά – ballasts) για τροφοδοσία ρυθμιζόμενης ισχύος
- Το κέντρο ελέγχου λειτουργίας και αυτοματισμού μαζί με :
  - Τα τροφοδοτικά ρυθμιζόμενης ισχύος (ballasts)
  - Τις μονάδες διανομής ηλεκτρικής ισχύος
  - Το σύστημα αισθητήρων (sensors) μέτρησης και ελέγχου της Υ.Α.
- Το (ενδεχομένως αυτόματο) υδραυλικό σύστημα ελέγχου και ρύθμισης στάθμης
- Το πλαίσιο στήριξης του Α.Α.Υ.Α.
- Ο βοηθητικός εξοπλισμός του Α.Α.Υ.Α. (πνευματικά συστήματα κίνησης, αεροσυμπιεστές κλπ)

Β. Λαμπτήρες Υ.Α.

Στην §Γ3.5.5.3Α αναφέρθηκαν λίγες πληροφορίες αναφορικά με τους λαμπτήρες Υ.Α., που χρησιμοποιούνται στον τομέα απολύμανση λυμάτων με Υ.Α. Οι λαμπτήρες αυτοί χρησιμοποιούν είτε υγρό υδράργυρο, είτε αμάλγαμα υδραργύρου με ίνδιο (indium) και φορτίζονται μέσω ηλεκτρικού τόξου.

Η παραγόμενη ενέργεια από την διέγερση των ατμών υδραργύρου, που περιέχονται στον λαμπτήρα έχει σαν αποτέλεσμα την εκπομπή Υ.Α.

Οι λαμπτήρες αυτοί διακρίνονται σε τρείς (3) κύριες κατηγορίες ανάλογα με το καθεστώς λειτουργία στο εσωτερικό τους :

- Κατηγορία Α : Λαμπτήρες χαμηλής πίεσης / χαμηλής έντασης (χπ/χε λαμπτήρες)
- Κατηγορία Β : Λαμπτήρες χαμηλής πίεσης / υψηλής έντασης (χπ/υε λαμπτήρες)
- Κατηγορία Γ : Λαμπτήρες μέσης πίεσης / υψηλής έντασης (μπ/υε λαμπτήρες)

Τα συγκριτικά χαρακτηριστικά των τριών κατηγοριών λαμπτήρων Υ.Α. δίνονται στον επόμενο ΠΙΝΑΚΑ 3.13.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.13

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΟΝ	ΤΥΠΟΣ ΛΑΜΠΤΗΡΑ		
			χπ/χε	χπ/υε	μπ/υε
1	Καταναλισκόμενη ισχύς	W	40–100	200–600	1000 έως 10,000
2	Ρεύμα λαμπτήρα	ma	350–550	Μεταβαλλόμενο	Μεταβαλλόμενο
3	Τάση λαμπτήρα	V	220	Μεταβαλλόμενη	Μεταβαλλόμενη
4	Μικροβιοκτόνος είσοδος /έξοδος	%	30 έως 40	25 έως 35	10 έως 15
5	Έξοδος λαμπτήρα στα 254nm	W	25–27	60–400	
6	Θερμοκρασία λειτουργίας λαμπτήρα	^oC	35–50	60–100	600–900
7	Πίεση	mmHg	0,007	0,01–0,8	102–104
8	Μήκος λαμπτήρα	m	0,75–1,5	Μεταβαλλόμενο	Μεταβαλλόμενο
9	Διάμετρος λαμπτήρα	nm	15–20	Μεταβαλλόμενη	Μεταβαλλόμενη
10	Διάρκεια ζωής χιτωνίου	Έτος	4 έως 6	4 έως 6	1 έως 3
11	Διάρκεια ζωής τροφοδοτικού	Έτος	10 έως 15	10 έως 15	1 έως 3
12	Εκτιμώμενη διάρκεια ζωής λαμπτήρα	h	8000 έως 12,000	7000 έως 10,000	3000 έως 8000

Στην υπό μελέτη εφαρμογή θα χρησιμοποιηθούν νέας γενιάς χπ/υε λαμπτήρες.

Οι χπ/υε λαμπτήρες είναι παρόμοιοι με τους χπ/χε λαμπτήρες με την διαφορά ότι στους πρώτους χρησιμοποιείται αμάλγαμα υδραργύρου με ίνδιο (indium) στην θέση του υγρού υδραργύρου. Αυτό παρέχει σειρά από πλεονεκτήματα όπως :

- Μεγαλύτερη UV – C έξοδος κατά 2÷10 φορές σε σχέση με τους χπ/χε λαμπτήρες
- Οι χπ/υε λαμπτήρες εξασφαλίζουν μεγαλύτερη σταθερότητα σε κυμαινόμενες θερμοκρασίες περιβάλλοντος.
- Οι χπ/υε λαμπτήρες είναι φιλικές στο περιβάλλον , αφού περιέχουν 80% λιγότερο υδράργυρο.
- Οι χπ/υε λαμπτήρες αποδίδουν μεγαλύτερη ισχύ UV-C (254nm)
- Οι χπ/υε λαμπτήρες μπορούν να λειτουργήσουν με μεταβαλλόμενο ρεύμα εισόδου, δυνατότητα που σε συνδυασμό με το αυτόματο σύστημα ελέγχου λειτουργίας ρυθμίζει σε συνεχή βάση την ενέργεια UV-C που παραμένει κάθε φορά διαθέσιμη για απολύμανση.

Η αποδιδόμενη ενέργεια φθάνει το μέγιστο επίπεδο στις 100 πρώτες ώρες λειτουργίας και κατόπιν φθίνει πολύ αργά έως κάποιο κρίσιμο σημείο του οποίου η αποδιδόμενη ενέργεια φθίνει απότομα.

Από την εξέταση πλήθους λαμπτήρων του εμπορίου καταλήξαμε σε λαμπτήρες στους οποίους συμποσούνται τα ανωτέρω πλεονεκτήματα . Οι ελάχιστες τεχνικές απαιτήσεις για τους λαμπτήρες , που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο μελετούμενο έργο είναι οι ακόλουθες :

- Τύπος : Ατμών αμαλγάματος υδραργύρου χαμηλής πίεσης / υψηλής έντασης (χ.π./υ.ε.)
- Ελάχιστο ποσοστό αποδιδόμενης στο υγρό ενέργειας UV-C ως προς την εισερχόμενη (καταναλισκόμενη) ενέργεια : 35%
- Ελάχιστη εγκατεστημένη ισχύς ανά λαμπτήρα για ελαχιστοποίηση του αριθμού των εγκατεστημένων λαμπτήρων : 500W
- Μέγιστη ποσοστιαία απομείωση της μετάδοσης Υ.Α. ως προς την μεταδιδόμενη αρχικά: 10%
- Ελάχιστη εγγυημένη ζωή λαμπτήρων : 14000hr

Γ. Τροφοδοτικά των λαμπτήρων Υ.Α.

Τα τροφοδοτικά των λαμπτήρων Υ.Α. είναι στραγγαλιστικά πηνία, δηλαδή ηλεκτρονικές διατάξεις υπό την μορφή πλακέτας, οι οποίες ρυθμίζουν τις συνθήκες λειτουργίας ενός λαμπτήρα Υ.Α. (τάση , ρεύμα, εκπεμπόμενη ένταση Υ.Α. κυματομορφές) σύμφωνα με κάποιο πρωτόκολλο αυτοματισμού. Συνήθως οι κατασκευαστές λαμπτήρων Υ.Α. κατασκευάζουν και τα τροφοδοτικά, ώστε αυτά να συνδυάζονται τέλεια με τους λαμπτήρες Υ.Α. Η πιο πρόσφατη τεχνολογία τροφοδοτικών είναι αυτή των ηλεκτρονικών τροφοδοτικών, τα οποία επιτυγχάνουν 10% μείωση στην κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τα ηλεκτρομαγνητικά τροφοδοτικά και είναι η τεχνολογία που επιλέγεται στην παρούσα μελέτη.

Δ. Υδραυλικό σύστημα ελέγχου και ρύθμισης στάθμης.

Τα περισσότερα συστήματα απολύμανσης με Υ.Α. χρησιμοποιούν και βασίζονται σε συσκευές αυτόματης ρύθμισης της στάθμης υγρών, προκειμένου να διατηρείται μια σταθερή στάθμη υγρών, ανεξάρτητη της διερχόμενης παροχής. Η ρύθμιση αυτή είναι ουσιώδης για τους εξής λόγους :

- Διατηρείται αναλλοίωτη η βύθιση των λαμπτήρων για όλες τις διακυμάνσεις των παροχών.
- Αποφεύγεται η δημιουργία επικαθήσεων στα χιτώνια των λαμπτήρων, που οφείλεται στις αυξομειώσεις της στάθμης υγρών και στις συνακόλουθες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας στην επιφάνεια των χιτωνίων.

- Στις περιπτώσεις αύξησης της παροχής εισόδου αποφεύγεται η ύπαρξη μιας (έστω λεπτής) «υγρής φέτας» υπεράνω του άνω ορίου της περιοχής εκπομπής Υ.Α. που θα έχει σαν αποτέλεσμα την μη σωστή απολύμανση. Με άλλα λόγια η βύθιση του λαμπτήρα δεν πρέπει να υπερβαίνει ή να υπολείπεται κάποιων ορίων.

  Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα στους Α.Α.Υ.Α. συστήματα ελέγχου και ρύθμισης της στάθμης των υγρών χωρίζονται σε τρία κυρίως είδη :

- Στους σταθερούς υπερχειλιστές υπερβάλλοντος μήκους (extended length fixed weirs). Τέτοιοι υπερχειλιστές είναι οι λεγόμενοι λαβυρινθοειδείς υπερχειλιστές λεπτής στέψης (serpentine sharp – crested fixed weirs).

  Η στέψη των λαβυρινθοειδών υπερχειλιστών τοποθετείται , σε συνθήκες μηδενικής εισροής, στο υψόμετρο ελάχιστης επιτρεπόμενης (από τους κατασκευαστές των λαμπτήρων) βύθισης των λαμπτήρων και ελέγχεται αν η στάθμη υπό συνθήκες μέγιστης εισροής σχεδιασμού υπερβαίνει την μέγιστη επιτρεπόμενη βύθιση των λαμπτήρων.

- Στους αυτόματους ρυθμιστές στάθμης με αντίβαρα (counter weighted flap gates)

  Οι αυτόματοι ρυθμιστές στάθμης είναι περιστρεφόμενες ορθογωνικές θυρίδες ανοιγόμενες εκ των κάτω. Ο οριζόντιος άξονας περιστροφής τοποθετείται στο άνω τμήμα της θυρίδας. Με την κατάλληλη κατασκευή και ρύθμιση οι αυτόματοι ρυθμιστές στάθμης διατηρούν σχετικά σταθερή την στάθμη υγρών με έναν υδραυλικά αυτόματο τρόπο. Απαραίτητη συνθήκη σωστής λειτουργίας είναι εξάλειψη αξιοσημείωτων αντιστάσεων κατά την περιστροφή του οριζόντιου άξονα. Αυτό επιτυγχάνεται με την σωστή και σε διαρκή βάση λίπανση των μεντεσέδων του άξονα. Η εμπειρία έχει δείξει ότι η επιτυχία της επίτευξης αυτής είναι περιορισμένη και αυτή η τεχνολογία θα πρέπει να αποφεύγεται.

- Στις ολισθαίνουσες θυρίδες (slide gates) αυτόματης λειτουργίας. Οι θυρίδες αυτές φέρουν ηλεκτρομειωτήρα κίνησης (άνω και κάτω) Η ρύθμιση των θυρίδων αυτών είναι ταυτόσημη με την ρύθμιση των λαβυρινθοειδών υπερχειλιστών.

3.5.5.5 Η αρχιτεκτονική ενός Α.Α.Υ.Α. ανοικτού καναλιού

Α. Εισαγωγή

Στην τεχνολογία της απολύμανσης υγρών με Υ.Α. έχουν προταθεί διάφορες συνθέσεις ενός Α.Α.Υ.Α. ανοικτού καναλιού. Πριν τις αναφέρουμε είναι σκόπιμο να δώσουμε, συνοπτικά τους βασικούς, τρόπους διάταξης σε ένα ανοικτό κανάλι ενός Α.Α.Υ.Α.

Β. Κύρια συστήματα ενός Α.Α.Υ.Α.

Στο Σχήμα 3.8 έχουν δοθεί τα τρία κυρίαρχα στην αγορά συστήματα ενός Α.Α.Υ.Α.:

- Τα συστήματα οριζόντιας διάταξης : Στην εκδοχή αυτή οι λαμπτήρες διατάσσονται οριζόντια (δηλαδή παράλληλα με την ροή, Σχ.3.8α). Τέτοια συστήματα προσφέρουν οι οίκοι Trojan,Xylem/Wedeco κλπ.
- Τα συστήματα κατακόρυφης διάταξης. Είναι συστήματα Α.Α.Υ.Α. στα οποία οι λαμπτήρες διατάσσονται κατακόρυφα (κάθετα στην ροή,Σχ.3.8β) . Τέτοια συστήματα προσφέρουν οι οίκοι Ozonia / infilco Degremond , Glasco UV κλπ.
- Τα νεότερα συστήματα κεκλιμένης (45°) διάταξης : Είναι εκείνα τα συστήματα, στα οποία οι λαμπτήρες διατάσσονται υπό γωνία 45° (Σχ. 3.8γ). Είναι συστήματα, που αναπτύχθηκαν πρόσφατα (2011) από την εταιρεία Xylem/Wedeco και έρχονται να θεραπεύσουν αδυναμίες των δύο προηγούμενων συστημάτων.

Και στις τρεις (3) εκδοχές διακρίνονται βασικά δομικά στοιχεία που επεξηγούνται αμέσως παρακάτω .

Γ. Βασικά μέρη ενός Α.Α.Υ.Α.

- **Σειρά (Row) :** Η βασική δομή ενός Α.Α.Υ.Α. είναι το στοιχείο. Αποτελείται από έναν η περισσότερους λαμπτήρες μαζί με τα αντίστοιχα χιτώνια, οι οποίοι όμως λαμβάνουν ρεύμα από ένα κέντρο διανομής ισχύος.

  Ο συνολικός αριθμός λαμπτήρων σε κάθε στοιχείο εξαρτάται:

  - Από την κάθε φορά εφαρμογή
  - Από τις διαστάσεις του καναλιού, στο οποίο πρόκειται να τοποθετηθεί
  - Από τον κατασκευαστή λαμπτήρων
  - Από την μορφή του καννάβου, που επιλέγει ο οίκος κατασκευής του συγκεκριμένου Α.Α.Υ.Α. και την απόσταση (κέντρο με κέντρο) μεταξύ των λαμπτήρων. Η απόσταση αυτή καθορίζεται από το είδος του λαμπτήρα , τον

εξοπλισμό καθαρισμού των χιτωνίων και τον κατασκευαστή. Συνήθως η απόσταση αυτή κυμαίνεται μεταξύ 75 και 150mm.

- **Συστοιχία (Module) :** Η συστοιχία είναι η αμέσως επόμενη του στοιχείου ενότητα αρχιτεκτονικής δομής ενός Α.Α.Υ.Α. και συντίθεται από ένα η περισσότερα στοιχεία.

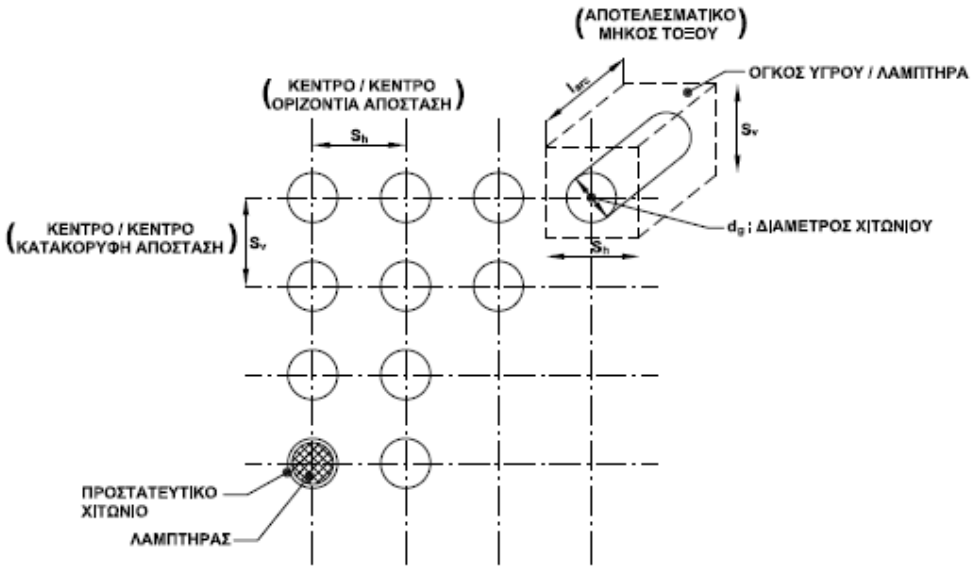
Τοποθετείται, σύμφωνα με τα σχέδια του κατασκευαστή σε ένα κανάλι. Χαρακτηριστικό της συστοιχίας είναι ότι η συνολική παροχή του καναλιού διέρχεται από μια τουλάχιστον συστοιχία. Οι συστοιχίες συνήθως τοποθετούνται σε ένα κανάλι εν σειρά (η μία μετά την άλλη).

- **Τράπεζα (Bank) :** Ένας ανεξάρτητος συνδυασμός μιας ή περισσοτέρων συστοιχιών σε σειρά με ενιαίο σύστημα καθαρισμού, ψύξης, αυτοματισμού και ελέγχου της στάθμης υγρών συνιστά μία τράπεζα ή αντιδραστήρα.
- **Ακολουθία αντιδραστήρων Υ.Α. (Reactor train) :** Ένας συνδυασμός αντιδραστήρων στην σειρά συνιστά μια ακολουθία αντιδραστήρων . Μια ακολουθία αντιδραστήρων συνοδεύεται πάντα από :
  - Διατάξεις υδραυλικής εισόδου και εξόδου στην ακολουθία
  - Υδραυλικό σύστημα ελέγχου και ρύθμισης στάθμης
  - Σύστημα συνολικού αυτοματισμού
- **Σύστημα απολύμανσης με Υ.Α. (UV disinfection system):** Ο συνδυασμός ενός αριθμού ακολουθιών αντιδραστήρων Υ.Α. με αυτόνομο σύστημα αυτοματισμών και ελέγχων συνεπώς ένα σύστημα απολύμανσης με Υ.Α.

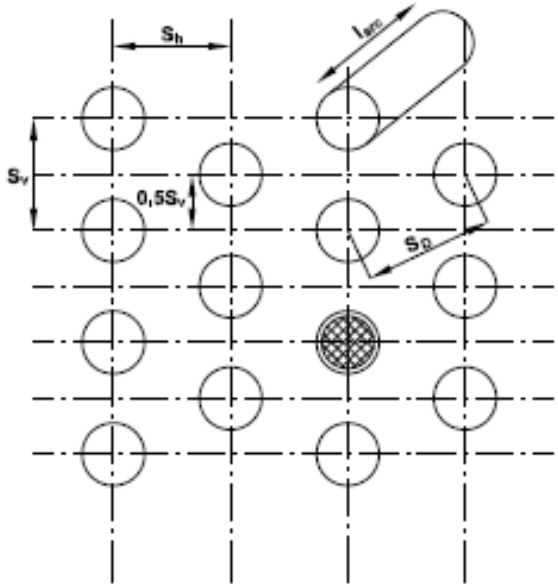
Δ. Συνθέσεις διατάξεων λαμπτήρων

Στην §3.5.5.5Β αναπτύχθηκαν οι τρεις βασικοί τρόποι διάταξης των συστοιχιών των λαμπτήρων, που χρησιμοποιούνται και απεικονίσθηκαν στο Σχήμα 3.8.

Κάθε μια από τις ανωτέρω διατάξεις τώρα μπορεί να συνδυασθεί με τους ακόλουθους τρόπους (διατάξεις) τοποθέτησης των λαμπτήρων κατά την έννοια της εγκάρσιας διατομής (βλ.Σχ.3.13).



(α)



(β)

ΣΧΗΜΑ 3.13. Συνθέσεις διατάξεων λαμπτήρων κατά την εγκάρσια έννοια

- **Την ομοιόμορφη τοποθέτηση** (uniform array), βλ.Σχ.3.13α. Κατ΄ αυτήν οι λαμπτήρες (μαζί με τα χιτώνια) τοποθετούνται με όμοιο τρόπο σε οριζόντιες σειρές και κατακόρυφες στήλες σε ίσες αποστάσεις (κέντρο με κέντρο) τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφα.

- **Την παραλληλόγραμμη ομοιόμορφη τοποθέτηση** (staggered uniform array) , βλ. Σχ.3.13β. Κατ΄ αυτήν την διάταξη (που είναι παρόμοια της πρώτης) η τοποθέτηση των λαμπτήρων της επόμενης σειράς γίνεται στα κενά που αφήνουν οι λαμπτήρες της προηγούμενης σειράς μειώνοντας έτσι καθοριστικά την πιθανότητα δημιουργίας «νεκρών» περιοχών. Και εδώ οι αποστάσεις (κέντρο με κέντρο) των λαμπτήρων, τόσο οριζόντια όσο και διαγώνια είναι ίσες. Έτσι, τα κέντρα γειτονικών λαμπτήρων δημιουργούν ισόπλευρα τρίγωνα.

Οι μόνοι περιορισμοί στους δύο παραπάνω τρόπους εγκάρσιας διάταξης των λαμπτήρων είναι οι ακόλουθοι δύο :

- Οι λαμπτήρες διατάσσονται παράλληλα, ο ένας με τον άλλο και η παραλληλότητα αυτή ισχύει για όλον τον Α.Α.Υ.Α.
- Το καθεστώς εγκάρσιας διάταξης είναι συνεχές και συμμετρικό σε όλον τον Α.Α.Υ.Α.

Φυσικά και για τους δύο τρόπους εγκάρσιας διάταξης η ροή μπορεί να είναι :

- Παράλληλη προς τους λαμπτήρες
- Κάθετη προς τους λαμπτήρες
- Πλάγια (διαγώνια με γωνία 45°) προς τους λαμπτήρες

3.5.5.6 Επιλογή αρχιτεκτονικής του υπό μελέτη Α.Α.Υ.Α.

Α. Εισαγωγή

Η διαδικασία επιλογής στην ουσία συνίσταται:

- Στην επιλογή του συστήματος του υπό μελέτη Α.Α.Υ.Α. (§3.5.5.5Β)
- Στην επιλογή της δομής του υπό μελέτη Α.Α.Υ.Α. (§3.5.5.5Γ) δηλαδή :
  - Πόσες συστοιχίες θα έχει ο υπό μελέτη Α.Α.Υ.Α.
  - Πόσα στοιχεία ανά συστοιχία
  - Με τι ισχύος λαμπτήρες θα εφοδιαστεί το κάθε στοιχείο
- Στην επιλογή του καθεστώτος υδραυλικής ροής δια μέσου του Α.Α.Υ.Α.
- Στην επιλογή του συστήματος ελέγχου, ώστε να ελέγχονται ταυτόχρονα (μέσω ενός «ευφυούς» πρωτοκόλλου αυτοματισμού):
  - Η παροχή
  - Η διαπερατότητα Υ.Α.
  - Η ένταση Υ.Α. (μέση ένταση σε μια συστοιχία)

έτσι ώστε η λειτουργία του Α.Α.Υ.Α. να προσαρμόζεται γρήγορα στις αλλαγές απαιτήσεων για απολύμανση.

Β. Επιλογή του συστήματος του υπό μελέτης Α.Α.Υ.Α.

Η επιλογή αυτή κυρίως έχει να κάνει με το καθεστώς υδραυλικών συνθηκών , που επικρατούν στον Α.Α.Υ.Α.

Οι υδραυλικές συνθήκες σε έναν Α.Α.Υ.Α. κυρίως εξαρτώνται :

α. Από την διάταξη των λαμπτήρων μέσα στον Α.Α.Υ.Α.

Είναι γνωστό ότι η αποδιδόμενη ισχύς Υ.Α. από έναν λαμπτήρα είναι μεταξύ άλλων η συνάρτηση της θερμοκρασίας των τοιχωμάτων του λαμπτήρα.

Έτσι, φαίνεται λογικό ότι τα συστήματα κατακόρυφης διάταξης, λόγω του ότι η μεταβολή της στάθμης λόγω μεταβαλλόμενων παροχών είναι έντονη σε αυτά, εμφανίζουν μεγαλύτερη μεταβλητότητα στην αποδιδόμενη δόση Υ.Α. απ΄ ότι τα άλλα δύο συστήματα διάταξης.

Επιπρόσθετα η κατακόρυφη διάταξη των λαμπτήρων προκαλεί υδραυλικές τύρβες γύρω και κυρίως πίσω από τους λαμπτήρες με αποτέλεσμα να εμφανίζεται σημαντική διασπορά των πραγματικών χρόνων έκθεσης των υγρών σημείων γύρω από την θεωρητική τιμή του χρόνου έκθεσης to , όπως αυτή προκύπτει από την σχέση (Γα) (βλ. και Σχ. 3.5γ). Τα συστήματα οριζόντιας και κεκλιμένης διάταξης φαίνεται να εμφανίζουν μικρότερη διασπορά των πραγματικών χρόνων έκθεσης σε σύγκριση με το σύστημα κατακόρυφης διάταξης, το οποίο αποκλείεται της περαιτέρω αξιολόγησης.

β. Από το κατάντη του Α.Α.Υ.Α. υδραυλικό σύστημα ελέγχου και ρύθμισης της στάθμης υγρών. Στην §3.5.5.3Δ αναπτύχθηκαν τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα συστήματα ελέγχου και ρύθμισης της στάθμης υγρών. Για την υπό μελέτη περίπτωση κρίνονται κατάλληλα τα ακόλουθα συστήματα :

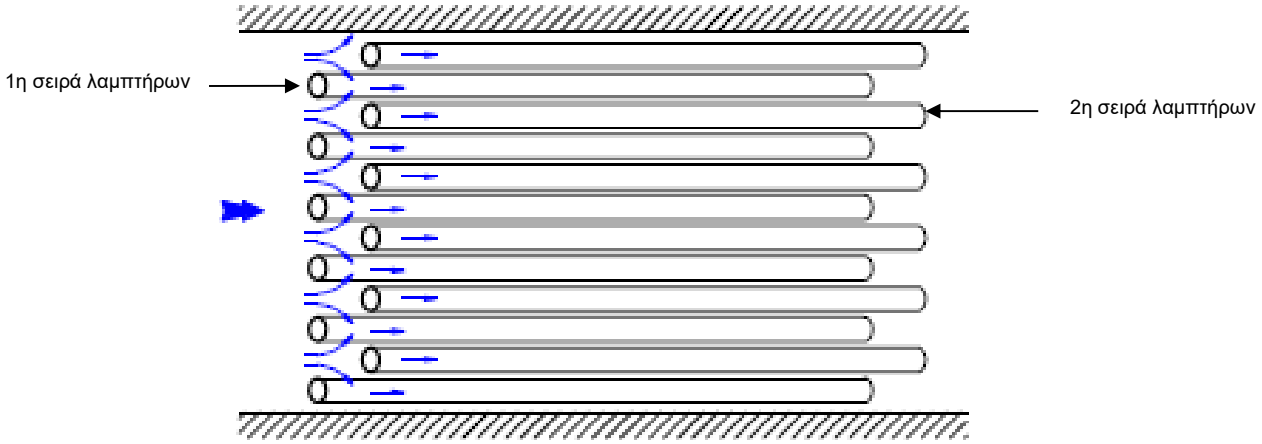
- Οι λαβυρινθοειδείς υπερχειλιστές λεπτής στέψης
- Οι ολισθαίνουσες θυρίδες (υπερχειλιστές) αυτόματης λειτουργίας .

Το κριτήριο επιλογής μεταξύ των δύο εναλλακτικών περιπτώσεων έχει να κάνει με τον διαθέσιμο χώρο στο κανάλι απολύμανσης.

γ. Από την διάταξη τοποθέτησης των λαμπτήρων κατά την έννοια της εγκάρσιας διατομής (βλ.§3.5.5.5Δ). Από τους δύο διαθέσιμους τρόπους διάταξης κατά την εγκάρσια έννοια

εκείνος της παραλληλόγραμμης ομοιόμορφης τοποθέτησης υπερτερεί του άλλου για τους εξής λόγους :

- Διαμορφώνει με ιδανικό τρόπο συνθήκες ήπιας τυρβώδους ροής, ιδίως όταν συνδυάζεται με συστήματα κεκλιμένης διάταξης (βλ.Σχ.3.8.γ)
- Λόγω του ότι η τοποθέτηση των λαμπτήρων της δεύτερης σειράς γίνεται στα κενά που αφήνουν οι λαμπτήρες της πρώτης σειράς, μηδενίζεται σχεδόν η πιθανότητα δημιουργίας νεκρών περιοχών (δηλ. περιοχών, που δέχονται ανεπαρκή δόση Υ.Α.(βλ.Σχ.3.14))



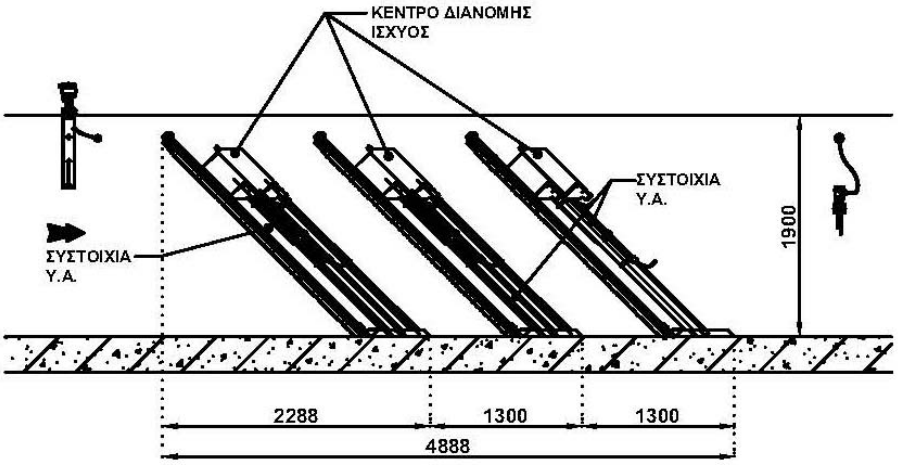
ΣΧΗΜΑ 3.14. : Παραλληλόγραμμη ομοιόμορφη τοποθέτηση λαμπτήρων (staggered uniform array) – υδραυλικές συνθήκες ροής

- Μειώνεται συνεπώς δραστικά η διασπορά των πραγματικών χρόνων έκθεσης των υγρών σημείων γύρω από τη θεωρητική τιμή του χρόνου έκθεσης to, (βλ.Σχ. 3.5.γ)

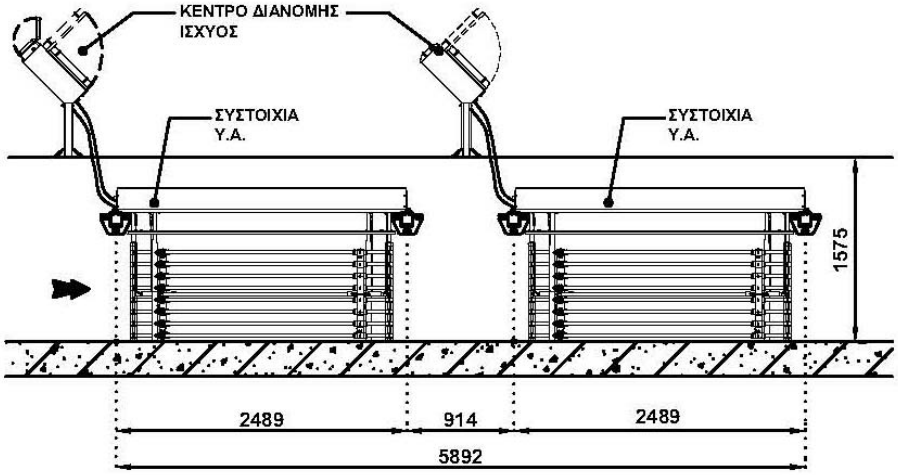
Εξετάζονται στην συνέχεια δύο συστήματα Α.Α.Υ.Α., αφού έχει αποκλεισθεί το σύστημα κατακόρυφης διάταξης :

- Το σύστημα οριζόντιας διάταξης
- Το σύστημα κελιμένης (45°) διάταξης

Στο Σχ. 3.15 δίνονται οι κατά μήκος τομές των δύο ανωτέρω συστημάτων, οι οποίες δείχνουν συγκροτήματα απολύμανσης με Υ.Α., τα οποία επιλέχθηκαν μετά από εξέταση πλήθους Α.Α.Υ.Α. διαφόρων κατασκευαστών. Σημειώνεται ότι και τα δύο συστήματα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της παρούσας μελέτης.



(α) ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΗΣ (45 ^{o}) ΔΙΑΤΑΞΗΣ



(β) ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

ΣΧΗΜΑ 3.15. : Κατά μήκος τομές συστημάτων Υ.Α.

Παρατηρούμε ότι οι συστοιχίες της κεκλιμένης διάταξης υπερκαλύπτει η μια την άλλη με αποτέλεσμα να καταλαμβάνει μικρότερο κατά 17% μήκος απ ότι η οριζόντια διάταξη ((5892-4888)/5892).

Επιλέγεται, τελικά, το σύστημα κεκλιμένης (45°) διάταξης για την παρούσα εφαρμογή.

Γ. Επιλογή βασικών μερών του υπό μελέτη Α.Α.Υ.Α.

Επί του παρόντος και με τα διαθέσιμα στοιχεία μπορούμε να επιλέξουμε τον ελάχιστο συνιστώμενο αριθμό συστοιχιών και σε επόμενη θέση, όπου θα διαστασιολογηθεί το Α.Α.Υ.Α. θα προχωρήσουμε στην λεπτομερή σύνθεση του συστήματος.

Στην §3.4.3 και συγκεκριμένα στον ΠΙΝΑΚΑ 3.9 αναφέρθηκαν οι απαιτήσεις σχεδιασμού στην έξοδο του όλου συστήματος της ΕΕΛ Λαμίας, συμπεριλαμβανομένης της μελετούμενης εδώ τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Αναφορικά με τις μικροβιολογικές παραμέτρους στην έξοδο η ΚΥΑ 145116 επιβάλλει ενδεικτικό π.μ/ο (π.μ/ο – στόχο) τα E.Coli. Είναι γνωστό ότι τα πλήρως επεξεργασμένα λύματα υπάρχει μια συσχέτιση μεταξύ TC και E.Coli, που περιγράφεται κατά προσέγγιση από την σχέση (3.24) (βλ.§3.6.5.5Α).

Έτσι, με όρους TC, η έξοδος σε TC που πρέπει να επιτευχθεί είναι της τάξης των 25MPN TC/100ml. Μια τέτοια απαίτηση και με την βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ 3.12 οδηγεί στην υιοθέτηση κατ΄ ελάχιστο 2 συστοιχιών λαμπτήρων εφόσον στην είσοδο του Α.Α.Υ.Α. υφίστανται 10^5 MPN TC/100ml.

3.5.5.7 Περιγραφή Α.Α.Υ.Α.

Α. Γενικά

Το υπό μελέτη συγκρότημα Α.Α.Υ.Α. θα αποτελείται από τα εξής τμήματα :

- Πλήρης εξοπλισμός απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία αποτελούμενος από λαμπτήρες χπ/υε, εγκατεστημένης ισχύος 600W, εγκατεστημένες κεκλιμένα (45°) σε ανοικτό κανάλι, διαρρυθμισμένο σε τρεις συστοιχίες για μέγιστη ευελιξία, ανάλογα με την εισερχόμενη παροχή. Η δομή του συγκροτήματος είναι η ακόλουθη :
  - Οι δύο πρώτες συστοιχίες αποτελούνται από δύο στοιχεία , ενώ η τρίτη από ένα στοιχείο .
  - Κάθε στοιχείο των δύο πρώτων συστοιχιών φέρει δύο σειρές (rows) λαμπτήρων, ενώ το τρίτο στοιχείο φέρει μια σειρά.
  - Κάθε σειρά φέρει έξι (6) λαμπτήρες και συνεπώς :
  - Κάθε στοιχείο των δύο πρώτων συστοιχιών φέρει δώδεκα (12) λαμπτήρες και οι δύο πρώτες συστοιχίες φέρουν συνολικά είκοσι τέσσερις (24) λαμπτήρες και η τελευταία δώδεκα (12).
- Σύστημα ελέγχου στάθμης με ηλεκτρικό θυρόφραγμα.
- Μετρητές έντασης Υ.Α. (έναν ανά συστοιχία τουλάχιστον)
- Αυτόματο συγκρότημα ηλεκτροκίνητης ανύψωσης των στοιχείων

- Ηλεκτρικό πίνακα και σύστημα ελέγχου
- Αυτόματο σύστημα καθαρισμού χιτωνίων χαλαζία και αισθητήρων
- Λογισμικό (software) διαχείρισης της μονάδας ρυθμιζόμενης ισχύος UV-C και δόσης ακτινοβολίας.

Β. Περιγραφή λειτουργίας

Τα προς απολύμανση υγρά από το κανάλι εξόδου των φίλτρων προσεγγίζουν τις τρεις συστοιχίες του Α.Α.Υ.Α. οι οποίες τοποθετούνται μέσα σε ανοικτό κανάλι.

Οι λαμπτήρες Υ.Α. εκπέμπουν (με μεταβαλλόμενη αυτόματα ένταση) ακτινοβολία σε μήκος κύματος 254nm, ιδιαίτερα αποτελεσματική για την απολύμανση: οι περιεχόμενοι μικροοργανισμοί καταστρέφονται ασφαλώς από αυτή την ακτινοβολία Υ.Α.. Η μονάδα ελέγχεται και παρακολουθείται από το σύστημα ελέγχου με μικροεπεξεργαστή.

Οι αισθητήρες Υ.Α. παρακολουθούν :

- Τους λαμπτήρες Υ.Α. λαμβάνοντας υπόψη την γήρανση και την αποδιδόμενη ισχύ
- Την διαπερατότητα του προς επεξεργασία μέσου
- Τα χιτώνια των λαμπτήρων ως προς τυχόν επικαθίσεις που σχηματίζονται πάνω τους.

Οι λαμπτήρες θα είναι αμαλγάματος υδραργύρου με ίνδιο χπ/υε εγκατεστημένης ισχύος 600W. Η λειτουργία τους παρακολουθείται συνεχώς μέσω των ηλεκτρονικών τσοκ (EC/100ml) και ενδεικτικής λυχνίας με σήμανση όταν καεί κάποιος λαμπτήρας. Ο αναμενόμενος χρόνος ζωής είναι περίπου 14.000 ώρες λειτουργίας και πρέπει να αντικαθίστανται έπειτα από 15.000 ώρες λειτουργίας το πολύ.

Γ. Σύστημα καθαρισμού - συντήρησης

Η απόδοση του συστήματος απολύμανσης ελέγχεται μέσω αισθητήρων Υ.Α. (UV sensors), όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Απαιτείται συχνός καθαρισμός των λυχνιών για την απομάκρυνση αποθέσεων ασβεστίου, σιδήρου, μαγγανίου και οργανικών που αποτίθενται στα τοιχία των χιτωνίων των λαμπτήρων του Α.Α.Υ.Α.

Ο Α.Α.Υ.Α. προβλέπεται να εξοπλισθεί:

- Με αυτόματο μηχανικό (απηλλαγμένο χημικών) σύστημα καθαρισμού τοποθετημένο στα στοιχεία των χιτωνίων των λαμπτήρων UV για να καθαρίζονται οι οργανικές και ανόργανες επικαθίσεις που σχηματίζονται στα χιτώνια των λυχνιών και στους αισθητήρες ακτινοβολίας.

- Με συγκρότημα ηλεκτροκίνητης ανύψωσης των στοιχείων. Το συγκρότημα ανύψωσης θα επιτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες :
  - Αντικατάσταση δακτυλίων καθαρισμού (wiper rings)
  - Οπτική επιθεώρηση
  - Παραμονή έξω από το κανάλι και όσα στοιχεία δεν απαιτείται να λειτουργούν
  - Αντικατάσταση των αισθητήρων Υ.Α.

Δ. Βαθμός απόδοσης – σύστημα διαχείρισης (αυτοματισμού)

Ο βαθμός απόδοσης, που επιτυγχάνεται με ένα σύστημα απολύμανσης με Υ.Α., έχει άμεση σχέση με την δόση της ακτινοβολίας, στην οποία εκτίθενται οι μικροοργανισμοί. Η δόση της υπεριώδους ακτινοβολίας (D), στην οποία εκτίθενται οι μικροοργανισμοί, είναι το γινόμενο της μέσης έντασης ακτινοβολίας (I) και του μέσου χρόνου παραμονής του υγρού (t) στον θάλαμο ακτινοβολίας (σχέση (Γα)).

Το σύστημα διαχείρισης (αυτοματισμού) του Α.Α.Υ.Α. στηρίζεται στην online λήψη πληροφοριών για τρείς βασικές παραμέτρους :

- Την εισερχόμενη παροχή
- Την μετρούμενη σε απ΄ευθείας σύνδεση (online) ένταση Υ.Α. (με τον αισθητήρα μέτρησης έντασης, που υπάρχει σε κάθε συστοιχία)
- Την διαπερατότητα των υγρών (UVT)

Λαμβάνονται επίσης υπόψη η γήρανση των λαμπτήρων και η επικάλυψη των χιτωνίων.

Με βάση τις πληροφορίες αυτές το σύστημα διαχείρισης σε συνεχή βάση :

- Ελέγχει το ποσοστό ονομαστικής έντασης, στο οποίο θα λειτουργούν οι λαμπτήρες κάθε φορά και σε περίπτωση ιδιαίτερα μικρών εισροών :
  - Τον αριθμό στοιχείων (ή συστοιχιών) οι λαμπτήρες των οποίων παραμένουν κλειστοί.

Η ένταση του συστήματος απολύμανσης καθορίζεται ανάλογα με τον χρόνο έκθεσης στην ακτινοβολία UV, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται πάντοτε η απαιτούμενη δόση. Ο χρόνος έκθεσης είναι ανάλογος της παροχής των λυμάτων.

Στους Α.Α.Υ.Α. η ένταση της ακτινοβολίας UV, που απορροφάται από τους μικροοργανισμούς, εξαρτάται από την απόδοση των λαμπτήρων, τον αριθμό και την απόσταση αυτών, καθώς και από την ικανότητα μετάδοσης της ακτινοβολίας μέσα στο υγρό.

Θα πρέπει να τονισθεί ότι η υφιστάμενη εγκατάσταση χλωρίωσης θα συνεχίζει να λειτουργεί , διότι έτσι θα προληφθεί η ανεπιθύμητη ανάπτυξη αλγών στο κοκκώδες υλικό (άμμο) του φίλτρου (πολυεπίπεδη παρέμβαση – Multibarrier Concept).

Τούτο θα έχει σαν αποτέλεσμα την περαιτέρω απομείωση του μικροβιακού φορτίου πριν την είσοδο στον Α.Α.Υ.Α.

Στην §3.6.5.3 δίνεται ο λογιστικός υπολογισμός της ελάχιστης απόδοσης του Α.Α.Υ.Α.

3.5.5.8 Παράμετροι σχεδιασμού

- Συγκέντρωση κολοβακτηριδίων εξόδου: ≤ • 5 EC/100ml για το 80% των δειγμάτων
  • 50 EC/100ml για το 95% των δειγμάτων
  (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9)
- Παροχή σχεδιασμού: $Q_{σχ}$ = 1000 m^3/hr (έλεγχος με 500m^3/hr)
- Ελάχιστη δόση ακτινοβολίας στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων (1mJ/cm^2=1000 μWsec/cm^2): 60mWsec/cm^2 (ΚΥΑ 145116/2011 Πίνακας 2)
- Συγκέντρωση σχεδιασμού αιωρούμενων στερεών εισόδου : SS_e = 10mg/lt
- Μέγιστη υιοθετούμενη τιμή διαπερατότητας : E=70%
- Ελάχιστος χρόνος ζωής λαμπτήρων: ~14.000 hrs

3.5.5.9 Βασικές διαστάσεις δομικών έργων

- Μήκος : 7,00m
- Πλάτος : 0,75m
- Ύψος ολικό : 3,25m

3.5.5.10 Ηλεκτροδότηση, ηλεκτρική εγκατάσταση , έλεγχος.

Η ηλεκτροδότηση της μονάδας απολύμανσης θα γίνει από τον τοπικό πίνακα του Α.Α.Υ.Α. (Τ.Π.3 – Σχ. ΗΛ – 01) με χαμηλή τάση 380/220 V, 50 Hz.

Η λειτουργία του Α.Α.Υ.Α. θα ρυθμίζεται αυτόματα (αριθμός συστοιχιών σε λειτουργία, ένταση λαμπτήρων ανά συστοιχία).

Ο Τ.Π.3 θα τοποθετηθεί σε κατάλληλα διαμορφωμένο οικίσκο, μηχανικά αεριζόμενο, παραπλεύρως της μονάδας (οικίσκος ηλεκτρικού πίνακα εξοπλισμού απολύμανσης, Σχ. ΠΜ – 02, ΗΜ – 02, ΗΜ – 03, ΗΛ – 01). Επίσης θα υπάρχει αυτόματη και χειροκίνητη επιλογή καθώς και τοπικοί διακόπτες ασφαλείας.

Το κέντρο ελέγχου του συστήματος θα περιλαμβάνει μικροϋπολογιστή με οθόνη και το σύστημα επικοινωνίας με τα υπόλοιπα υποσυστήματα και τα σήματα εισόδου -εξόδου και θα είναι ενσωματωμένος στον Τ.Π. 3.

Το σύστημα ελέγχου θα είναι προγραμματισμένο ώστε να παρέχει ασφαλή και επαρκή έλεγχο του Α.Α.Υ.Α. και των υπόλοιπων εξαρτημάτων του συστήματος.

Η επικοινωνία με τον χρήστη θα γίνεται μέσω μενού επιλογών, με αυτόματη εμφάνιση παραθύρων μηνυμάτων βλάβης σε καταστάσεις συναγερμού. Θα παρέχεται ένδειξη προς τον χρήστη αν απαιτείται συντήρηση ή για οποιαδήποτε ακραία κατάσταση συναγερμού στην οποία διακινδυνεύεται η απόδοση της απολύμανσης, που θα περιλαμβάνει αστοχία λυχνίας, χαμηλή ένταση UV, βλάβη στην επικοινωνία της συστοιχίας από διαρροή ρεύματος στο έδαφος, υπέρβαση ρεύματος πάνω από 12 Α για κάποια συστοιχία ή αποσύνδεση συστοιχίας. Οι συναγερμοί θα υποδεικνύουν τις λυχνίες σε βλάβη μέσω ενός συστήματος αρίθμησης – αναγνώρισης, που θα διευκρινίζει την συστοιχία, και την λυχνία. Ο συνολικός χρόνος λειτουργίας θα καταγράφεται και θα προβάλλεται στην οθόνη οπότε ζητείται.

Όσον αφορά στο σύστημα συνεχούς on-line μέτρησης και ελέγχου της έντασης της ακτινοβολίας θα περιλαμβάνει έναν αισθητήρα ανά συστοιχία. Ο αισθητήρας της έντασης της ακτινοβολίας θα μετρά την ένταση που θα παράγεται στην συστοιχία. Ο αισθητήρας δεν θα απαιτεί εργασίες συντήρησης και καθαρισμού, θα είναι πλήρως προστατευμένος καθώς θα είναι τοποθετημένος στο εσωτερικό ενός χιτωνίου όπως αυτό των λαμπτήρων. Στα συστήματα με αυτόματο καθαρισμό το χιτώνιο θα καθαρίζεται αυτόματα μαζί με τα χιτώνια των λαμπτήρων. Ο αισθητήρας θα περιέχει μια φωτοδίοδο, που θα δέχεται την υπεριώδη ακτινοβολία από το λαμπτήρα που θα βρίσκεται κάτω από αυτόν. Το φως θα μετατρέπεται στη συνέχεια σε αναλογικό σήμα και θα εμφανίζεται στην οθόνη του κέντρου ελέγχου του συστήματος σε mW/cm^2.

Σε περίπτωση που οι συνθήκες λειτουργίας δεν είναι οι απαιτούμενες και η δόση ακτινοβολίας είναι χαμηλότερη των προδιαγραφών ενεργοποιείται συναγερμός. Η εποπτεία της απολύμανσης είναι συνεχής.

3.5.6 Δεξαμενή τριτοβάθμιων επεξεργασμένων εκροών (Δ.Τ.Ε.Ε.) – ανλητικά συγκροτήματα

3.5.6.1 Γενικά

Μετά την απολύμανσή τους τα επεξεργασμένα λύματα θα οδηγούνται βαρυτικά στην δεξαμενή τριτοβάθμιων επεξεργασμένων εκροών (Δ.Τ.Ε.Ε.).

Απ εκεί είτε θα καταθλίβονται προς την υφιστάμενη αρδευτική τάφρο (θερινή λειτουργία) και θα αρδεύονται οι κατάντη καλλιέργειες είτε θα κατευθύνονται με την βοήθεια δίδυμου σίφωνα και μέσω υφιστάμενων διατάξεων στην γερμανική τάφρο (χειμερινή λειτουργία) αφού όμως θα έχουν υποστεί τριτοβάθμια επεξεργασίας (διήθηση).

Δίπλα στην Δ.Τ.Ε.Ε. τοποθετείται ομοεπίπεδα υπόγειος οικίσκος, μηχανικά αεριζόμενος, στον οποίο τοποθετείται το συγκρότημα των αντλιών του Α.Α.Τ.Ε. και ο ηλεκτρικός πίνακας χειρισμού αυτών (Τ.Π.1).

3.5.6.2 Περιγραφή Δ.Τ.Ε.Ε.

Η δεξαμενή κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα C32/40/S500s, έχει εξωτερικές διαστάσεις 8,80x4,60x7,00 κι έχει ωφέλιμο όγκο 82,00m^3.

Σε κλειστό και υπόγειο χώρο, πλευρικά της δεξαμενής, τοποθετείται το Α.Α.Τ.Ε. Ο χώρος έχει διαστάσεις εσωτερικές 4,90x4,70m και η πρόσβαση σε αυτόν γίνεται με κλίμακα από GRP. Το δάπεδο του χώρου διαμορφώνεται ομοεπίπεδα με τον πυθμένα της δεξαμενής.

Στο Α.Α.Τ.Ε. τοποθετούνται ΤΡΕΙΣ (3) αντλίες ξηρού τύπου.

Ο οικίσκος θα είναι μηχανικά αεριζόμενος για την αποφυγή υγρασίας και θα έχει κατάλληλο φωτισμό.

3.5.6.3 Ηλεκτροδότηση, ηλεκτρική εγκατάσταση, έλεγχος

Η ηλεκτροδότηση των αντλιών θα γίνει με χαμηλή τάση 400/220 V, 50 Hz.

Η λειτουργία των αντλιών θα ρυθμίζεται από τον Τοπικό Πίνακα (Τ.Π.1). Η λειτουργία των αντλιών θα εναλλάσσεται αυτόματα με σκοπό την ομοιόμορφη φθορά των κινητήρων, τριβέων κλπ.

Η επιλογή του τρόπου λειτουργίας των αντλιών του Α.Α.Τ.Ε. θα γίνεται μέσω επιλογικού διακόπτη με τις επιλογές MAN- 0 – AUTO .

Στον Τ.Π.1 θα υπάρχουν ενδείξεις για την λειτουργία – στάση βλάβη των αντλιών καθώς και για την πολύ υψηλή και πολύ χαμηλή στάθμη, ενώ για την δεύτερη θα υπάρχει και ηχητικό σήμα συναγερμού.

Το Α.Α.Τ.Ε. θα λειτουργεί θα λειτουργεί με βάση την στάθμη στην Δ.Τ.Ε.Ε. και κατά συνέπεια την εισερχόμενη παροχή. Στην Δ.Τ.Ε.Ε. εγκαθίστανται έξι (6) διακόπτες στάθμης τύπου ηλεκτροδίου, των οποίων η ένδειξη θα αντιστοιχεί σε:

- Ένας (1) διακόπτης πολύ χαμηλής στάθμης (LSLL): διακόπτης ξηρής λειτουργίας. Κάτω από την στάθμη αυτή δεν επιτρέπεται λειτουργία των αντλιών (διακοπή της λειτουργίας των αντλιών) και υπάρχει τοπικά οπτικοακουστική σήμανση.
- Ένας (1) διακόπτης χαμηλής στάθμης (LSL): διακοπή της λειτουργίας των αντλιών.
- Ένας (1) διακόπτης 1ης ενδιάμεσης στάθμης (LS1): εκκίνηση λειτουργίας πρώτης αντλίας.
- Ένας (1) διακόπτης 2ης ενδιάμεσης στάθμης (LS2): εκκίνηση λειτουργίας και της δεύτερης (εφεδρικής) αντλίας.
- Ένας (1) διακόπτης υψηλής στάθμης (LSH): εκκίνηση λειτουργίας και της τρίτης (εφεδρικής) αντλίας.
- Ένας (1) διακόπτης πολύ υψηλής στάθμης (LSHH): που ειδοποιεί για την στάθμη κινδύνου.

3.5.6.4 Παράμετροι σχεδιασμού

- Παροχή σχεδιασμού: 1.000,00 m^3/hr συνολικά, ή 500,00 m^3/hr ανά αντλία
- Αριθμός αντλιών: ΤΡΕΙΣ (3)
- Εφεδρεία: 50%
- Τύπος αντλιών: Ξηρού τύπου

3.5.7 <u>Λοιπά βοηθητικά έργα</u>

Τα ακάθαρτα νερά έκπλυσης των κλινών διήθησης θα συλλέγονται με ανεξάρτητο δίκτυο, το οποίο θα αποτελεί επέκταση του υφιστάμενου και θα συγκεντρώνονται στο υφιστάμενο αντλιοστάσιο στραγγιδίων, απ' όπου με δύο αντλίες, εκ των οποίων η μία εφεδρική, έκαστη παροχής 63m^3/h θα οδηγούνται σε φρεάτιο εκφόρτισης, απ' όπου στη συνέχεια με δίκτυο βαρύτητας από σωλήνες PVC διαμέτρου Φ355 καταλήγουν στο θάλαμο αναρρόφησης του αντλιοστασίου εισόδου.

Για την υδραυλική και ηλεκτρολογική ενσωμάτωση του μελετώμενου έργου με το υφιστάμενο έργο θα εκτελεστούν όλες οι απαραίτητες λοιπές εργασίες, τόσο για την πλήρη και έντεχνη κατασκευή αυτού όσο και για την σωστή λειτουργία του.

Συγκεκριμένα στα λοιπά βοηθητικά έργα της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων της Ε.Ε.Λ. Λαμίας περιλαμβάνονται:

- Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου του νέου έργου (δενδροφύτευση, κλπ.)
- Τροποποίηση και επέκταση του εσωτερικού δικτύου οδοποιίας
- Υδραυλικές συνδέσεις των επιμέρους μονάδων
- Επέκταση των υφιστάμενων βοηθητικών δικτύων ύδρευσης και βιομηχανικού νερού.
- Δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας προς τις νέες μονάδες και ο/οι τοπικοί πίνακες.
- Δίκτυο ασθενών ρευμάτων και τα PLCs του συστήματος αυτοματισμού και ελέγχου των νέων μονάδων
- Επέκταση εξωτερικού φωτισμού

3.6 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΩΝ

3.6.1 Γενικά – δεδομένα σχεδιασμού

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η διαστασιολόγηση των μονάδων της ΕΕΥΑ/ΕΕΛ Λαμίας για την φάση σχεδιασμού δηλαδή για τα μεγέθη, που αναφέρθηκαν στον ΠΙΝΑΚΑ 3.9.

3.6.2 Απομάκρυνση φωσφόρου

3.6.2.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα παράγραφο γίνεται ο υπολογισμός για το σύστημα απομάκρυνσης φωσφόρου με χημική κροκίδωση στην περίπτωση που από τις μετρήσεις των δευτεροβάθμιων εκροών προκύψει η ανάγκη απομάκρυνσης φωσφόρου.

Η διαστασιολόγηση βασίζεται στις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ 3.9 για τον φώσφορο και για παροχή 22920,00 m^3/ημ.

- Με βάση την απαιτούμενη συγκέντρωση εξόδου σε φώσφορο (~2 mg/lt) και δεδομένου ότι η συγκέντρωση εισόδου είναι 5.5mg/lt, απαιτείται απομάκρυνση φωσφόρου της τάξης του 64%.

Η απομάκρυνση του φωσφόρου γίνεται με χημική μέθοδο με προσθήκη κροκιδωτικού. Το αναλυτικό ισοζύγιο φωσφόρου φαίνεται στον Πίνακα 3.14 και έχει ως εξής:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.14

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΤΙΜΗ
1	Ολικός φώσφορος (TP) εισόδου	mg/lt	5,5
2	Ολικός φώσφορος (TP) τελικής εκροής	mg/lt	2,0
3	Ποσότητα TP για χημική απομάκρυνση (σε όρους συγκέντρωσης)	mg/lt	3,5
4	Ποσότητα TP για χημική απομάκρυνση για παροχή 1000m^3/hr	kgP/hr	3,5
5	Ποσοστό συνολικά απομειούμενου TP	%	64
6	Ημερήσια ποσότητα TP για χημική απομάκρυνση (0,0035x22.920,00)	kgP/ημ	80,22

Όπως αναφέρθηκε και στην §3.5.2.2 η προς δέσμευση ποσότητα φωσφόρου καταβυθίζεται με τρισθενή σίδηρο Fe^{+3} υπό μορφή άλατος $FeClSO_4$, το οποίο είναι εμπορικά διαθέσιμο στην Ελλάδα και χαμηλού κόστους, επειδή παράγεται σαν παραπροϊόν βιομηχανικής διεργασίας.

Οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι οι ακόλουθες:

$$PO_4^{-3} + Fe^{+3} \rightarrow FePO_4 \downarrow \quad (3.2)$$

$$Fe^{+3} + 3(OH) \rightarrow Fe(OH)_3 \downarrow \quad (3.3)$$

Από την παραπάνω αντίδραση προκύπτει ότι η θεωρητική απαίτηση είναι ένα γραμμομόριο Fe^{+3} για κάθε γραμμομόριο P, συνεπώς απαιτούνται 1,80grFe για την απομάκρυνση 1grP.

Στην πράξη όμως λόγω δευτερογενών αντιδράσεων που λαμβάνουν μέρος, γίνεται αύξηση της κ.β. αναλογίας κατά 25% της στοιχειομετρικά απαιτούμενης, δηλαδή η παραπάνω αναλογία προσαυξάνεται σε 2,25grFe^{+3} / gr P.

Επομένως η ποσότητα του δοσομετρούμενου Fe^{+3} υπολογίζεται από τη σχέση:

(Δοσομετρούμενος Fe^{+3}) = (Χημικά δεσμευόμενος P) x 2,25 (kg/hr) (3.4)

Η ωριαία κατανάλωση του διαλύματος $FeClSO_4$, συγκέντρωσης σε τρισθενή Fe^{+3} 12.3% και ειδικού βάρους 1.5 kg/l θα είναι :

$q_{FeClSO4}$ = Δοσομετρούμενος Fe^{+3} /(0,123 x 1,5) lt/hr (3.5)

Στον επόμενο ΠΙΝΑΚΑ 3.15 δίνονται οι προκύπτουσες ποσότητες διαλύματος $FeClSO_4$ 12,3% κ.β. σε ωριαία και ημερήσια βάση και προσδιορίζονται οι αναγκαίες παροχές των δοσομετρικών αντλίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΩΡΙΑΙΑ ΚΑΙ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ $FeClSO_4$

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
1	Χημικά δεσμευόμενο ΤΡ (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11)	kg/hr	3,5
2	Δοσομετρούμενος Fe^{+3} (σχέση 3.4) 2,25 x 3,50	kg/hr	7,88
3	Ωριαία κατανάλωση διαλύματος $FeClSO_4$ (σχέση (3.5)) 7,88/(0,123x1,50)	lt/hr	42,71
4	Ημερήσια παροχή λυμάτων σχεδιασμού (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1)	m^3/ημ	22920
5	Απαιτούμενος ημερήσιος όγκος διαλύματος $FeClSO_4$ (22,92x42,71)	lt/ημ	978,91
6	Ελάχιστος χρόνος αποθήκευσης	ημ	7
7	Απαιτούμενος όγκος αποθήκευσης	lt	6852
ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΣΟΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ			
8	Αριθμός δοχείων $FeClSO_4$	N	1
9	Όγκος δοχείου αποθήκευσης $FeClSO_4$	lt	10000
10	Επιλεγείς συντελεστής ασφαλείας		1,3
11	Ελάχιστη απαιτούμενη παροχή δοσομετρικής αντλίας (1,3x42,71)	lt/hr	60,00

3.6.2.2 Εκτίμηση παραγόμενης ποσότητας χημικής ιλύος

Η παραγόμενη ποσότητα χημικής ιλύος λόγω δέσμευσης του Fe^{+3} από τον φώσφορο προκύπτει από την στοιχειομετρία της αντίδρασης (3.2) :

$$FePO_4 = (Χημικά\ δεσμευόμενη\ ποσότητα P) \times 151/31 \quad (3.6)$$

Η δεσμευόμενη ποσότητα Fe^{3+} προκύπτει από την παραγόμενη ποσότητα $FePO_4$ από την σχέση :

Fe^{3+} = (παραγόμενη ποσότητα χημ.λάσπης ($FePO_4$))x $\frac{A.B(Fe)}{M.B(FePO_4)}$ δηλ.

$$Fe^{3+} = (παραγόμενη\ ποσότητα\ χημ.λάσπης\ (FePO_4))/2,70 \quad (3.7)$$

Δεδομένου ότι η δοσομετρούμενη ποσότητα σιδήρου είναι μεγαλύτερη της στοιχειομετρικής, η υπολειπόμενη ποσότητα σιδήρου καταβυθίζεται ως $Fe(OH)_3$ σύμφωνα με την αντίδραση (3.3) και υπολογίζεται:

$$Fe(OH)_3 = (Υπολειπόμενος Fe^{+3}) x 107/56 \quad (3.8)$$

Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 3.16

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.16

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
1	Χημικά δεσμευόμενη ποσότητα TP (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12) 22,92x3,5	kg/ημ	80,22
2	Χημική Δόση Fe^{+3}/P	mol/mol	1,00
3	Χημική Δόση Fe^{+3}/P	kg/kg	2,25
4	Δοσομετρούμενος Fe^{+3} (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12) 22,92x7,88	kg/ημ	180,61
5	Δοσομετρούμενος Fe^{+3} (σε όρους συγκέντρωσης) 180,61/22920,00	mg/lt	7,88
6	Δοσομετρούμενο $FeClSO_4$ 180,61/0,123	kg/ημ	1468,36
7	Ημερήσια παραγόμενη ποσότητα $FePO_4$ (σχέση (3.6)) 80,22x(151/31)	kg/ημ	390,67
8	Δεσμευόμενη ποσότητα Fe^{+3} από P (σχέση (3.7)) 390,67 / 2,70	kg/ημ	144,69
9	Υπολειπόμενη ποσότητα Fe^{+3} 180,61 – 144,69	kg/ημ	35,92
10	Ημερήσια παραγόμενη ποσότητα $Fe(OH)_3$ (σχέση (3.8)) 35,92x(107/56)	kg/ημ	68,63
11	Συνολικά παραγόμενη χημική ιλύς 390,67 + 68,63	kg/ημ	459,30

3.6.3 Μονάδα κροκίδωσης

3.6.3.1 Υπολογισμός ωφέλιμου όγκου δεξαμενής κροκίδωσης

Για την χημική δέσμευση του εναπομείναντος φωσφόρου και των αιωρουμένων στερεών απαιτείται δεξαμενή κροκίδωσης που θα παρέχει χρόνο επαφής του κροκιδωτικού μέσου με τα λύματα μεγαλύτερο ή ίσο από 10 min στην παροχή σχεδιασμού $Q_{σχ}$ = 1000,00m^3/hr. Ο αριθμός των διαμερισμάτων της δεξαμενής κροκίδωσης προβλέπεται να είναι τρία (3).

3.6.3.2 Ανάδευση και διασκορπισμός ισχύος

Για να επιτευχθεί ικανοποιητική κροκίδωση, ώστε οι προκαλούμενοι θρόμβοι να απομακρύνονται αποτελεσματικά με την διήθηση θα πρέπει στο στάδιο της κροκίδωσης μα επιβληθούν οι κατάλληλες συνθήκες ανάδευσης (ισχύς και χρόνος ανάδευσης).

Αποφασίζεται να τοποθετηθεί αναδευτήρας κατακόρυφου άξονα, εφοδιασμένος με πτερωτή πυθμένα (bottom – acting mixer) και ηλεκτρομειωτήρα επιφανείας (κατάλληλο για την τοποθέτηση στο ύπαιθρο), μικρής κατανάλωσης ενέργειας και κατάλληλος για δημιουργία πολύ μικρών διατμητικών τάσεων στο υπό ανάδευση υγρό. Τέτοιοι

αναδευτήρες φέρουν πτερωτή υπερβολοειδούς μορφής και είναι κατάλληλοι για ανάδευση χωρίς θραύση των κροκίδων.

Βασικοί παράμετροι των συστημάτων κροκίδωσης είναι :

- Ο χρόνος παραμονής t, min

  Ο χρόνος παραμονής δίνεται από την σχέση :

$$t = \frac{V}{Q_{\sigma\chi}}$$, όπου

- V : Ο όγκος της δεξαμενής κροκίδωσης, m^3
- $Q_{\sigma\chi}$: Η παροχή σχεδιασμού, m^3/min
- Η κλίση ταχύτητας G (velocity gradient).

  Η κλίση ταχύτητας ορίζεται από την σχέση :

$$G = -\frac{dv}{dy}$$, όπου

- dv : Η διαφορά ταχυτήτων μεταξύ δύο σωματιδίων.
- dy : Η μεταξύ τους απόσταση.

Η ανωτέρω σχέση έχει άμεση σχέση με την κινητική της συσσωμάτωσης και την ενέργεια που προσφέρουμε στο σύστημα και που μετατρέπεται σε κινητική.

Πρακτικά και επειδή έχουμε τυρβώδη ροή στην οποία η κλίση ταχύτητας αλλάζει από σημείο σε σημείο χρησιμοποιούμε μια μέση τιμή του G, την $\overline{G}$, που εξαρτάται από την συνολική ενέργεια P που μεταφέρεται στο υγρά, τον όγκο V στον οποίο γίνεται η ανάδευση και το δυναμικό ιξώδες μ του υγρού σύμφωνα με την σχέση:

$$\boxed{\overline{G} = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot v}}}$$ (3.9) , όπου

- $\overline{G}$: Η μέση κλίση ταχύτητας, sec^{-1}
- P : Η ισχύς ανάδευσης των υγρών,w
- μ : το δυναμικό ιξώδες του υγρού (απόλυτη συνεκτικότητα), ($1{,}139 \times 10^{-3}$ N-sec/m^2)
- V : ο όγκος της αναδευόμενης δεξαμενής,m^3

Κριτήρια για την ικανοποιητική ανάδευση της δεξαμενής είναι:

- Μέση κλίση ταχύτητας $\overline{G}$ = 50÷ 100sec^{-1}
- Ταχύτητα περιστροφής αναδευτήρα N ≤ 100 rpm

3.6.3.3 Υπολογισμοί

Στον επόμενο ΠΙΝΑΚΑ 3.17 παρουσιάζονται οι υπολογισμοί για τον απαιτούμενο ωφέλιμο όγκο της δεξαμενής κροκίδωσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.17

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΩΦΕΛΙΜΟΣ ΟΓΚΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΚΡΟΚΙΔΩΣΗΣ

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΤΙΜΗ
	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ		
1	Παροχή σχεδιασμού	m^3/hr	1000
2	Χρόνος παραμονής	min	≥10
3	Αριθμός θαλάμων δεξαμενής κροκίδωσης	n	3
4	Δυναμικό ιξώδες	$N\text{-}sec/m^2$	$1,139x10^{-3}$
5	Κλάσμα μέσης κλίσης ταχύτητας 1ου θαλάμου $\overline{G}_1$	sec^{-1}	100
6	Κλάσμα μέσης κλίσης ταχύτητας 2ου θαλάμου $\overline{G}_2$	sec^{-1}	70
7	Κλάσμα μέσης κλίσης ταχύτητας 3ου θαλάμου $\overline{G}_3$	sec^{-1}	50
	ΕΞΑΓΟΜΕΝΑ		
8	Απαιτούμενος ωφέλιμος όγκος δεξαμενής (1000x10/60)	m^3	166,67
9	Αριθμός δεξαμενών	n_1	1
10	Αριθμός θαλάμων δεξαμενής	n_2	3
11	Πλάτος θαλάμου	m	4,00
12	Μήκος διαμερίσματος	m	4,00
13	Ύψος υγρών θαλάμων (5,96-2,30,§4.7.10)	m	3,66
14	Ωφέλιμος όγκος θαλάμου	m^3	58,56
15	Ωφέλιμος όγκος δεξαμενής	m^3	175,68
16	Χρόνος παραμονής (≥10min)	min	10,54
17	Ελάχιστη ισχύς ανάδευσης 1ου θαλάμου ($P_1 = 100^2 x1,139x10^{-3} x 58,56$)	W	667
18	Ελάχιστη ισχύς ανάδευσης 2ου θαλάμου ($P_2 = 70^2 x1,139x10^{-3} x 58,56$)	W	327
19	Ελάχιστη ισχύς ανάδευσης 3ου θαλάμου ($P_3 = 50^2 x1,139x10^{-3} x 58,56$)	W	167
20	Αριθμός αναδευτήρων ανά διαμέρισμα	N	1

3.6.3.4 Βασικές διαστάσεις δομικών έργων

Α. Δεξαμενή κροκίδωσης

- Αριθμός διαμερισμάτων : ΤΡΙΑ (3)
- Μήκος : 4,00m
- Πλάτος : 4,00m
- Βάθος υγρών: 3,50m
- Ύψος : 4,00m

Β. Κτίριο χημικών

- Μήκος : 3,60m
- Πλάτος : 1,90m
- Ύψος : 2,85m

3.6.4 <u>Μονάδα διήθησης</u>

3.6.4.1 Παράμετροι σχεδιασμού

Η μονάδα διήθησης σχεδιάζεται βάσει των κριτηρίων που συνοψίζονται στον ΠΙΝΑΚΑ 3.18 που ακολουθεί.

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.18</u>
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΟΝΑΔΑΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΟΝ	ΤΙΜΗ
1	Ελάχιστος αριθμός μονάδων	τεμ	4
2	Τύπος μονάδας διήθησης	-	Συνεχούς λειτουργίας αυτόματης έκπλυσης μέσω μετακινούμενης γέφυρας
3	Παροχή σχεδιασμού, $Q_{σχ}$	m^3/hr	1000,00
4	Επιφανειακή φόρτιση για την ωριαία παροχή σχεδιασμού (1000m^3/hr)	m^3/ m^2- hr	≤5,00
5	Συγκέντρωση BOD_5 στην είσοδο των φίλτρων (δυσμενής περίπτωση)	mg/lt	≤30,00
6	Συγκέντρωση BOD_5 στην έξοδο των φίλτρων	mg/lt	≤10,00
7	Συγκέντρωση στερεών στην είσοδο των φίλτρων (δυσμενής περίπτωση)	mg/lt	≤35,00
8	Συγκέντρωση στερεών στην έξοδο	mg/lt	≤10,00
9	Απαιτούμενη παροχή έκπλυσης	m^3/ m^2- hr	≥40,00
10	Λόγος μήκους / πλάτος κλίνης	-	≤6:1
11	Φόρτιση στερεών για την μέση ωριαία παροχή και για εισερχόμενα SS≤35mg/lt		≤0,25kgSS/m^2-hr

3.6.4.2 Υπολογισμός απαιτούμενης επιφάνειας βάσει υδραυλικής φόρτισης

Με βάση τα δεδομένα του ΠΙΝΑΚΑ 3.18 δίνονται στον επόμενο ΠΙΝΑΚΑ 3.19 οι υπολογισμοί για την απαιτούμενη ενεργή επιφάνεια φίλτρανσης με βάση την επιτρεπόμενη επιφανειακή υδραυλική φόρτιση στην παροχή σχεδιασμού.

Με τον όρο ενεργή επιφάνεια εννοείται η καθαρή επιφάνεια φίλτρανσης, χωρίς να υπολογίζεται σε αυτή η επιφάνεια, που αντιστοιχεί στο τμήμα (κυψέλη) του φίλτρου που βρίσκεται υπό διαδικασία έκπλυσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.19

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΦΙΛΤΡΑΝΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΤΙΜΗ
1	Παροχή σχεδιασμού	m^3/nr	1000
2	Επιφανειακή φόρτιση για την παροχή σχεδιασμού	m^3/ m^2.hr	5,00
3	Συνολικά απαιτούμενη επιφάνεια φίλτρανσης (για την παροχή σχεδιασμού)	m^2	200

3.6.4.3 Υπολογισμός απαιτούμενης επιφάνειας βάσει της φόρτισης στερεών

Με βάση την φόρτιση στερεών η μονάδα διαστασιολογείται να λειτουργεί σε φόρτιση χαμηλότερη από 0,25 kgSS/m^2, για την παροχή σχεδιασμού.

Η επιφανειακή φόρτιση στερεών, προκύπτει από το άθροισμα της ποσότητας αιωρουμένων στερεών (γινόμενο παροχής και συγκέντρωσης αιωρούμενων στερεών στην είσοδο του συγκροτήματος διήθησης) και της ποσότητας της χημικής ιλύος διαιρούμενο με την επιφάνεια αυτού. Έτσι:

$$E = \frac{Q_{\sigma\chi} \times SS + P_{\chi\eta\mu}}{\mathrm{A}} \quad (3.10)$$, όπου

- $Q_{\sigma\chi}$: η παροχή σχεδιασμού, m^3/hr
- SS : η συγκέντρωση στερεών στην είσοδο της μονάδας διήθησης, SS=35mg/lt =0.035kg/m^3 (δυσμενής παραδοχή)
- $P_{\chi\eta\mu}$: Η συνολική παραγόμενη ιλύς, Kg/hr
- A: η επιτρεπόμενη φόρτιση στερεών, A = 0,25 KgSS/m^2.hr

Στον Πίνακα 3.20 δίνονται οι υπολογισμοί για την απαιτούμενη επιφάνεια φίλτρανσης με βάση την φόρτιση στερεών στην παροχή σχεδιασμού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.20

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΦΙΛΤΡΑΝΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ

Α/Α	ΜΕΓΕΘΟΣ	Μ.Μ	ΤΙΜΗ
1	Παροχή σχεδιασμού	m^3/hr	1000,00
2	Αιωρούμενα στερεά δευτεροβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων (SS) (ΠΙΝ 3.11)	mg/lt	35
3	Εισερχόμενα αιωρούμενα στερεά (μέγιστη τιμή) (0,035x1000,00)	kgSS/hr	35
4	Ημερήσια συνολικά παραγόμενη χημική ιλύς (ΠΙΝ 3.16)	kgSS/ημ	459,30
5	Συνολικά παραγόμενη χημική ιλύς ανά ώρα (1000/22920x459,30)	kgSS/hr	20,04
6	Συνολική ποσότητα εισερχομένων στερεών(35+20,04)	kgSS/hr	55,04
7	Επιφανειακή φόρτιση (ΠΙΝ 3.18)	KgSS/m^2-hr	0,25
8	Συνολικά απαιτούμενη επιφάνεια φίλτρανσης με βάση τη φόρτιση στερεών (55,04/0,25)	m^2	220,16

Συνεπώς με βάση τους Πίνακες 3.19 και 3.20 η ελάχιστη απαιτούμενη καθαρή επιφάνεια φίλτρανσης είναι 220,16m^2.

3.6.4.4 Επιλεγείσα μονάδα - έλεγχος κριτηρίων

Δοθέντος ότι ο τύπος των αμμόφιλτρων, που τελικά επιλέχθηκε είναι προϊόν βιομηχανικής ανάπτυξης (proprietary design) , μερικές διαστάσεις της κλίνης λαμβάνονται από τα πληροφοριακά στοιχεία του οίκου, που έχει αναπτύξει τον συγκεκριμένο τύπο αμμόφιλτρων (φίλτρα συνεχούς λειτουργίας, αυτόματης έκπλυσης μέσω μετακινούμενης γέφυρας)

Επιλέγονται τελικώς τέσσερις (4) μονάδες διήθησης με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Αριθμός κλινών (φίλτρων): Τέσσερα (4)
- Ενεργό πλάτος διηθητικής κλίνης (μήκος κυψέλης): 3,80m (9ft)
- Πλάτος κυψέλης (από άξονα panel διαχωρισμού σε άξονα panel διαχωρισμού): 0,3048m (12in)
- Αριθμός κυψελών ανά κλίνη (φίλτρο): 50
- Ωφέλιμη επιφάνεια έκαστης κυψέλης: 1,16m^2
- Διαστάσεις κλίνης έκαστου φίλτρου: 15,25 x 3,80m

- Επιφάνεια διήθησης έκαστου φίλτρου: 50 x 1,16 = 58,00m^2
- Συνολική επιφάνεια διήθησης φίλτρων: 232,00m^2
- Ενεργός επιφάνεια διήθησης (μια κυψέλη σε κάθε φίλτρο σε διαδικασία έκπλυσης): 232,00 – 4 x 1,16 = 227,36m^2 (>220,16m^2)
- Ύψος κλίνης άμμου: 40cm (16in)
- Τύπος άμμου: Πυριτική, κοκκομετρίας 0,55 τ 0,75mm και συντελεστή ομοιομορφίας <1,5
- Στήριξη διηθητικού μέσου: Σε ψευδοπυθμένα από πορώδεις πλάκες

Οι υπολογισμοί ελέγχου των επιλεχθεισών κλινών, παρουσιάζονται στον επόμενο ΠΙΝΑΚΑ 3.21.

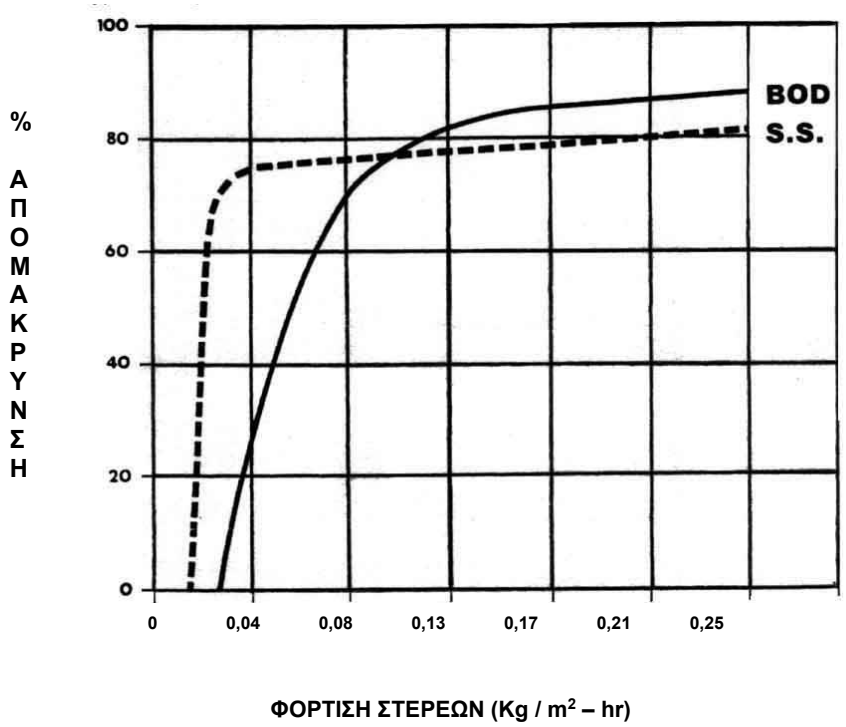
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.21

ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΙΛΕΓΕΙΣΕΣ ΚΛΙΝΕΣ

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΤΙΜΗ
	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ		
1	Παροχή σχεδιασμού	m^3/nr	1000
2	Επιφανειακή φόρτιση για την παροχή σχεδιασμού	m^3/ m^2.hr	≤5,00
3	Επιτρεπόμενη επιφανειακή φόρτιση στερεών	KgSS/m^2.hr	≤0,25
4	Συνολική ποσότητα εισερχόμενης βιολογικής και χημικής ιλύος (ΠΙΝ 3.20)	KgSS/ m^2-hr	55,04
5	Συγκέντρωση συνολικών SS στην δυσμενέστερη περίπτωση (ΠΙΝ 3.20) (55,04/1000)x1000	mg/lt	55,04
	ΕΠΙΛΕΓΕΙΣΑ ΜΟΝΑΔΑ		
6	Αριθμός κλινών (φίλτρων)	No	4
7	Πλάτος κυψέλης	M	0,3048
8	Αριθμός κυψελών ανά φίλτρο	Τεμ	50
9	Μήκος φίλτρου	m	15,25
10	Πλάτος φίλτρου (μήκος κυψέλης)	m	3,80
11	Επιφάνεια κυψέλης	-	1,16
12	Ενεργός επιφάνεια φίλτρου σε λειτουργία (-1 κυψέλη)	m^2	56,84
13	Συνολική ενεργός επιφάνεια (-4 κυψέλες)	m^2	227,36
	ΈΛΕΓΧΟΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ		
14	Επιφανειακή (υδραυλική) φόρτιση (1000/227,36)	m^3/m^2.hr	4,40
15	Ωριαία επιφανειακή φόρτιση στερεών (55,04/227,6)	KgSS/ m^2.hr	0,24
16	Ημερήσια επιφανειακή φόρτιση στερεών ((459,30+35)/227,6)	KgSS/ m^2.ημ	2,17

3.6.4.5 Εκτίμηση απόδοσης

Οι τυπικές αποδόσεις απομάκρυνσης SS και BOD_5, που παρέχονται από οίκους, που κατασκευάζουν τέτοιου είδους φίλτρα για διηθητικό μέσο άμμο 0,55 ÷0,65 mm και ημερήσιες φορτίσεις στερεών 0÷6 kg/m^2.ημ δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



ΣΧΗΜΑ 3.16 : Αποδόσεις απομάκρυνσης BOD & SS

Τονίζεται ότι η καμπύλη του Σχ.3.16 έχουν προκύψει από μετρήσεις σε μη κροκιδωμένα λύματα από δευτεροβάθμιες εκροές.

Εφόσον χρησιμοποιηθεί κροκίδωση, τότε γίνεται δεκτή μια αύξηση του 20% ως προς την κατακράτηση SS και σωματιδιακού BOD_5.

Με βάση:

- τις συγκεντρώσεις εισόδου BOD_5 και SS (Πίνακας 3.18)
- την παροχή σχεδιασμού (Πίνακας 3.18)
- την <u>ενεργή</u> επιφάνεια φίλτρανσης (Πίνακας 3.21)
- την ημερήσια επιφανειακή φόρτιση στερεών (Πίνακας 3.21) και με βάση το διάγραμμα, υπολογίζονται οι αποδόσεις.

- Ως προς SS : 80-81%
- Ως προς το BOD_5 (μη διαλυτό): 88%

Με την προσθήκη κροκιδωτικών οι αντίστοιχες αποδόσεις μπορούν να ληφθούν (20% προσαύξηση)

- Ως προς SS : ~ 95%
- Ως προς το BOD_5 (μη διαλυτό): ~ 96%

Αναφέρεται ότι το ολικό BOD_5 στα διαυγασμένα λύματα αποτελεί το άθροισμα του BOD_5, που οφείλεται στα αιωρούμενα στερεά ($pBOD_5$), που δεν έχουν καθιζάνει και στο διαλυτό BOD_5 ($sBOD_5$), που διέφυγε της βιολογικής επεξεργασίας. Επομένως, το BOD_5 που εισάγεται στους υπολογισμούς απομάκρυνσης πρέπει να διορθωθεί και να περιλαμβάνει μόνο το μη διαλυτό BOD_5.

$pBOD_5$ = (1,42 $grBOD_5/grVSS$) x (0,70grVSS/grSS) x (0,68$grBOD_5/grBOD_{\square}$) x 35 mgSS/lt = 23,65 mg/lt ≈ 24,0 mg/lt

Το υπόλοιπο θα είναι το διαλυτό BOD_5: $sBOD_5$ = 30.0 - 24,0 = 6,0 mg/lt

Ο επόμενος Πίνακας 3.22 δίνει την απόδοση απομάκρυνσης ως προς SS και BOD_5, που επιτυγχάνεται στις μελετώμενες κλίνες διήθησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.22

ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΙ BOD_5

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΤΙΜΗ
1	Παροχή σχεδιασμού	m^3/nr	1000
2	Συγκέντρωση εισερχόμενων αιωρούμενων στερεών στις κλίνες διήθησης (SS) – δυσμενέστερη περίπτωση (ΠΙΝ 3.21)	mg/lt	55,04
3	Συγκέντρωση εισερχόμενου BOD_5 στις κλίνες διήθησης	mg/lt	30
4	Συγκέντρωση εισερχόμενου μη διαλυτού BOD_5 στις κλίνες διήθησης	mg/lt	24
5	Επιφανειακή φόρτιση στερεών	KgSS/m^2-hr	0,24
6	Απόδοση απομάκρυνσης στερεών (βάσει διαγράμματος)	%	95
7	Απόδοση απομάκρυνσης BOD_5 (βάσει διαγράμματος)	%	96
8	Συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στην έξοδο των κλινών διήθησης (SS) (55,04x0,05)	mg/lt	2,8
9	Συγκέντρωση μη διαλυτού BOD_5 στην έξοδο των κλινών διήθησης (24,0 x 0,04)	mg/lt	1,0
10	Συγκέντρωση BOD_5 στην έξοδο των κλινών διήθησης (1,0+6,0)	mg/lt	7,0

3.6.4.6 Υπολογισμός θολότητας

Η συσχέτιση μεταξύ SS και θολότητας δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$TSS\ (mg/lt) = 2{,}4 \times \theta o\lambda o\tau\eta\tau\alpha\ (NTU) \quad (3.11)$$

Με βάση την υπολογισθείσα συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στην έξοδο των κλινών διήθησης (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.22) η θολότητα μπορεί να εκτιμηθεί από την σχέση (3.11):

θολότητα = 2,8mg/lt / 2,4 = 1,77NTU

3.6.4.7 Υπολογισμός αντλιών έκπλυσης

Η έκπλυση της κάθε κυψέλης έκαστης κλίνης θα γίνεται μέσω υποβρύχιας αντλίας, που θα είναι αναρτημένη στη γέφυρα, η οποία θα κινείται κατά μήκος της δεξαμενής με ταχύτητα περίπου 0,5 m/min. Η απαιτούμενη παροχή έκπλυσης είναι $40m^3/m^2.hr$. Έτσι για εμβαδόν κυψέλης $1{,}16m^2$ (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.21) η παροχή της αντλίας έκπλυσης θα είναι:

$40\ m^3/m\text{-}hr \times 1{,}16m^2 \approx 46{,}4m^3/hr$, με εκτιμώμενο μανομετρικό 8.5 μΣΥ.

Επιλέγονται τελικά 2 αντλίες (ανά φίλτρο) με χαρακτηριστικά $46{,}3m^3/hr$ στα 8,31μΣΥ, εγκατεστημένης ισχύος $N_{εγκ}$ = 2,4kw και καταναλισκόμενης $N_{κατ}$ = 1,8kw.

3.6.4.8 Υπολογισμοί αντλιών αποκομιδής επιπλεόντων

Για την αποκομιδή των επιπλεόντων η απαιτούμενη παροχή είναι $5{,}00m^3/hr$ Επιλέγεται, τελικά, μια αντλία (ανά φίλτρο) παροχής $6{,}00m^3/hr$ σε μανομετρικό 7,6m, εγκατεστημένης ισχύος $N_{εγκ}$ = 1,1kw και καταναλισκόμενης $N_{κατ}$ = 0,7kw.

3.6.4.9 Εκτίμηση παραμέτρων κύκλου έκπλυσης

Για την εκτέλεση της βασικής λειτουργίας της έκπλυσης θα ενεργοποιείται ένα σύνολο Η/Μ εξοπλισμού, όπως:

- Η γέφυρα, πάνω στην οποία θα είναι τοποθετημένα τα συγκροτήματα έκπλυσης και αποκομιδής απόνερων
- Μια (1) αντλία έκπλυσης
- Μια (1) αντλία για την αποκομιδή των απόνερων
- Μια (1) αντλία αποκομιδής επιπλεόντων

Η παροχή της αντλίας αποκομιδής των απόνερων θα ρυθμίζεται συνήθως κατά 5% μεγαλύτερη της παροχής της αντλίας έκπλυσης.

Για τον προσδιορισμό του ημερησίου όγκου νερών έκπλυσης λαμβάνονται υπόψη οι κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες του μελετώμενου συγκροτήματος διήθησης και η εκτιμώμενη συχνότητα κύκλων έκπλυσης.

Με βάση τα παραπάνω παρατίθενται στη συνέχεια οι παραδοχές, στις οποίες βασίζονται οι υπολογισμοί της παραγράφου αυτής:

- Απαιτούμενη παροχή έκπλυσης: $40m^3/m^2$-hr
- Αριθμός κυψελών ανά κλίνη (φίλτρο): 50 (σύνολο 200)
- Ωφέλιμη επιφάνεια έκαστης κυψέλης: $1,16m^2$
- Πλάτος κυψέλης (από άξονα panel διαχωρισμού σε άξονα panel διαχωρισμού): 0,3048m
- Ταχύτητα κίνησης γέφυρας: 0,50m/min
- Μέσος χρόνος έκπλυσης έκαστης κυψέλης διήθησης:

$$t_1 = \frac{0,3048(m)}{0,50(m/\min)} \times 60\left(\frac{\sec}{\min}\right) = 36,6\sec$$

- Αναγκαίος όγκος υγρών έκπλυσης ανά κυψέλη και πέρασμα της γέφυρας:

$$V_1 = 40\left(\frac{m^3}{m^2 - hr}\right) \times 1,16\left(m^2\right) \times \frac{36,6}{3600}(hr) = 0,47m^3$$

- Παροχή αντλίας έκπλυσης:

$$Q_\alpha = 40\left(\frac{m^3}{m^2 - hr}\right) \times 1,16\left(m^2\right) \approx 46,5m^3/hr$$

- Μήκος διαδρομής γέφυρας: 15,25m
- Χρόνος έκπλυσης έκαστης κλίνης (φίλτρου):

$$t_2 = \frac{15,25(m)}{0,50(m/\min)} = 30,50\min/\,\delta\iota\alpha\delta\rho o\mu\acute{\eta}$$

- Όγκος νερού έκπλυσης ανά διαδρομή:

$$V_1 = Q_\alpha \cdot t_2 = 46,5\left(\frac{m^3}{hr}\right) \times \frac{30,50}{60}(hr) = 23,64m^3/\,\phi\acute{\iota}\lambda\tau\rho o$$

- Μέσος ημερήσιος αριθμός εκπλύσεων (για είσοδο SS=30mg/lt) ανά φίλτρο: 6 (μία ανά 4,0h)
- Μέσος ημερήσιος αριθμός κύκλων απομάκρυνσης επιπλεόντων: 1
- Συνολικός ημερήσιος όγκος νερού έκπλυσης ανά φίλτρο: 6 x 23,64 = 141,84m^3
- Παροχή επιπλεόντων:

$$Q_{\varepsilon} = 5,00 m^3 / hr$$

- Όγκος επιπλεόντων έκπλυσης ανά διαδρομή:

$$V_1 = Q_{\alpha} \cdot t_2 = 5,00\left(\frac{m^3}{hr}\right) \times \frac{30,50}{60}(hr) = 2,54 m^3 / \phi\acute{\iota}\lambda\tau\rho o$$

- Συνολικός ημερήσιος όγκος επιπλεόντων έκπλυσης ανά φίλτρο: 1 x 2,54 = 2,54m^3
- Συνολικός όγκος νερού έκπλυσης και επιπλεόντων και για τα τέσσερα φίλτρα:

  V_{OX} = (141,84 + 2,54) x 4 = 577,52m^3
- Ποσοστό όγκου ανακυκλοφορίας προς όγκο διηθητικού νερού:

  E=577,52/24000=2,4%

3.6.4.10 Διαχείριση στραγγιδίων φίλτρων

Στην δυσμενέστερη περίπτωση θα συμβεί έκπλυση ταυτόχρονα στα τέσσερα (4) φίλτρα. Η συνολική παροχή στραγγιδίων και επιπλεόντων προκύπτει (§3.6.4.7 και §3.6.4.8) :

$$Q_{\sigma\tau} = 4 \times 46,4 + 4 \times 6,00 \simeq 210,00 m^3 / hr$$

Σε κάθε ένα φίλτρο προβλέπεται κανάλι συλλογής στραγγιδίων και επιπλεόντων από GRP, το οποίο παροχετεύει τα στραγγίδια στον θάλαμο συλλογής στραγγιδίων πλάτους 0,80m, του οποίου ο πυθμένας συμπίπτει με τον πυθμένα του φίλτρου.

Οι τέσσερεις θάλαμοι συνδέονται στους πυθμένες τους με αγωγούς Φ250/PVC/Σ41, μέσω των οποίων τα στραγγίδια παροχετεύονται σε φρεάτιο που κατασκευάζεται δίπλα από το συγκρότημα φίλτρων από το οποίο μέσω αγωγού Φ250/PVC/Σ41 οδεύουν στο υφιστάμενο δίκτυο στραγγιδίων των κλινών ξήρανσης των ΕΕΛ Λαμίας (Βλ.ΣΧ.ΓΕ01).

3.6.5 Μονάδα απολύμανσης με Υ.Α. (αντιδραστήρας απολύμανσης υπεριώδους ακτινοβολίας – Α.Α.Υ.Α.)

3.6.5.1 Παραδοχές σχεδιασμού

Οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού δόθηκαν στην §3.5.5.8. Εδώ δίνονται επιπρόσθετες παραδοχές σχεδιασμού, που θα συντελέσουν στην σε οριστικό στάδιο διαστασιολόγηση της μονάδας . Αναγκαστικά, λοιπόν, χρησιμοποιούνται στοιχεία, που πάρθηκαν από εύφημους κατασκευαστές συστημάτων απολύμανσης με Υ.Α. μετά από προσεκτική εξέταση στοιχείων.

Τα επιπρόσθετα στοιχεία – παράμετροι είναι τα ακόλουθα:

- Καταλληλότερη αρχιτεκτονική για την υπό μελέτη μονάδα απολύμανσης με Υ.Α.:

Α.Α.Υ.Α., ανοικτού καναλιού, κεκλιμένης (45°) διάταξης, τριών (3) τουλάχιστον συστοιχιών, εφοδιασμένος με λαμπτήρες εγκατεστημένης ισχύος 500W τουλάχιστον σε παραλληλόγραμμη ομοιόμορφη τοποθέτηση κατά την εγκάρσια έννοια

- Ρύθμιση λειτουργίας Α.Α.Υ.Α.: Με βάση την μετρούμενη κάθε φορά ένταση UV μέσω ειδικών υποβρύχιων αισθητήρων.
- Σύστημα καθαρισμού λαμπτήρων: Αυτόματο, μηχανικό
- Υπολογισμός μέσης έντασης στον Α.Α.Υ.Α.: Με βάση το λογισμικό UV DIS της EPA (EPA/625/1-86/021).
- Διαπερατότητα : 70%
- Απομείωση της διαπερατότητας Υ.Α. κατά την διέλευση από το πλήρως καθαρό προστατευτικό περίβλημα (χιτώνιο, quartz sleeve): 8% ή συντελεστής σ_1 = 0,92.
- Απομείωση της διαπερατότητας Υ.Α. λόγω γήρανσης των λαμπτήρων: 10% ή συντελεστής σ_2 = 0,90.
- Απομείωση, λόγω αύξησης της θολότητας του χιτωνίου: 5% ή συντελεστής σ_3 = 0,95.
- Ρύθμιση στάθμης: Αυτόματη με ηλεκτρικό θυρόφραγμα στα κατάντη.

3.6.5.2 Υπολογισμός απόδοσης Α.Α.Υ.Α.

Ο λογιστικός υπολογισμός απόδοσης του υπό μελέτη ΑΑΥΑ βασίζεται στις ακόλουθες παραδοχές, οι οποίες επιβεβαιώνονται βιβλιογραφικά.

- Συγκέντρωση κολοβακτηριδίων (E.coli) στα ανεπεξέργαστα λύματα : $N_o = 10^7/100ml$
- Ικανότητα απομείωσης ανά στάδιο επεξεργασίας (εκφρασμένη σε log) :
  - Κατά τον εσχαρισμό : $\log\left(N_1/N_o\right) = -0,05 \Rightarrow N_1 = \frac{N_o}{10^{0,05}}$
  - Κατά την εξάμμωση: $\log\left(N_2/N_1\right) = -0,05 \Rightarrow N_2 = \frac{N_1}{10^{0,05}} = \frac{N_o}{10^{0,1}}$
  - Κατά την βιολογική επεξεργασία : $\log\left(N_3/N_2\right) = -1,50 \Rightarrow N_3 = \frac{N_2}{10^{1,50}} = \frac{N_o}{10^{1,6}}$
  - Κατά την διήθηση μέσω κοκκώδους υλικού: $\log\left(N_4/N_3\right) = -0,60 \Rightarrow N_4 = \frac{N_3}{10^{0,60}} = \frac{N_o}{10^{2,2}}$

Έτσι στην έξοδο των φίλτρων η συγκέντρωση E.coli υπολογίζεται να είναι : $N_4 = \frac{10^8}{10^{2,2}} \simeq 12600/100ml$

Η ελάχιστη απόδοση του Α.Α.Υ.Α. θα πρέπει να είναι :

$$E_{\min} = \frac{N_4 - N_e}{N_4} \times 100 = \frac{12600-5}{12600} \times 100 = 99,96\%$$

Λαμβάνεται , για λόγους ασφαλείας συγκέντρωση E.coli ανάντη του ΑΑΥΑ ίση με 50000/100ml, οπότε η απόδοση σχεδιασμού του Α.Α.Υ.Α. θα πρέπει να είναι $E_{\sigma\chi} = \frac{50000-5}{50000} \times 100 = 99,99\%$ ή 4,0log (βλ.§3.5.5.3,E_1).

3.6.5.3 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου απολύμανσης με Υ.Α.

Α. Εισαγωγικά

Ο στόχος της απολύμανσης των τριτοβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων είναι η καταστροφή (αδρανοποίηση) των παθογόνων μικροοργανισμών (π.μ/ο) σε τέτοια επίπεδα, ώστε η διάθεση του ανακτημένου νερού, δηλαδή των τριτοβάθμια επεξεργασμένων και απολυμασμένων λυμάτων στους υδάτινους αποδέκτες να μην δημιουργεί κινδύνους στην δημόσια υγεία.

Στην §3.5.5.3Δ αναφέρθηκαν οι σημαντικότεροι παράγοντες, που επηρεάζουν τον ρυθμό αδρανοποίησης των π.μ/ο (ιοί, βακτήρια, παράσιτα κλπ.)

Όπως επίσης αναφέρθηκε στην ίδια παράγραφο στόχος της προσομοίωσης της απολύμανσης με Υ.Α. είναι να περιγράψει (αναλυτικά) μια σχέση (καμπύλη) δόσης – απόκρισης η οποία να προσεγγίζει την καμπύλη του Σχ. 3.9

Τα χρόνια που μεσολάβησαν από το 1990 μέχρι το 2000, στο Πανεπιστήμιο της California στο Davis παρήχθη μια εκτενής πειραματική δουλειά προκειμένου να αναπτυχθεί ένα μαθηματικού μοντέλο που να προσεγγίζει ικανοποιητικά την καμπύλη του Σχ. 3.9. Η βασική προσέγγιση στηρίχθηκε στην ιδέα να αναπτυχθούν ξεχωριστά :

- Ένα μαθηματικό μοντέλο, που να περιγράφει τον ρυθμό αδρανοποίησης εκείνων των π.μ/ο, που είναι διασπαρμένοι και
- Ένα μαθηματικό μοντέλο, που να περιγράφει τον ρυθμό αδρανοποίησης εκείνων των π.μ/ο που είναι «συσχετισμένοι» (παγιδευμένοι) στα αιωρούμενα στερεά .

Στα επόμενα θα παρουσιασθεί η ανωτέρω προσομοίωση, που χαρακτηρίζεται ως η γενικά αποδεκτή προσομοίωση της διαδικασίας απολύμανσης με Υ.Α. επεξεργασμένων τριτοβάθμιων εκροών.

Β. Προσομοίωση της περιοχής ΑΒ (Σχ.3.9)

Η περιοχή ΑΒ της καμπύλης δόσης – απόκρισης, όπως έχει αναφερθεί στην §3.5.5.3E_1, μοντελοποιείται καλύτερα με μια κινητική πρώτης τάξης. Είναι γνωστό ότι ο Νόμος του Chick (ιδανικό μοντέλο απολύμανσης) εκφράζει μια κινητική πρώτης τάξης.

Για δόσεις Υ.Α. μεγαλύτερες από 10 mJ/cm^2 (100 J/m^2), που είναι η ελάχιστη τυπική και χρησιμοποιείται στις εφαρμογές Α.Υ.Α. στα λύματα, η ακόλουθη σχέση μπορεί να εφαρμοσθεί, ώστε να περιγραφεί η λογαριθμογραμμική ταχύτητα αδρανοποίησης των π.μ/ο.

$$N_D(t) = N_D(0) \times e^{-kIt} = N_D(0) \times e^{-kD}$$ (3.12), όπου

- $N_D(t)$: Ο ολικός αριθμός διεσπαρμένων π.μ/ο (διακριτών ατόμων ή μικρών συστάδων ατόμων π.μ/ο , βλ. §3.5.5.3E_1), που επιβίωσαν στην χρονική στιγμή t (πυκνότητα π.μ/ο που παρέμειναν μετά από έκθεση σε Υ.Α. για χρόνο t), [πλήθος / μονάδα ρευστού όγκου]
- $N_D(0)$: Ο ολικός αριθμός διεσπαρμένων π.μ/ο πριν την έκθεση σε Υ.Α. (στην χρονική στιγμή t =0)
- K: Συντελεστής ρυθμού αδρανοποίησης (καταστροφής), cm^2/mw·s

- I: Μέση ένταση της Υ.Α. στον περιβάλλοντα την πηγή όγκο υγρών mw/cm^2. Ο υπολογισμός της μέσης έντασης της Υ.Α. αναπτύσσεται πιο κάτω.
- t: Χρόνος έκθεσης, sec
- D: Η δόση Υ.Α., mJ/cm^2, που γνωρίσαμε στην §3.5.5.3Γ και όπως είναι γνωστό δίνεται από την σχέση (Γα)

Επομένως η (3.12) περιγράφει μια κινητική $1^{ης}$ τάξης, δηλαδή προσομοιάζει ικανοποιητικά το τμήμα ΑΒ της καμπύλης του Σχ. 3.9.

Θα πρέπει να τονισθεί πως η εξίσωση (3.12) είναι εφαρμόσιμη μόνο στην περίπτωση π.μ/ο σε διασπορά, διότι όλα τα μέλη της ομάδας υφίστανται την ίδια ένταση Υ.Α. (υποτίθενται συνθήκες πλήρους μίξης).

Ένας π.μ/ο παγιδευμένος σε αιωρούμενο στερεό θα δεχθεί λιγότερη ένταση Υ.Α. σε σχέση με έναν π.μ/ο που βρίσκεται σε διασπορά. Είναι ανάγκη, λοιπόν, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, να αναπτυχθεί ένα μοντέλο περιγραφής της απολύμανσης με Υ.Α. το οποίο :

- Να περιλαμβάνει την κινητική $1^{ης}$ τάξης, που περιγράφεται από την σχέση (3.12).
- Να ενσωματώνει, ταυτόχρονα, και τα χαρακτηριστικά του φαινομένου της αναχαίτισης (tailing effect), που συμβολίζει το τμήμα ΒΓ της καμπύλης του Σχ. 3.9.

Γ. Προσομοίωση της περιοχής ΒΓ (Σχ. 3.9)

Το μοντέλο του Παν.Calif. - Davis βασίσθηκε στις επόμενες θεμελιώδεις παροδοχές:

- Η συγκέντρωση των π.μ/ο στην έξοδο του Α.Α.Υ.Α είναι ανεξάρτητη από την συγκέντρωση των π.μ./ο στην είσοδο, δηλαδή ο νόμος του Chick δεν εφαρμόζεται στην περιοχή αναχαίτισης (τμήμα ΒΓ της καμπύλης του Σχ. 3.9) , δοθέντος ότι ένα μεγάλο ποσοστό της αδρανοποίησης έχει επιτευχθεί στα πρώτα στάδια παροχής της δόσης Υ.Α. αφού το μεγαλύτερο ποσοστό των π.μ/ο αντιπροσωπεύουν οι «ελεύθεροι» π.μ/ο
- Η συγκέντρωση π.μ/ο στην έξοδο του Α.Α.Υ.Α. εξαρτάται από την συγκέντρωση εκείνων των SS στην τριτοβάθμια εκροή, κάθε ένα από τα οποία περιέχει <u>τουλάχιστον</u> έναν π.μ/ο.

Με βάση τις ανωτέρω παραδοχές αναπτύχθηκε μια κινητική, η οποία περιγράφει τον ρυθμό αδρανοποίησης των «παγιδευμένων» π.μ/ο όπου η εφαρμοζόμενη ένταση Υ.Α. στον περιβάλλοντα υγρό όγκο είναι γνωστή :

$$N_p(t) = \frac{N_P(o)}{k \cdot D}\left(1 - e^{-kD}\right)$$ (3.13), όπου

- $N_p(t)$: Ο ολικός αριθμός των αιωρούμενων στερεών (σωματιδίων), κάθε ένα εκ των οποίων περιέχει τουλάχιστον ένα <u>επιβιώσαντα</u> π.μ/ο μετά από εφαρμογή δόσης Υ.Α. ίσης με D, δηλαδή μετά την παρέλευση χρόνου έκθεσης στην Υ.Α. ίσου με t
- $N_p(o)$: Ο ολικός αριθμός των αιωρούμενων στερεών (σωματιδίων), κάθε ένα εκ των οποίων περιέχει τουλάχιστον ένα π.μ/ο πριν την εφαρμογή δόσης Υ.Α. ίσης με D, δηλαδή την χρονική στιγμή t =0
- K: Συντελεστής ρυθμού αδρανοποίησης (καταστροφής), cm^2/ mJ
- D: Η δόση Υ.Α., mJ/cm^2, που γνωρίσαμε στην §3.5.5.3Γ και όπως είναι γνωστό δίνεται από την σχέση (Γα)

Η σχέση (3.13) έχει βρεθεί ότι ισχύει για όλους τους τύπους δευτεροβάθμιας επεξεργασίας (παρατεταμένος αερισμός, παρατεταμένος αερισμός με απομάκρυνση N κ' P κλπ.) καθώς και για τριτοβάθμιες εκροές μετά από διήθηση.

Δ. Προσομοίωση της περιοχής ΑΓ (ενοποιημένο μοντέλο, Σχ. 3.9)

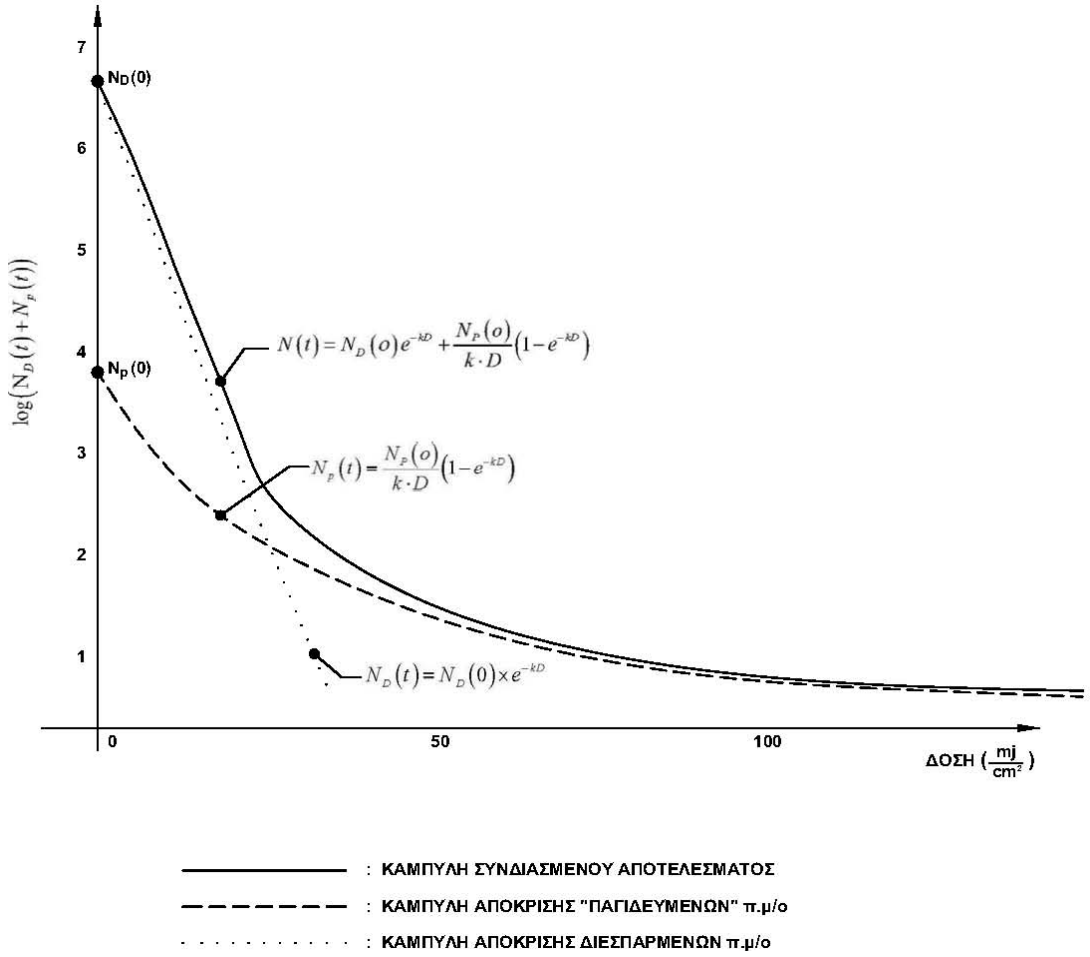
Με βάση τα αναφερθέντα στις δύο προηγούμενες παραγράφους ο πληθυσμός των διασπασμένων και των παγιδευμένων σε σωματίδια π.μ/ο, που επιβίωσαν μετά την απολύμανση με Υ.Α. είναι :

$N(t) = N_D(t) + N_p(t)$ και λόγω των (3.12) και (3.13)

$$N(t) = N_D(o) \times e^{-kD} + \frac{N_p(o)}{kD}\left(1 - e^{-kD}\right)$$ (3.14), όπου :

- N(t): Ο ολικός αριθμός των π.μ/ο («ελεύθερων» και «παγιδευμένων») που εξακολουθούν να είναι ενεργοί μετά από χρόνο έκθεσης στην Υ.Α t .

Στο Σχ.3.17 δίνεται η καμπύλη, που παράγεται από την (3.14) και προσεγγίζει την καμπύλη του Σχ. 3.9.



ΣΧΗΜΑ 3.17 : Καμπύλη δόσης – απόκρισης Παν. Calif. - Davis

Η περιοχή, που δεν προσεγγίζεται από την σχέση προσομοίωσης (3.14) είναι το τμήμα ΟΑ της καμπύλης του Σχ. 3.9 (φάση υστέρησης ρυθμού αδρανοποίησης π.μ/ο). Η περιοχή αυτή αντιστοιχεί σε ένα φάσμα μικρών δόσεων Υ.Α. που δεν αντιστοιχούν σε μεγέθη δόσεων, που συνήθως χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές απολύμανσης με Υ.Α. για επεξεργασμένα (δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια) λύματα και επομένως για τις συγκεκριμένες εφαρμογές έχει μικρή σημασία η μοντελοποίηση του τμήματος αυτού της καμπύλης του Σχ. 3.9.

Η επίλυση (με την μέθοδο των διαδοχικών δοκιμών) της (3.14) ως προς D οδηγεί σε μια πρώτη εκτίμηση της αναγκαίας δόσης για αποτελεσματική απολύμανση.

Στα επόμενα αναπτύσσεται η σχετική μεθοδολογία και ο αντίστοιχος αλγόριθμος για μια ντετερμινιστική σχεδιαστική προσέγγιση ενός Α.Α.Υ.Α. (§3.5.5.3E_2)

3.6.5.4 Μεθοδολογία διαστασιολόγησης

Για την λογιστική εκτίμηση του ρυθμού απομείωσης των π.μ/ο – στόχος (E.coli) θα χρησιμοποιηθεί η μαθηματική προσομοίωση που περιγράφεται από την (3.14) . Για την επίλυση της (3.14) είναι ανάγκη να είναι γνωστά τα εξής :

- Η σταθερά, που εκφράζει τον ρυθμό αδρανοποίησης των π.μ/ο – στόχος (E.coli). Περιορισμένα βιβλιογραφικά δεδομένα οδηγούν στην υιοθέτηση της τιμής κ=0,030m^2/J ή 0,30cm^2/mwsec
- Ο ολικός αριθμός N_D(ο) των διασπαρμένων π.μ/ο – στόχων (E.coli).Θεωρούμε (§3.6.5.2) πως N_D(ο)=50000/100ml.
- Ο ολικός αριθμός N_p(ο) των σωματιδίων, κάθε ένα εκ των οποίων περιέχει ένα <u>τουλάχιστον</u> π.μ/ο – στόχο (E.coli). Συνήθως, η παράμετρος αυτή συσχετίζεται με ένα μετρήσιμο μέγεθός, όπως, για παράδειγμα, η συγκέντρωση SS στο ρεύμα τριτοβάθμιων εκροών. Συσχετίζοντας τον λογάριθμο της συγκέντρωσης (αριθμού) των π.μ/ο στο ρεύμα των τριτοβάθμιων εκροών με τον λογάριθμο της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών (TSS) στο ρεύμα αυτό και μετά την σχετική επεξεργασία, η συσχέτιση παίρνει την μορφή :

$$N_p(o) = c(TSS)^m$$ (3.15), όπου :

- $N_p(o)$ σε MPN/100ml
- TSS σε mg/lt

Περιορισμένα βιβλιογραφικά δεδομένα οδηγούν σε τιμές των παραμέτρων c και m ίσες με :

- c = 0,25
- m = 2,0

Επομένως, με εφαρμογή της (3.15) προκύπτει

$$N_p(o) = 0,25 \times (10)^2 = 25/100ml$$

Συντηρητικά δεχόμαστε N_p(ο)= 50/100ml

- Η δόση (D) της Υ.Α. είναι βασικό μέγεθος για την διαστασιολόγηση ενός Α.Α.Υ.Α., ο σχεδιασμός του οποίου βασίζεται στον σωστό υπολογισμό της δόσης.

Η δόση Υ.Α. μέσα σε έναν Α.Α.Υ.Α. δίνεται από την σχέση (Γα).

Οι διάφορες μονάδες στην σχέση (Γα) είναι :

- D: mJ/cm^2 ($mJ/cm^2 = mw \cdot s/cm^2 = 10\ J/m^2$)
- I : mw/cm^2 (= $10\ w/m^2$).
- t : sec.

Η μέση πραγματική ένταση I είναι η μέση ονομαστική ένταση I_o, όταν έχουν συνυπολογισθεί οι απομειώσεις, που οφείλονται:

- Στο χιτώνιο του λαμπτήρα
- Στην γήρανση των λαμπτήρων
- Στο περιθώριο ασφάλειας, που θέτουν οι προμηθευτικοί οίκοι

Η μέση ονομαστική ένταση υπολογίζεται από τον προμηθευτικό οίκο του συγκροτήματος Υ.Α. με βάση το λογισμικό UV DIS από την εφαρμογή του οποίου προκύπτουν γραφήματα, όπου στον άξονα των τετμημένων (χ) καταγράφονται οι διαπερατότητες και στον άξονα των τεταγμένων (ψ) οι αντίστοιχες μέσες ονομαστικές εντάσεις. Για τον κάναβο λαμπτήρων της παρούσας μελέτης στον ΠΙΝΑΚΑ 3.23 δίνονται οι διάφορες μέσες ονομαστικές εντάσεις φια διάφορες τιμές διαπερατοτήτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.23

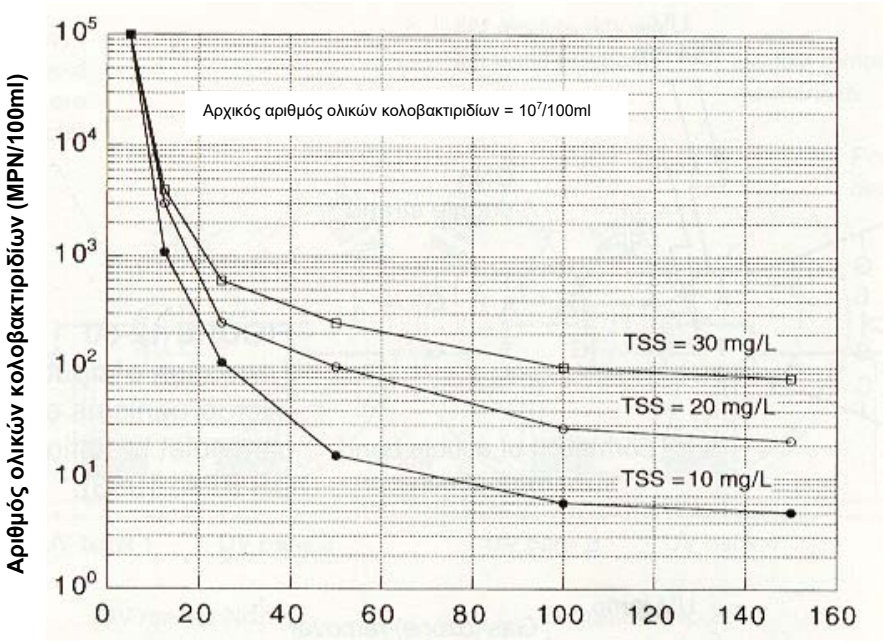
ΜΕΣΕΣ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΕΣ ΕΝΤΑΣΕΙΣ

Α/Α	ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (cm^{-1})	ΜΕΣΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΤΑ UVDIS3.1 (w/m^2)
1	20	148,62
2	25	154,90
3	30	173,36
4	35	191,04
5	40	213,49
6	45	238,31
7	50	271,38
8	55	311,00
9	60	358,00
10	65	416,00
11	70	489,00
12	75	576,86
13	80	601,32
14	85	626,34
15	90	820,00

Η κατάλληλη δόση D για επαρκή (σύμφωνα με τις εκάστοτε απαιτήσεις) απολύμανση προκύπτει από:

- Την ορθή εκμετάλλευση της σχέσης (3.14)
- Την εμπειρία
- Πιλοτικά δεδομένα
- Καμπύλες δόσης – απόκρισης (βλ.Σχ.3.12)
- Τυχόν περιορισμούς, που θέτουν κανονιστικές διατάξεις

Μια ελαφρώς διαφορετική καμπύλη από αυτήν του Σχ. 3.12 δίνεται στο επόμενο Σχ.3.18



ΣΧΗΜΑ 3.18

Φυσικά, και εδώ εφαρμόζεται η σχετική συνόρθωση, που αναφέρθηκε στην §3.5.5.3E_2 αναφορικά με τον π.μ/ο – στόχο.

Η αριθμητική επίλυση της (3.14) δίνει μια εκτίμηση της αναγκαίας δόσης D για επαρκή απολύμανση $\left(\frac{50000(E.coli)}{100\ ml} \rightarrow \frac{5(E.coli)}{100\ ml}\right)$. Η τιμή αυτή επαληθεύεται :

- Με χρήση των καμπυλών των Σχ.3.12 και 3.18
- Με σύγκριση με την κατώτατη επιτρεπτή τιμή δόσης, που επιβάλλουν οι ρυθμιστικές διατάξεις (εν προκειμένω η ΚΥΑ 145116, Πίνακας 2).

Έτσι, υιοθετείται ως τιμή σχεδιασμού για την αναγκαία δόση η μεγαλύτερη των ανωτέρω τιμών.

Η μέση ονομαστική ένταση υπολογίζεται με την βοήθεια του λογισμικού UVDIS 3.1 με βάση :

- Την αποδιδόμενη από κάθε λαμπτήρα ένταση (αποδιδόμενη ισχύς – UV-C)
- Τον κάνναβο τοποθέτησης των λαμπτήρων (γεωμετρία της συστοιχίας).

Από την εφαρμογή του ανωτέρω λογισμικού προκύπτουν γραφήματα, όπου στον άξονα των τετμημένων (χ) καταγράφονται οι διαπερατότητες και στον άξονα των τεταγμένων (ψ) οι αντίστοιχες μέσες ονομαστικές εντάσεις.

Η μέση, τώρα πραγματική ένταση μέσα στον Α.Α.Υ.Α. προκύπτει από την σχέση

$$I = I_o \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_3$$ (3.16), όπου :

- I : Η μέση πραγματική ένταση της Υ.Α. μέσα στον αντιδραστήρα, mw/cm^2 (= $10w/m^2$).
- I_o : Η μέση ονομαστική ένταση της Υ.Α. μέσα στον αντιδραστήρα, mw/cm^2 (= $10w/m^2$).
- σ_1 =0,92 (§3.6.5.1)
- σ_2 =0,90 (§3.6.5.1)
- σ_3 =0,95 (§3.6.5.1)

Με γνωστά :

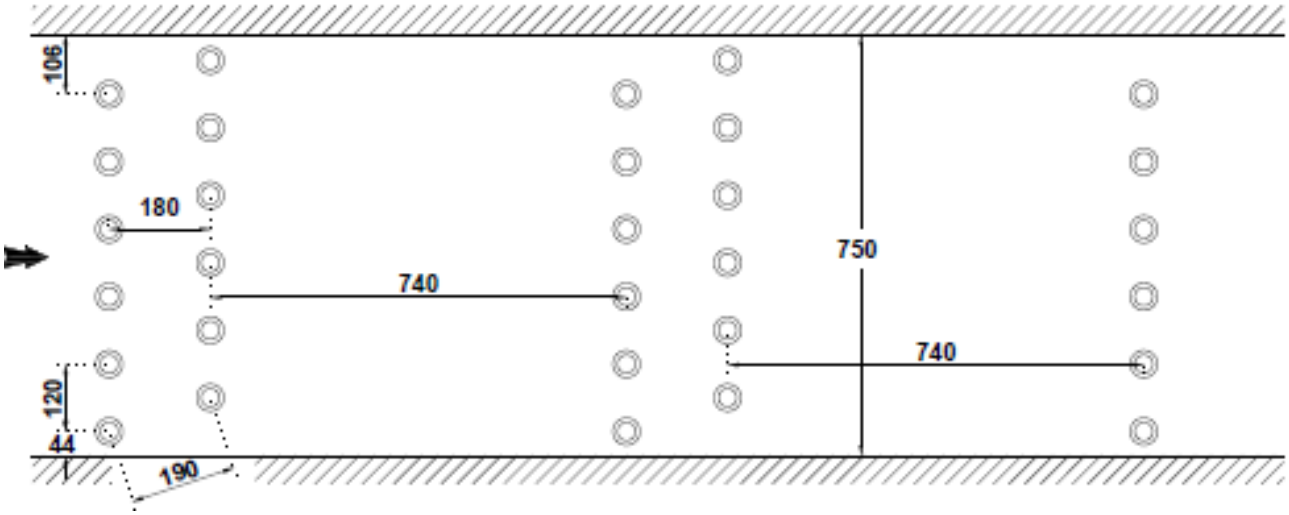
- Την αναγκαία δόση, D και
- Την μέση πραγματική ένταση μέσα στον Α.Α.Υ.Α.

από την σχέση (Γα) προκύπτει ο απαιτούμενος χρόνος επαφής των υγρών (t) με τον Α.Α.Υ.Α. (χρόνος έκθεσης των υγρών στην Υ.Α.)

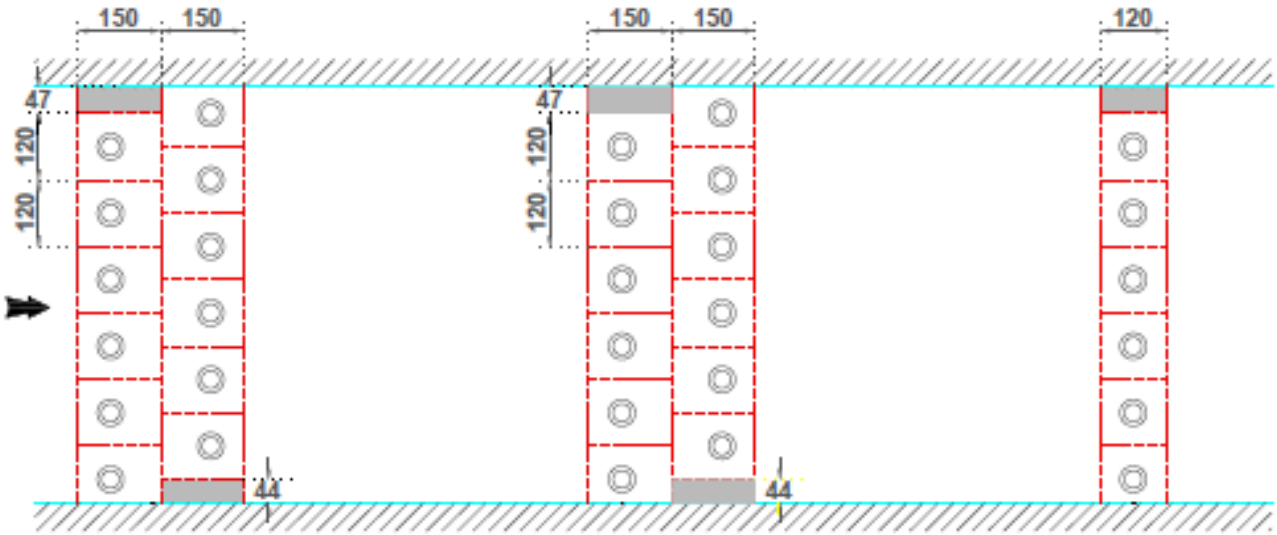
Από εδώ και πέρα γίνεται χρήση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών καναλιού και εξοπλισμού Υ.Α., ώστε με υπολογισμένο τον χρόνο επαφής t να εκτιμηθεί ο αναγκαίος αριθμός λαμπτήρων και να επαληθευτεί η εξασφαλισμένη δόση.

Βασική παράμετρος για την εκτίμηση του αναγκαίου αριθμού λαμπτήρων είναι ο χαρακτηριστικός όγκος υγρού (V_λ), δηλαδή ο όγκος του υγρού, ο οποίος εκτίθεται σε Υ.Α. ανά λαμπτήρα (βλ.Σχ.3.5(α) και 3.13(α)). Ο χαρακτηριστικός όγκος V_λ εξαρτάται :

- Από το αποτελεσματικό μήκος τόξου (effective arc length), l_{arc} του λαμπτήρα
- Από τον κάνναβο των λαμπτήρων, που έχει επιλεγεί και συγκεκριμένα από το βήμα (κέντρο με κέντρο οριζόντια και κατακόρυφα του καννάβου).



(α) : Βασικές διαστάσεις καννάβου



(β) : Διάρθρωση χαρακτηριστικών όγκων υγρών

ΣΧΗΜΑ 3.19 : Κάνναβος λαμπτήρων

Στο Σχ. 3.19α δίνεται η διάταξη των συστοιχιών λαμπτήρων, κατά την εγκάρσια (κάθετη στους λαμπτήρες) έννοια, του συστήματος που έχει επιλεγεί (§3.6.5.1) προς περαιτέρω μελέτη, ενώ στο Σχ. 3.19β δίνεται η κατασκευή των χαρακτηριστικών όγκων ανά λαμπτήρα που θα χρειασθούμε για την ανάλυση που ακολουθεί.

Από το Σχ.3.19α και με την βοήθεια των συμβολισμών που συνοδεύουν το Σχ.3.13 προκύπτουν τα ακόλουθα μεγέθη :

- $e_1 = S_h$ = 120mm (η κάθετη προς την ροή διάσταση του χαρακτηριστικού όγκου)
- e_2 =150mm (η παράλληλη προς την ροή διάσταση του χαρακτηριστικού όγκου)

Με βάση τα παραπάνω ο χαρακτηριστικός όγκος υγρού δίνεται από την σχέση :

$$V_\lambda = \left(e_1 \cdot e_2 - \frac{\pi \cdot d_q^2}{4} \right) \times l_{arc}$$ (3.17), όπου :

- l_{arc} = 1,40m
- d_q: Η εξωτερική διάμετρος του προστατευτικού χιτωνίου του λαμπτήρα, d_q = 0,048m

Ο ολικός αναγκαίος καθαρός όγκος του υγρού, που πρέπει να εκτεθεί στην Υ.Α. (irradiation volume) ανά συστοιχία, ώστε να ικανοποιηθεί τελικά η συνθήκη εξόδου (5E.Coli/100ml) προκύπτει ως το γινόμενο του απαιτούμενου χρόνου επαφής (έκθεσης στην Υ.Α.) επί την διερχόμενη παροχή σχεδιασμού:

$$V_n = Q_{\sigma x} \cdot t \cdot 1000$$ (3.18), όπου:

- V_n σε m^3
- $Q_{\sigma\chi}$ σε m^3/sec
- t σε sec

Από την στιγμή όπου τα V_λ, V_n, είναι γνωστά, τότε ο αναγκαίος αριθμός λαμπτήρων για την ικανοποίηση της συνθήκης εξόδου προκύπτει:

$$N = \frac{V_n}{V_\lambda}$$ (3.19)

Με βάση τον αναγκαίο αριθμό λαμπτήρων, επιλέγεται τελικά ο κατάλληλος αριθμός λαμπτήρων, ο οποίος προφανώς είναι μεγαλύτερος του αναγκαίου και συνδυαζόμενος με τον συγκεκριμένο κάνναβο τοποθέτησης δίνει ακέραιο αριθμό

στοιχείων και συστοιχιών, ο οποίος μπορεί να πολλαπλασιασθεί στο μέλλον, ώστε να ικανοποιηθούν οι μελλοντικές ανάγκες.

Με βάση πλέον την επιλεγείσα διάταξη συστοιχιών, επαναϋπολογίζονται:

- Ο πραγματικός ολικός καθαρός όγκος του Α.Α.Υ.Α.
- Ο πραγματικός χρόνος έκθεσης στην Υ.Α.
- Η προσδιδόμενη δόση Υ.Α.

Ο πραγματικός ολικός καθαρός όγκος $V_{\pi\rho}$ είναι η διαφορά του συνολικού όγκου V_G του χώρου που καταλαμβάνει η συστοιχία μείον τον όγκο που καταλαμβάνουν τα προστατευτικά χιτώνια των λαμπτήρων, V_Q:

$$V_{\pi\rho} = V_G - V_Q \quad (3.20)$$

Ο συνολικός, τώρα, όγκος V_G που καταλαμβάνει η συστοιχία δίνεται από την διατομή, που διαμορφώνουν οι χαρακτηριστικοί όγκοι ανά συστοιχία επί το αποτελεσματικό μήκος τόξου l_{arc}, (βλ.Σχ.3.19β) :

$$V_G = B \cdot H \cdot l_{arc} \quad (3.21), \text{ όπου}$$

- B : Το πλάτος , B= 0,75m
- H : Η παράλληλη με την ροή διάσταση των χαρακτηριστικών όγκων με τιμές :
  - H = 0,30m για συστοιχίες με δύο στοιχεία, $V_G^{(1)}$ (§3.5.5.5Γ)
  - H = 0,15m για συστοιχίες με ένα στοιχείο, $V_G^{(2)}$ (§3.5.5.5Γ)
- l_{arc} = 1,40m

Ο συνολικός όγκος του Α.Α.Υ.Α. (για την συγκεκριμένη γεωμετρία) δίνεται από την σχέση :

$$V_{Q,\text{A.A.Y.A.}} = \eta_1 \cdot V_G^{(1)} + \eta_2 \cdot V_G^{(2)} \quad (3.21\alpha), \text{ όπου}$$

- η_1=1 ή 2, ανάλογα με το πόσες συστοιχίες με δύο στοιχεία είναι ενεργές
- η_2=1, αν η συστοιχία με ένα στοιχείο είναι ενεργή

Ο όγκος V_Q είναι το γινόμενο της εγκάρσιας διατομής του χιτωνίου επί το αποτελεσματικό μήκος τόξου επί τον αριθμό των χιτωνίων στην συστοιχία, n:

$$V_Q = \frac{\pi \times d_q^2}{4} \times l_{arc} \times n \quad (3.22), \text{ όπου}$$

- d_q = 0,048m
- l_{arc} = 1,40m
- n = 12 (για συστοιχίες με δύο στοιχεία) ή 6 (για συστοιχίες με ένα στοιχείο)

Τέλος, ο συνολικός πραγματικός χρόνος παραμονής στον Α.Α.Υ.Α. προκύπτει:

$$t_{\pi\rho} = \frac{V_{\pi\rho,1} \cdot \mu_1 + V_{\pi\rho,2} \cdot \mu_2}{Q_{\sigma x}}$$ (3.23), όπου

- $V_{\pi\rho,1}$: Ο πραγματικός ολικός καθαρός όγκος (σχ.(3.20)), στην περίπτωση συστοιχίας με δύο στοιχεία (m^3).
- μ_1 : Ο αριθμός συστοιχιών στον Α.Α.Υ.Α. με δύο στοιχεία έκαστη
- $V_{\pi\rho,2}$: Ο πραγματικός ολικός καθαρός όγκος (σχ.(3.20)), στην περίπτωση συστοιχίας με ένα στοιχείο (m^3).
- μ_2 : Ο αριθμός συστοιχιών στον Α.Α.Υ.Α. με ένα στοιχείο
- $Q_{\sigma\chi}$ = Παροχή σχεδιασμού (m^3/sec)

Συνεπώς, ο αλγόριθμος για την διαστασιολόγηση του Α.Α.Υ.Α. είναι ο ακόλουθος:

1. Προσδιορισμός της αναγκαίας δόσης Υ.Α. σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως.
2. Επιλογή καννάβου λαμπτήρων με το αντίστοιχο βήμα, την διεύθυνση των λαμπτήρων του καννάβου, τις αποστάσεις από τα στερεά όρια του αντιδραστήρα και από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού, ως και μηχανισμού ελέγχου του βάθους ροής.
3. Υπολογισμός της πραγματικής μέσης έντασης στον Α.Α.Υ.Α. για περατότητα ίση με αυτήν των παραδοχών.
4. Υπολογισμός του απαιτούμενου χρόνου έκθεσης t των υγρών στην Υ.Α. σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως.
5. Υπολογισμός του ολικού καθαρού όγκου του υγρού που πρέπει να εκτεθεί στην Υ.Α. σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως.
6. Υπολογισμός του χαρακτηριστικού όγκου του υγρού ο οποίος εκτίθεται σε Υ.Α. ανά λαμπτήρα σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως.
7. Υπολογισμός του αναγκαίου αριθμού λαμπτήρων, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως.
8. Τελική επιλογή αριθμού λαμπτήρων, στοιχείων, συστοιχιών.

9. Εκτίμηση του αριθμού των λαμπτήρων, που λειτουργούν κάθε στιγμή και του σεναρίου ρυθμίσεων της ονομαστική έντασης, ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες (εισερχόμενη παροχή, βαθμός απολύμανσης, διαπερατότητας)
10. Υπολογισμός του πραγματικού ολικού καθαρού όγκου του Α.Α.Υ.Α. σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως.
11. Υπολογισμός του πραγματικού χρόνου έκθεσης στην Υ.Α. σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως.
12. Υπολογισμός της προσδιδόμενης δόσης ακτινοβολίας σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως.
13. Έλεγχος της προσδιδόμενης δόσης ακτινοβολίας σε σχέση με την ελάχιστη αναγκαία δόση για τις διάφορες παροχές σχεδιασμού.

3.6.5.5 Διαστασιολόγηση

Α. Εύρεση αναγκαίας δόσης

Σύμφωνα με την μεθοδολογία, που καθορίστηκε στην §3.6.5.4 βρίσκουμε πρώτα (με αριθμητική επίλυση) την αναγκαία δόση, όπως αυτή προκύπτει από την (3.14). Για την εφαρμογή της οι διάφορες παράμετροι, που υπεισέρχονται παίρνουν της ακόλουθες τιμές :

- N(t) = 5/100ml (τιμή – στόχος για τα E.Coli)
- N_D (o) = 50000/100ml (§3.6.5.4)
- N_p (o) = 50/100ml (§3.6.5.4)
- K=0,13cm^2/mw·sec

Επιλύοντας αριθμητικά την (3.14) βρίσκουμε : D_1 = 33,04 mw·sec/cm^2.

Η ανωτέρω τιμή θα πρέπει να επαληθευθεί με χρήση των διαγραμμάτων των Σχ. 3.12 και 3.18. Η χρήση των διαγραμμάτων αυτών είναι δυνατή αν είναι γνωστή η σχέση μεταξύ TC (ολικών κολοβακτηριδίων και E.Coli), δοθέντος ότι τα διαγράμματα αυτά αναφέρονται σε συγκεντρώσεις TC.

Για πλήρως επεξεργασμένα λύματα γίνεται κατά προσέγγιση δεκτό πως :

$$(TC) \simeq 5,0 \cdot (E.coli)$$ (3.24), όπου

Έτσι η ισοδύναμη συγκέντρωση (TC) , όταν η απαιτούμενη συγκέντρωση (E.coli) είναι 5/100ml με βάση την σχέση (3.24) είναι (TC) = 5x5=25/100ml .

Έτσι για απομάκρυνση E.Coli 99,99% ή 4,0log (§3.6.5.2) με βάση το Σχ. 3.12 η αναγκαία δόση προκύπτει : $D_2 \approx 15$ mw·sec/cm^2

Τώρα , σε σχέση με το Σχ. 3.18 πρέπει να παρατηρήσουμε ότι οι δόσεις φαίνεται να είναι υπερεκτιμημένες, δοθέντος ότι ο αρχικός αριθμός των TC ήταν 10^7/100ml και όχι 5x50000=250000/100ml που υποθέτουμε στην παρούσα μελέτη. Έτσι ενώ για έξοδο 25TC/100ml η αναγκαία δόση με βάση το Σχ. 3.18 φαίνεται να είναι 45 mw·sec/cm^2 φαίνεται λογικό να υιοθετηθεί μια δόση $D_3 \approx 30$ mw·sec/cm^2

Τέλος με βάση τον Πίνακα 2 της ΚΥΑ 145116 η ελάχιστη αναγκαία δόση (στο τέλος ζωής των λαμπτήρων) δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από $D_4 \approx 60$ mw·sec/cm^2

Εκ των τεσσάρων τιμών, λαμβάνεται η δυσμενέστερη:

$$\boxed{D = 60 \text{ mw} \cdot \text{sec/cm}^2}$$

Β. Εύρεση μέσης πραγματικής έντασης στον Α.Α.Υ.Α.

Οι λαμπτήρες που θα επιλεγούν στην συγκεκριμένη εφαρμογή θα πρέπει να πληρούν κατ΄ ελάχιστο τα εξής :

- Αποδιδόμενη ισχύς UV – C (254nm): 200W κατ' ελάχιστο
- Ονομαστική καταναλισκόμενη ισχύς λυχνίας: 500W κατ' ελάχιστο

Η μέση ονομαστική ένταση (I_o) από τον ΠΙΝΑΚΑ 3.23 και για περατότητα 70% (§3.6.5.1) προκύπτει : I_o = 489,00w/m^2 (δεν έχουν υπολογισθεί οι απομειώσεις λόγω χιτωνίου, γήρανσης λαμπτήρα και θολότητας χιτωνίου).

Συνεπώς από την (3.16) η μέση πραγματική ένταση σε μια συστοιχία είναι :

I = 489,00 x 0,92 x 0,90 x 0,95 = 384,65w/m^2 = 38,47mw/cm^2

Γ. Εύρεση ελάχιστου αναγκαίου χρόνου παραμονής στον Α.Α.Υ.Α.

Με την βοήθεια της σχέσης (Γα) ο αναγκαίος χρόνος έκθεσης στην Υ.Α. προκύπτει:

$$t = \frac{60}{38,47} = 1,56 \sec$$

Ο χρόνος αυτός είναι ο ελάχιστος αναγκαίος χρόνος παραμονής σχεδιασμού στον Α.Α.Υ.Α.

Οι συνολικοί υδραυλικοί χρόνοι παραμονής που προκύπτουν για τις διάφορες παροχές σχεδιασμούς θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσοι με τον ελάχιστο αναγκαίο χρόνο παραμονής στον Α.Α.Υ.Α.

Δ. Παράμετροι λειτουργίας του Α.Α.Υ.Α.

Με βάση τα ανωτέρω, καταστρώνεται ο επόμενος ΠΙΝΑΚΑΣ 3.24, στον οποίο καταγράφονται:

- Η ελάχιστη αναγκαία δόση (σχέση (Γα))
- Η μέση πραγματική ένταση στον Α.Α.Υ.Α. (για διαπερατότητα 70%), UV DIS
- Ο αναγκαίος χρόνος έκθεσης στην Υ.Α. (σχέση (Γα))
- Ο χαρακτηριστικός όγκος υγρού ανά λαμπτήρα (σχέση (3.17))
- Ο ολικός αναγκαίος καθαρός όγκος (σχέση (3.18))
- Ο αναγκαίος αριθμός λαμπτήρων (σχέση (3.19))
- Ο επιλεγείς αριθμός λαμπτήρων
- Το ελάχιστο ποσοστό, σε σχέση με την ονομαστική ένταση (UV-C) για το οποίο ικανοποιείται ο στόχος της απολύμανσης. Είναι γνωστό ότι οι λαμπτήρες Υ.Α., μέσω των τροφοδοτικών ρυθμιζόμενης ισχύος (βλ. §3.5.5.4 Α και Γ), εκπέμπουν κυμαινόμενη ένταση. Η σύγχρονη τεχνολογία επιτρέπει μείωση της εκπεμπόμενης έντασης Υ.Α. ενός λαμπτήρα έως και το 50% της ονομαστικής έντασης I_{ov} (για δεδομένη, κάθε φορά διαπερατότητα). Αν είναι ανάγκη να γίνει ρύθμιση σε ποσοστό κάτω του 50% της I_{ov}, τότε κλείνει ένα ή περισσότερα στοιχεία ή συστοιχίες (ανάλογα με την περίπτωση). Επομένως, αφού επιλεγεί ο τελικός αριθμός λαμπτήρων προσδιορίζεται ανάλογα με την αρχιτεκτονική του Α.Α.Υ.Α. και την εισερχόμενη παροχή) το ποσοστό ονομαστικής έντασης λειτουργίας (%) και από αυτή η προσδιδόμενη μέση πραγματική ένταση σε κάθε συστοιχία (η στοιχείο).
- Ο συνολικός όγκος Α.Α.Υ.Α. (σχέση (3.21) και 3.21α))
- Ο όγκος προστατευτικών χιτωνίων στον Α.Α.Υ.Α. (σχέση (3.22))
- Ο πραγματικός ολικός καθαρός όγκος (σχέση (3.20))
- Ο πραγματικός χρόνος παραμονής στον Α.Α.Υ.Α. (σχέση (3.23))
- Η προσδιδόμενη δόση Υ.Α.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.24

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Α.Α.Υ.Α.

Α/Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ (m^3/hr)		ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
		500	1000	
1.	Ελάχιστη αναγκαία δόση (mw·sec/cm^2)	60,0	60,0	§3.6.5.5Α
2.	Πραγματική ένταση (mW/cm^2) (για διαπερατότητα 70%)	38,47	38,47	§3.6.5.5Β
3.	Αναγκαίος χρόνος εκθέσεως στην Υ.Α., t (sec)	1,56	1,56	§3.6.5.5Γ
4.	Όγκος υγρού ανά λαμπτήρα, V_λ (lt)	22,67	22,67	(1)
5.	Ολικός αναγκαίος καθαρός όγκος, V_n (lt)	216,67	433,34	(2)
6.	Αναγκαίος αριθμός λαμπτήρων, N	9,56	19,12	(3)
7.	Επιλεγείς αριθμός λαμπτήρων, N_ε	30,0	30,0	(4)
8.	Λειτουργούντες λαμπήρες	12,0	30,0	
9.	Ποσοστό ονομαστικής έντασης λειτουργίας (%)	80	65	(5)
10.	Προσδιδόμενη πραγματική ένταση (mW/cm^2)	30,78	25,01	(6)
11.	Αριθμός ενεργών συστοιχιών	1 (2)	2(2)+1(1)	(7)
12.	Συνολικός όγκος λειτουργούντος τμήματος του Α.Α.Υ.Α. (lt)	315	787,5	(8)
13.	Όγκος προστατευτικών χιτωνίων στον Α.Α.Υ.Α. (lt)	30,4	76,0	(9)
14.	Πραγματικός ολικός καθαρός όγκος Α.Α.Υ.Α. (lt)	284,6	711,5	(10)
15.	Πραγματικός χρόνος παραμονής στον Α.Α.Υ.Α. (sec)	2,05	2,56	(11)
16.	Προσδιδόμενη δόση Υ.Α. (mJ/cm^2)	63,10	64,03	(12)
17.	Μέγιστη προσδιδόμενη δόση Υ.Α. (mJ/cm^2)	98,48	98,48	(13)

(1) : $22,67 = \left[0,12 \times 0,15 - \frac{\pi x (0,048)^2}{4} \right] \times 1,40 \times 1000$

(2) : $433,34 = \frac{1000}{3600} \times 1,56 \times 1000$

(3) : $19,12 = 433,34 / 22,67$

(4) : Επιλεγείσες αρχιτεκτονική : 2 συστοιχίες με 2 στοιχεία έκαστη (σύνολο 24 λαμπτήρες) + 1 συστοιχία με 1 στοιχείο (σύνολο 6 λαμπτήρες), βλ. Σχ.3.19(α)

(5) : $65\% \simeq (19,12 / 30,0) \times 100$

(6) : $25,01 = 65\% \times 38,47$

(7) : $2(2) + 1(1)$: 2 συστοιχίες με 2 στοιχεία και 1 συστοιχία με 1 στοιχείο

(8) : $787,5 = (2 \times 0,30 \times 0,75 + 1 \times 0,15 \times 0,75) \times 1,40 \times 1000$

(9) : $76,0 = 30 \times \frac{\pi \times (0,048)^2}{4} \times 1,40 \times 1000$ / $30,4 = 12 \times \frac{\pi \times (0,048)^2}{4} \times 1,40 \times 1000$

(10) : $711,5 = 787,5 - 76,0$

(11) : $2,56 = \frac{711,5 \times 3600}{1000 \times 1000}$ / $2,05 = \frac{284,6 \times 3600}{500 \times 1000}$

(12) : $64,03 = 25,01 \times 2,56$

(13) : $98,48 = 2,56 \times 38,47$

Ε. Συμπεράσματα

Όπως προκύπτει από τον ΠΙΝΑΚΑ 3.24, η προσδιδόμενη δόση Υ.Α. στα προς απολύμανση υγρά είναι μεγαλύτερη της ελάχιστης αναγκαίας δόσης για κάθε παροχή σχεδιασμού. Ταυτόχρονα, παρατηρείται ότι ανάλογα με την παροχή σχεδιασμού, η προσδιδόμενη δόση ελάχιστα διαφοροποιείται από αυτή του σχεδιασμού (60,0 mw·sec/cm^2), γεγονός που οφείλεται στο επίπεδο του αυτοματισμού, που είναι διαθέσιμος στην αγορά.

Επίσης, ο πραγματικός χρόνος παραμονής στον Α.Α.Υ.Α. είναι σε κάθε περίπτωση παροχής μεγαλύτερος του αναγκαίου χρόνου έκθεσης στην Υ.Α.

3.6.5.6 Επιλογή Α.Α.Υ.Α. – ελάχιστες τεχνικές απαιτήσεις

Για την κάλυψη των αναγκών απολύμανσης με Υ.Α. της Ε.Ε.Λ. Λαμίας επιλέγεται μονάδα (αντιδραστήρας) απολύμανσης με Υ.Α. με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- Εφαρμογή: αστικά λύματα
- Παροχή σχεδιασμού : 1000 m³/h
- Έλεγχος για παροχή : 500 m³/h
- Μετάδοση σχεδιασμού UV ανά cm (T_{1cm}):70 %
- Δόση Υ.Α. (στο τέλος ζωής των λυχνιών) για Q = 1000m^3/hr : >60 mw·sec/cm^2
- Μέγιστη προσδιδόμενη δόση Υ.Α. (στο τέλος ζωής των λυχνιών) για Q = 1000m^3/hr : > 95mw·sec/cm^2
- Ένταση ακτινοβολίας Υ.Α. (στο τέλος ζωής των λαμπτήρων) : >38 mw/cm^2
- Ένταση ακτινοβολίας Υ.Α. (στην αρχή της ζωής των λαμπτήρων) : > 45mw/cm^2
- Τρόπος αυτόματης λειτουργίας Α.Α.Υ.Α : Ρυθμιζόμενη ισχύς UV-C και δόση ακτινοβολίας μέσω ταυτόχρονης μέτρησης :
  - Παροχής
  - Έντασης Υ.Α.
  - Διαπερατότητας (UVT)
- Διαστάσεις καναλιού Α.Α.Υ.Α. (μέγιστες):
  - Μήκος (mm): 6000
  - Ύψος καναλιού (mm): 1900
  - Πλάτος καναλιού (mm): 750
- Μέγιστος αριθμός λαμπτήρων : 35

- Ελάχιστη εγκατεστημένη ισχύς λαμπτήρα : 500W
- Μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς : 22KW (συμπεριλαμβάνονται : το σύστημα καθαρισμού των χιτωνίων, ο αυτόματος υπερχειλιστής κλπ.)
- Αρχιτεκτονική Α.Α.Υ.Α.:
  - Ελάχιστος αριθμός συστοιχιών : 3
  - Ελάχιστος αριθμός στοιχείων/συστοιχία : 1
- Ρύθμιση στάθμης : Αυτόματη με ηλεκτροκίνητο υπερχειλιστή .
- Θέση ηλεκτρικού πίνακα : Δίπλα στον Α.Α.Υ.Α. μέσα σε οικίσκο (βλ. Σχ. ΗΜ-02 και ΗΜ – 03)
- Σύστημα καθαρισμού χιτωνίων : Πνευματικό – αυτόματο
- Έλεγχος έντασης Υ.Α : Μέσω αισθητήρων
- Διαχείριση έντασης Υ.Α. : Συνεχής έλεγχος με απ΄ ευθείας σύνδεση (online) λαμβάνοντας υπόψη (§3.5.5.7Δ) :
  - Την εισερχόμενη παροχή
  - Την διαπερατότητα (T_{1cm})
  - Την επικάλυψη των χαλαζιακών χιτωνίων
  - Την γήρανση των λαμπτήρων
- Δυνατότητα ρύθμισης εκπεμπόμενης έντασης Υ.Α. :
  - 50% ÷ 100% της $I_{ον}$
  - Σβέση λαμπτήρων (ανά στοιχείο ή συστοιχία)
- Βοηθητικός εξοπλισμός :
  - Ηλεκτρομειωτήρας ρυθμιζόμενου υπερχειλιστή
    - Εγκατεστημένη ισχύς : 0,37Kw
    - Καταναλισκόμενη από το ηλ. δίκτυο ισχύς : 0,33KW
  - Αεροσυμπιεστή καθαρισμού λαμπτήρων
    - Εγκατεστημένη ισχύς : 0,55Kw
    - Καταναλισκόμενη από το ηλ. δίκτυο ισχύς : 0,40KW

- Ηλεκτρικός πίνακας ελέγχου και αυτοματισμού
  - Καταναλισκόμενη ισχύς βοηθητικών συστημάτων ηλ. πίνακα : 0,64KW

ΧΑΛΚΙΔΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2014

ΟΙ ΣΥΝΤΑΞΑΝΤΕΣ

Ο ΕΚΠΡΟΣΩΠΟΣ ΤΟΥ ΑΝΑΔΟΧΟΥ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ Δ. ΓΟΥΝΑΡΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Δ.Η.Θ.
ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ 68049
ΒΥΡΩΝΟΣ 22 ΧΑΛΚΙΔΑ Τ.Κ. 34100
ΤΗΛ. 22210 75543 ΚΙΝ. 694 5554261
Α.Φ.Μ. 046607362 Δ.Ο.Υ. ΧΑΛΚΙΔΑΣ

Ν.ΓΟΥΝΑΡΗΣ Σ.ΑΛΕΞΙΟΥ Γ.ΣΑΚΕΛΛΑΡΑΚΗΣ