

Αρ. 66 626

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ - ΑΛΙΕΙΑΣ

Πτυχιακή εργασία του σπουδαστή
Μπιτσάκου Παναγιώτη
με θέμα:

ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΤΕΙ/Μ

"Σχεδιασμός και λειτουργία Βιολογικών φίλτρων"



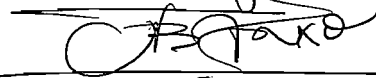
Εισηγητής: Ν.Γ.Βλάχος

Μεσολόγγι 1998

ΜΕΣΟΝΟΡΓΓΙ 27.03.1998.

Ευχαριστείω

ο Γιάννης



N. Γ. ΒΙΑΧΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ



0	
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο :	5
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ	5
1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΙΛΤΡΩΝ	6
1.1.1 FILTER CONFIGURATION.	6
1.1.2 TRICKLING ΦΙΛΤΡΑ.	7
1.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΧΩΡΑ.	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	15
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ	15
2.1. Α Τεχνική Σχεδίου.	16
2.2. Β ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΕΔΙΟΥ	26
2.3. Διήθηση.	32
2.4 Σχέδιο Διαδικασίας Διαγράμματος.	36
2.4.1 Α Μέθοδος.	36
2.4.2 Β Μέθοδος.	36
ΕΦΑΛΛΑΙΟ 3 ^ο	40
ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ.	40
3.1. Απονιτροποιητικά Φίλτρα.	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο	51
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	52

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα τελευταία χρόνια γίνεται λόγος για την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από απόβλητα και λύματα τόσο αστικά όσο και βιομηχανικά αντίστοιχα.

Προκειμένου να αποφευχθούν όλες οι ενεργειακές επιβαρύνσεις, θεσπίστηκαν από την πολιτεία διατάξεις υγιεινής ώστε να μην επιβαρύνεται ο φυσικός αποδέκτης από φορτία που είναι ζημιογόνα για τους ζωικούς οργανισμούς.

Έτσι λοιπόν παρατηρούμε μια στροφή των ανθρώπων ώστε να διατηρηθεί το περιβάλλον υγιές. Έτσι λοιπόν επιβλήθηκαν από την πολιτεία διατάξεις οι οποίες καθορίζουν την εγκαθίδρυση και λειτουργία βιολογικών μονάδων καθαρισμού.

Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνουμε τις τεχνικές ρυθμίσεις του νερού οι οποίες είναι ποικίλες για κάθε περίπτωση και ανήκουν στο πεδίο της σύγχρονης επιστήμης βιολογικής επεξεργασίας αποβλήτων ή λυμμάτων.

Ο ιχθυοκαλλιεργητής εκμεταλλευόμενος την πείρα που έχει αποκτηθεί από την επεξεργασία λυμμάτων και αποβλήτων προσπαθεί να εφαρμόσει στη μονάδα του παρόμοιες τεχνικές ελαφρά μόνο παραλλαγμένες στον τομέα ρύθμισης ορισμένων φυσικοχημικών παραμέτρων.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να δώσουμε κάποια βασικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά των βιολογικών φίλτρων.

Μέσω αυτής της εργασίας θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον εισηγητή μου Κο Νικόλαο Βλάχο για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε προκειμένου να υλοποιηθεί η παρούσα εργασία.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εδώ και λίγα χρόνια διάφορες εταιρείες άρχισαν να διαφημίζουν με ολοένα και μεγαλύτερη ένταση πολύπλοκα συστήματα εκτροφής ψαριών με τη χρήση κλειστών κυκλωμάτων.

Οι Έλληνες επενδυτές και οι αντιπρόσωποι των ξένων εταιρειών συζήτησαν και συζητούν για την εφαρμογή της νέας σχετικά τεχνολογίας στον τόπο μας.

Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν κάποια πολυπλοκότητα όσον αφορά την λειτουργία τους αλλά και την τεχνογνωσία τους που ξεφεύγει κατά πολύ από τα στάνταρ των τυπικών μεθόδων.

Η σωστή και οικονομική λειτουργία προϋποθέτει γνώσεις υδατοκαλλιεργητικών μεθόδων τεχνητών αφενός και βιολογικού καθαρισμού αφετέρου.

Στον σχεδιασμό μιας τέτοιας μονάδας εμπλέκονται ο Ιχθυολόγος ή ο επιστήμονας που έχει πλήρης επιστημονική κατάρτιση σε θέματα επεξεργασίας αποβλήτων.

Βέβαια άμεση συνέπεια όλων, των σχεδιαστικών αναγκών είναι η ομαδοποίηση κάποιων απορειών οι οποίες ενίοτε έχουν λύσεις και ενίοτε δημιουργούν προβλήματα στο όλο πνεύμα των της λειτουργείας των κλειστών συστημάτων.

Συνεπώς καταλλήγουμε στους εξής απλούς προβληματισμούς οι οποίοιαφενός μεν έχουν σχέση με τις αρχές λειτουργίας των υπερεντατικών συστημάτων και αφετέρου δε, αν επιτρέπουν την εύρυθμη και οικονομική λειτουργία τους στην Ελλάδα οι κλιματολογικές-ενεργειακές συνθήκες.

Βασικά αυτό το οποίο προσπαθούμε να εξηγήσουμε στην παρούσα εργασία αφορά την λειτουργία των συστημάτων αυτών.

Έχοντας υπόψην ότι η εύρυθμη λειτουργία των συστημάτων αυτών στηρίζεται στα φίλτρα, τα οποία είναι υπεύθυνα για την διεξαγωγή βιολογικών διεργασιών, με αποτέλεσμα να καθιστούν το νερό κατάλληλο για επαναχρησιμοποίηση (απαλλαγμένο από περιττά υλικά).

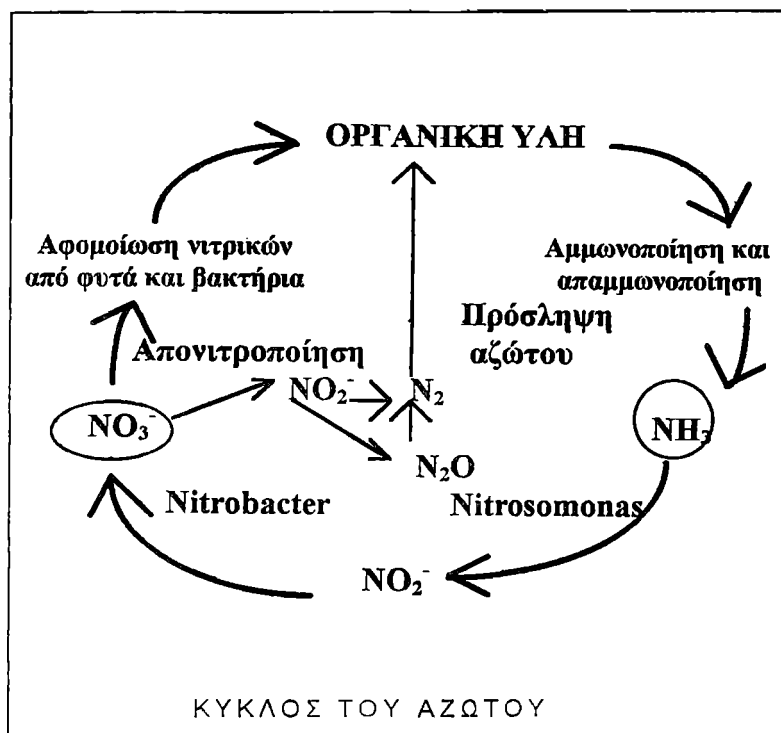
Έτσι λοιπόν είναι απαραίτητος ο καθαρισμός του νερού του διαθέσιμου για υδατοκαλλιέργεια επειδή αυτό μεταφέρει παθογόνα ή γενικώς είναι ακατάλληλο για την χρησιμοποίησή του.

Μέσα από αυτή την εργασία προσπαθούμε να δώσουμε περισσότερο στοιχεία που αφορούν τον σχεδιασμό αλλά και την λειτουργία των βιολογικών φίλτρων μιας και αυτά θεωρούνται τα πλέον υπεύθυνα για την καθαρότητα του νερού.

Δεν πρέπει να μας διαφεύγει το γεγονός ότι ο βιολογικός καθαρισμός όπως γίνεται στις διάφορες βιομηχανικές μονάδες σκοπό έχει να μην φορτίζει τη φύση με ρυπαντές. Ο βιολογικός καθαρισμός όπως γίνεται στις υδατοκαλλιέργειες σκοπό έχει πρώτιστα να μην φερτίζει με ρυπαντές τις δεξαμενές εκτροφής των ψαριών αλλά και να προσαρμόζει την ποιότητα του νερού στα βέλτιστα για τα ψάρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ

Βιολογικό φιλτράρισμα ονομάζεται η βακτηριολογική μετατροπή των οργανικών αζωτούχων ενώσεων σε **νιτρικά**. Τα διάφορα στάδια της διαδικασίας αναφέρονται στον κύκλο του αζώτου.



Παρ' όλο που ο κύκλος ξεκινάει με την μετατροπή των οργανικών αζωτούχων ενώσεων σε αμμωνία, το πρώτο βήμα πραγματοποιείται πριν τα υλικά φθάσουν στο βιολογικό

φίλτρο.

Ο πρωτεύοντας σκοπός του βιολογικού φίλτρου είναι η μετατροπή της αμμωνίας σε **nitrite** και αυτά με την σειρά τους για τους υδρόβιους οργανισμούς επειδή η αμμωνία είναι ένα ισχυρά τοξικό μεταβολικό απόβλητο που αποφορτίζεται απ' ευθείας από πολλούς οργανισμούς και είναι προϊόν πολλών βακτηρίων.

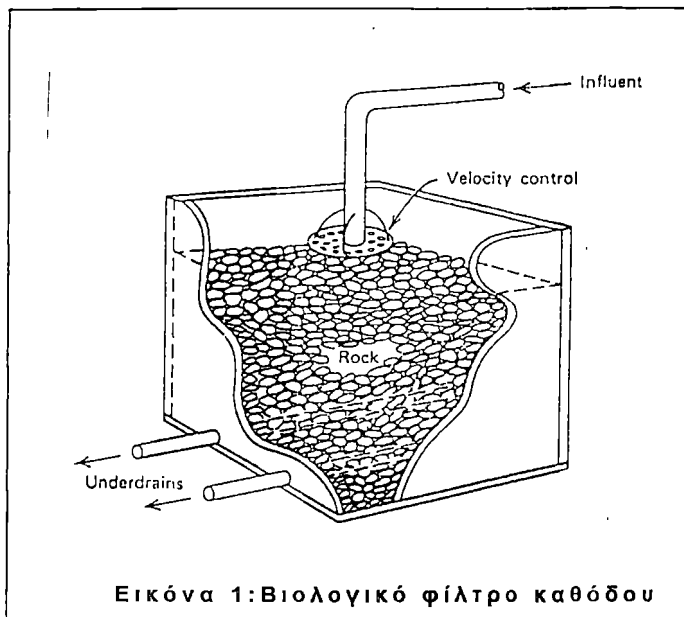
Τα **nitrite** είναι λίγο λιγότερο τοξικό απ' την αμμωνία παρ' όλα αυτά η τοξικότητά του μπορεί να είναι θανατηφόρα για συγκεντρώσεις άνω των 2,5 ppm.

Τα **νιτρικά (Nitrate)** θεωρούνται σχετικά μη τοξικά για τους περισσότερους όχι μόνο για τους θαλάσσιους οργανισμούς αλλά και για τα είδη του γλυκού νερού.

1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΙΛΤΡΩΝ

Διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες φίλτρων:

1.1.1 FILTER CONFIGURATION.



Τα βιολογικά φίλτρα συνήθως αποτελούνται από μια πορώδη φάση στην οποία αναπτύσσονται τα βακτήρια. Τα βακτήρια παίρνουν την τροφή τους, το οξυγόνο και τις άλλες ουσίες για να ζήσουν απ' το νερό

που περνάει από αυτό το υλικό. Τα φίλτρα χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές διατάξεις.

Τα βυθισμένα φίλτρα είναι φίλτρα των οποίων η στερεή φάση είναι τελείως βυθισμένη. Τα φίλτρα αυτά διακρίνονται σε ροής προς τα κάτω ή σε ροής προς τα πάνω ανάλογα με την διεύθυνση της ροής του νερού στο φίλτρο. Τα φίλτρα ροής προς τα κάτω δέχονται το νερό από την κορυφή τους ενώ τα φίλτρα της ροής προς τα πάνω δέχονται το νερό από το κάτω μέρος τους. Σε περιορισμένο βυθό, υπάρχουν και φίλτρα οριζόντιας ροής.

1.1.2 TRICKLING ΦΙΛΤΡΑ.

Τα φίλτρα *trickling* είναι βιολογικά φίλτρα στα οποία το επίπεδο του νερού κρατείται κάτω από το κάτω μέρος του φίλτρου. Το νερό τοποθετείται στην κορυφή του φίλτρου σε ικανοποιητική ποσότητα ώστε να υπάρχει λίγο νερό στο φίλτρο, όχι αρκετό όμως για να γεμίσουν οι πόροι μεταξύ των κομματιών του στερεού υποστρώματος. Αυτό επιτρέπει την ροή προς τα κάτω και φυσικό αερισμό από αέρια κίνηση μέσα στο φίλτρο.

Από τις διατάξεις αυτές τα βυθισμένα με ροή προς τα πάνω και τα *trickling* φίλτρα δείχνουν να παρέχουν τα καλύτερα χαρακτηριστικά. Το οξυγόνο παρέχεται από φυσικό αέρα στο *trickling* φίλτρο, ενώ το βούλωμα του στερεού δεν είναι σοβαρό πρόβλημα.

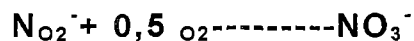
Παρ' όλα αυτά ο χρόνος κατακράτησης μπορεί να αυξηθεί μόνο μεγαλώνοντας το βάθος του φίλτρου. Το βυθισμένο με ροή προς τα πάνω φίλτρο έχει τα λιγότερα προβλήματα με το βούλωμα από κάθε άλλο βυθισμένο φίλτρο. Σ' αυτό το φίλτρο μπορούμε επίσης να αλλάξουμε το χρόνο αλλάζοντας την ροή και παρέχοντας οξυγόνο.

1.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΧΩΡΑ.

Η διαδικασία της **νιτροποίησης** είναι μια διαδικασία 2 βημάτων. Στο πρώτο βήμα τα αυτότροφα βακτήρια ***Nitrosomonas*** με την παρουσία οξυγόνου οξειδώνουν το αμμώνιο σε NO_2^- καταναλώνοντας 270 kJ / mole σύμφωνα με την αντίδραση



Στο δεύτερο στάδιο τα βακτήρια ***Nitrobacter*** οξειδώνουν τα **nitrite** ,νιτρώδη σε **νιτρικά** ,**Nitrate** παράγοντας 73kJ / mole

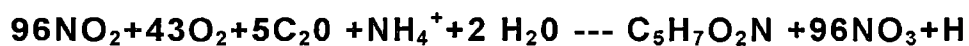
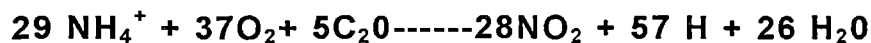
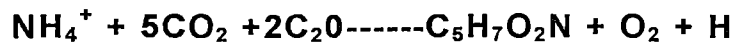


Επειδή και οι δύο αυτές αντιδράσεις χρειάζονται μεγάλες ποσότητες οξυγόνου , αυτό πρέπει να παρασχεθεί τουλάχιστον σε στοιχειομετρικές ποσότητες. Για το λόγο αυτό η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι καθοριστικό στοιχείο για τα βιολογικά φίλτρα.

Στις παραπάνω εξισώσεις περιγράφονται οι χημικές αντιδράσεις που χρησιμοποιούν τα ***Nitrobacter*** , ***Nitrosomonas*** για το ενεργειακό τους απόθεμα. Αυτά χρησιμοποιούν αυτή την ενέργεια , το CO_2 και το O_2 για την παραγωγή οργανικών ενώσεων απαραίτητων για τον μεταβολισμό τους. Το πλήθος των κυττάρων των βακτηρίων που παράγονται είναι σημαντικό αφού με το θάνατό τους γίνονται αιωρούμενα σωματίδια στο νερό , προκαλώντας προβλήματα στο φίλτρο και στο ενυδρείο μας.

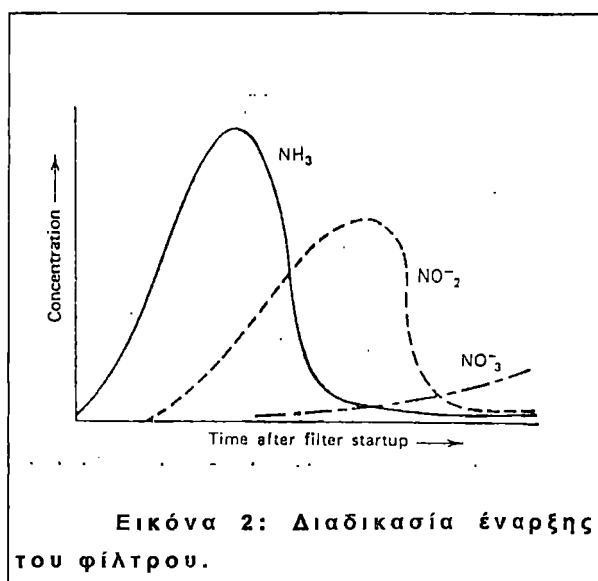
Ο Meade βρήκε την εξίσωση για την αντίδραση σύνθεσης των κυττάρων για τέτοιους αυτότροφους οργανισμούς (περιγράφεται παρακάτω).

Επίσης οι παρακάτω αντιδράσεις περιγράφουν την σύνθεση των κυττάρων και τις μεταβολικές διεργασίες των νιτροποιητικών βακτηρίων.



Βάση αυτών των αντιδράσεων, τα *Nitrosomonas* καταναλώνουν 3,02 kg O₂ για κάθε κιλό NH₃ που μετατρέπεται σε NO₂ και τα *Nitrobacter* 1,02 kg O₂ για κάθε κιλό NO₂ που μετατρέπεται σε NO₃. Το συνολικό βάρος του O₂ που χρειάζεται για την μετατροπή ενός κιλού NH₃ σε NO₃ είναι περίπου 4,0 ή 4,6 kg αφού αυτό λίγο πολύ ποικίλει.

Στην εικόνα 2 παρατηρούμε τη σχέση μεταξύ NH₃, NO₂, NO₃ κατά το αρχικό στάδιο του βιολογικού φίλτρου. Αρχικά ο



πληθυσμός των νιτροποιητικών βακτηρίων είναι πολύ μικρός ή αμελητέος. Όταν τοποθετήσουμε ψάρια μέσα στο όλο σύστημα θα έχουμε μεγάλη αύξηση της NH₃.

Αυτό το σημείο είναι πολύ σημαντικό αφού ακόμα και μικρές

συγκεντρώσεις NH_3 μπορεί να είναι μοιραίες για τους εκτρεφόμενους οργανισμούς. Η μείωση στην συγκέντρωση της NH_3 συνήθως δείχνει την εγκατάσταση του υγιούς πληθυσμού *Nitrosomonas* που μετατρέπει την NH_3 σε *nitrite*.

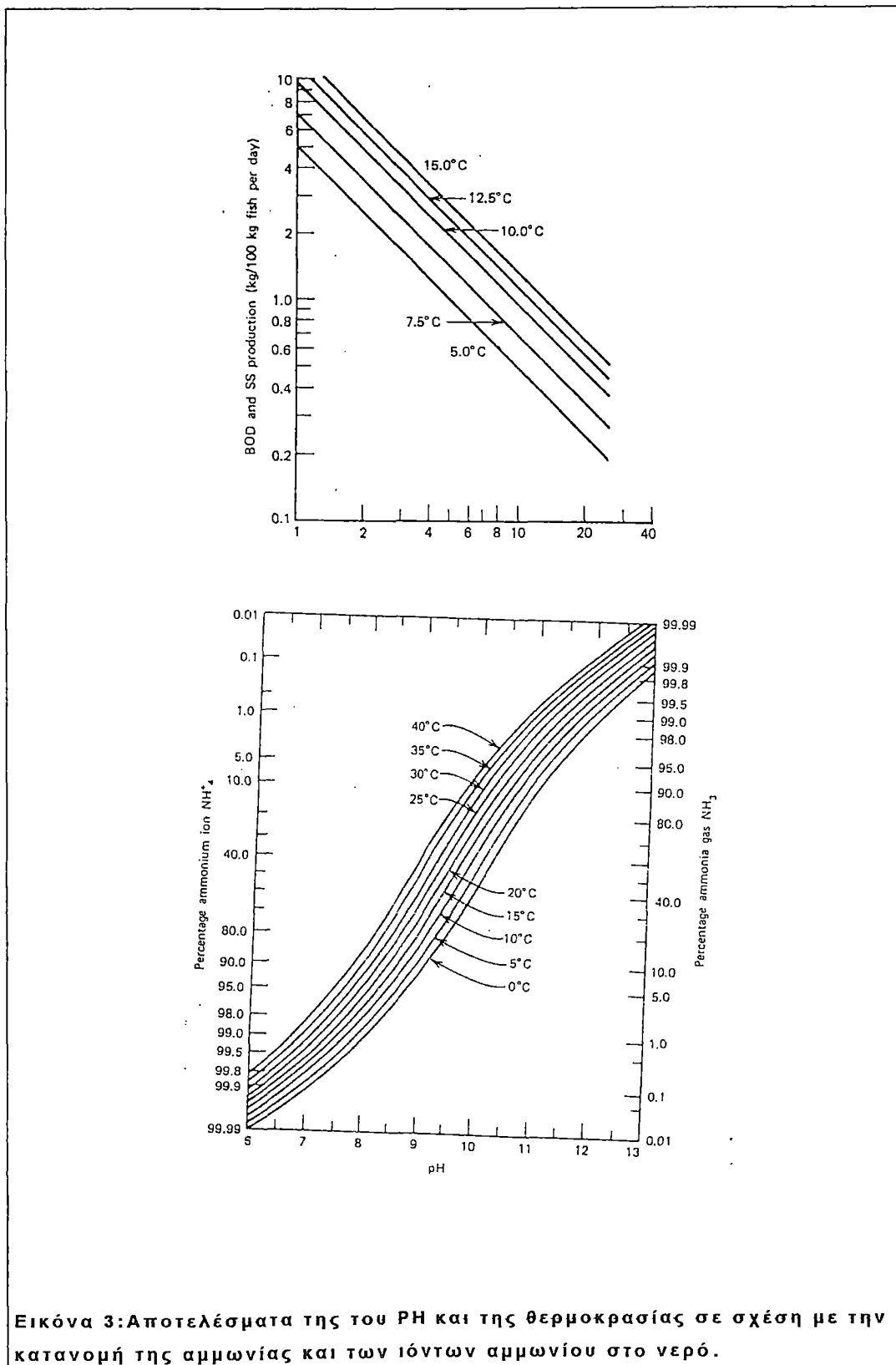
Παρ' όλα αυτά αυτή η υπόθεση μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη επανάπαυση του καλλιεργητή. Κανονικά σε ένα βιολογικό φίλτρο υπάρχουν και αυτότροφα και ετερότροφα βακτήρια. Τα ετερότροφα έχουν ένα πολύ πιο σύντομο χρόνο ανάπτυξης (χρόνο ανάπτυξης , αναπαραγωγής , παραγωγής μεγάλου πληθυσμού) , από ότι τα αυτότροφα βακτήρια.

Έτσι τα ετερότροφα βακτήρια που χρησιμοποιούν μια απλή πηγή οργανικού O_2 , αλλά χρειάζονται ανοργανικό N_2 για τον μεταβολισμό τους , σύντομα δημιουργούν μια μεγάλη αποικία και χρησιμοποιούν την παραγόμενη στο σύστημα NH_3 . Όσο το επίπεδο του οργανικού άνθρακα πέφτει η αύξηση των ετερότροφων βακτηρίων γρήγορα σταματάει.

Έτσι η μείωση αυτή της NH_3 μπορεί να δείχνει ένα τεράστιο πληθυσμό ετερότροφων βακτηρίων και όχι *νιτροποίηση*. Ευτυχώς αυτό το πρόβλημα είναι πολύ γνωστό και λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα.

Η αύξηση του πληθυσμού των *nitrosomonas* προκαλεί την αύξηση της συγκέντρωσης σε *nitrite*. Η συγκέντρωση αυτή αυξάνει και πέφτει μόνο όταν τα *nitrobacter* αρχίζουν να μετατρέπουν τα *nitrite* σε *νιτρικά* . Ο δεύτερος κίνδυνος στα συστήματα είναι η υπέρμετρη αύξηση των *nitrite* που είναι τοξικά για πολλά ψάρια ή άλλου υδρόβιους οργανισμούς. Όμως παρακολουθώντας τα *nitrite* όπως και την NH_3 μπορούμε να βεβαιωθούμε για την πορεία της διαδικασίας.

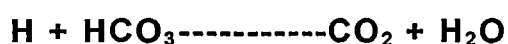
Η NH_3 βρίσκεται ως NH_4^+ , NH_3 στο σύστημα λόγω της αντίδρασης ισορροπίας μεταξύ τους. Η μη ιονισμένη μορφή NH_3 είναι τοξική για πάνω από 1 ppm. Η ισορροπίας NH_3 και NH_4^+ βρίσκεται σε σχέση με το PH. (Εικόνα 3)



Εικόνα 3: Αποτελέσματα της του PH και της θερμοκρασίας σε σχέση με την κατανομή της αμμωνίας και των ιόντων αμμωνίου στο νερό.

Έτσι σε ΡΗ μικρότερο από 7 , πολύ λίγη NH₃ υπάρχει άρα και λιγότερος κίνδυνος. Για υψηλότερες τιμές του ΡΗ η τοξικότητα από NH₃ είναι μεγαλύτερη. Πρέπει να αναφερθεί ότι τα συστήματα αλμυρών νερών τείνουν να λειτουργήσουν σε ρΗ από 7,5 σε 8,3 ενώ των γλυκών νερών σε ρΗ από 6,5 σε 7,8.

Η αντίδραση **νιτροποίηση** και οι αντιδράσεις σύνθεσης παράγουν όλες υδρογονοιόντα. Έτσι το ΡΗ τείνει να μειώνεται κατά την νιτροποίηση. Σε υδάτινα διαλύματα τα παραγόμενα υδρογονοιόντα εξουδετερώνονται από δикаρβονικά ιόντα με την παρακάτω εξίσωση (αντίδραση).



Το αποτέλεσμα της είναι μια μείωση των δикаρβονικών και μια αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα, με αποτέλεσμα την μείωση του ΡΗ.

Έχει υπολογιστεί ότι χρειάζεται περίπου 7,13 kg CaCO₃ για να εξουδετερωθούν τα ιόντα υδρογόνου που παράγονται κατά την οξείδωση 1 kg NH₃ .

Τα νιτροποιητικά βακτήρια επηρεάζονται άμεσα από το ΡΗ του συστήματος. Υπάρχει μια διαφωνία στις λεπτομέρειες της επίδρασης του ΡΗ στην αναλογία οξείδωσης των βακτηρίων αυτών. Βρέθηκε μια συνεχής αναλογία οξείδωσης των NH₃ - N για μη προσαρμοσμένες εκτροφές κυμαίνεται μόνο μεταξύ 6,8 και 8,0. Κάτω από ΡΗ 6,8 η αναλογία της οξείδωσης της NH₃ -N μειώνεται απότομα σε σχέση με το ΡΗ. Δεν έχουν γίνει έρευνες για ΡΗ πάνω από 8,0.

Οι *Engle* και *Alexander* διαπίστωσαν ένα συνεχή βαθμό οξείδωσης μεταξύ ΡΗ 7,5 και 9,0 για το ***nitrosomonas euroraea***. Ο *Myerhof* αντιθέτως βρήκε συνεχή οξείδωση για τα ***nitrosomonas*** μόνο για ΡΗ μεταξύ 8,5 και 8,8. Εκτός της πληροφορίας του *Myerhof* φαίνεται ότι για τα ***nitrosomonas***

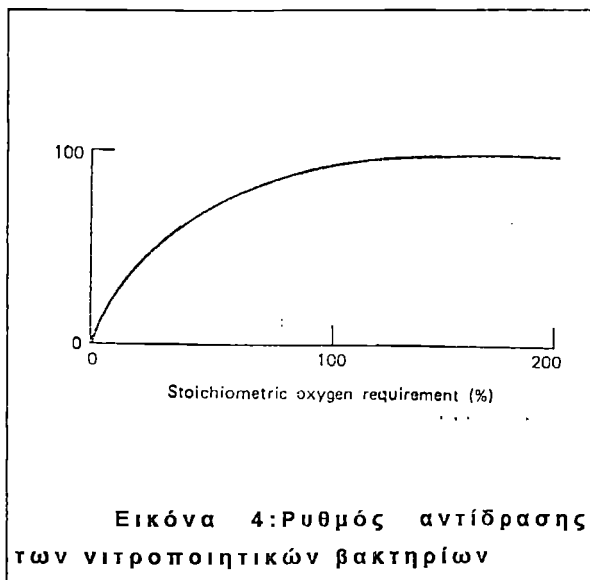
έχουμε υψηλή και συνεχόμενη οξειδωση μεταξύ 7,0 και 9,0. μ όμως πειράματα έδειξαν ότι τα φίλτρα μπορούν να εγκλιματιστούν σε χαμηλότερες τιμές PH αν τους δοθεί χρόνος.

Παρατηρήθηκε ότι με την πάροδο 10 ημερών από την μείωση του PH σε 6,0 ,η αναλογία της οξειδωσης της NH_3 -N σε NO_2 -N ήταν ισοδύναμη με αυτή της αναμενόμενης τιμής.

Παρ'όλα αυτά μειώνοντας το PH στο 5,5 δημιουργήθηκαν συνθήκες στις οποίες τα νιτροποιητικά βακτήρια δεν μπορούσαν να προσαρμοστούν ακόμα και με την πάροδο αρκετού χρόνου.

Λίγα στοιχεία είναι διαθέσιμα για την ανθεκτικότητα των *nitrobacter* σε μεταβαλλόμενο PH. Ο *Myerhof* βρήκε ότι τα *nitrobacter* οξειδώνονταν στις μεγαλύτερες αναλογίες τους μόνο μεταξύ PH 8,4 και 9,2.

Πληροφορίες από συστήματα έδειξαν ότι η επιθυμητή καταστροφή της NH_3 -N πραγματοποιούνταν σε PH μεταξύ 8,4 και 8,6. Το 90% και περισσότερο της μέγιστης αναλογίας



επιτεύχθηκε μεταξύ PH 7,8 και 9,0. Σε PH 7,0 η αφαίρεση της αμμωνίας ήταν μόνο 48% της μέγιστης αναλογίας.

Παρ'όλα αυτά εξ' αιτίας του τρόπου με τον έγινε αυτή η μελέτη, είναι δύσκολο να καθοριστεί αν η καταστροφή της NH_3 -N επιτεύχθει από

ετερότροφα ή αυτότροφα βακτήρια ή και από τα δύο μαζί. Οι *Duddles* και *Richardson* πέτυχαν ένα ποσοστό αφαίρεσης της NH_3 μεταξύ 80-90 % με ένα πλαστικό μέσο *trickling* φίλτρο σε PH 7,0 με 8,0.

Οι *Haug και McCarty* έδειξαν ότι όσο προσφέρουμε τις στοιχειομετρικές ποσότητες του O_2 , η **νιτροποίηση** είναι ανεξάρτητη της συγκέντρωσης του O_2 . Σε συγκεντρώσεις οξυγόνου κάτω από τις στοιχειομετρικές απαιτήσεις η αναλογία της αντίδρασης μειώνεται απότομα. (Εικόνα 4).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ

Υπάρχουν τουλάχιστον δύο μέθοδοι σχεδιασμού των βιολογικών φίλτρων. Το ένα είναι το σχέδιο των *Kiao και Mayo*. Ενώ το δεύτερο σχεδιάστηκε από τον *Spreese*. Παρ'όλο που δεν είναι δυνατόν να διακρίνουμε ποιά από τα δύο είναι το καλύτερο, και τα δύο βασίστηκαν σε περιορισμένες πληροφορίες για σολομό ή πέστροφα, ενώ και τα δύο έχουν περιορισμένες εφαρμογές.

Μάλλον δηλαδή δεν υπάρχει καμία ομάδα εξισώσεων που να καθορίζει απόλυτα το σχέδιο του βιολογικού φίλτρου. Έτσι αυτός ο τομέας απέχει από την τελειότητα, όμως περιλαμβάνει τις καλύτερες διαθέσιμες πληροφορίες.

Πολλές εξισώσεις για τα φίλτρα είναι διαθέσιμες όμως σε όλες ο κύριος σκοπός είναι η μετατροπή της αμμωνίας σε νιτρικά. Επομένως, και η συγκέντρωσή της είναι καθοριστική. Χαρακτηριστικά τα λύματα στους υπονόμους έχουν συγκέντρωση NH_3 10 mg NH_3 /lt ή και παραπάνω.

Αντίθετα στις υδατοκαλλιέργειες απαιτούνται σαφώς μικρότερες συγκεντρώσεις NH_3 1mg /lt ή και λιγότερο για το σολομό ή την πέστροφα ή παραπάνω για κάποια άλλα είδη (catfish). Τα στοιχεία που αντλούμε από την βιβλιογραφία φαίνεται ωστόσο να διαφωνούν, έστω και αν ο βαθμός **νιτροποίησης** εξαρτάται από την συγκέντρωση της αμμωνίας.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι σε χαμηλή συγκέντρωση αμμωνίας ο βαθμός νιτροποίησης εξαρτάται από την συγκέντρωση της υγρής αμμωνίας, αλλά σε υψηλότερες συγκεντρώσεις, ο βαθμός νιτροποίησης είναι ανεξάρτητος της συγκέντρωσης της αμμωνίας.

2.1. Α Τεχνική Σχεδίου.

Μελέτες πάνω σε πέστροφες οδήγησαν σε μια ομάδα εξισώσεων οι οποίες περιγράφουν την παραγωγή μεταβολικών προϊόντων.

$$N_A = 0,0289 F_1$$

$$N_n = 0,024 F_1$$

$$P = 0,0162 F_1$$

$$SS = 0,52 F_1$$

$$BOD = 0,60 F_1$$

$$COD = 1,89 F_1$$

όπου:

N_A = αναλογία παραγωγής αμμωνίας στους 10 με 15 °C (kg NH₃ /100 kg ψάρι την ημέρα)

N_n = αναλογία παραγωγής νιτρικά (kg NO₃ /100 kg ψάρι την ημέρα)

P = παραγωγή φωσφόρου (kg PO₄ / ψάρι την ημέρα)

SS = παραγωγή στερεών προϊόντων (kg SS/100kg ψάρια την ημέρα))

BOD = BOD παραγωγή (kg BOD /100kg ψάρια την ημέρα)

COD = COD (Kg COD/100kg ψάρια την ημέρα)

F = τροφή σε kg / 100 kg ψάρι

Παρατηρούμε ότι οι εξισώσεις αυτές δεν δείχνουν καθόλου παραγωγή προϊόντων μεταβολισμού όταν η αναλογία τροφής είναι μηδέν, αφού αυτά τα προϊόντα προέρχονται από τον μεταβολισμό του σώματος. Έτσι αυτές οι εξισώσεις δεν είναι εφαρμόσιμες για αναλογίες τόσο χαμηλές όσο η λιμοκτονία των ψαριών. Οι εμπορικές υδατοκαλλιέργειες δεν

πρέπει να λειτουργούν ποτέ με τόσο χαμηλό επίπεδο τροφοδοσίας.

Στις εξισώσεις παρατηρούμε τις αναλογίες παραγωγής μεταβολικών προϊόντων από πέστροφα σε εκτροφές με πολύ υψηλό ποσοστό ανακύκλωσης του νερού (έως και 90%). Οι εξισώσεις αυτές εξήχθησαν από πεστροφοκαλλιέργειες 10 έως 15 °C και πυκνότητας 28,4 kg/m³ του νερού των δεξαμενών.

Η κατανάλωση του οξυγόνου από το ψάρι είναι ο δεύτερος σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπ'όψιν για τον σχεδιασμό των συστημάτων του βιολογικού φίλτρου.

Ο *Liao* πρότεινε την παρακάτω εξίσωση για να υπολογίσει την αναλογία της κατανάλωσης O₂ στα *Salmonidae*.

$$O_c = K_2 T^a W^b$$

όπου: O_c = αναλογία κατανάλωσης ο₂

K₂ = σταθερή αναλογία

T = θερμοκρασία

a,b =σταθερές

W = βάρος του ψαριού

Οι σταθερές αναφέρονται στον πίνακα 1. Πρέπει να αναφερθεί ότι οι σταθερές αυτής της εξίσωσης είναι διαθέσιμες μόνο για σολωμό και πέστροφα.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου ο₂ στο τρεχούμενο νερό που μπαίνει στην καλλιέργεια μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω εξίσωση:

$$C_i = 132 \times S \times 760 / [T^{0,625} \times (760 + E_1 / 32,8)]$$

όπου:

C_i = συγκέντρωση ο₂ σε θερμοκρασία T και ύψος E

S =

T = θερμοκρασία του νερού

E_1 =υψόμετρο πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Πίνακας 1:Κατανάλωση οξυγόνου για την προηγούμενη αντίδραση.

Είδη	Θερμοκρασία	K_2	a	b
Σολομός	<50 ή> 50°F	$7,2 \times 10^{-7}$	3200	-0,194
Πέστροφα	<50 ή> 50°F	$1,90 \times 10^{-6}$	3130	-0,138

Η ικανότητα φόρτισης του συστήματος μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση:

$$L_c = 0,14 \times (C_e - C_m) : O_c$$

όπου: L_c = ικανότητα (kg ψαριού / lt)

C_e = διαλυμένο O_2

C_m = ελάχιστη συγκέντρωση O_2

O_c = αναλογία O_2

Ο *Piper* επίσης ανέπτυξε μια φόρμουλα για τον υπολογισμό της ικανότητας φόρτισης ενός συστήματος που βασίζεται στο μήκος και στο βάρος του ψαριού.

$$L_0 = 21,2 W/L I$$

όπου: L_0 = παράγοντας φόρτισης

W = βάρος ψαριού

L = μήκος ψαριού

I = ροή νερού

Ο *Piper* βασίστηκε σε δύο υποθέσεις:

⊗ Η ικανότητα φόρτισης περιορίζεται από την κατανάλωση του O_2 και / ή από την συσσώρευση των μεταβολικών προϊόντων.

⊗ Το ποσό του καταναλούμενου O_2 και η ποιότητα των μεταβολικών προϊόντων που παράγονται είναι ανάλογα με το ποσό της καταναλούμενης τροφής. Πρέπει να σημειωθεί ότι στις εικόνες 5 και 6 δεν λαμβάνεται υπ' όψιν η επίδραση της συσσώρευσης των μεταβολικών προϊόντων στο κλειστό σύστημα.

Οι *Liao και Mayo* δημιούργησαν μια εξίσωση ώστε να περιγράψουν την συγκέντρωση των μεταβολικών προϊόντων στην έξοδο του ανακυκλούμενου συστήματος έχοντας ένα σύστημα φιλτραρίσματος που εξάγει τα υλικά από το ανακυκλούμενο νερό.

$$C = 1/1 - R + RE$$

όπου:

R = Ποσοστό του ανακυκλούμενου νερού

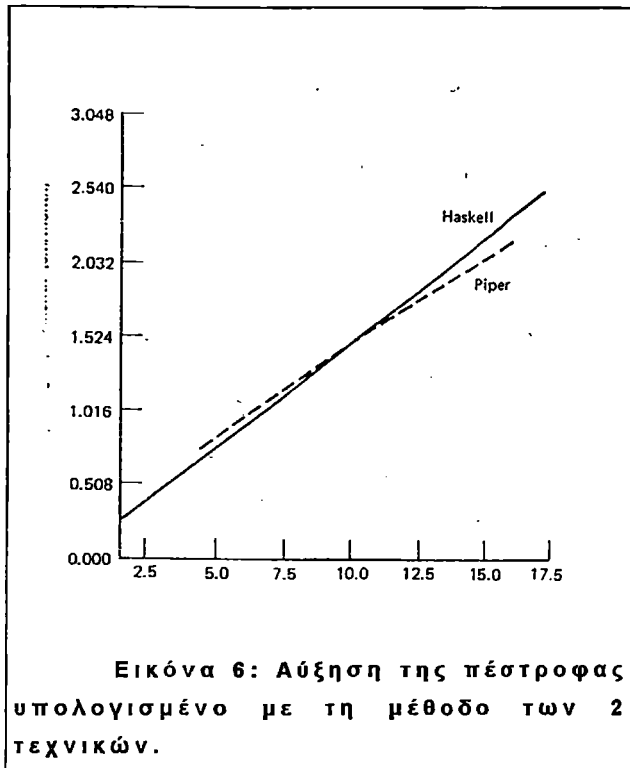
E = Ποσοστό των μεταβολικών προϊόντων στην έξοδο του νερού

C = Συγκέντρωση μεταβολικών προϊόντων

Την παραπάνω εξίσωση την λύνουμε ως προς C για ποικίλες συγκεντρώσεις ανακυκλωμένου νερού με ένα σύστημα χωρίς φίλτρο ($E = 0$), τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 2.

Από τον πίνακα αυτό είναι προφανές ότι η σταθερή συγκέντρωση των μεταβολικών προϊόντων σε ένα σύστημα ανακύκλωσης χωρίς φίλτρο για το νερό, θα αυξάνεται λογαριθμικά με το ποσοστό του ανακυκλωμένου νερού. Όσο η ικανότητα φιλτραρίσματος από το σύστημα αυξάνεται, η σταθερή μεταβολική συγκέντρωση αλλάζει.

Για παράδειγμα για ένα σύστημα με 100% ανακύκλωση



Εικόνα 6: Αύξηση της πέστροφας υπολογισμένο με τη μέθοδο των 2 τεχνικών.

και ένα φίλτρο με ικανότητα 50% , ο παράγοντας C είναι ισοδύναμος με 2,0. Έτσι για να διατηρηθεί μια δεδομένη συγκέντρωση ενός μεταβολικού προϊόντος (πχ NH_3) η ικανότητα φιλτραρίσματος πρέπει να αυξηθεί όσο το ποσοστό του ανακυκλούμενου νερού μεγαλώνει.

Οι *Liao et al.* επίσης βρήκαν μια εξίσωση για να συσχετίσουν την αμμωνιακή παραγωγή N_a με την κατανάλωση του O_2 O_c 13,77 ή 13,78.

$$N_a = 0,0071 + 0,0455 O_c$$

όπου:

N_a = παραγωγή αμμωνίας σε 10-15 C

O_c = κατανάλωση O_2

$$N_a' = -0,00042 + 0,0545 O_c'$$

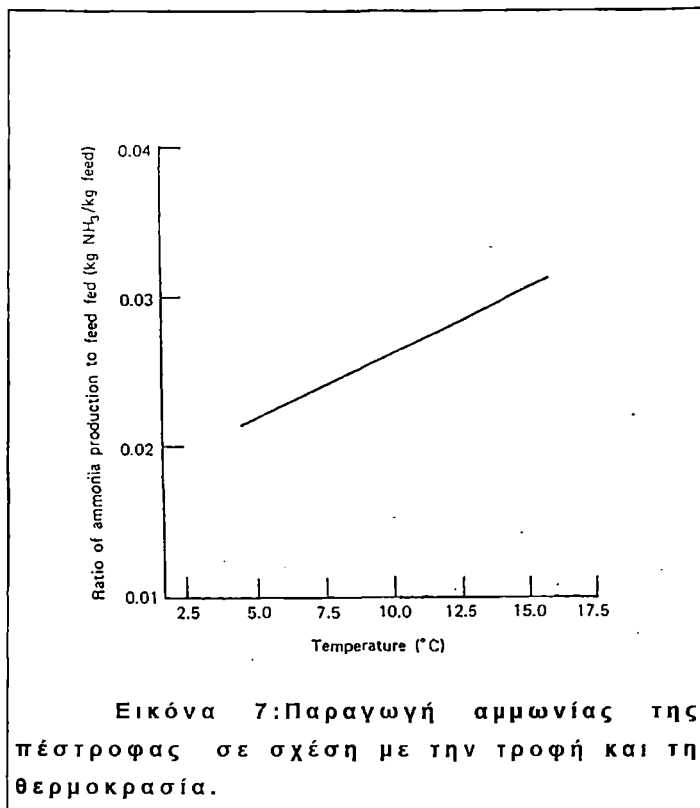
όπου:

N_a' = παραγωγή αμμωνίας

O_c' = κατανάλωση O_2

Οι εξισώσεις αυτές έγιναν με τις παρακάτω προϋποθέσεις

- ⊗ πέςτροφα 7,6-27,9 cm.
- ⊗ θερμοκρασία νερού 10-15 C
- ⊗ ταχύτητα νερού 15-30 cm/sec



⊗ η αναλογία τροφοδοσίας ήταν σύμφωνη με τον τύπο *Buterbau gh* και *Willoughb y*.

Οι *Liao et al.* βρήκαν ότι η απομάκρυνση της NH₃ εξαρτόταν

από οργανική, διατροφική και υδραυλική φόρτιση, θερμοκρασία, ΡΗ και συγκέντρωση O₂. Έτσι για τους σκοπούς του σχεδίου είναι αναγκαίο να δημιουργηθεί μια σχέση μεταξύ τους για το *trickling* και το *upflow* φίλτρο για ποικίλους χρόνους.

Οι περιορισμοί εφαρμογής των εξισώσεων αυτών θα είναι οι ακόλουθοι:

- ⊗ θερμοκρασία 10-15 C
- ⊗ υδραυλικά 1,0 σε 1,7 lt. / m² οριζόντιας επιφάνειας φίλτρου
- ⊗ ΡΗ 7,5-8,0

Σε σχέση με τους περιορισμούς που μόλις αναφέραμε, η μέγιστη αναλογία φόρτισης με αμμωνία δεν μπορεί να

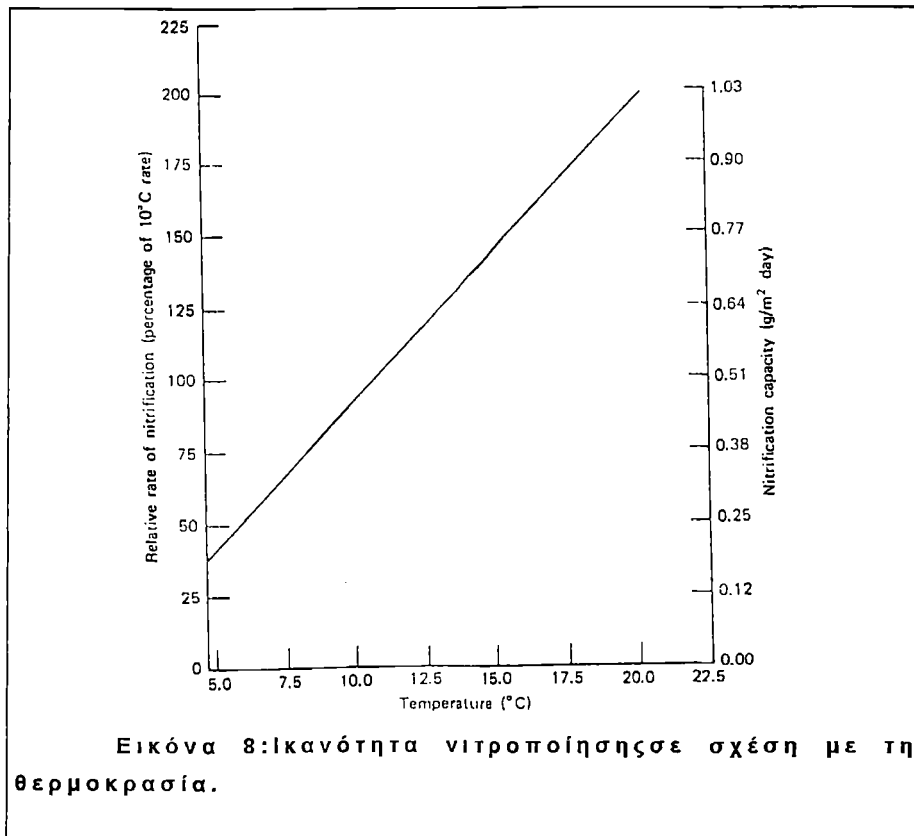
ξεπεράσει τα $97,6 \times 10^{-5} \text{ kg NH}_4^+ / \text{m}^2$ ανά ημέρα. Οι *Liao et al* βρήκαν ότι πάνω από αυτή την τιμή η οργανική φόρτιση μείωνε την ικανότητα του φίλτρου να διασπά την αμμωνία του φίλτρου. Έτσι η αναλογία αυτή θεωρείται το ανώτερο όριο.

Πίνακας 2: Λόγος συγκέντρωσης του μεταβολίτη σε ένα σύστημα εκτροφής, χρησιμοποιώντας το % κλειστών συστημάτων χωρίς φίλτρο.

% Ανακύκλωση	C
0	1,00
10	1,11
20	1,25
30	1,43
40	1,67
50	2,00
60	2,50
70	3,33
80	5,00
90	10,00
99	100
100	

Μέσα στα όρια των $1,0$ και $1,7 \text{ lt} / \text{m}^2$ οι *Liao et al* έδειξαν ότι η υδραυλική φόρτιση δεν είχε καμία επίδραση στην αναλογία απομάκρυνσης της αμμωνίας από το φίλτρο. Έτσι ο χρόνος έγινε πρωταρχικός παράγοντας επηρεασμού της NH_3 . Αυτό αναμενόταν αφού τα νιτροποιητικά βακτήρια έχουν μεγάλο χρόνο γενεάς σε σύγκριση με τα περισσότερα ετερότροφα βακτήρια.

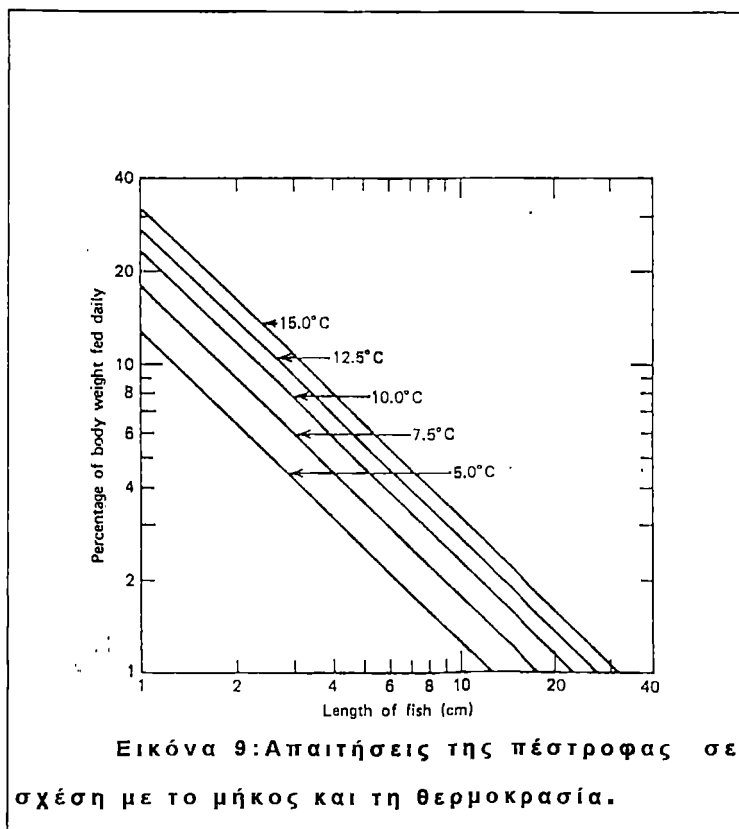
Διάφοροι ερευνητές ανέπτυξαν διάφορες εξισώσεις για να συσχετίσουν την όλη διαδικασία με τη θερμοκρασία. Πχ ο *Liao et al* και *Downing* και *Knowles* δημιούργησαν εξισώσεις. Τέλος οι *Haug* και *McCartey* δουλεύοντας σε ένα πείραμα χωρίς καθόλου οργανικό υλικό με ένα υποβρύχιο φίλτρο ανέπτυξαν μια εξίσωση ώστε να συσχετίσουν την νιτροποίηση με την θερμοκρασία.



Οι εξισώσεις αυτές δείχνουν μια λογαριθμική αλλαγή στην αναλογία της νιτροποίησης με την θερμοκρασία και μια γραμμική αλλαγή της με την θερμοκρασία σε σημαντικό βαθμό. Τα συστήματα στα οποία έγιναν οι εξισώσεις αυτές είχαν και τα δύο όρια NH_3 πολύ υψηλότερα από ότι πρέπει σε καλλιέργειες σαλμονιδών.

Οι *Liao* χρησιμοποίησαν κάποιες πληροφορίες που είχαν και την θερμοκρασία στην οποία δίνει K_T ίση με μηδέν για να αναπτύξουν την παρακάτω εξίσωση. Έτσι αυτή η εξίσωση αναπτύχθηκε από δύο αναφορές (1,67-12 °C) ενώ χρησιμοποιεί πληροφορίες από δυο ερευνητές. Δείχνει επίσης την ανακάλυψη του *Haug* για την γραμμική σχέση μεταξύ της K_T και της θερμοκρασίας και σχεδιάζει την γραμμή μεταξύ δυο τέτοιων σημείων.

$$K_T = 0,097T - 0,215$$



Πα'όλους τους περιορισμούς της η εξίσωση μάλλον παρέχει την καλύτερη εκτίμηση της αναλογίας νιτροποίηση επειδή βασίζεται σε τελευταίες πληροφορίες. Σε καλλιέργειες όπου τα ψάρια αντέχουν σε

υψηλότερα επίπεδα αμμωνίας πιθανόν να εφαρμόζονται καλύτερα οι συνθήκες του *Haig*.

Οι προηγούμενες εξισώσεις δημιουργήθηκαν από την μελέτη στις πέστροφες. Η τεχνική του σχεδίου αυτού βασίζεται στις έρευνες πολλών ερευνητών όπως οι *Liao και Mayo*. Την ίδια περίπου περίοδο ο *Spreese* ανέπτυξε επίσης ένα σχέδιο βιολογικών φίλτρων για τα *salmonidae* ειδικά την πέστροφα. Το σχέδιο αυτό χρησιμοποιεί μια γραφική παρουσίαση πληροφοριών και επιτρέπει στον σχεδιαστή να διαβάσει απαραίτητα στοιχεία από τα γραφήματα.

2.2.B' ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΕΔΙΟΥ

Η παρακάτω εξίσωση καθορίζει το ποσό της τροφής που χρειάζονται οι πέστροφες χρησιμοποιώντας διάφορα στοιχεία.

% του βάρους σε τροφή ανά μέρα = $3(*)100(*)$ ημερήσια αύξηση μήκους(*)μετατρεψιμότητα τροφής/μήκος ψαριού.

Ο *Haskell* ανέπτυξε την θεωρία της «μονάδας θερμοκρασίας» σύμφωνα με την οποία για ένα είδος η αναλογία ανάπτυξης για κάθε θερμοκρασία μεταξύ 3,7-15,05 °C, είναι προβλεπόμενη. Ο αριθμός τέτοιων μονάδων είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία του νερού μείον 3,67 °C.

Ο *Haskell* ανέπτυξε μια σχέση που έδειχνε ότι η ανάπτυξη της πέστροφας είναι γραμμικά ανάλογη με τις μονάδες θερμοκρασίας μεταξύ 3,6-15,5 °C. Η σχέση αυτή προβλέπει μηδενική αύξηση στους 3,6 °C. Οι *Buterbaugh* και *Willoughby* μεγένθυναν την σχέση αυτή συσχετίζοντας την θερμοκρασία με τα εκκολαπτήρια.

Ο *Bowen* χρησιμοποίησε το προηγούμενο σύστημα όμως με βάση τους 0 °C αντί για τους 3,6 που ήταν στην αρχή και θεωρώντας ότι η αναλογία ανάπτυξης είναι 1,52 cm / μήνα στους 10 °C.

Ο *Piper* ανέφερε ότι αν το ψάρι στους 10 °C έχει γνωστή ανάπτυξη, η αναλογία ανάπτυξης σε κάθε άλλη θερμοκρασία μεταξύ 4,4-15,5 μπορεί να υπολογιστεί. Πάνω από τους 10 °C η αναλογία ανάπτυξης θα αυξηθεί 7,2% ανά βαθμό °C ενώ κάτω από 10 °C η αναλογία θα μειωθεί 9% ανά βαθμό. Το μοντέλο του *Piper* φαίνεται στην εικόνα 10.

Ο *Spreese* έπειτα ανέπτυξε μια σχέση μεταξύ NH_3 που παράγεται ανά μονάδα τροφής και της θερμοκρασίας (εικ.11). Αυτό έγινε με την βοήθεια του *Bozeman Fish Cultural Development Center*. Το κέντρο αυτό δημιούργησε την ακόλουθη εξίσωση καθορίζοντας ένα παράγοντα αμμωνίας

$$\text{Παράγοντας αμμωνίας} = 0,139 \times N_a \times Q / F$$

όπου:

N_a = συγκέντρωση NH_3 ppm

Q = ροή νερού

F = τροφή σε κιλά

Χρησιμοποιώντας τον παράγοντα αυτό, διαθέσιμες πληροφορίες για 9,4 και 16,7 °C και την 13,95 ο *Spreese* σχεδίασε την εικόνα 5. Στους 9,4 °C υπολόγισε ότι υπήρχε 0,026 kg NH_3 / kg τροφής και ότι στους 16,7 °C η τιμή αυτή ήταν 0,032. Χρησιμοποιώντας αυτά τα δύο σημεία και υποθέτοντας μια γραμμική σχέση έφτιαξε την καμπύλη. Όταν έχουμε αύξηση της πρωτεΐνης στην τροφή έως 5% η παραγόμενη NH_3 δεν έχει σημαντική μεταβολή.

Ο *spreese* ακόμα έδειξε την σχέση της αναλογίας της νιτροποίησης με την θερμοκρασία.

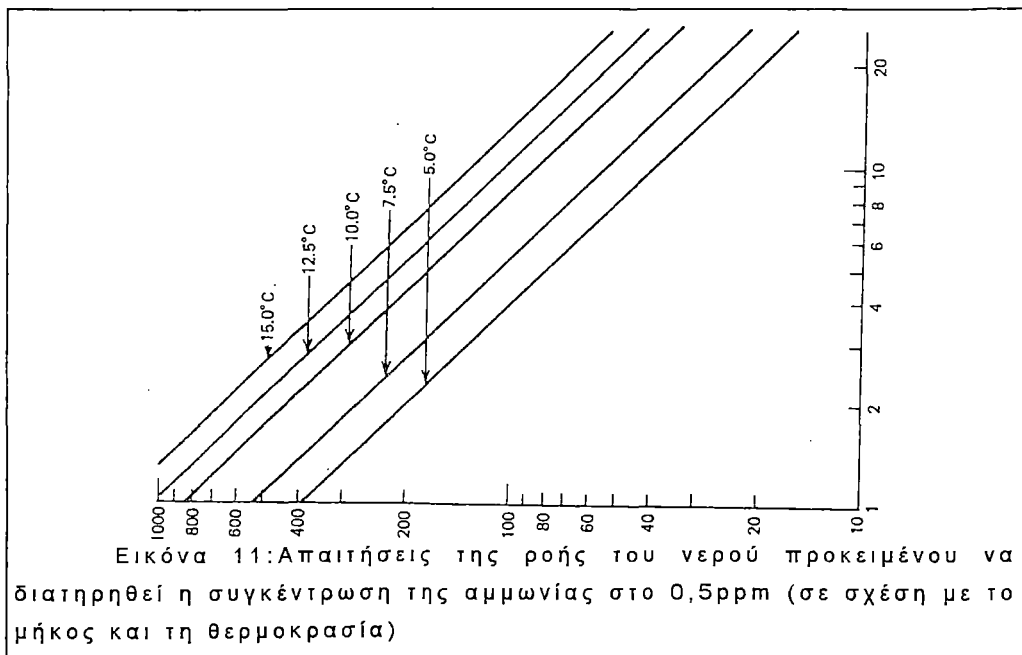
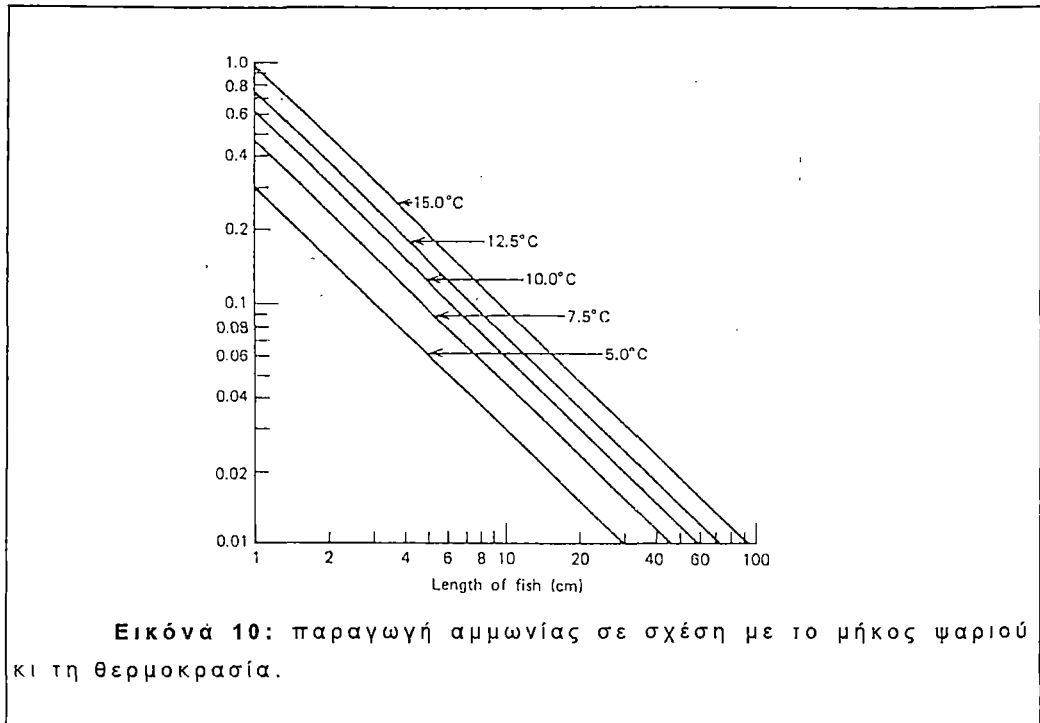
$$dC_A / dt = (0,11T - 0,2) \times (C_A / 10)^{1,2}$$

όπου:

dC_A / dt = αλλαγή της συγκέντρωσης της NH_3 σε χρόνο

T = θερμοκρασία

Την εικόνα 10 ο *Spreese* έχει σχεδιάσει την δυνατότητα νιτροποίησης σε σχέση με την θερμοκρασία ενώ στην εικ.11 παρατηρούμε την τροφή που χρειάζεται μια πέστροφα ανάλογα με το μέγεθός της και την θερμοκρασία.



Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στο νερό. Η τεχνική του *Spreese* μας δίνει την μέγιστη αναλογία NH_3 . Στα γραφήματα που υπάρχουν εδώ, η τιμή της υποθέτεται ότι είναι 0,5 ppm. Χρησιμοποιώντας την τιμή αυτή μπορούμε να υπολογίσουμε την απαιτούμενη ποσότητα ροής με την ακόλουθη εξίσωση

$$Q / W = W_A / W : E_q$$

όπου:

Q / W = η ροή του νερού ανά μονάδα μάζας του ψαριού.

W_A / W = παραγόμενη NH_3 ανά μονάδα μάζας του ψαριού.

E_q = ποιότητα νερού που είναι αναγκαία σε σχέση με την συγκέντρωση της NH_3 .

Στην εικόνα 12 φαίνονται οι απαιτήσεις σε οξυγόνο σε σχέση με τη μεταβολική ενέργεια. Στην εικ.13 φαίνεται η ανάγκη για ροή νερού ανά 100 κιλά ψάρι με συγκέντρωση NH_3 0,5 ppm.

Σε συνδυασμό με την τοξικότητα της NH_3 η έλλειψη O_2 πρέπει να περιοριστεί για να παραμείνουν τα ψάρια υγιή. Ο *Willoughby* αναφέρει ότι χρειάζεται 0,22kg O_2 για να μεταβολιστεί 1 kg τροφή για πέστροφες. Ακόμα αυτή η αναλογία θα παραμείνει σταθερή για θερμοκρασιακό εύρος 4,4 με 15,5 °C.

Ο *Spreese* χρησιμοποιεί τις πληροφορίες αυτές το O_2 που θέλει το ψάρι με το ποσό της τροφής του.

$$\text{Οξυγόνο} / 100 \text{ kg ψάρι} = 0,22 \times \text{kg τροφής.}$$

Η εικ 13 δείχνει επίσης τις ανάγκες σε O_2 διαφόρων ψαριών σε πολλές θερμοκρασίες.

Εφόσον η ανάγκη σε O_2 και η ροή είναι γνωστά, μπορεί να υπολογιστεί το ποσό του O_2 που καταναλώνεται μέσω του μεταβολισμού.

$$\Delta D_o = 11,57 Q_c / Q$$

όπου:

ΔD_o = αλλαγή στη συγκέντρωση του O_2 ppm

Q_c = κατανάλωση O_2 (kg / 100 kg ψαριού ανά ημέρα)

Q = αναλογία ροής νερού (lt / 100 kg ψαριού)

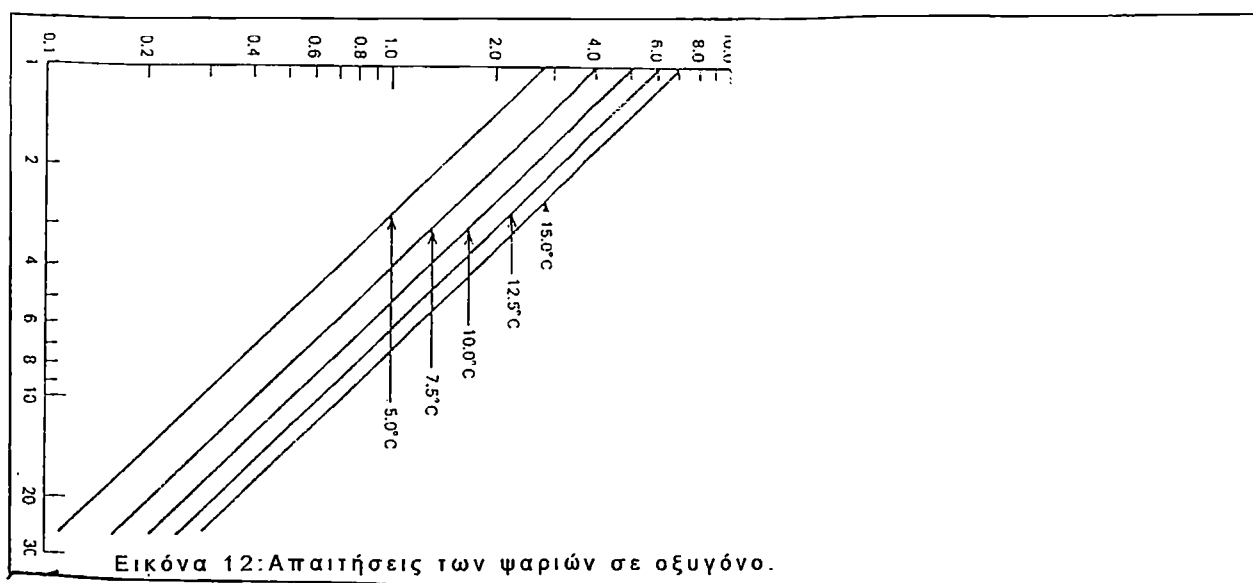
Στην συγκεκριμένη εξίσωση λαμβάνεται υπ'όψιν μόνο το ποσό του O_2 που καταναλώνεται από τα ψάρια αλλά και όχι το ποσό που καταναλώνεται από τα βακτήρια. Οι *Gigger* και *Spreese* αναφέρουν ότι το απαιτούμενο O_2 του φίλτρου ήταν περίπου το 150 % του στοιχειομετρικά απαιτούμενου O_2 για την νιτροποίηση. Εφ'όσον στοιχειομετρικά χρειάζονται 4,5 ppm O_2 για να οξειδώσουν 1 ppm NH_3 , η απαίτηση σε O_2 στο νιτροποίηση φίλτρο είναι

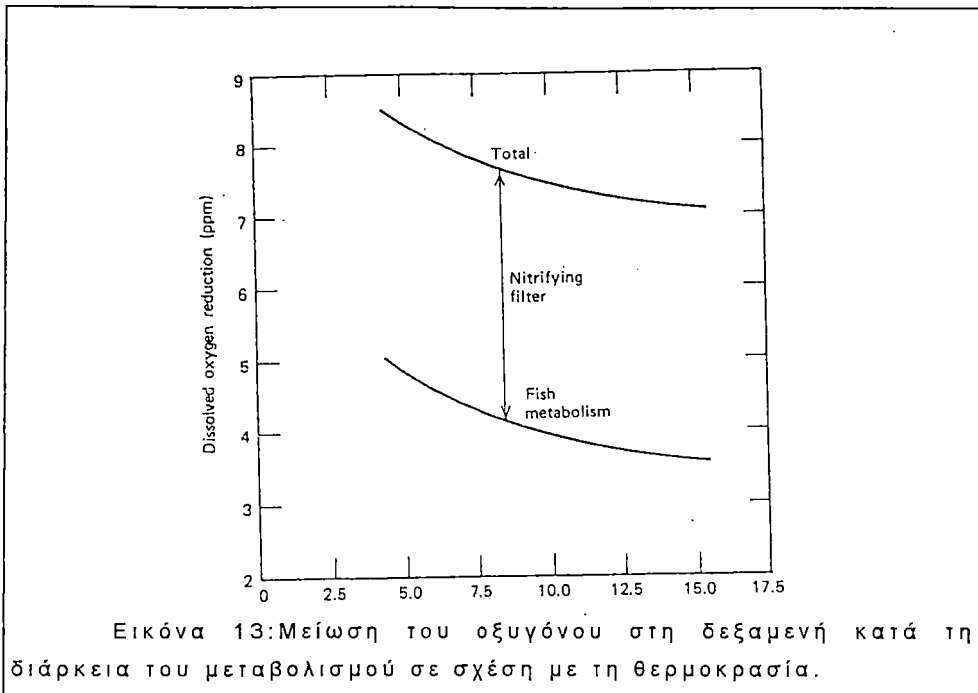
$$D_{of} = 1,5 \times 4,5 \text{ ppm } O_2 / \text{ppm } NH_3 \times 0,5 \text{ ppm } NH_3$$

$$D_{of} = 3,4 \text{ ppm}$$

όπου: D_{of} = διαλυμένο O_2 στο φίλτρο

0,5 ppm NH_3 = η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση NH_3 σ' ένα σύστημα.



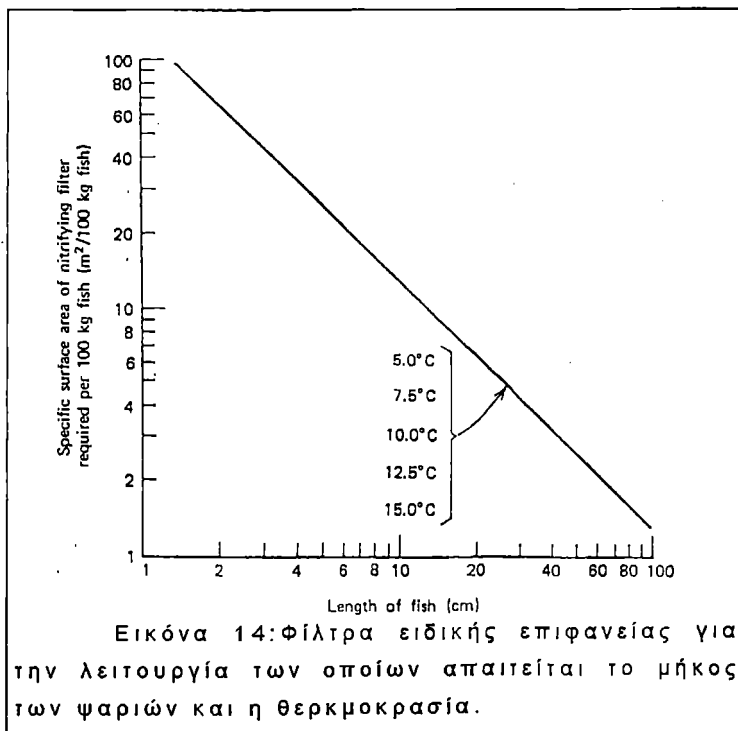


2.3. Διήθηση.

Το ολικό σύστημα του απαιτούμενου οξυγόνου είναι το άθροισμα των απαιτούμενων φίλτρων και ψαριών. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο Spreese το 1973 παραδέχτηκε ότι το σταθερό οξυγόνο απαιτείται από φίλτρα των οποίων η θερμοκρασία κυμαίνεται από 5 έως 15 °C γιατί το βάρος της αμμωνίας πάνω στο φίλτρο διήθησης κρατιέται σταθερά από την προσαρμοστικότητα του βάρους των ψαριών και την θερμοκρασία, και η μετακίνηση της αμμωνίας ρυθμίζεται με την βύθιση νιτρικών.

Από τα δεδομένα αυτά είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω εξίσωση υπολογίζοντας το ειδικό φίλτρο της επιφανειακής περιοχής που είναι απαραίτητο για την εκτέλεση της απαιτούμενης ρύθμισης των νιτρικών $SSA = NH_3-N$ ρυθμός παραγωγής (kg $NH_3-N/100$ kg ψάρια ανά ημέρα) / (kg NH_3 / m^2 ανα ημέρα)

όπου: SSA = ειδική επιφανειακή έκταση του φίλτρου.



Στο διάγραμμα 14 παρατηρούμε ειδικά φίλτρα επιφανείας τα οποία για την λειτουργία των οποίων απαιτείται το μήκος του ψαριού και η θερμοκρασία. Ο Spreese απέδειξε

ότι σε θερμοκρασίες από 5-15 °C η ειδική επιφανειακή έκταση δεν επηρεάζεται από την θερμοκρασία.

Αυτό το εξήγησε παρατηρώντας ότι η παραγωγή NH_3 και ο ρυθμός τροφοδότησης μαζί με την θερμοκρασία και τις μεταβολές στο ρυθμό των βακτηρίων συνέβαλαν αρκετά σε αυτές τις αλλαγές.

Ο *Spreese* ανέπτυξε επίσης μια σχέση μεταξύ ενός μέτρου φίλτρου της ειδικής επιφανειακής έκτασης ανα όγκο και του μεσαίου μεγέθους. Αυτή η σχέση ίσως να αληθεύει για ένα τύπο βράχου αλλά πιθανόν να μην ισχύει για τους υπόλοιπους τύπους. Δεν ισχύει για τα πλαστικά φίλτρου μεσαίου μεγέθους.

Ετσι το διάγραμμα αυτό πρέπει να αναπτυχθεί για τον ειδικό βράχο ή για άλλους μεσαίου μεγέθους στο δεδομένο σχέδιο 10.

Ο *Spreese* συνδύασε τα δεδομένα διαγράμματα με τα δύο σχέδια τα διαγράμματα 10, 11. Το πρώτο είναι ένα σύνθετο διάγραμμα το οποίο διευκολύνει τον υπολογισμό του χαμένου βάρους που παράγεται από τα ψάρια και τον ρυθμό της ροής του νερού που απαιτείται. Το δεύτερο πιθανώς χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ειδικής επιφανειακής έκτασης των νιτρικών που απαιτούνται.

Οι περισσότεροι περιορισμοί για την χρήση των διαγραμμάτων αυτών είναι οι ακόλουθοι:

- ⊗ Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 4,4-15,6
- ⊗ Ο ρυθμός ανάπτυξης είναι 1,52 cm / μήνα στους 10C
- ⊗ Η ποσότητα O_2 που απαιτείται για τον μεταβολισμό ενός kg της τροφής είναι 0,22kg
- ⊗ Η παραγωγή NH_3 σχετίζεται με την θερμοκρασία
- ⊗ Η εξίσωση των *Haig και McCarty* σχετίζει την σταθερή νιτροποίηση με την θερμοκρασία που είναι κατάλληλη για την καλλιέργεια των ψαριών

⊗ Η μεταβολή της τροφής αναλογεί σε 1,2/1

⊗ Η μέγιστη συγκέντρωση NH_3 που επιτρέπεται σε ένα σύστημα εκροής είναι 0,5ppm NH_3

⊗ Παρ'όλο που τα διαγράμματα δημιουργήθηκαν για πέστροφες πιθανόν να έχουν εφαρμογή και στα υπόλοιπα salmonidae και είδη ψαριών.

⊗ Η ειδική επιφανειακή περιοχή με πέτρα μεσαίου μεγέθους σχετίζεται με τον όγκο και την διάμετρο των σωματιδίων.

⊗ Η σταθερή εκόλαση γίνεται σύμφωνα με το διάγραμμα Οι παρεκκλίσεις από αυτούς τους περιορισμούς ή από κάποιο τμήμα τους τα κάνει άκυρα.

Μερικές μπορεί να διορθωθούν με την μετατροπή των διαγραμμάτων.

Ο *Liao* διαπίστωσε ότι 1 kg ξηρού περιττώματος ψαριού χρειάζεται περίπου 1 kg BOD. Στην πορεία επίσης διαπιστώθηκε από την μελέτη που έκανε στην καλλιέργεια των *catfish* ότι τα 0,4kg από τα υλικά ξηρού περιττώματος , παράχθηκαν ανα kg από την τροφοδοσία τους με πέστροφα αφού πρώτα όλη η τροφή είχε καταναλωθεί. Έτσι τα 0,4 kg του τελικού BOD παράχθηκαν ανα kg από την τροφή.

Χρησιμοποιώντας την αναλογία μεταξύ της παραγωγής των περιττωμάτων και της κατανάλωσης της τροφής ανεξάρτητα από το μήκος των ψαριών και την θερμοκρασία , ο *Seece* δημιούργησε το διάγραμμα 11 για να συσχετίσει το BOD και το SS με την θερμοκρασία.

Το διάγραμμα αυτό εξαρτάται επίσης και από τον ρυθμό τροφοδοσίας. Ο *Liao* και δημιούργησε μια σειρά εξισώσεων για να συσχετίσει το SS, BOD , COD με τον ρυθμό τροφοδοσίας.

Επίσης απέδειξαν ότι η αύξηση οργανικού φορτίου μειώνει τον ρυθμό νιτροποίησης όπως επίσης αποδείχθηκε. Ο *Lomax* δοκίμασε τις επιδράσεις που προκαλεί το οργανικό

φορτίο στο ρυθμό νιτροποίηση που χρησιμοποίησε σε κλειστά κυκλώματα για την καλλιέργειας catfish.

2.4 Σχέδιο Διαδικασίας Διαγράμματος.

Τα σχέδια του *Spreese* αρχικά παρουσίαζαν προβλήματα στην σύνταξη των ακριβών διαγραμμάτων και στη μελέτη των κατάλληλων δεδομένων. Στο σχέδιο των *Liao* και *Mayo* είναι περισσότερο πολύπλοκα και συνοψίζονται στο σχήμα του διαγράμματος.

Η διαδικασία περιλαμβάνει τα ακόλουθα

⊗ Οι υπολογισμοί για τη συνολική ροή του νερού απαιτεί
 ⇒ καθοριστική μεταφορά χωρητικότητας ,
 χρησιμοποιώντας τις ειδικές εξισώσεις ή
 χρησιμοποιώντας την τεχνική του *Piper*.

⇒ Η καθοριστική συνολική ροή του νερού Q δίνεται από
 την διαίρεση του συνολικού βάρους των φαριών W με
 την μεταφερόμενη χωρητικότητα L_0 .

⊗ Το καθοριστικό συνολικό βάρος της αμμωνίας W_a
 υπολογίζεται με δύο μεθόδους.

2.4.1 A Μέθοδος.

⊗ Για τον καθοριστικό ρυθμό παραγωγής αμμωνίας N_a
 χρησιμοποιούμε την δεδομένη εξίσωση

⊗ Πολλαπλασιάζουμε το συνολικό βάρος των φαριών W
 με τον ρυθμό παραγωγής N_a ώστε να καθορίσουμε την
 συνολική παραγωγή αμμωνία W_a .

2.4.2 B Μέθοδος.

⊗ Για τον καθορισμό του ρυθμού τροφοδοσίας και τον
 υπολογισμό της παραγωγής αμμωνίας N_a χρησιμοποιούμε την
 δεδομένη εξίσωση

⊗ Επαναλαμβάνουμε το δεύτερο σκέλος από την μέθοδο Α

⊗ Υπολογίζουμε την συγκέντρωση αμμωνίας με τον συντελεστή C

⇒ Για να καθορίσουμε την αρχική συγκέντρωση C₁ της αμμωνίας χρησιμοποιούμε την παρακάτω

$$C_1 = K_4 \times W_a / Q$$

όπου: **K₄ = σταθερός συντελεστής**

$$W_a = \text{σε kg / ημέρα}$$

$$Q = \text{σε lt / λεπτό}$$

$$C_1 = \text{σε mg / lt}$$

⇒ Η επιτάχυνση επιτρέπει την συγκέντρωση C₂ της αμμωνίας στο νερό.

⇒ Υπολογίζουμε το συντελεστή συγκέντρωσης της αμμωνίας από την εξίσωση

$$C = C_2 / C_1$$

⊗ Υπολογισμός της απαιτούμενης αμμωνίας που η μετακίνησή της αποδίδεται στο φίλτρο

⊗ Για να πραγματοποιήσουμε τον υπολογισμό αυτό χρειάζεται η % αναλογία του νερού R συγκρίνοντας την απαιτούμενη συνολική ροή του νερού.

Πίνακας 3: Διαθέσιμες ποσότητες αμμωνίας για την εκτροφή της πέστροφας.

Επίπεδα αμμωνίας.	Μικρά ψάρια μήκους 7,6cm(mg/l)	Μεγάλα ψάρια (15 cm μήκος) (mg/l).
NH ₄ -N		
Ιδανικό	0,3	0,5
Αποδεκτό	0,5	0,75
Μέγιστο	1,0	1,5
Επιτρεπόμενη ιονισμένη αμμωνία.	0,005	0,0075

α) πηγή πίνακα *Liao*

β) μόνο για μικρές περιόδους έκθεσης . Οι συνεχόμενες εκθέσεις μέγιστης αξίας προκαλούν ζημιές στις ψάρια

γ) Ο πίνακας των τιμών ισχύει για 4 h στην μέγιστη τιμή της. Για να αποκτήσουμε το επιτρεπτό μέσο όρο των 24 h πολλαπλασιάζουμε τον πίνακα των τιμών με το 0,86.

B. Υπολογίζουμε την μετακίνηση των φίλτρων με την παρακάτω εξίσωση

$$E = (1+ CR - G) / GR$$

Σημείωση . Ο *Liao* διαπίστωσε ότι αν η απαιτούμενη μετακίνηση δεν υπερβαίνει το 20 %

⊗ Υπολογίζουμε το συνολικό βάρος της NH₃ στο φίλτρο WAF χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$W_{AF} = (W_A) C$$

Το συνολικό βάρος της NH₃ αυξάνεται πάνω στην αρχική συγκέντρωση NH₃ C₁ επειδή το νερό ανακυκλώνεται.

⊗ Για να υπολογίσουμε ένα φίλτρο μεσαίου μεγέθους απαιτείται:

⊗ Να υπολογίσουμε τον χρόνο κατακράτησης που απαιτεί το φίλτρο χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$t_m = E_t / (9,8T - 21,7)$$

⊗ Επιλέγουμε το φίλτρο και καθορίζουμε την ειδική επιφάνεια ανα όγκο A_u και το κλάσμα ε . Ο *Lamox* ανέπτυξε μια μέθοδο για τον καθορισμό της ειδικής επιφανειακής περιοχής από πέτρα.

⊗ Ρυθμίζουμε τον χρόνο κατακράτησης για να μειώσουμε τον χρόνο κατακράτησης που προκαλείται από στερεά τμήματα του φίλτρου

$$t_{m1} = t_m / \varepsilon$$

⊗ Υπολογίζουμε τον όγκο του φίλτρου V_m που απαιτείται χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$V_m = Q \times t_{m1}$$

όπου: **Q ο συνολικός ρυθμός ροής**

⊗ Για να καθορίσουμε την ειδική έκταση A_{sp} χρησιμοποιούμε την εξίσωση

$$A_{sp} = V_m \times A_u$$

⊗ Ελέγχουμε τον ρυθμό του βάρους της NH_3 A_1 για να καθορίσουμε αν είναι μικρότερος από $9,77 \times 10^{-5} \text{ kg } NH_4^+ / m^2$ ανα ημέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ.

⊗ Επιλέγουμε ή καθορίζουμε το υδραυλικό φορτίο h_i

⊗ Υπολογίζουμε την εγκάρσια τομή του φίλτρου της περιοχής A_f από την εξίσωση

$$A_f = Q / HL$$

⊗ Καθορίζουμε τον όγκο του φίλτρου V_f από την

$$t_f = 1,6 t_m$$

t_f = χρόνος κατακράτησης στο φίλτρο

Η σταθερότητα της προηγούμενης προέρχεται από την συσχέτιση του όγκου του φίλτρου της δεξαμενής με τον όγκο του φίλτρου του μεσαίου μεγέθους

⊗ Υπολογίζουμε το βάθος του φίλτρου D_f και το βάθος του φίλτρου του μεσαίου μεγέθους D_m από τις:

$$D_f = V_f / A_f$$

$$D_m = V_M / A_f$$

Το βάθος του μεσαίου φίλτρου δεν πρέπει να είναι μικρότερο από ένα μέτρο ώστε να αποφεύγουμε τον κίνδυνο από μερικό βραχυκύκλωμα του φίλτρου από οργανικά υλικά και νεκρά βακτήρια.

Το μερικό βούλωμα του φίλτρου αυξάνει τον κίνδυνο αναερόβιων περιοχών που σχηματίζονται εκεί και την δημιουργία προβλημάτων που συνδέονται με το μεθάνιο, υδρογόνο και θείο. Ο *Burrows*, ο *Combs* και ο *Liao* δημιούργησαν ένα φίλτρο με ελάχιστο όριο βάθους 1,22m.

Όταν χρησιμοποιούμε μεσαίο φίλτρο με πέτρες πρέπει να ξέρουμε ότι όσο μικρότερη είναι η πέτρα τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ειδική περιοχή ανα όγκο. Έτσι οι μικρότερες πέτρες μπορούν να προμηθεύσουν την απαραίτητη επιφάνεια σε μικρότερα φίλτρα. Εν τούτοις όσο μικρότερες είναι οι πέτρες τόσο πιο εύκολα γεμίζουν μερικώς ενώ τα νεκρά βακτήρια

μπλοκάρουν το φίλτρο και τόσο συχνά πρέπει να πλένονται για να μην μπλοκάρουν. Εμποδίζοντας την υπερβολική απώλεια μολύβδου δια μέσωτου φίλτρου μειώνεται ο ρυθμός της ροής και αυξάνεται ο κίνδυνος να αναπτυχθούν μέσα στο φίλτρο αναερόβιες περιοχές.

Με το πλύσιμο των φίλτρων μετακινούνται πολλά βακτήρια και χαμηλώνει η αποδοτικότητα των φίλτρων. Έτσι η μικρή διάμετρος των μεσαίων φίλτρων αυξάνει μεν την επιφανειακή περιοχή αλλά προκαλεί πολλά εμπόδια. Τα μεσαία φίλτρα πρέπει να επιλεγούν με σκοπό την αποβολή ή την ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων πλύσεων .

Τα πλαστικά μεσαίου μεγέθους με διάμετρο 2,5-7,5 cm μοιάζουν να ικανοποιούν τις απαιτούμενες προϋποθέσεις ενώ παρέχουν ικανοποιητική επιφανειακή έκταση ανα όγκο.

Οι πέτρες μεσαίου μεγέθους πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 2,5 cm ενώ οι μεγαλύτερες πέτρες προτιμούνται για να αποφευχθεί το προηγούμενο πρόβλημα.

Αν και η πρακτική διάμετρος είναι πολύ μικρή για τα εμπορικά συστήματα καλλιέργειας εξαιτίας του οργανικού φορτίου ίσως να είναι ικανοποιητική για τα μικρά ενυδρεία κυρίως εκεί που το νερό διατηρείται καθαρό.

Ο *Specie* και *Liao* δημιούργησαν τα δικά τους σχέδια για τα συστήματα της καλλιέργειας των salmonidae σε γλυκό νερό και για θερμοκρασίες που επερέβαιναν τους 15-16 °C.

Εντούτοις ο *Hirayama* ανακάλυψε την χωρητικότητα για τα μικρά θαλάσσια συστήματα .

Εκφράζει την οξειδωση του φίλτρου μέσα στο σύστημα σε σχέση με το ρυθμό παραγωγής μεταβολισμού της μόλυνσης μέσα στο σύστημα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ταχύτητα της διήθησης που χρειάζεται για το διάστημα της κατακράτησης μεταβάλλει σταθερά τον όγκο του φίλτρου ενώ ο συντελεστής του μεγέθους του κόκκου επιτρέπει την μεταβολή της ειδικής

επιφανειακής περιοχής του φίλτρου ανα όγκο. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να μεταφέρει ένα μεγαλύτερο συνολικό βάρος από μεγάλα ψάρια παρά από αυτό των μικρών ψαριών.

Αυτή η διαπίστωση είναι σύμφωνη με τις παρατηρήσεις του *Liao* και του *Mayo* ότι τα μεγαλύτερα ψάρια τρώνε λιγότερο ανα Kg και παράγουν λιγότερο μεταβολισμό ανα Kg από ότι τα μικρά ψάρια .

3.1.Απονιτροποιητικά Φίλτρα.

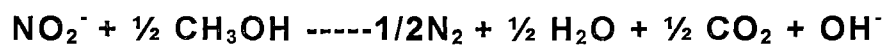
Τα νιτροποιητικά φίλτρα μετατρέπουν την NH_3 σε νιτρικά και έπειτα σε νιτρικό άλας. Έτσι το νιτρικό άλας θα επανεμφανιστεί με αργό ρυθμό στα συστήματα καλλιέργειας εκτός και αν αποβληθεί με τη προσθήκη νερού ή από άλλα μέσα.

Αν και το νιτρικό άλας σχετικά είναι μη τοξικό , μπορεί να γίνει τοξικό για τα ψάρια σε συστήματα με υψηλή στάθμη. Ο *Westin* διαπίστωσε ότι το LDSO του νιτρικού άλατος για τον Ιαπωνικό σολωμό είναι 5000 ppm στο γλυκό νερό και 4000 ppm στο θαλασσινό νερό.

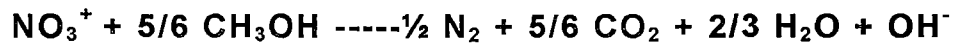
Δεν είναι γνωστά τα επίπεδα στα οποία τα νιτρικά προκαλούν διατροφική και αναπτυξιακή επιβράδυνση. Η απονιτροποίηση αποτελεί μια μέθοδο για την μετακίνηση νιτρικών αλάτων και νιτρικών από το νερό της καλλιέργειας.

Ο *Meade* απέδειξε ότι η απονιτροποίηση είναι ένα αποτελεσματικό σύστημα για την μείωση του επιπέδου των νιτρικών NO_3 από 90 σε 85 % και του επιπέδου των νιτρωδών από 84 σε 60 % στην εκροή του κλειστού συστήματος της καλλιέργειας των Ιαπωνικών σολωμών.

Η απονιτροποίηση είναι ουσιαστικά δύο φορές πιο εξελίσσιμη όταν η μεθανόλη χρησιμοποιείται ως πηγή άνθρακα.



Η συνολική αντίδραση δίνεται στην παρακάτω εξίσωση



Έτσι το 1,90 mg /lt της μεθανόλης που απαιτείται για κάθε mg ανα lt νιτρικών NO_3^+ μετετρέπεται πλήρως σε νιτρώδη. Η έλλειψη επαρκούς ποσότητας μεθανόλης για την πλήρη απονιτροποίηση των νιτρικών θα αυξήσει τα νιτρώδη.

Επειδή τα νιτρώδη είναι περισσότερο τοξικά από τα νιτρικά είναι σημαντικό να επιλέξουμε την επαρκή ποσότητα άνθρακα ώστε να συμπληρώσουμε την απονιτροποίηση.

Η απονιτροποίηση αναπτύσσεται καλλίτερα κάτω από αναερόβιες συνθήκες αν και μερικοί ερευνητές ανακάλυψαν ότι η απονιτροποίηση μπορεί να γίνει και κάτω από αερόβιες συνθήκες με μεγαλύτερη από 1mg /lt ποσότητα O_2 .

Έτσι το οξυγόνο πρέπει να απομακρυνθεί πριν η απονιτροποίηση αναπτυχθεί. Αυτό γίνεται εφικτό με την προσθήκη υπερβολικής ποσότητας μεθανόλης ή άλλων οργανικών ουσιών με την απαιτούμενη ποσότητα O_2 .

Στην εξίσωση επανεμφανίζεται η αντίδραση για τα συστήματα που χρησιμοποιήθηκε μεθανόλη



Έτσι η ποσότητα της μεθανόλης που χρειάζεται για να αποβάλουμε 1 mg /lt ανέρχεται σε 0,67 mg/lt. Η μικροβιακή ανάπτυξη απαιτεί εφόδια από οργανικό υλικό.

Μια εκτίμηση για το οργανικό υλικό που απαιτείται μπορεί να δωθεί με τον καθορισμό αναλογίας, και να την προσδιορίσουμε με τον ίδιο τρόπο που υπολογίσαμε την

ποσότητα των χημικών που απαιτείται για την απονιτροποίηση.

Ο *McCarty* εκτίμησε την αναλογία της μεθανόλης που καταναλώνεται και την βρήκε ίση με 1,30/1. Έτσι πρέπει να προστεθεί 30% περισσότερο μεθανόλη ώστε να διευκολύνουμε την μικροβιακή ανάπτυξη.

Χρησιμοποιώντας τις εκτιμήσεις αυτές αναπτύχθηκε η παρακάτω εξίσωση. για να υπολογιστεί η ποσότητα της μεθανόλης που πρέπει να προστεθεί ώστε να συμπληρωθεί η απονιτροποίηση.

$$C_m = 2,47N_3 + 1,53N_2 + 0,87 \Delta_o$$

όπου C_m = η απαιτούμενη ποσότητα μεθανόλης (mg/lit)

N_3 = συγκέντρωση νιτρικών.

N_2 = συγκέντρωση νιτρωδών.

Δ_o = αδιάλυτο O_2

Η εξίσωση αυτή δείχνει το 30% της ανάγκης για την ανάπτυξη του μικροβιακού κυττάρου.

Η απονιτροποίηση εκτελείται από διάφορα είδη βακτηρίων. Μεταξύ των ομάδων συγκαταλέγονται και τα αναερόβια ετερότροφα βακτήρια . διάφοροι περιβαλλοντικοί παράμετροι και άλλα απονιτροποιητικά βακτήρια επιρεάζουν το ρυθμό μετατροπής των νιτρικών στο αζωτούχο αέριο.

Όπως έχει ήδη παρατηρηθεί μια πηγή από οργανικό υλικό και αναερόβιες συνθήκες είναι απαραίτητη.

Ο αυξημένος ρυθμός του pH και της θερμοκρασίας επηρεάζει το ρυθμό της μικροβιακής απονιτροποίησης.

Ο *Delwiche* ανακάλυψε ότι το *Pseudomonas aeruginosa* κάνει απονιτροποίηση σε PH από 5,8-9,2. Το NO_2 ήταν το τελευταίο προϊόν της απονιτροποίησης σε PH μεγαλύτερο από 7,3 ενώ η παραγωγή του νιτρικού οξέος αυξήθηκε σε PH μικρότερο από 7,3.

Ο *Sawyer* ανακάλυψε ότι το πραγματικό PH για την απονιτροποίηση στους υπονόμους ήταν 6,5-7,5. Ο ρυθμός της

απονιτροποίησης μειώνεται γραμμικά σε pH μικρότερο από 6,5 έως ότου το 80 % του ελάχιστου ρυθμού της απονιτροποίησης μετατραπεί σε PH 6,1.

Ο *Nelsin* διαπίστωσε ότι ο ρυθμός της απονιτροποίησης σε ένα δείγμα που πήρε από νερό πόσιμο δεν επηρεάστηκε από το PH του οποίου οι τιμές κυμαίνονται από 5,5 έως 8,0.

Έτσι ο ρυθμός της απονιτροποίησης είναι ελάχιστος όταν οι τιμές του PH κυμαίνονται από 6,5 σε 7,5 αλλά σε πολλές περιπτώσεις αυτές οι τιμές του PH μπορεί να επεκταθούν από 6,0 σε 8,0.

Η θερμοκρασία επίσης επηρεάζει σημαντικά τον ρυθμό της απονιτροποίησης.

Ο *Dawson and Murphy* (1972) δουλεύοντας πάνω σε καλλιέργειες οι οποίες έχουν προσβληθεί από το μικρόβιο *Pseudomonas denitrificans* ανακάλυψαν την εξίσωση στην οποία περιγράφεται η σχέση μεταξύ του ρυθμού της απονιτροποίησης και της θερμοκρασίας.

Αυτή η εξίσωση είναι κατάλληλη σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 3 σε 27 °C ,

$$K_d = 3,195 \times 10^{11} e^{-16800/RT}$$

όπου: K_d =σταθερά της απονιτροποίησης

R = σταθερό αέριο

T =απόλυτη θερμοκρασία

e =βάση λογαρίθμου

Ο *Meade* 1972 χρησιμοποίησε την εξίσωση για να καθορίσει την ποσότητα μεθανόλης που απαιτείται για τα απονιτροποιητικά φίλτρα διαμέτρου 3,65 m βάθος x 0,61 m στα κλειστά συστήματα καλλιέργειας των Ιαπωνικών σολομών.

Ο ρυθμός της ροής του νερού ποικίλει από 4 σε 15 lt / min έχοντας σαν αποτέλεσμα ο ρυθμός της απονιτροποίησης να αυξηθεί σε 452,4 g /m ανά ημέρα ή σε 232 mg / 1000 cm ανά ημέρα σε νιτρικά στους 14 °C .

Τα απονιτροποιητικά φίλτρα σχεδιάστηκαν ώστε να μετατρέπουν τον ρυθμό του νιτρικού άλατος και των νιτρικών ανά ώρα σε κάθε φίλτρο της ειδικής επιφανειακής περιοχής.

Οι διαπιστώσεις του *Made* πρακτικώς φαίνεται να είναι οι μόνες ωφέλιμες για την απονιτροποίηση ενός συστήματος καλλιέργειας ιχθύων.

Στο δικό του σύστημα η συγκέντρωση νιτρικού άλατος στο φίλτρο κυμαινόταν μεταξύ 55,8 και 68,2 mg /lt και η συγκέντρωση των νιτρικών μεταξύ 0,23 και 0,45 mg/lt .

Σε συνδυασμό με τον χρόνο κατακράτησης και την θερμοκρασία ο *Made* κατάφερε να αποβάλλει το 80-90 % του νιτρικού άλατος και το 60-85 % των νιτρικών.

Χρησιμοποιώντας την μέθοδο αυτή μπορούμε να υπολογίσουμε το κατάλληλο φίλτρο της ειδικής επιφανειακής περιοχής που χρειάζεται ένα σύστημα.

Την ρύθμιση της θερμοκρασίας μπορούμε να την καθορίσουμε χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$A_{sp} = N_3 \times Q \times 1440 / 0,232 \text{ mg /cm ημέρα}$$

όπου:

A_{sp} = φίλτρα μεσαίου μεγέθους

N_3 = συγκέντρωση νιτρικών

Q = ρυθμός της ροής του νερού

1440 = συντελεστής συγκέντρωσης

Χρησιμοποιώντας το φίλτρο μεσαίου μεγέθους και γνωρίζοντας την αναλογία του όγκου της περιοχής που θα

χρησιμοποιήσουμε μπορούμε να υπολογίσουμε τον όγκο του φίλτρου.

Οι ανόργανες τροφές όπως το νιτρικό άλας , τα νιτρικά , η αμμωνία και το φωσφορικό άλας μπορούν να αφαιρεθούν από το νερό της καλλιέργειας με το να ενσωματώσουμε στα κύτταρα των φυτών και στη συνέχεια να αφαιρέσουμε τα φυτά με τις προσκολλημένες ανόργανες τροφές.

Δύο τύποι συστήματος είναι κατάλληλοι για στην μετακίνηση των τροφών με την βοήθεια των πραγματικών φυτών.

Στον πρώτο τύπο χρησιμοποιούμε πολύ μικρά φυτά κυρίως φύκια τα οποία ως πηγή ενέργειας χρησιμοποιούν το φως του ήλιου ή οργανικά υλικά. Τα συστήματα αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για τα αποχετευτικά συστήματα σε συνδυασμό με τα βακτήρια.

Επίσης τα συστήματα αυτά έχουν την δυνατότητα να αφαιρούν τις περιττές τροφές που είναι απαραίτητες για μερικά συστήματα με την συγκομιδή των φυτών.

Στο δεύτερο σύστημα χρησιμοποιούμε μεγαλύτερα υδρόβια φυτά για την αφαίρεση ανόργανων τροφών. Μερικά από τα είδη των φυτών αυτών είναι ριζωμένα. Μερικά από αυτά τα φυτά επιπλέουν στο νερό και μερικά φυτρώνουν στο βυθό.

Άσχετα από το είδος του φυτού που θα χρησιμοποιήσουμε , πρέπει να μελετηθούν διάφοροι ακόμα συντελεστές. Ο *Harvey and Fox* (1973) δουλεύοντας πάνω στο αγριόχορτο *Lemma minor* βρήκαν μια σχέση μεταξύ της συνολικής αναλογίας % του αζώτου και του χρόνου κατακράτησης των ιζημάτων σε ημέρες.

Έπειτα από δύο ημέρες το 21 % περίπου της ποσότητας του αζώτου έχει μετακινηθεί , ενώ σε 10 ημέρες το 86 % του αζώτου έχει εξαφανιστεί.

Πριν το δείγμα δοκιμαστεί η συνολική ποσότητα του αζώτου μειώνεται 30 % σε 10 ημέρες. Η συνολική ποσότητα του φωσφόρου επίσης μειώνεται με τον χρόνο κατακράτησης .

Το 13 % της ποσότητας του συνολικού φωσφόρου μετακινήθηκε μαζί με τον χρόνο κατακράτησης μέσα σε 2 ημέρες ενώ το 45% μετακινήθηκε μετά από 8 ημέρες.

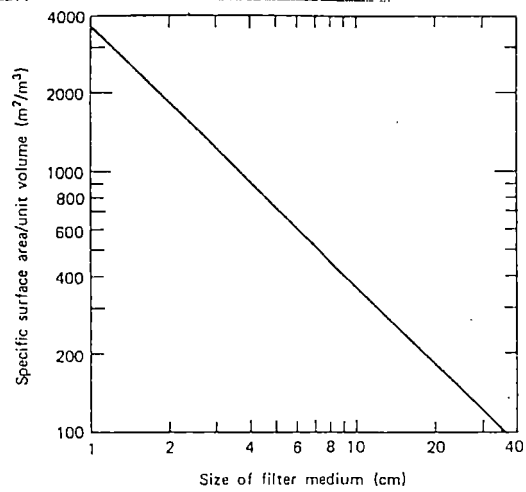
Η % μετακίνηση του φωσφόρου με τον χρόνο κατακράτησης κυμαίνεται από 2 - 8 ημέρες , αλλά η συγκέντρωση του φωσφόρου αυξήθηκε σε 8-10 ημέρες .

Το σύστημα τους λειτουργούσε στους 24 C με 12 ώρες φωτεινέ ένταση και 12 ώρες σκοτεινή περίοδο. Ο *Goldman* (1974) είχε επιτύχει στο να μετακινήσει το 95% της ποσότητας του αζώτου στα συστήματα με τα ημισυνεχόμενα θαλάσσια φύκη τα οποία τρέφονταν από το θαλασσινό νερό.

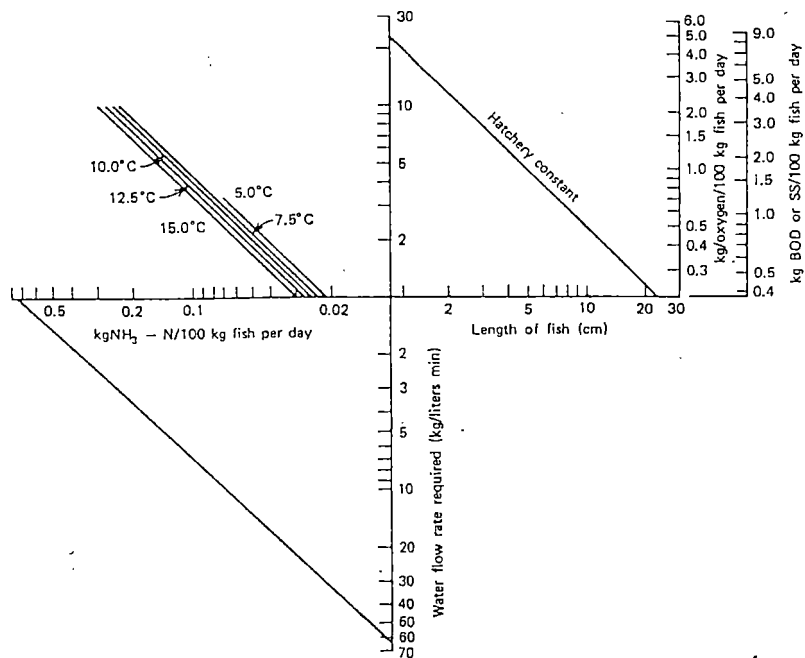
Ο χρόνος κατακράτησης εντούτοις δεν ήταν ακόμα εμφανής αν και εμφανίστηκε να είναι τουλάχιστον 24 ώρες. Έτσι παρόλο που η ποσότητα του αζώτου και του φωσφόρου μετακινήθηκε από τα περισσότερα συστήματα , ο χρόνος κατακράτησης στο φίλτρο πρέπει να μετρηθεί.

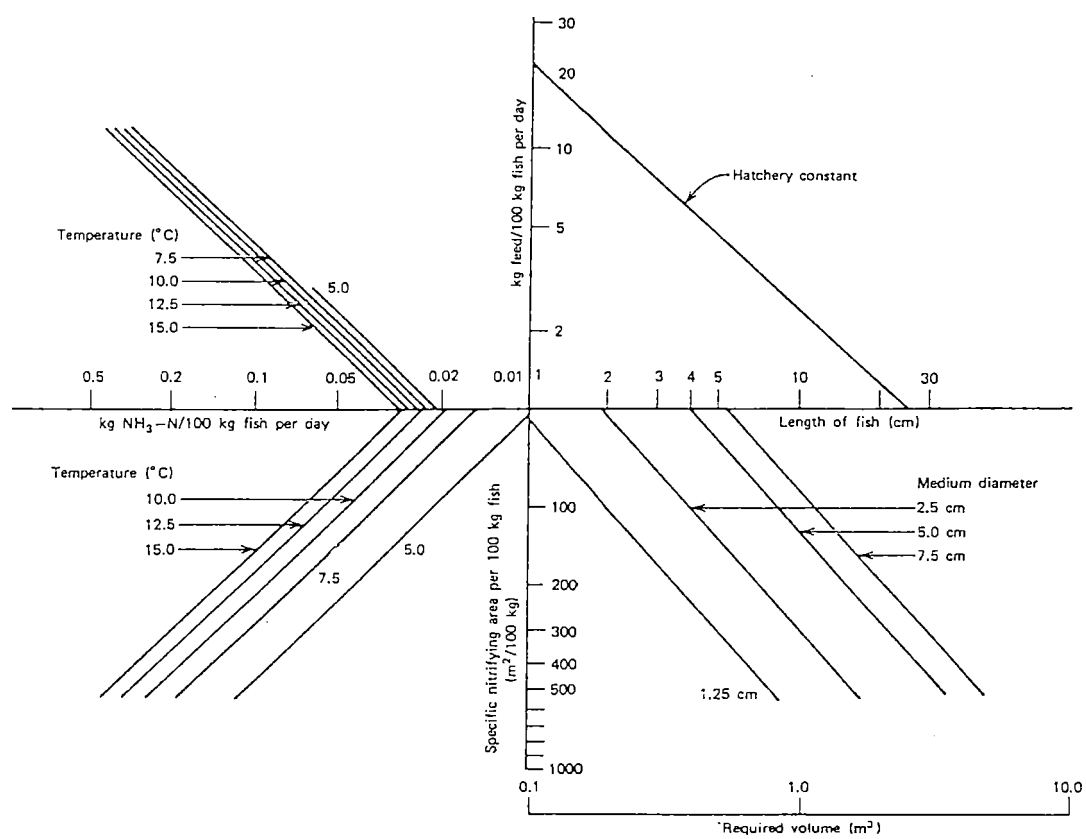
Στα ανακυκλούμενα υποβρύχια συστήματα καλλιέργειας τα μακρά αυτά φίλτρα κατακράτησης μπορεί να είναι αντιοικονομικά.

Εικόνα 16: Ειδική επιφάνεια του μέσου φίλτρου.



Εικόνα 17: Ρυθμός παροχής νερού, και απαιτήσεις σε οξυγόνο των ψαριών σε σχέση με το μήκος και τη θερμοκρασία.





Εικόνα 18: Σχεδιασμός του νιτροποιητικού φίλτρου που χρησιμοποιείται σε εκτροφεία πέστροφας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εκτροφή των ψαριών εξαρτάται σημαντικά από τα συστήματα που συντηρούν την ποιότητα του νερού. Η αυξημένη χρήση των συστημάτων καλλιέργειας κλειστού κυκλώματος απαιτεί υψηλή ικανότητα διήθησης .

Τα βιολογικά φίλτρα παρουσιάζουν την πιο εκτεταμένη χρήση για την μετατροπή της αμμωνίας σε νιτρικό άλας. Τα ξυλανθρακικά φίλτρα έχουν επίσης εκτεταμένη χρήση για την μετακίνηση των αδιάλυτων οργανικών υλικών.

Τα περισσότερα πρακτικά συστήματα εμφανίζονται να είναι τακτοποιημένα σε σειρές , σε μια λεκάνη κατακάθισης για την μετακίνηση των μεγάλων σε όγκο κυρίως υλικών , για την μετακίνηση των αδιάλυτων σωματιδίων και τέλος για την νιτροποίηση των βιολογικών φίλτρων .

Η μετακίνηση των ανόργανων ιόντων θα πρέπει να ελέγχεται . Η στάθμη των νιτρικών αλάτων τείνει να ελέγχεται από την προσθήκη νερού. Τα διατομικά φίλτρα χρησιμοποιούνται συχνά στα ενυδρεία ή σε άλλες περιοχές που απαιτείται υψηλή διαφάνεια νερού για να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη η παρατήρηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Burns, D. E., E. R. Baumann, and C. S. Oulman (1970). Particulate Removal on Coated Filter Media. *Journal of the American Water Works Association* 62:121-126.
- Burrows, Roger E. (1964). *Effects of Accumulated Excretory Products on Hatchery-Reared Salmonids*. Research Report No. 66, U.S. Fish and Wildlife Service.
- Burrows, Roger E. and Bobby D. Combs (1968). Controlled Environments for Salmon Propagation. *Progressive Fish-Culturist* 30(3):123-136.
- Buterbaugh, G. L. and H. Willoughby (1967). A Feeding Guide for Brook, Brown and Rainbow Trout. *Progressive Fish-Culturist* 29(4):210-215.
- Chesness, Jerry L., Kenneth S. Obenauf, and Thomas K. Hill (1975a). *Chemical Flocculation of Catfish Raceway Effluent*. Paper No. 75-5541, American Society of Agricultural Engineers, presented December 18, 1975, Chicago.
- Chesness, Jerry L., William H. Poole, and Thomas K. Hill (1975b). Settling Basin Design for Raceway Fish Production Systems. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 18(1):159-162.
- Cookson, John Thomas, Jr. (1967). Adsorption of Viruses on Activated Carbon-Adsorption of *Escherichia coli* Bacteriophage T₄ on Activated Carbon as a Diffusion-Limited Process. *Environmental Science and Technology* 1(2):157-160.
- Cookson, John Thomas, Jr. (1970). Removal of Submicron Particles in Packed Beds. *Environmental Science and Technology* 4(2):128-134.
- Cookson, John Thomas, Jr., and Wheeler J. North (1967). Adsorption of Viruses on Activated Carbon Equilibria and Kinetics of the Attachment of *Escherichia coli* Bacteriophage T₄ on Activated Carbon. *Environmental Science and Technology* 1(1):46-52.
- Culp, Gordon (1974). *Physical-Chemical Nitrogen Removal-Wastewater Treatment*. Presented at Environmental Protection Agency Technology Transfer Seminar.
- Culp, Russell L. and Gordon L. Culp (1971). *Advanced Wastewater Treatment*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Dawson, R. N. and K. L. Murphy (1972). The Temperature Dependency of Biological Denitrification. *Water Research* 6:71-83.
- Delwiche, C. C. (1956), in *Denitrification, A Symposium of Inorganic Nitrogen Metabolisms*, McElroy and Glass, Eds. Johns Hopkins Press, Baltimore, p. 233.
- Downing, A. L. (1968). Factors to be Considered in the Design of Activated Sludge Plants, in *Advances in Water Quality Improvement*, E. F. Gloyna and W. W. Echenfelder, Jr., Eds., University of Texas Press, Austin, pp. 190-202.
- Downing, A. L. and G. Knowles (1967). Population Dynamics in Biological Treatment Plants, Vol. 2, in *Advances in Water Pollution Research*. Water Pollution Control Federation, Washington, D.C., pp. 117-136.
- Duddler, Glen A. and Stevens E. Richardson (1973). *Application of Plastic Media Trickling Filters for Biological Nitrification Systems*. Environmental Protection Technology Series EPA-R2-73-199, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. 112 pp.
- Dwivedy, Ramesh C. (1973). *Removal of Dissolved Organics Through Foam Fractionation in Closed Cycle Systems for Oyster Production*. Paper No. 73-561, American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Mich.
- Echenfelder, W. Wesley, Jr. (1969). Centrifugation, in *Manual of Treatment Processes*, Vol. 1, W. Wesley Echenfelder, Jr., Ed. Environmental Science Service Corporation.
- Engel, M. S. and M. Alexander (1958). Growth and Autotrophic Metabolism of *Nitrosomonas europaea*. *Journal of Bacteriology* 76:217.

- Fair, Gordon Maskew, John Charles Geyer, and Daniel Alexander Okun (1968). *Water and Wastewater Engineering, Vol. 2, Water Purification and Wastewater Treatment and Disposal*. Wiley, New York.
- Fish Cultural Development Center (1970). U.S. Fish and Wildlife Service, Quarterly Report, March, Bozeman, Mont.
- Gigger, Richard Pierce and R. E. Speece (1970). *Treatment of Fish Hatchery Effluent for Recycle*. Engineering Experimental Station Technical Report 67. New Mexico State University, Las Cruces.
- Goldman, Joel C., Kenneth R. Tenore, John H. Ryther, and N. Corwin (1974). Inorganic Nitrogen Removal in a Combined Tertiary Treatment-Marine Aquaculture System. I. Removal Efficiencies. *Water Research* 8:45-54.
- Goss, L. B. (1975). Factors to Consider in Designing a High-Density Catfish Raceway System. Paper No. 75-5540, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich.
- Gotaas, Harold B. and William S. Galler (1973). Design Optimization for Biological Filter Models. *Journal of the Environmental Engineering Division, American Society of Civil Engineers* EE6:831-850.
- Grievess, Robert B. and Dibakar Bhattacharyya (1965). The Foam Separation Process: A Model for Waste Treatment Applications. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 37(7):980-989.
- Grievess, Robert B. (1966). Foam Separation Processes from Industrial Waste Treatment: Phenol, Phosphate and Hexavalent Chromium. *Proceedings of the 21st Industrial Waste Conference, Part I, Engineering Extension Series No. 121:192-202*. Purdue University, West Lafayette, Ind.
- Grievess, Robert B. and Jerry L. Bewley (1972). Continuous Foam Separation and Activated Carbon Filtration to Clarify Dilute Colloidal Suspensions. *Canadian Journal of Chemical Engineering* 50:261-265.
- Hall, Marvin D. (1971). Design and Operation of a Fish Barn. Paper No. 71-A553, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich.
- Hall, Marvin D. (1972). The Fish Barn. *Agricultural Engineering* 53(5):16.
- Harvey, Richard M. and Jackson L. Fox (1973). Nutrient Removal Using *Lemna minor*. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 45(9):1928-1938.
- Haskell, David C. (1955). Weight of Fish per Cubic Foot of Water in Hatchery Troughs and Ponds. *Progressive Fish-Culturist* 17(3):117-118.
- Haskell, D. C. (1959). Trout Growth in Hatcheries. *N.Y. Fish and Game Journal* 6:204-237.
- Hassler, John W. (1951). *Active Carbon*. Chemical Publishing Co., Brooklyn, N.Y.
- Haug, Roger Tim and Perry L. McCarty (1971). *Nitrification with the Submerged Filter*. Paper presented at the Annual Conference of the Water Pollution Control Federation, San Francisco.
- Huang, Ching-san and Ninnian E. Hopson (1974). Nitrification Rate in Biological Processes. *Journal of the Environmental Engineering Division, American Society of Civil Engineering* EE2:409-421.
- Hulbert, Roberts and Douglas Feben (1933). Hydraulics of Rapid Filter Sand. *Journal of the American Water Works Association* 25(1):20-65.
- Hutchins, Roy A. (1973). New Method Simplifies Design of Activated Carbon Systems. *Chemical Engineering* 80(19):133-138.
- Johnson, Paul W. and John McN. Sieburth (1974). Ammonia Removal by Selective Ion Ex-

- change, A Backup System for Microbiological Filters in Closed-System Aquaculture. *Aquaculture* 4:61-68.
- Kown, Bong T. (1971). The Effects of Column Height and Diameter on the Effectiveness of a Continuous Bubble Fractionation System. *Water Research* 5:93-102.
- Kunin, Robert (1950). *Ion Exchange Resins*. Wiley, New York.
- Lemlich, Robert (1968). Questions and Answers on Foam Fractionation. *Chemical Engineering*, December 16, pp. 95-102.
- Liao, Paul B. (1970). Salmonid Hatchery Wastewater Treatment. *Water and Sewage Works* 117(12):439-443.
- Liao, Paul B. (1970). Pollution Potential of Salmonid Fish Hatcheries. *Water and Sewage Works* 117(9):291-297.
- Liao, P. B. (1971). Water Requirements of Salmonids. *Progressive Fish-Culturist* 33(4):210-224.
- Liao, Paul B. and Ronald D. Mayo (1972). Salmonid Hatchery Water Reuse Systems. *Aquaculture* 1(1):317-335.
- Liao, Paul B. and Ronald D. Mayo (1974). Intensified Fish Culture Combining Water Reconditioning with Pollution Abatement. *Aquaculture* 3:61-85.
- Liao, P. B., R. D. Mayo, and S. W. Williams (1972). *A Study for Development of Fish Hatchery Water Treatment Systems*. Report prepared for U.S. Department of Army Corps of Engineers, Walla Walla District, Walla Walla, Wash.
- Lomax, K. M. (1975). Research Assistant Professor, Horn Point Environmental Laboratories, Center for Environmental and Estuarine Studies, University of Maryland, Cambridge. Personal communication.
- Lomax, K. M. (1976). *Nitrification with Waste Pretreatment on a Closed Cycle Catfish Culture System*. Unpublished Ph.D. Thesis. Department of Agricultural Engineering, University of Maryland, College Park.
- Lomax, K. M. and F. W. Wheaton (1975). *Fish Culture Waste: Solids Affect Nitrification*. Paper No. 75-5544 American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich.
- Lush, J. (1976). *Orifice Aspirator as a Foam Fractionation Air Injection System: Design Effects*. Unpublished M.S. thesis, Department of Agricultural Engineering, University of Maryland, College Park.
- Lynam, Bart, Gregory Ettelt, and Timothy McAloon (1969). Tertiary Treatment at Metro Chicago by Means of Rapid Sand Filtration and Microstrainers. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 41:2, Part 1:247-279.
- Lyman, Bart T. and Vinton W. Bacon (1970). Filtration and Microstraining of Secondary Effluent, in *Water Quality Improvement by Physical and Chemical Processes*, E. F. Gloyna and W. W. Eckenfelder, Jr., Eds. University of Texas Press, Austin, pp. 132-148.
- McCarty, P. L., L. Beck, and P. P. St. Amant (1969). *Biological Denitrification of Waste Waters by Addition of Organic Materials*. Paper presented at the 24th Annual Purdue Industrial Waste Conference, Purdue University, West Lafayette, Ind.
- McHarness, Donald D. and Perry L. McCarty (1973). *Field Study of Nitrification with the Submerged Filter*. Environmental Protection Technology Series EPA-R2-73-158, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- McHarness, Donald D., Roger T. Haug, and Perry L. McCarty (1973). *Field Studies of Nitrification with Submerged Filters*. Paper presented at the 46th Annual Conference of the Water Pollution Control Federation, Cleveland.

- Schnépf, Robert W. and Elmer L. Gaden, Jr. (1959). Foam Fractionation of Proteins: Concentration of Aqueous Solutions of Bovine Serum Albumin. *Journal of Biochemical and Microbiological Technology and Engineering* 1(1):1-8.
- Sengupta, Ashis K. and W. O. Pipes (1964). Foam Fractionation—The Effects of Salts and Low Molecular Weight Organics on ABS Removal. *Proceedings of the 19th Industrial Waste Conference*, Part II. Engineering Extension Series No. 117:811-820. Purdue University, West Lafayette, Ind.
- Smisek, Milan and Slavoj Cerny (1970). *Active Carbon: Manufacture, Properties and Applications*. Elsevier, New York.
- Smith, John M., Arthur N. Masse, Walter A. Feige, and Lawrence T. Kamphake (1972). Nitrogen Removal from Municipal Waste Water by Columnar Denitrification. *Environmental Science and Technology* 6(3):260-267.
- Speece, Richard E. (1973). Trout Metabolism Characteristics and the Rational Design of Nitrification Facilities for Water Reuse in Hatcheries. *Transactions of the American Fisheries Society* 102(2):223-334.
- Spotte, Stephen H. (1970). *Fish and Invertebrate Culture. Water Management in Closed Systems*. Wiley-Interscience, New York.
- Sproul, Otis J., Leo R. LaRochelle, David F. Wentworth, and Robert T. Thorup (1967). Virus Removal in Water Reuse Treating Processes, in *Water Reuse*, Lawrence K. Cecil, Ed. Chemical Engineering Progress Symposium Series No. 78, Vol. 63, pp. 130-136.
- Sproul, Otis J., Murry Warner, Leo R. LaRochelle, and Dirk R. Brunner (1969). Virus Removal by Adsorption in Waste Water Treatment Processes, in *Advances in Water Pollution Research. Proceedings of the Fourth International Conference, Prague*. Pergamon Press, New York, pp. 541-547.
- Srinath, E. G., T. B. S. Prakasam, and R. C. Loehr (1974). *A Technique for Estimating Active Nitrifying Mass and Its Application in Designing Nitrifying Systems*. Paper presented at the Industrial Waste Conference, Purdue University, West Lafayette, Ind.
- Srna, Richard F. (1975). Nitrification: Effect of Environmental Factors. *Sea Scope* 5(2):1-2.
- Stankewich, M. J., Jr. (1972). *Biological Nitrification with the High Purity Oxygen Process Paper*. Presented at the 27th Annual Meeting of the Purdue Industrial Waste Conference, May 2-4, Purdue University, West Lafayette, Ind.
- St. Amant, Percy P. and Perry L. McCarty (1969). Treatment of High Nitrate Waters. *Journal of the American Water Works Association* 61(2):659-662.
- Sy, S. H., R. G. Koegel, D. R. Livermore, and H. D. Bruhn (1973). *Utilization of Eurasian Watermilfoil (Myriophyllum spicatum)*. Paper No. 73-5510, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich.
- Tebbutt, T. H. Y. (1971). An Investigation into Tertiary Treatment by Rapid Filtration. *Water Research* 5:81-92.
- Thomas, H. A. and R. S. Archibald (1952). Longitudinal Mixing Measured by Radioactive Tracers. *Transactions of the American Society of Civil Engineers* 117:839.
- Trowbridge, M. E. (1962). Problems in Scaling Up Centrifugal Separation Equipment. *Transactions of the Institution of Chemical Engineers* 40(4):A73-A87.
- Water Treatment Plant Design* (1969). American Water Works Association, Inc., New York.
- Weber, J. Walter, Jr. (1969). Principles and Applications of Adsorption, in *Manual of Treatment Processes*, Vol. 1, W. Wesley Echenfelder, Jr., Ed. Environmental Science Services Corporation.
- Weber, Walter J., Jr., and J. Carrel Morris (1963). Kinetics of Adsorption on Carbon from