

Α. 00-534

PT2000-0389

ΤΕΙ ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ - ΛΑΪΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: Επίδραση της ποσότητας του CO_2 , του ΡΗ και της αλατότητας στην τοξικότητα της αμμωνίας (NH_3)

ΤΗΣ:
ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΥ ΝΙΚΗΣ

Εισηγητής:
Ν. Γ. Βλάχος
Εκπ. Εκπ/κός

Μεσολόγγι 1996

ΤΕΙ ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ - ΛΑΪΜΙΑΣ
534

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	
ΝΕΡΟΥ	1
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.2. ΟΡΟΛΟΓΙΑ - ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΕΙΣ.....	4
1.3 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	5
ΜΕΡΟΣ Β: ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ CO₂	7
2.1 ΣΗΜΑΣΙΑ - ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ.....	7
2.2 ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΡΗ.....	9
2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ CO ₂ ΜΕ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ.....	13
2.4 ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ	13
2.5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ (ΑΠΟΒΟΛΗΣ) CO ₂	16
2.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ	16
2.7 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	19
2.8 ΣΥΝΔΥΑΖΟΜΕΝΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ	
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ.....	21
2.9 ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	23
ΜΕΡΟΣ Γ	25
ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΡΗ ΣΤΑ ΚΛΕΙΣΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΤΩΝ	
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	25
3.1 ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΡΗ.....	25
3.1.1 Συστήματα μη ταχείας εξάτμισης.....	26
3.1.2 Συστήματα ταχείας εξάτμισης.....	26
3.2 ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΡΗ.....	27
3.3 ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ.....	27
3.4 ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	28
3.4.1 Βαθμός καταστροφής αλκαλικότητας.....	28
3.4.2 Συμπληρωματική αλκαλικότητα.....	30
3.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	30
ΜΕΡΟΣ Δ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗ	33
4.1 Έλεγχος.....	34
4.2 ΤΙ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥΜΕ.....	37
4.2.1 Επίπεδα νερού.....	37
4.2.2 Θερμοκρασία.....	37
4.2.3 Πίεση.....	38
4.2.4 Ροή νερού.....	39
4.2.5 Ηλεκτρική ισχύς - Ασφάλεια.....	39
4.2.6 Έλεγχος ποιότητας νερού - Διαδικασία ελέγχου.....	39
4.3 ΕΠΙΠΕΔΑ ΝΕΡΟΥ.....	40
4.4 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ - ΠΤΕΣΗ.....	41
4.5 ΡΥΘΜΟΣ ΡΟΗΣ.....	42
4.6 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	43
4.6.1 Διαλυμένο οξυγόνο.....	43
4.6.2 Αντόμετα μηχανήματα - Συστήματα ελέγχου - Συστήματα σχεδιασμού και	
συντήρησης.....	43
ΜΕΡΟΣ Ε ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΑΜΜΩΝΙΑΣ (NH₃), ΝΙΤΡΩΔΩΝ(NO₂) ΚΑΙ	
ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ(NO₃)	46
5.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ CO ₂ , ΤΟΥ O ₂ , ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ	
ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ NH ₃	49
5.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ NH ₃	51
5.3 ΝΙΤΡΩΔΗ (NO ₂ ⁻) - ΝΙΤΡΙΚΑ (NO ₃ ⁻).....	54
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	61
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	62
(ΠΙΝΑΚΕΣ, ΣΤΟΙΧΕΙΑ, ΔΕΙΚΤΕΣ)	62

ΜΕΡΟΣ Α: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

1.1 Εισαγωγή

Η καλλιέργεια ειδών γλυκού νερού και αλμυρού νερού έτυχε μεγάλης προσοχής σε δημόσιους και ιδιωτικούς τομείς σαν μια αγροτική επηχέρηση που θα επιφέρει παραπέρα τροποποίηση στις γεωργικές και ιχθυοτροφικές οικονομίες των ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων εθνών. Πολλά από τα εμπορικά προϊόντα ειδών που αναπτύσσονται σε ζεστό και κρύο νερό παράγονται σε χωμάτινες δεξαμενές- τάφρους (λίμνες), δεξαμενές ή επιπλέοντα ιχθυοφράγματα ή κλουβιά.

Με τα παραδοσιακά συστήματα η ιχθυοπαραγωγή απαιτεί μεγάλες ποσότητες καθαρού γλυκού νερού αποκλείοντας την παραγωγή ψαριών σε πολλές περιοχές. Το ποσό του νερού που απαιτείται για την καλλιέργεια σε τάφρους από τον βαθμό διαροής της τάφρου, από τις βροχοπτώσεις, την εξάτμιση του νερού και την πυκνότητα παραγωγής.

Στην εκτροφή του γατόψαρου στις Η.Π.Α οι ανάγκες σε νερό ποικίλουν από το 2,5% - 600% του συνολικού όγκου της λίμνης σε ετήσια βάση. Κατά την υπερεντατική παραγωγή νύμφης στην Hawai, ο βαθμός αλλαγής νερού μπορεί να γίνει πολύ υψηλός.

Συγκριτικά η παραγωγή ψαριού σε κανονικές και καναλόμορφες δεξαμενές, χρησιμοποιεί ακόμα μεγαλύτερες ποσότητες αποβλήτων προϊόντων από το περιβάλλον παραγωγής, τυπικά απαιτούνται 100 ή περισσότερες εναλλαγές του όγκου/ημέρα.

Η δυνατότητα μεταφοράς ενός συστήματος εκτροφής γατόψαρου ήταν 160.000-240.000 kg ψάρια για κάθε διαθέσιμο m^3/sec ($m^3 \cdot Sec^{-1}$) του ρέοντος ύδατος. Η ετήσια δυνατότητα παραγωγής του συστήματος ήταν 3-4 φορές η ικανότητα μεταφοράς. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αποδώσουν την χρήση του νερού ως το ανώτατο

όριο των 32.000lt/kg της ετήσιας παραγωγής. Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται/kg παραγωγής διαφόρων ειδών ψαριών.

Πίνακας 1: Χρήση νερού/kg παραγωγής ειδών υδατοκαλλιέργειας.

Συστήματα - Είδη	Χώρα	Παραγωγή	Απαίτηση σε νερό
Τιλάπια σε δεξαμενές	Ταϊβάν	17.400	21.00
Τιλάπια σε δεξαμενές	-	30-50	3.000-5000
Γατόψαρο σε δεξαμενές	Αμερική	3.000	6.780
Γατόψαρο σε raceways	Αμερική	-	14.500-29.000
Πέστροφα σε raceways	Αμερική	150.000	210.000
Σολομοί σε δεξαμενές	Αγγλία	-	252.000
Γαρίδες σε δεξαμενές	Ταϊβάν	4200-11000	11000- 21340

Πράγματι το ενδιαφέρον όσον αφορά τη ζημία των υδατοκαλλιεργειών σε σχέση πάντα με τα απόβλητα έχει φέρει την υδατοκαλλιέργεια κάτω από τον έλεγχο πολλών ρυθμιστικών υπηρεσιών σε κάποιες αναπτυγμένες χώρες. Η υδατοκαλλιέργεια όπως άλλες παραδοσιακές επιχειρήσεις δημιουργεί κάποια ποσά αποβλήτων τα οποία όταν διοχετευτούν στα ύδατα μπορεί να προκαλέσει εν μέρη ένα μικρό ποσοστό μόλυνσης ή καλύτερα επιβάρυνσης του τοπικού περιβάλλοντος.

Γενικά τα απόβλητα των ιχθυοτροφείων από τα παραδοσιακά συστήματα παραγωγής χαρακτηρίζονται από μεγάλο όγκο και μικρή ισχύ. Οι περισσότερες τεχνολογικές μέθοδοι έχουν βελτιωθεί ώστε να

επεξεργάζονται περισσότερο συγκεντρωμένα τα τοπικά οικιστικά ή βιομηχανικά απόβλητα. Στην ουσία τα συστήματα επεξεργασίας για τα υδατοκαλλιεργητικά απόβλητα μπορεί να παραλληληστούν με τα τριτογενή συστήματα επεξεργασίας για τα βιομηχανικά και τοπικά απόβλητα. Σε πολλές περιπτώσεις η τριτογενής επεξεργασία των υδάτινων αποβλήτων δεν χρησιμοποιείται λόγω του μεγάλου κόστους των εργαλείων επεξεργασίας. Αυτή η ανησυχία για τη προστασία των υδάτινων αποθεμάτων και τις περιβαλλοντικές επιδράσεις των αποβλήτων (που προέρχονται) από υδατοκαλλιεργητικές δραστηριότητες έχει προκαλέσει την εστίαση της προσοχής στην βελτίωση των τεχνολογικών συστημάτων για την αναχρησιμοποίηση του νερού.

Στην απλούστερη μορφή τους τα συστήματα σταδιακής αναχρησιμοποίησης του νερού αυξάνουν την παραγωγική ικανότητα του νερού. Εκτός και αν η επεξεργασία των αποβλήτων εκληρώνει τους όρους μετά την τελευταία χρήση, η αναχρησιμοποίηση του νερού δεν κάνει τίποτα όσον αφορά την περιβαλλοντική επίδραση των ιχθυοτροφικών δραστηριοτήτων.

Τυπικά, στα συστήματα επαναχρησιμοποίησης του νερού για την παραγωγή σαλμονιδών, χρησιμοποιείται μια δεξαμενή καθίζησης στο τέλος κάθε συστήματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις ένα σημαντικό κλάσμα της βιοχημικής απαίτησης σε οξυγόνο (B.O.D) και της παραγωγής σε οργανικά νιτρικά απόβλητα μπορεί να μεταφερθεί με τεχνολογία καθίζησης. Όπως άλλα παραγωγικά συστήματα παράγουν απόβλητα χωρίς να έχουν αρνητική επίδραση στο περιβάλλον (κλειστά κυκλώματα).

Τα απόβλητα που παράγονται στα ανακυκλούμενα συστήματα συναντώνται σε δυο μορφές, τα αδιάλυτα και τα διαλυμένα. Η πλειονότητα του B.O.D και των οργανικών και ανοργάνων συστατικών

στα ρέοντα απόβλητα μεταφέρεται με συγκεκριμένη μορφή, συνήθως μετρημένη σαν σύνολο αιωρούμενων στερεών (T.S.S) παράγεται και εκφορτώνονται από το σύστημα της ανακύκλωσης, θα προσδιορίσει ευρέως την έκταση της περιβαλλοντικής επίδρασης στο σύστημα. Τα συστήματα ανακύκλωσης μπορούν να μετριάσουν τις περισσότερες πιθανές περιβαλλοντικές επιδράσεις μειώνοντας δραματικά τον όγκο του εκφορτώμενου ύδατος. Τα αιωρούμενα στερεά συνήθως μπορούν εύκολα να διατεθούν σε μικρές λασπώδεις λιμνοθάλασσες. Η επεξεργασία των αποβλήτων αυτών μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρησιμοποίηση αναερόβιων οργανισμών πεπτικής επεξεργασίας.

Προκειμένου να προβούμε σ' αυτή την διαδικασία πρέπει να επιλέξουμε την κατάλληλη τοποθεσία και με την ανάλογη διαχείριση μπορεί να προάγει ένα σύστημα με σκοπό να ελαχιστοποιηθούν οι ενδεχόμενες περιβαλλοντικές επιδράσεις.

1.2. ΟΡΟΛΟΓΙΑ - ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΕΙΣ

Μια κύρια απαίτηση σχετικά με την κατανόηση του όλου θέματος κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστεί μια μικρή ανάλυση των όρων που θα χρησιμοποιηθούν κατά την ανάλυση του θέματος.

1.Επαναχρησιμοποίηση ύδατος: Το νερό επαναχρησιμοποιείται σε πολλαπλές δεξαμενές, κατευθυνόμενο προς μια κατεύθυνση.

2.Ανακύκλωση νερού: Το νερό ρέει από μια δεξαμενή σε ένα σύστημα επεξεργασίας και έπειτα διοχετεύεται πάλι στη δεξαμενή.

3.Ολικός όγκος συστήματος: Όγκος νερού σε δεξαμενές εκτροφής, σωληνώσεις, δεξαμενές αποθέματος, δεξαμενές επεξεργασίας και αντλίες.

4.Συνολική Βιομάζα : Η μάζα του προϊόντος της καλλιέργειας/ όγκο δεξαμενής.

5. Μέσος χρόνος παραμονής του νερού σε υδραυλικό σύστημα:

Αναφέρεται στο χρόνο που απαιτείται σε δεδομένο ρυθμό ροής για ένα συνολικό όγκο νερού σε μια δεξαμενή, που πρέπει να εξαχθεί. Q (ρυθμός ροής)/ V (όγκος δεξαμενής)

6. **Ειδική περιοχή επιφάνειας:** περιοχή επιφάνειας /μονάδα όγκου, συνήθως αναφέρεται στη περιοχή επιφάνειας ενός συγκεκριμένου μέσου που χρησιμοποιείται σε φιλτράρισμα ή σε συστατικό καθίζησης.

7. **Ικανότητα Μεταφοράς:** Η μέγιστη μάζα του προϊόντος της υδατοκαλλιέργειας που μπορεί να διατηρηθεί στο καλλιεργούμενο σύστημα συνήθως εκφράζεται ως μάζα /μονάδα όγκου του καλλιεργούμενου συστήματος.

1.3 Υφιστάμενη κατάσταση

Η απαίτηση για υψηλής ποιότητας προϊόντα ώθησε μεγάλες εταιρίες να επενδύσουν χρόνο και χρήμα σε εμπορικά βαθμιδωτά συστήματα ανακύκλωσης. Στον υπολογισμό του κόστους, ο επενδυτής πρέπει να υπολογίσει μαζί στάσιμο και μεταβλητό κόστος. Το στάσιμο κόστος ή έξοδα είναι συνήθως στο ίδιο μέγεθος μη λαμβανοντας υπ'όψη το μέγεθος της παραγωγής καθώς επίσης και τις πωλήσεις της παραγωγής. Σε γενικές γραμμές τα συστήματα ανακύκλωσης έχουν γενικά στη κατασκευή πολύ μεγάλο κόστος, το οποίο και αυξάνει το κόστος των επενδύσεων.

Το μεγαλύτερο κόστος της παραγωγής ψαριών σε ανακυκλούμενα συστήματα προκάλεσε προβλήματα στους παραγωγούς ιδιαίτερα στην αγορά όπου δημιουργήθηκε ανταγωνισμός με τους παραγωγούς που χρησιμοποιούν παραδοσιακή εκτροφή σε δεξαμενές.

Μια γενική προσέγγιση στο σχεδιασμό ενός συστήματος ανακύκλωσης πρέπει να αφορά ισορροπίες χημείας νερού και διαχείρισης.

Συνοπτικά μπορούμε να ακολουθήσουμε την εξής διαδικασία:

1. Προσδιορίζουμε τους παραγωγικούς σκοπούς- στόχους, τις δυνατότητες μεταφοράς ψαριών /δεξαμενή ώστε να επιτευχθούν τα στοχευόμενα επίπεδα παραγωγής. Στη συνέχεια υπολογίζουμε τους αναγκαίους ρυθμούς εκροής (αμμωνίας, νιτρικών και νιτρωδών), το ρυθμό οξυγόνωσης

2. Σχεδιάζουμε το σύστημα ελέγχου της διατροφής, ώστε να έχουμε την ελάχιστη ποσότητα παραγωγής αποβλήτων που θα τα δεχτεί ο τελικός αποδέκτης.

3. Σχεδιάζουμε το βιολογικό σύστημα νιτροποίησης. Όλα τα συστήματα ανακυκλοφορίας του νερού παράγουν σε επίπεδα συγκεντρώσεις αμμωνίας που απαιτούν σταδιακή διεργασία.

4. Σχεδιάζουμε το σύστημα οξυγόνωσης- αερισμού.

5. Ελέγχουμε το PH και την αλκαλικότητα .

6. Επιλέγουμε το κατάλληλο σύστημα συναγερμού.

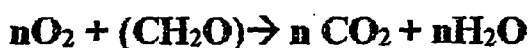
7. Αναπτύσσουμε ένα γενικό οδηγό καλής διαχείρισης της μονάδας.

ΜΕΡΟΣ Β: ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ CO₂

2.1 Σημασία -Αναγκαιότητα

Σε εντατικά συστήματα υδατοκαλλιέργειας, το CO₂ διοχετεύεται στο νερό από την αναπνοή υδάτινων οργανισμών που χρησιμοποιούν O₂. Στους οργανισμούς αυτούς συγκαταλέγονται ψάρια και βακτήρια. Το ποσοστό του CO₂ που παράγεται είναι αναλογικά ίσο με το ποσοστό του οξυγόνου που καταναλώνεται.

Μια απλούστερη στοιχειομετρική περιγραφή της αναπνοής είναι κατά Stumm & Morgan 1981 η εξής:



Γι'αυτήν την απλουστευμένη στοιχειομετρία, 1 μόριο CO₂ παράγεται από κάθε μόριο O₂ που καταναλώνεται και ισοτιμία της μάζας είναι ότι για κάθε 1.00gr O₂ που καταναλώνεται παράγονται 1,27 CO₂. Στα εντατικά συστήματα υδατοκαλλιέργειας, η πλειονότητα του CO₂ συμβαίνει στα ακριβή δοχεία παραγωγής, με συμπληρωματικά ποσά που παράγονται από τα βιολογικά φίλτρα.

Σε συστήματα χαμηλής πυκνότητας το διαλυμένο O₂ τροφοδοτείται πρωταρχικά το πλούσιο σε O₂ ρέων ύδωρ. Το CO₂ παράγεται σ'αυτά τα συστήματα μεταφέρεται μέσω εκροής προλαμβάνοντας έτσι αύξηση της συγκέντρωσης. Καθώς αυξάνεται η ανακυκλοφορία του νερού και κυρίως καθώς οι ανάγκες σε O₂, η ισορροπία μεταξύ της παραγωγής CO₂ και της απομάκρυνσης από το σύστημα μεταβάλλεται, η συγκέντρωση αυξάνεται.

Οι ρυθμοί ιχθυοφόρτισης kg/m³/L, στους οποίους τα επίπεδα μη ασφαλή εξαρτώνται από τους παραμέτρους της ποιότητας του νερού όπως η θερμοκρασία και η αλκαλικότητα.

Το CO_2 εμφανίζεται να εμποδίζει την αναπνοή των ψαριών μειώνοντας την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει O_2 . Καθώς η συγκέντρωση του ένυδρου CO_2 αυξάνεται, το ίδιο αυξάνεται και η ποσότητα του CO_2 στο αίμα. Η παρουσία του CO_2 στο αίμα μειώνει την δυνατότητα της αιμογλοβίνης να δεσμεύσει μόρια O_2 . Σε ακραίες περιπτώσεις τα ψάρια μπορούν να αναπνεύσουν λόγω υψηλής ποσότητας CO_2 ακόμη και αν η συγκέντρωση του O_2 πάνω από το σημείο κορεσμού. Το CO_2 μπορεί να επίσης να παρουσιάσει υδάτινους οργανισμούς ή βακτήρια επηρεάζοντας το pH . Η προσθήκη CO_2 στο νερό τείνει να μειώσει το pH όπως φαίνεται παρακάτω.

Χαμηλή περιεκτικότητα του pH στο νερό έχει ως αποτέλεσμα περισσότερο stress στους εκτρεφόμενους οργανισμούς καθώς μπορεί να εμποδίσει την ανάπτυξη των βακτηρίων, ιδιαιτέρως αν αυτά περιπλέκονται στην διαδικασία της νιτροποίησης. Ο ρυθμός μεταβολισμού των βακτηρίων *nitrosomonas* και *nitrobacter* έχει αποδεχθεί ότι είναι ευάλωτα σε υψηλά επίπεδα pH .

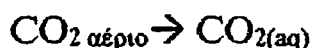
Τα αποτελέσματα της συσσώρευσης του CO_2 στα συστήματα εκτροφής δεν είναι όλα αρνητικά. Η τοξικότητα της ολικής αμμωνίας που παράγεται από τα ψάρια επηρεάζεται από την τιμή του pH και όταν η τιμή του pH γίνεται χαμηλή τότε η αμμωνία που παράγεται γίνεται πιο τοξική όταν το κλάσμα της αμμωνίας που παράγεται παρουσία τοξικού τύπου (μη ιονισμένης μορφής).

Επομένως η συσσώρευση του CO_2 και τα αποτελέσματα της μείωσης του σε αντίστοιχη τιμή του pH η οποία αυξάνει το ποσοστό της ολικής αμμωνίας μπορεί να διατηρηθεί το ποσοστό αυτό στο σύστημα καλλιέργειας. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται στη εικόνα 1 (παράρτημα), όπου η συγκέντρωση σε μη ιονισμένη αμμωνία-άζωτο διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, σε αντίθεση με την παραγωγή του CO_2 που οφείλεται στην αύξηση της ιχθυοφόρτισης των ψαριών και της

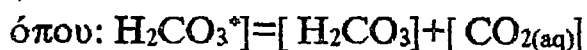
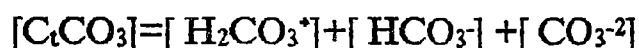
τιμής του PH. Το μέλλον του συστήματος της καλλιέργειας είναι κατάλληλο όταν αυξάνονται παράλληλα, σε σχέση πάντα με την αντίστοιχη αύξηση της έντασης του φωτός. Υπό τον όρο ότι με τη σωστή διαχείριση των ψαριών εξασφαλίζουμε αρκετά πλεονεκτήματα. Τα πλεονεκτήματα αυτά εξηγούνται από την επίδραση της χαμηλής τιμής του PH, η οποία υπερβαίνει τα αρνητικά αποτελέσματα που δημιουργούνται από το stress και την μεταφορά της αιμογλοβίνης του αίματος των ψαριών. Στα εντατικά συστήματα απαιτείται μια προσεκτική διαχείριση της τιμής του CO₂.

2.2 ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ PH

Η μείωση του CO₂ σε σχέση με την διαχείριση του PH κατορθώνεται μετατοπίζοντας την ισορροπία των συγκεντρώσεων των διαφόρων ανθρακικών αλάτων μέσα στο σύστημα. Η ισορροπία των ανθρακικών αλάτων εξαρτάται από τη σχέση ανάμεσα στο CO₂ και στο ανθρακικό οξύ, καθώς επίσης και στα ιόντα των όξινων ανθρακικών και ανθρακούχων.



Ολικό ανθρακικό άλας [C_tCO₃] προσδιορίζεται ως το άθροισμα των συγκεντρώσεων υδατώδους CO₂, καρβονικού οξέος, όξινων ανθρακικών και ανθρακικών ιόντων



Σημειώνεται ότι τα τετράγωνο των αγκιλών περιλαμβάνουν συγκεντρώσεις εκφρασμένες σε mole. Οι συγκεντρώσεις του κάθε ένα

εξαρτώνται από το ολικό ανθρακικό άλας και το PH εξαρτάται από το κλάσμα ιονισμού, συμπεριλαμβανομένης της αναλογίας του ολικού άνθρακος.

$$[H_2CO_3^*] = [C_tCO_3] \cdot a_0$$

$$[HCO_3^-] = [C_tCO_3] \cdot a_1$$

$$[CO_3^{2-}] = [C_tCO_3] \cdot a_2$$

όπου:

$$a_0 = [H^+]^2 \sqrt{[H^+]^2 + [H^+]^2 \cdot K_1 + K_1 \cdot K_2}$$

$$a_1 = [H^+] \cdot K_1 \sqrt{[H^+]^2 + [H^+]^2 \cdot K_1 + K_1 \cdot K_2}$$

$$a_2 = K_1 \cdot K_2 \sqrt{[H^+]^2 + [H^+]^2 \cdot K_1 + K_1 \cdot K_2}$$

$$\text{παρατήρηση } a_0 + a_1 + a_2 = 1$$

Τα K_1 , K_2 προσδιορίζεται ως εξής:

$$K_1 = [H^+] \cdot [HCO_3^-] \setminus [H_2CO_3^*]$$

$$K_2 = [H^+] \cdot [CO_3^{2-}] \setminus [HCO_3^-]$$

και οι τιμές εξαρτώνται - μεταβάλλονται με τη θερμοκρασία. Οι πραγματικές τιμές- συγκεντρώσεις υπολογίζονται από τη σχέση:

$$K_{CO_2} = [CO_{2(aq)}] \setminus [H_2CO_3]$$

Για το γλυκό νερό στους 25°C αναφέρονται μεταβολές από 350 - 990. Μόνο ένα μικρό κλάσμα CO_2 υπάρχει στο καρβονικό οξύ και η συγκέντρωσή του είναι κατά προσέγγιση ίση με τη συγκέντρωση του ανθρακικού οξέος. Συνεπώς η προηγούμενη εξίσωση γίνεται :

$$[CO_2] = [C_tCO_3] \cdot a_0$$

Μια μετατόπιση του PH μπορεί να επιφέρει αλλαγές στην συγκέντρωση του CO_2 . Η συγκέντρωση του αλλάζει για μία δεδομένη τιμή του PH και εξαρτάται κυρίως από την αλκαλικότητα του νερού. Η αλκαλικότητα προσδιορίζεται ως η ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει το οξύ. Στα περισσότερα φυσικά νερά, ανθρακικά, διανθρακικά και υδροξυλιο-ίοντα, μειώνουν το ποσό των υδρογονο-ίωντων. Πρέπει να σημειώσουμε ότι το CO_2 δεν είναι συστατικό της

αλκαλικότητας. Επίσης τα διτανθρακικά και τα ανθρακικά μειώνονται όταν το CO_2 μεταφέρεται (εκτός συστήματος). Η μοριακή ποσότητα της αλκαλικότητας παραμένει σταθερή. Επομένως η αλκαλικότητα παραμένει σταθερή με την προσθήκη ή την μετατόπιση του CO_2 .

Πρακτικά το CO_2 μειώνεται από την προσθήκη μιας συγκέντρωσης διαλύματος μιας ισχυρής βάσης όπως για παράδειγμα NaOH ή διάφορα οριοθετημένα υλικά. Σε περίπτωση δε, που χρησιμοποιηθεί ισχυρή βάση, το διάλυμα κανονικά εισάγεται με μια χημική αντλία και η πορεία της μπορεί εύκολα και αυτόματα να ελεγχθεί το pH με αισθητήρια όργανα. Η προσθήκη NaOH ή μιας άλλης όμοιας σκληρής βάσης θα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της αλκαλικότητας. Χωρίς ουσιώδες αλλαγές της αλκαλικότητας σε σχέση με την παρούσα ολική συγκέντρωση του CO_2 .

Οι αιτίες αύξησης της αλκαλικότητας έχουν άμεση αύξηση του pH η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την ισορροπία των ανθρακικών μετά από μια πτώση της συγκέντρωσης του CO_2 και σε μια αντίστοιχη αύξηση των διτανθρακικών και ανθρακικών ιόντων. Η ολική συγκέντρωση του CO_2 , συχνά παραμένει μη ανανεώσιμη. Η χρησιμοποίηση οριακών υλικών αποτελεί μια εναλλακτική ελεγχόμενη χημική μέθοδο.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν υλικά Ca(OH)_2 , $\text{CaMg(CO}_3)_2$, Na_2CO_3 & CaO . Τα αποτελέσματα της προσθήκης οριακών υλικών έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της αλκαλικότητας και σε μερικές περιπτώσεις έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ολικού ποσού του CO_2 . Μπορούμε να προβλέψουμε την μεταβολή της συγκέντρωσης του CO_2 , η οποία εξάγεται ως το αποτέλεσμα από την προσθήκη κάθε προαναφερόμενων ουσιών, μπορεί να κατορθωθεί χρησιμοποιώντας την ισορροπία των ανθρακικών του συστήματος, ή κατά προσέγγιση η τιμή μπορεί να εξαχθεί χρησιμοποιώντας μεθόδους γραφικών παραστάσεων όπως φαίνεται στην εικόνα 2(παράρτημα).

Για καλύτερη προσέγγιση του θέματος, κρίνεται αναγκαίο να κατανοήσουμε πως η χημική προσθήκη θα επηρεάσει την αλκαλικότητα και τις ολικές συγκεντρώσεις του CO_2 στο νερό. Η εικόνα 2 περιγράφει την σχέση ανάμεσα στην αλκαλικότητα, το ολικό CO_2 , το pH και το ολικό ανθρακικό άλας για θερμοκρασία νερού 25°C (εικόνα 1) και 15°C (εικόνα 2).

Η χρησιμοποίηση των γραφικών δείχνει για παράδειγμα ποιά ισχυρή βάση πρέπει να προστεθεί στο νερό ώστε να επιφέρει μια αύξηση στην αλκαλικότητα και καμία μεταβολή στην ολική συγκέντρωση του ανθρακικού άλατος. Οι αιτίες των μεταβολών αυτών από την προσθήκη της ισχυρής βάσης παρουσιάστηκαν μετατοπίζοντας ένα νέο σημείο στη γραφική παράσταση, το οποίο συναντάει την ίδια ολική καμπύλη του ανθρακικού άλατος στο πραγματικό σημείο.

Αυτό παρουσιάζεται με τα σημεία Α και Β στην εικόνα 2 και για θερμοκρασία 25°C . Το αρχικό νερό (σημείο Α) που λαμβάνεται με αλκαλικότητα $1,5\text{meq/l}$ και $\text{pH}=6,4$, παρουσιάζει συγκέντρωση του ανθρακικού άλατος 30mmole/l . Εάν η συγκέντρωση του CO_2 μειωθεί σε 15mg/l (σημείο Β) τονό pH θα είναι $7,28$ και νέα αλκαλικότητα $2,7\text{meq/l}$. Η συνολική συγκέντρωση των ανθρακικών σ' αυτό το παράδειγμα της προσθήκης ισχυρής βάσης παραμένει σταθερό σε 30mmole/l και το ποσό της ισχυρής βάσης πρέπει να προξενήσει αύξηση της αλακλικότητας κατά $1,2\text{meq/l}$.

Ο χημικός έλεγχος του CO_2 μπορεί να επιφέρει σταθερή αύξηση της συνολικής συγκέντρωσης των ανθρακικών και της αλκαλικότητας στο σύστημα εκτός και αν υπάρχει πρόβλεψη για την ανταλλαγή ικανοποιητικής ποσότητας ύδατος.

2.3 Ελεγχος CO₂ με ανταλλαγή αερίων

Η αποβολή του CO₂ εύκολα πραγματοποιείται μέσα από μια διαδικασία ανταλλαγής αερίων. Η πρόβλεψη για την αποβολή του CO₂ με ανταλλαγή αερίων ή αερισμού μπορεί να είναι πολύπλοκη. Σε σύγκριση με άλλα σημαντικά δυσδιάλυτα αέρια (N₂, O₂), το CO₂ υπάρχει εν διαλύσει ως μέρος του χημικού ισορροποιητικού συστήματος καθώς του CO₂ μετακινείται - αποβάλλεται. Τα διτανθρακικά συμπεριφέρονται - λειτουργούν ως απόθεμα που αναπληρώνουν το ένυδρο CO₂ το οποίο αποβάλλεται. Η υδρόλυση των δικαρβονικών σε CO₂ δεν είναι μια ακαριαία αντίδραση. Μια επιβράδυνση στην παραπάνω υδρόλυση μπορεί να επιτευχθεί καθώς το CO₂ αποβάλλεται.

Η έκταση της επιβράδυνσης εξαρτάται κυρίως από τις κινητικές αντιδράσεις των ανθρακικών. (βλέπε γράφημα 1,2, παράρτημα).

2.4 Ανταλλαγή αερίων

Το CO₂ σε υπέρκορες συγκεντρώσεις μεταφέρεται εκτός ύδατος σε αέρια φάση. Η έκθεση του ύδατος σε αέρια φάση μπορεί να επιτευχθεί με επιφανειακή μεταφορά, με υδατοκαταράκτη, με διαχεόμενο αερισμό, με εκτοξευτήρες σχήματος U, με αεριστήρες υδατοφράκτη με τροχό, ή με ειδικά κατασκευασμένες στήλες. Μολονότι, μιας και η συγκέντρωση του CO₂ σε εντατικές υδατοκαλλιέργειες είναι τυπικά 20 φορές μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση του ατμοσφαιρικού κορεσμού, το αποβαλλόμενο αέριο έχει σημαντική επίδραση στο αέριο που έρχεται σε επαφή.

Μια απλή φυσσαλίδα, μπορεί να αφήσει ένα διαχυτή με κλάσμα του mole του CO₂ της τάξης του 0,03% και επιτυγχάνονται επίπεδα κοντά στην ισορροπία με τη συγκέντρωση του CO₂ πριν φτάσει στην επιφάνεια. Καθώς το κλάσμα του mole του αερίου αυξάνεται η μεταφορική ικανότητα για το αέριο μειώνεται. Η φάση του αερίου

οφείλει να αναπληρωθεί ώστε να προλάβει το σχηματισμό CO₂ στη τοπική ατμόσφαιρα σε σχέση με το νερό και τη συγκριτική αύξηση στη συγκέντρωση κορεσμού και μείωση στους ρυθμούς ανταλλαγής. Ευγενή αέρια σε αναλογία υγρής ροής πρέπει να ρυθμιστούν έτσι ώστε να αυξήσουν το ποσό του απαιτούμενου αερίου ώστε να αποβληθεί το μεταφερόμενο CO₂. Το αέριο σε υγρή αναλογία είναι το σημαντικότερο και πιο ποικιλόμορφο στο να επηρεάζει την αποβολή CO₂ σε μια ειδικά συσκευασμένη για το σκοπό αυτό στήλη.

Γενικά οι ρυθμοί G/L πρέπει να ρυθμιστούν πάνω από 3.0 (από όγκο σε όγκο). Οι συσκευές για τη μεταφορά αερίων με ρυθμούς G/L μικρότερους από 3.0, όπως αεριστήρες και εκτοξευτήρες διάχυσης, δεν είναι εργαλεία διοχέτευσης για συγκεκριμένη αποβολή CO₂. Μόνο αεριστήρες υδατοφράκτη με τροχό και κατάλληλα σχεδιασμένοι αεριστήρες με μορφή στήλης εκθέτουν στο νερό ικανοποιητικές ποσότητες αερίου έτσι ώστε να αποτελέσουν χρήσιμα εργαλεία ελέγχου του CO₂. Μια μαζική μεταφορά συντελεστού K χρησιμοποιείται με ακρίβεια για τη μέτρηση της πυκνότητας του αερίου και της επιφανειακής περιοχής / μονάδα όγκου.

Υιοθετήθηκε η άποψη ότι σε συγκεκριμένο βαθμό ρυθμών ροής η μεταφορά οξυγόνου στη στήλη είναι ανεξάρτητη του ρυθμού ροής, αλλά εξαρτάται από το βάθος της στήλης και το συντελεστή μεταφοράς συνολικής μάζας. Ο Hackey & Colt παρουσίασαν ότι ο ρυθμός μαζικής μεταφοράς εξαρτάται από το είδος του μέσου και την ειδική επιφανειακή περιοχή και ότι η μεταφορά αερίου σ' ένα PCA μπορεί να περιγραφεί από:

$$\ln (C_s - C_1 / C_s - C_2) = K \cdot Z$$

όπου K: συνολικός συντελεστής μαζικής μεταφοράς. (m⁻¹)

C: Συγκέντρωση του αερίου που επηρεάζεται από το υγρό που διέρχεται μέσα από δίσκους διαχωρισμού κατανομής που μπορεί να περιγραφούν από το PCA.

C_Z: Η συγκέντρωση του αερίου μέσα σε υγρό βάθος Z .

Η τιμή του K βρέθηκε να ποικίλει με τη θερμοκρασία και οι μετρούμενες τιμές τυπικά σταθεροποιούνται στους 20°C.

$$K(20) = K \cdot \Theta^{(20-T)}$$

όπου K(20) = Ο συνολικός συντελεστής μαζικής μεταφοράς στους ιδίους βαθμούς θερμοκρασίας.

T = Θερμοκρασία στην οποία η τιμή του K έχει μετρηθεί .

Θ = Σταθερά μεταβολής.

Οι τιμές του Θ ποικίλουν. Τυπικές τιμές του Θ ξεκινούν από 1015 - 1040. Μια τιμή του Θ της τάξης των 1,024 συνήθως χρησιμοποιείται στην υδατοκαλλιέργεια.

2.5 Συντελεστής μεταφοράς (αποβολής) CO₂

Συνολικοί συντελεστές μαζικής μεταφοράς μετρώνται για το οξυγόνο. Ο συνολικός συντελεστής μαζικής μεταφοράς του CO₂ συνδέεται με το συντελεστή μαζικής μεταφοράς από το ρυθμό της μοριακής αραίωσης. Η διάχυση του οξυγόνου είναι $2,5 \times 10^{-5} + 20\%$ atm, ενώ η διάχυση του CO₂ είναι $1,96 \times 10^{-5} + 1\%$ atm. Ο βαθμός αραίωσης ξεκινά από 0,99 σε 0,65. Ακόμα και αν ο βαθμός αραίωσης είναι μικρότερος από 1,0.

Ένας βαθμός 1,00 συνιστάται για το συντελεστή μαζικής μεταφοράς του CO₂ με προσοχή σ' αυτόν του οξυγόνου.

Μια πρόχειρη μέθοδος για τον υπολογισμό της αποβολής - μεταφοράς του CO₂ μέσα από αερισμό βασίζεται στους ακόλουθους τρόπους:

1. Κατά τη μεταφορά το αέριο δεν επηρεάζεται σημαντικά.
2. Οι χημικές αντιδράσεις του ανθρακικού συστήματος λαμβάνονται αμελητέες.

2.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Καθορισμός της εκρέουσας ποσότητας του CO₂ από την εξίσωση:

$$C_z = C_s - (C_s - C_i) e^{-Kz}$$

Αν στην εξίσωση θέσουμε όπου:

$$C_i = 35 \text{ mg/l}$$

$$C_z = 0,5 \text{ mg/l}$$

$$K = 2,0 \text{ m}^{-1}$$

$$T_w = 20^\circ \text{C}$$

$$Z = 1,0 \text{ m}$$

Τότε θα το C_z υπολογίζεται ως 5,17 mg/l.

Μ'αυτή την ποσότητα δεν υπολογίζουμε ακριβώς τον βαθμό G/I στο PCA, η συγκέντρωση κορεσμού λαμβάνεται ως η ίση με το περιβάλλοντα κορεσμό μέσα στη στήλη και οι ισορροπιακές κινητικές αντιδράσεις δεν λαμβάνονται υπόψη. Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να εξαχθούν γρήγοροι υπολογισμοί για τον προσδιορισμό του ποσού του διοξειδίου του άνθρακα. Παρόμοιοι υπολογισμοί μπορούν να εξαχθούν για τους αεριστήρες υδατοφράκτη με τροχό και για άλλους αεριστήρες όσο επιτυγχάνεται υψηλή-μεγάλη αλλαγή αέρα.

Μια πιο γρήγορη εκτίμηση της αποβολής μεταφοράς του CO_2 , απαιτεί πληροφορίες πάνω στη σύνθεση της φάσης του αερίου μέσα στη στήλη και πάνω στη συγκέντρωση κορεσμού που απευθύνεται στη σύνθεση του αερίου. Μια μαζική ισορροπία του διοξειδίου του άνθρακα πρέπει να παρουσιαστεί μέσα στη στήλη, με σκοπό να καθορίσει την απαραίτητη συγκέντρωση κορεσμού που θα χρησιμοποιήσουμε στην εξίσωση.

Ένας ακριβής υπολογισμός της συγκέντρωσης κορεσμού είναι κρίσιμος για τον προσδιορισμό μαζικής μεταφοράς λόγω της εγκαθιστάμενης καθοδηγητικής δύναμης (διαφορά κορεσμού και συγκέντρωσης σε οποιοδήποτε βάθος). Για απομάκρυνση του CO_2 και για δεδομένο συντελεστή μαζικής μεταφοράς, μια λαμβανόμενη συγκέντρωση κορεσμού υψηλότερη από τη κανονική θα έχει ως αποτέλεσμα μια υποεκτίμηση της απομάκρυνσης του CO_2 , ενώ μια λαμβανόμενη συγκέντρωση μικρότερη από την ακριβή συγκέντρωση θα έχει ως αποτέλεσμα μια υπερεκτίμηση της απομάκρυνσης του διοξειδίου του άνθρακα.

Το κλάσμα των μορίων του αερίου μέσα στη στήλη είναι ίση με το κλάσμα των μορίων του απορέοντος αερίου. Το γραμμομοριακό κλάσμα μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την επίδραση του

γραμμομοριακού κλάσματος και την επίδραση των απορέοντων διαλυμένων συγκεντρώσεων κατά την ισορροπία της μάζας:

$$Q_1 \cdot C_i + Q_g \cdot X_i K_g = Q_1 \cdot C_0 + Q_g \cdot X_0 \cdot K_g$$

όπου:

Q_1 : Ρυθμός ροής του υγρού

Q_g Ρυθμός ροής του αερίου

X_i : Επίδραση γραμμομοριακού κλάσματος αερίου

K_g : Πυκνότητα αερίου υπό σταθερές συνθήκες

C_0 : Συγκέντρωση απορροής

X_0 : Γραμμομοριακό κλάσμα απορέοντος υγρού.

Εάν η στήλη της αέριας φάσης, που λαμβάνεται αποτελείται από τμήματα ομοιόμορφα, τότε μια όμοια εξίσωση με την προηγούμενη μπορεί να εκφραστεί για κάθε τμήμα.

Δίνοντας την επίδραση και την απορροή της συγκέντρωσης του διαλυμένου αερίου τόσο καλά, όσο η επίδραση του γραμμομοριακού κλάσματος, για τον υπολογισμό του οποίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ισορροπία της μάζας, σε σχέση με την κορυφή κάθε τμήματος της στήλης.

Η απορροή του γραμμομοριακού κλάσματος δίνεται από την εξίσωση από την εξίσωση:

$$X_0 = X_i + Q_1 \cdot (C_i - C_0) / (Q_g \cdot K_g)$$

Ο ρυθμός ροής του υγρού αερίου χρησιμοποιείται για να περιγράψει την σχέση ροής στο P.C.A

$$G/L = Q_g / Q_1$$

όπου Q : Ο ρυθμός ροής αερίου του διοξειδίου του άνθρακα.

L : Ο ρυθμός ροής του υγρού του διοξειδίου του άνθρακα.

Κορεσμός της συγκέντρωσης για τα τμήματα των στηλών μπορεί να υπολογιστεί από τον υπολογισμό του γραμμομοριακού κλάσματος χρησιμοποιώντας την μέθοδο του Colt (1984).

$$C_s = B \cdot K_g \cdot X (BP - PH_2O) / 760$$

όπου B: Συντελεστής ισχυρού ρεύματος αέρος.

X: γραμμομοριακό κλάσμα σε ένα τμήμα.

BP: Βαρομετρική πίεση του νερού.

PH₂O: Ατμοσφαιρική πίεση του νερού.

Με μία επανάληψη του παραδείγματος μπορεί να υπολογιστεί η αλλαγή της σύνθεσης του αερίου και για αλλαγές σε κορεσμένες συγκεντρώσεις, μπορούμε να υπολογίσουμε τον λόγο $G/L=1,0$

Μπορούμε επίσης να προσδιορίσουμε το γραμμομοριακό κλάσμα με την μέθοδο της στήλης του αερίου. Κρίνεται αναγκαία και ικανή συνθήκη η επαναληψιμότητα του παραδείγματος με σκοπό την αποφυγή στατιστικού λάθους.

Το γενικό συμπέρασμα που εξάγεται από όλα τα παραδείγματα είναι ότι η τιμή του λόγου G/L σε χαμηλή αναλογία δεν ικανοποιητικός συντελεστής για το διοξείδιο του άνθρακα που μεταφέρεται. Μια ιδανική τιμή του λόγου είναι της τάξης του 1,0.

2.7 Χαρακτηριστικά της ροής του αερίου

Η διύλιση και μεταφορά του CO₂ υπολογίζεται εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά της ροής του αερίου. Τα χαρακτηριστικά αυτά σημαίνουν την επίδραση της συγκέντρωσης κορεσμού στο προφίλ του αερίου. Εάν η ροή του αερίου μέσα στη στήλη είναι πλήρης τότε η συγκέντρωση κορεσμού διαμέσου της στήλης είναι η ίδια. Η γραμμική προσέγγιση που λαμβάνεται παραπάνω χαρακτηρίζεται ως ροή μίξης.

Υπάρχει μερική αμφισβήτηση για το αν τα χαρακτηριστικά της ροής του αερίου περιγράφονται καλύτερα καθώς η ροή μίξης ή η ροή

μέχρι το πάμα είναι στο ίδιο επίπεδο. Τα χαρακτηριστικά της ροής του αερίου εξαρτώνται από την λειτουργικότητα των διαστάσεων της στήλης (ύψος και διάμετρος) καθώς επίσης και από τον λόγο ή τον ρυθμό της ροής του αερίου.

Εάν το μοντέλο που λαμβάνεται για την αέρια φάση οι αλλαγές της συγκέντρωσης κορεσμού πρέπει να θεωρείται ως ο ακριβής υπολογισμός της μάζας που μεταφέρεται. Η μάζα αυτή μπορεί να αποτιμηθεί για μέρη της στήλης χρησιμοποιώντας την ισορροπία μαζών και την γραμμική παλινδρόμηση. Τα αποτελέσματα της ισορροπίας για κάθε στήλη τμήματος είναι το προφίλ τοπυ βάθους της συγκέντρωσης κορεσμού και της μεταφοράς της μάζας.

Αν χρησιμοποιήσουμε τους προηγούμενους τύπους τότε τα αποτελέσματα από τον υπολογισμό των 5 πρώτων στηλών περιγράφονται από τον ακόλουθο πίνακα.

i	1	2	3	4	5
X_i	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000
	95	95	22	69	31
C_{si}	4,92	3,25	2,03	1,15	0,51
$C_{z(i+1)}$	25,08	17,88	12,66	8,86	6,11
X_{i+1}	0,001	0,001	0,000	0,000	-
	95	22	69	31	

Η επίδραση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα λήφθηκε στη τιμή 4,92. Το νέο τμήμα της συγκέντρωσης εκροής είναι υψηλότερο απ'ότι η τιμή που πραγματικά λήφθηκε. Το νέο τμήμα χρησιμοποιείται από την εκροή του τμήματος που επαναλήφθηκε κατά την διάρκεια του παραδείγματος. Σ' αυτή την περίπτωση η συγκέντρωση εκροής υπολογίστηκε στο 6,60 mg/l.

Ο λόγος G/L και τα χαρακτηριστικά της ροής της μεταφοράς του διοξειδίου του άνθρακα στο P.C.A είναι κρίσιμα. Με τα παραδείγματα αυτά αποδεικνύεται η ευρεία περιοχή της υπολογιζόμενης συγκέντρωσης κορεσμού του διοξειδίου του άνθρακα. Ο γενικός οδηγός που χρησιμοποιείται για όλα τα συστήματα λαμβάνει υπόψη ότι ο βαθμός ροής έχει άμεση σχέση με το λόγο G/L. Πολλές φορές ο αριθμός των μερών που χρησιμοποιούν τμηματικώς το μεταφερόμενο οξυγόνο είναι ίσο με την τιμή του λόγου G/L.

Η μετακίνηση και η περιπλοκή του CO₂ αυξάνει όταν μελετάται η χημική ισορροπία των αντιδράσεων. Το ποσό του μεταφερόμενου O₂ ισούται με την διαφορά της επίδρασης της συγκέντρωσης απορροής για τον στοιχειώδη όγκο, αλλά το ποσό του CO₂ που μεταφέρεται δεν είναι ίσο με την διαφορά ανάμεσα στην επίδραση και την συγκέντρωση αποροής για το στοιχειώδη όγκο. Το CO₂ είναι το μοναδικό συστατικό των ανθρακικών αλάτων ώστε να μεταφέρεται στην αέρια φάση. Έτσι το ποσό του μεταφερόμενου στο PCA είναι ίσο με τη διαφορά ανάμεσα στην επίδραση και στην ολική συγκέντρωση απορροής των ανθρακικών για τον στοιχειώδη όγκο και με βάθος ΔZ.

2.8 Συνδυαζόμενες αλλαγές αερίων και κινητική κατάσταση των αντιδράσεων.

Εξετάζοντας την πορεία του CO₂ στο εσωτερικό του PCA όταν το αέριο μεταφέρεται, επενεργώντας σε μια γρήγορη χημική ισορροπία. Το νερό εισέρχεται σε ισορροπία με όλα τα είδη των ανθρακικών. Η μεταφορά του CO₂ μειώνει τα ολικά ανθρακικά και αυξάνει το ΡΗ του συστήματος. Τα αποτελέσματα από την ισορροπία των ανθρακικών και του ΡΗ εξαρτώνται από τη νέα ολική συγκέντρωση τόσο των ανθρακικών όσο και του ΡΗ.

Ενώ τα ανθρακικά, διτανθρακικά και τα υδροξυλιόντα φθάνουν σε ισορροπία σχετικά το ένα με το άλλο, η αντίδραση ανάμεσα στην ισορροπία μεταξύ των διτανθρακικών και του CO₂ είναι οριακή. Κατά την διάρκεια που το υγρό πέφτει από την κορυφή ενός τμήματος στον πυθμένα, ένα μέρος των διτανθρακικών ιόντων αντιδρά με το CO₂. Κατά κύριο λόγο εξαρτάται από το σχετικό βαθμό αντίδρασης ανάμεσα στο χρόνο έκδυσης του CO₂ και στην συγκέντρωση ισορροπίας του CO₂ μπορεί να αυξήσει την ροή του υγρού στη στήλη. Κατά την μεταφορά του αερίου πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά η πορεία της χημικής αντίδρασης. Η εικόνα 7.3(παράρτημα) παρουσιάζει τι πραγματικά συμβαίνει μέσα στο PCA. Η του CO₂ αντιπροσωπεύει την επίδραση της συγκέντρωσης μέσα στην κορυφή του τμήματος, το πραγματικό ποσό του CO₂ βρίσκεται σε ισορροπία με τα άλλα ανθρακικά.

Η συγκέντρωση του CO₂ που βρίσκεται στον πυθμένα του τμήματος μετά την έκδυση αντιπροσωπεύει την συγκέντρωση η οποία θα επιφέρει αποτελέσματα κατά την μεταφορά, αν δεν υπάρχει χημική ισορροπία στην αντίδραση. Σε άλλες περιπτώσεις αντιπροσωπεύει την μεταφορά του αερίου. Καθώς το CO₂ μετακινείται η συγκέντρωση ισορροπίας αλλάζει και ακολουθεί μια διαδικασία που αντιπροσωπεύεται από μια σκούρα γραμμή(εικόνα 7.3).

Το CO₂ βρίσκεται σε ισορροπία με όλα τα υποπροϊόντα των ανθρακικών και των υδροξυλιόντων.

$$[\text{CO}_2]_{\text{out}} = [\text{CO}_{2(i+1)}]_a$$

$$[\text{CO}_{2(i+1)}]_e > [\text{CO}_{2(i+1)}]_a > [\text{CO}_{2(i+1)}]$$

Η πορεία υπολογισμού για την ισορροπία της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα απαιτεί μια επανάληψη της όμοιας διαδικασίας σε σχέση με την ισορροπία του PH. Προκειμένου να υπολογίσουμε την συγκέντρωση ισορροπίας όταν η αλατότητα είναι 4meq/lit η οποία

λαμβάνει υπόψη το ποσό των αντιδρώντων ανθρακικών που παίρνουν μέρος μέσα στη στήλη. Τα αποτελέσματα αυτά αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα και δίνονται από τον τύπο:

$$C_i \text{CO}_3 = C_i \text{CO}_{3i} - D [\text{CO}_2]$$

Η διαφορά μεταξύ της τιμής των αντιδρώντων και της τιμής των ισορροπιών οφείλεται σε μια λειτουργία της αλατότητας.

PH	a ₀	a ₁	a ₂	αλα τότητα	C _i CO ₃	[C O ₂]
7	0,1	0,8	0,0	3,3	4,1	38,
	93	06	00	44	45	48
8	0,0	0,9	0,0	4,0	4,1	4,6
	23	73	04	65	45	4
7,9	0,0	0,9	0,0	4,0	4,1	4,6
0	29	68	03	65	45	4
7,8	0,0	0,9	0,0	4,0	4,1	7,2
0	37	61	03	04	45	7
7,7	0,0	0,9	0,0	4,0	4,1	7,4
9	37	60	02	00	45	3

2.9 Πρακτικές εφαρμογές

Ο ακριβής προσδιορισμός της μεταφοράς του διοξειδίου του άνθρακα στις στήλες εξαρτάται από την συγκέντρωση του λόγου G/L, τα χαρακτηριστικά ροής του αερίου και την κινητική ισορροπία των αντιδράσεων. Ένας πολύ δύσκολος υπολογισμός της μετακίνησης του διοξειδίου του άνθρακα ο οποίος δεν λαμβάνει υπόψη τους παραμέτρους δεν είναι αποδεκτός.

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα χαρακτηριστικά της ροής του αερίου και της κινητικής ισορροπίας της αντίδρασης πρέπει συνέχεια να εξετάζονται. Για κάθε συνθήκη υπάρχει ένας ιδανικός λόγος G/L και μια σειρά από τεχνάσματα προκειμένου να επιτευχθεί η μέθοδος προσδιορισμού του διοξειδίου του άνθρακα.

ΜΕΡΟΣ Γ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΡΗ ΣΤΑ ΚΛΕΙΣΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Τα κλειστά κυκλώματα των υδατοκαλλιεργειών εξαρτώνται κυρίως από τη βιολογική νιτροποίηση οξειδώνοντας την τοξική αμμωνία και τα νιτρώδη σε σχετικά μη τοξικά νιτρικά. Η διαδικασία της νιτροποίησης έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή H^+ τα οποία καταναλώνουν την αλκαλικότητα και απειλούν το ΡΗ του συστήματος. Αν το ΡΗ του συστήματος επιτρέπει τη μείωση της νιτροποίησης τότε αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής των ψαριών.

Μέσα από αυτό το κεφάλαιο θα προσπαθήσουμε να δώσουμε την βασική σχέση ανάμεσα στο ΡΗ και την αλκαλικότητα, τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να χρησιμοποιούμε και να διατηρήσουμε την αποδοχή του ΡΗ στα συστήματα εκτροφής.

3.1 Αλκαλικότητα και ρύθμιση του ΡΗ

Στα περισσότερα φυσικά συστήματα γλυκού νερού η πηγή που κυριαρχεί και ρυθμίζει το ΡΗ των συστημάτων είναι τα ανθρακικά άλατα (Morel 1983). Ο έλεγχος των ανθρακικών γίνεται παρόμοια με την ρύθμιση του ΡΗ στα κλειστά κυκλώματα.

Η ρύθμιση των ανθρακικών στοιχειοθετείται από 3 συνθετικά H_2CO_3 , HCO_3^- & CO_3^{2-} .

Το H_2CO_3 υπάρχει σε πολύ χαμηλά επίπεδα στα υδρόβια συστήματα. Το άθροισμα όλων των μοριακών συγκεντρώσεων των συνθετικών προσδιορίζεται ως C_T και αντιπροσωπεύει την ολική συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα στα συστήματα και φαίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$C_T = [H_2CO_3] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$$

Το σύστημα των ανθρακικών μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύστημα ταχείας εξάτμισης ή μη ταχείας εξάτμισης, το οποίο εξαρτάται από το υδάτινο διοξείδιο του άνθρακα είτε όχι και επιτρέπει την αλλαγή αλλά και την εξισωσή του με το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα.

3.1.1 Συστήματα μη ταχείας εξάτμισης

Η μοριακή συγκέντρωση των ειδών των συστημάτων των ανθρακικών υπολογίζεται από το PH. Στην εικόνα 8.1(παράρτημα) φαίνεται η γραφική παράσταση του λογαρίθμου σε σχέση με το PH. Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται η σχέση του άνθρακα με το PH καθώς και η ισορροπία που υπάρχει μεταξύ τους. Η ολική χωρητικότητα που χρειάζεται να εξουδετερώσει το οξύ που προστίθεται. Στην περίπτωση των ανθρακικών η χωρητικότητα είναι η διέξοδος των αερίων όταν αρκετός όγκος οξέος προστέθηκε ώστε να μετατρέψει όλα τα είδη των ανθρακικών σε καρβονικό οξύ.

Για τα ανθρακικά συνήθως προσδιορίζεται η αλκαλικότητα.

3.1.2 Συστήματα ταχείας εξάτμισης

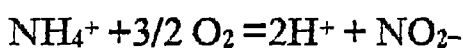
Εξετάζουμε την περίπτωση που το διοξείδιο του άνθρακα εξατμίζεται ταχέως και φυσικά όταν βρίσκεται σε ισορροπία με το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα. Υπάρχουν σχέσεις που εκφράζουν την ισορροπία που επικρατεί ανάμεσα στο ατμοσφαιρικό και διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα. Ένα σύστημα ταχείας εξάτμισης παριστάνεται γραφικά με το $\log C$ σε συνάρτηση με το PH και για μερική ατμοσφαιρική πίεση. Εάν το σύστημα εξάτμισης ογκομετρείται με μια ισχυρή βάση τότε η ζητούμενη τιμή ισορροπίας είναι ταυτόσημη με το σύστημα της μη ταχείας εξάτμισης, εξακριβώνοντας την ποσότητα συστατικού και την χωρητικότητα εξουδετέρωσης του οξέος.

3.2 Ρυθμιση του PH

Και στους δυο τύπους συστημάτων η ισορροπία του PH ρυθμίζεται από το σύστημα [ΑΛΚ]. Στην εικόνα 8.3(παράρτημα) σχεδιάζεται η [ΑΛΚ] σε συνάρτηση με το PH και για τους δυο τύπους συστημάτων. Προσθήκη ή εκκένωση κάθε συνθετικού της αλκαλικότητας που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες εξισώσεις θα φέρει αλλαγές στα αποτελέσματα του PH. Στις ενότητες που ακολουθούν θα παρουσιάσουμε την επίδραση της αλκαλικότητας και των αλλαγών του PH, λόγω της βιολογικής νιτροποίησης.

3.3 Νιτροποίηση

Η βιολογική νιτροποίηση της αμμωνίας και του αζώτου συμπληρώνεται πρωταρχικά από τα δυο γένη βακτηρίων. Τα γένη *nitrosomonas* & *nitrobacter* ανήκουν στα αυτότροφα βακτήρια γιατί παράγουν ενέργεια από τα ανόργανα συστατικά. Η νιτροποίηση αποτελεί πορεία δυο διαδικασιών. Το πρώτο βήμα φαίνεται στην εξίσωση παραγωγής νιτρωδών:



Το δεύτερο βήμα παριστάνεται με την εξίσωση που ακολουθεί και χρησιμοποιεί ως μέσο το βακτήριο *nitrobacter*:



Οι αντιδράσεις αυτές δείχνουν ότι και οι δυο εξισώσεις έχουν ως προϊόν την παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για την σύνθεση και διατήρηση των κυττάρων. Και στις δύο αντιδράσεις το οξυγόνο είναι ο αποδέκτης. Το κατάλληλο περιβάλλον για την διεξαγωγή της νιτροποίησης είναι το αερόβιο.

Κατά την σύνθεση της βιομάζας της αντίδρασης απαιτείται ενέργεια, η οποία αποκτήθηκε από την οξείδωση των NH_4^+ και NO_2^- . Η ενεργειακή απόδοση από την οξείδωση του 1 mole NH_4^+ είναι λιγότερη

από την ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή Imole του κυττάρου του βακτηρίου. Όλες οι αντιδράσεις που αναφέρθηκαν πρέπει να αναλογούν έτσι ώστε μετά το συντελεστή μεταφοράς της ενέργειας το ποσό της που χρησιμοποιείται ισόποσα για την παραγωγή της.

Η αλκαλικότητα πρέπει να αποτελεί συμπλήρωμα της ισόβαθμης προς το βαθμό καταστροφής της αλκαλικότητας ώστε να διατηρείται μια σχετική ισορροπία του PH.

3.4 Διαχείριση συστημάτων.

Οι δυο σημαντικές θεωρήσεις στην διαχείριση της αλκαλικότητας και του PH ενός κλειστού κυκλώματος είναι ο βαθμός καταστροφής της, καθώς και ο τύπος της συμπλήρωσης και αντικατάστασης της αλκαλικότητας λόγω απωλειών.

3.4.1 Βαθμός καταστροφής αλκαλικότητας

Για τα περισσότερα κλειστά συστήματα υδατοκαλλιεργειών, πολλοί περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορούν να ληφθούν για πλήρη νιτροποίηση. Αζωτούχες τροφές είναι ο μειωμένος χημικός τύπος που έχει διάφορες πορείες στο κλειστό κύκλωμα. Μπορεί να λάβουμε υπόψη ότι όλη η αζωτούχα τροφή αφομειώνεται στην πρωτεΐνη των ψαριών ή μετακινείται με ακριβή μεταφορά του συστήματος όπως των δεξαμενών, πορώδων μέσων φίλτρων ή κλάσμα αφρού θα νιτροποιηθεί.

Η αμμωνία εξατμίζεται και ελαχιστοποιείται. Η νιτροποίηση λαμβάνει χώρα ακόμα σε επίπεδα ανάπτυξης ή εξωτερικά συστήματα θεραπείας. Αυτό το κλάσμα είναι ο βαθμός νιτροποίησης (ή τροφής N) το οποίο καταστρέφει την αλκαλικότητα.

Στην ακόλουθη εξίσωση μπορεί να γραφεί και να περιγραφεί ο λόγος της νιτροποίησης

$$NR=(F) (N_{\text{feed}}) (1-F_f-F_s)$$

όπου:

NR: Ο ρυθμός νιτροποίησης .

F: Ο ρυθμός τροφής.

F_s : Κλάσμα τροφής N μετακινούμενου μέσω ακριβής μεταφοράς.

F_f : Κλάσμα της τροφής N που μετατρέπεται σε βιομάζα ψαριών.

$N_{\text{τροφής}}$: Κλασματικό άζωτο συστατικό τροφής.

Η στοιχειομετρία της αντίδρασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το υπολογισμό του ρυθμού καταστροφής της αλκαλικότητας.

Μια λειτουργική παράμετρο που είναι χρήσιμη του ξηρού βάρους της αλκαλικότητας και συμπληρώνει τη δοσολογία του ρυθμού τροφής SF.

Το SF σχεδιάστηκε στην εικόνα 8.4 για τρία διαφορετικά ισοδύναμα βάρη της συμπληρωματικής αλκαλικότητας. Η διακύμανση τους οφείλεται στην λαμβανόμενη ποσότητα τροφής σε N η οποία είναι της τάξης του 5%. Υψηλή περιεκτικότητα σε N θα αλλάξει την αναλογία του SF. Για παράδειγμα αν η περιεκτικότητα της τροφής σε άζωτο είναι 10% τότε η συμπλήρωση της αλατότητας φαίνεται να προστίθεται στο ίδιο χρονικό διάστημα με τον ίδιο τρόπο όπως η τροφή.

Ελαχιστοποίηση της χώνεψης, η συμπληρωματική αλκαλικότητα και η τροφή δεν είναι ομοιογενής.

3.4.2 Συμπληρωματική αλκαλικότητα

Τα κριτήρια για μια επιθυμητή συμπληρωματική αλκαλικότητα είναι εύκολο για εφαρμογές σχετικού κόστους και βαθμού διαλυτότητας ο πίνακας 8.1 δείχνει μερικές αρχικές συμπληρωματικές αλκαλικότητες και τα χαρακτηριστικά τους. Συστατικά όπως $MgCO_3$ αποφεύγονται γιατί έχουν χαμηλό ρυθμό διαλυτότητας σε κανονικές συνθήκες PH.

Ένας άλλος τρόπος για να διατηρήσουμε την ισορροπία του συστήματος σε σχέση με το PH είναι η αύξηση του βαθμού νιτροποίησης. Μια άλλη σημαντική θεώρηση για συμπληρωματική αλκαλικότητα είναι η υπερδοσολογία με ευδιάλυτα υλικά τα οποία αυξάνουν και την τιμή του PH.

3.5 Παραδείγματα σχεδιασμού

Τα ακόλουθα παραδείγματα αναφέρονται στον προσδιορισμό της συμπληρωματικής αλκαλικότητας για ένα τυπικό κλειστό σύστημα υδατοκαλλιέργειας με τις ακόλουθες συνθήκες λειτουργίας:

όγκος συστήματος:	4.000lt.
Ρυθμός ροής:	40lt/ημέρα
Αλκαλικότητα:	100ppm
Ρυθμός τροφοληψίας:	5kgg/ημέρα
Διακύμανση δείκτη PH:	6-8
Θερμοκρασία νερού:	25°C

Στο πρώτο παράδειγμα ο αντικειμενικός σκοπός είναι η εξίσωση του PH των χρήσιμων υλικών με το αρχικό νερό του συστήματος. Σε άλλες περιπτώσεις το PH διατηρείται κατά προσέγγιση σε επίπεδα χρήσιμα ως προς τα υλικά. Αυτό απαιτεί μία εξίσωση της ισορροπίας της αλκαλικότητας καταστροφής με την συμπληρωματική αλκαλικότητα.

Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το 50% της ροφής των αζωτούχων αφορμειώνεται από τον οργανισμό του ψαριού.

Πίνακας 8.1: Πιθανότητα συμπληρωματικής αλκαλικότητας και τα χαρακτηριστικά τους.

Χημικός τύπος	Ισοδύναμο	Διαλυτότητα	Βαθμός διαλυτότητας
Καυστικό Νάτριο	40	υψηλή	γρήγορη
Όξινοανθρακικό νάτριο	83	”	”
Ανθρακικό ασβέστιο	50	μέτρια	μέτρια
Μονοξείδιο του ασβεστίου	28	υψηλή	μέτρια
Δολωμίτης	46	μέτρια	χαμηλή
Ανθρακικό μαγνήσιο	42	μέτρια	χαμηλή
Υδροξείδιο του Μαγνησίου	29	μέτρια	χαμηλή

Η εικόνα 8.4 δείχνει το % ξηρό βάρος της συμπλήρωσης θα είναι 10,5% του ρυθμού τροφής. Η δΟΣΟΛΟΓΙΑ του ανθρακικού ασβεστίου θα ισούται με $0.105 \times 5 = 0,525 \text{ kg/ημέρα}$. Αν η καθαρότητα είναι 90% τότε η απαιτούμενη δΟΣΟΛΟΓΙΑ θα είναι $0,525/0,9 = 0,58 \text{ kg/ημέρα}$.

Αν για τη συμπληρωματική αλκαλικότητα χρησιμοποιούμε οξείδιο του ασβεστίου με 90% καθαρότητα, τότε η απαιτούμενη δΟΣΟΛΟΓΙΑ θα υπολογίζεται απλά μέσω ενός απλού λόγου του βάρους. Σε αυτή την περίπτωση, η δΟΣΟΛΟΓΙΑ θα είναι $28/50 \times 0,58 = 0.32 \text{ kg/ημέρα}$. Αυτοί οι υπολογισμοί βρίσκουν εφαρμογή στα συστήματα ταχείας και μη ταχείας εξάτμισης.

Η εικόνα 8.3 αναφέρει τα δεδομένα από τα οποία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την απαιτούμενη συμπληρωματική δόση. Αν ο

αντικειμενικός σκοπός του ΡΗ που είναι στο 7,5 βαθμιαία πέσει στο 5,5 τότε θα πρέπει να προσθέσουμε ανθρακικό ασβέστιο ώστε να αυξηθεί το ΡΗ στο 7,5.

Η καμπύλη των συστημάτων ταχείας εξάτμισης στην εικόνα 8.3 και η επιθυμητή αλλαγή του ΡΗ από 5,5 στο 7,5 θα απαιτήσει κατά προσέγγιση να προσθέσουμε 0.0002eq/lit ώστε να συμπληρωθεί η αλκαλικότητα.

Εάν το σύστημα δεν βρίσκεται σε ισορροπία με το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα τότε θα πρέπει να προστεθεί περισσότερη ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου στο σύστημα (αυτό εξάλου φαίνεται ακρι από την καμπύλη του σχήματος 8.3).

Συνίσταται ο περιοδικός έλεγχος κατά την διαδικασία ρύθμισης και εξομάλυνσης της τιμής του ΡΗ.

ΜΕΡΟΣ Δ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗ

Η υδατοκαλλιέργεια είναι ένας τύπος αγροτικής επιχείρησης η οποία ρυθμίζει και παίζει σημαντικό ρόλο στην διατροφική συνήθεια του ανθρώπου. Διαμέσου της τεχνολογίας επέρχεται μια αύξηση στην δυναμικότητα της παραγωγής με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η απαίτηση του καταναλωτή.

Σε όλα τα συστήματα παραγωγής ψαριών είτε είναι παραδοσιακή μορφή καλλιέργειας, είτε είναι εντατική, υπερεντατική καλλιέργεια πρέπει να επιστήσουμε την προσοχή του παραγωγού ώστε να έχει επίγνωση της κατάστασης που επικρατεί. Αυτό επιτυγχάνεται με πλήρη έλεγχο και ρύθμιση των παραμέτρων του νερού ώστε τα τυχόν προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν να εξαλειφθούν.

Η διαχείριση των ψαριών απαιτεί συνεχόμενο χρόνο και έλεγχο του κρίσιμου για αυτήν παράγοντα του νερού και των παραμέτρων αυτού.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό κάθε συστήματος είναι οι εξής :

☒ Τύπος και μέγεθος δραστηριότητας

Εάν αυτό είναι ένα ιχθυοτροφείο παραγωγής και ανάπτυξης ή διατήρηση αναπαραγωγής, ζεστού ή κρύου νερού γλυκού ή αλμυρού νερού, πηγή αντλησης του νερού ή διατροφής, ή κτιριακός εξοπλισμός.

☒ Τύπος και αριθμός δεξαμενών.

Πρόκειται για δεξαμενές καναλόμορφες, κυκλικές ή μικρές δεξαμενές μεγάλης παραγωγικότητας, αερισμός οξυγόνωση, συνδεσμολογία, ανακυκλούμενα ή συνεχόμενα συστήματα.

☒ Αριθμός και τιμή ψαριών

Ημιεντατικά ή εντατικά ή υπερεντατικά συστήματα εκτροφής και φυσικά έλεγχος του είδους των ψαριών.

☒ Προσδιορισμός θέσης εγκατάστασης και τρόπος εργασίας.

Εγκατάσταση της ιχθυοτροφικής μονάδας σε χερσαία έκταση ή θαλάσσια.

Στις επόμενες παραγράφους θα αναλυθεί η διαθέσιμη για τον έλεγχο τεχνολογία για ένα εντατικό σύστημα συνεχόμενης ανακυκλοφορίας. Θα περιγραφεί η ποικιλία των οργάνων που θα χρησιμοποιηθούν άλλα και παραθέτουμε προτάσεις και λύσεις.

Στο όλο σύστημα λειτουργίας και ελέγχου πρέπει να δώσουμε έμφαση στην καλή διαχείριση των συστημάτων εκτροφής, ώστε να έχουμε καλά αποτελέσματα στη φροντίδα και στο σχεδιασμό.

4.1 Έλεγχος

Ο πίνακας 11.1 παρουσιάζει μια μικρή λίστα μερικών πιθανών επειγόντων καταστάσεων κατά την διάρκεια λειτουργίας κάθε εντατικού συστήματος. Επιπροσθέτως μπορούμε να έχουμε στο μυαλό μας, συνέχεια την διαπίστωση του Murphys Law: "ότι εάν είναι να πάει κάτι στραβά θα πάει"

Κατά τον αρχικό σχεδιασμό των συστημάτων είναι απαραίτητα σημαντικό να μην προβαίνουμε σε σύνθετους τεχνολογικούς όρους ή στην προμήθεια συναγερμών και άλλων συστημάτων ελέγχου. Τα συστήματα συναγερμού χρησιμοποιούνται ελάχιστα. Όταν σχεδιάζουμε ένα σύστημα απαιτείται η κρισιμότητα της ποιότητας του νερού καθώς απαιτείται ένα μεγάλο χρονικό διάστημα ώστε να μελετάται.

Τα ψάρια για να επιβιώσουν χρειάζονται νερό. Το νερό αυτό πρέπει να είναι επαρκής σε διαλυμένο οξυγόνο, να έχει την κατάλληλη θερμοκρασία και να μην περιέχει σε μεγάλο βαθμό υψηλές συγκεντρώσεις σε άζωτούχα ή παράγωγα τους όπως για παράδειγμα αμμωνία, νιτρώδη, νιτρικά.

Σε υψηλές ιχθυοφορτίσεις ο πιο σημαντικός παράγοντας που πρέπει να εξετάζουμε είναι ο έλεγχος του επιπέδου του διαλυμένου οξυγόνου. Η χαμηλή οξυγόνωση έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται το στρες στα ψάρια με αποτέλεσμα να μπορούν να αυξήσουν τα προβλήματα των ασθενειών με αποτέλεσμα την ολική θνησιμότητα όλων των ατόμων μέσα σε λίγα λεπτά. Έτσι σχεδιάζουμε τον έλεγχο του παράγοντα οξυγόνου, με ένα απλό κουδούνι ή συναγερμό.

Άλλος σημαντικός παράγοντας που πρέπει να εξετάζεται είναι η θερμοκρασία και τα επίπεδα αμμωνίας. Τόσο η θερμοκρασία, όσο και η αμμωνία χρειάζονται να ελέγχονται προσεκτικά ώστε να μη φθάσουν σε επικίνδυνα επίπεδα. Ο πίνακας 11.1 περιέχει μια λίστα μερικών σημαντικών παραμέτρων τα οποία χρειάζονται να ελεγχθούν στα εντατικά συστήματα συνεχούς ανακυκλοφορίας. Πάντως σε κάθε περίπτωση είναι σημαντικό να ελέγχεται με βεβαιότητα τις κρίσιμους παραμέτρους.

Αυτό μας βοηθάει στον έλεγχο της ροής του νερού στην δεξαμενή, εάν ο σωλήνας έχει πέσει και το νερό εξέρχεται από το εισέρχεται στη δεξαμενή. Ο κρίσιμος παράγοντας σ' αυτή την περίπτωση είναι το επίπεδο της στάθμης του νερού της δεξαμενής.

Πίνακας 11.1: Λίστα πιθανών προβλημάτων.

Κατηγορία	Περιοχή	Ειδικά
Εκτός ελέγχου	φύση	άνεμος, χιόνι, παγετός, ανεμοστρόβιλος, κατακλισμός, ανομβρία.
Εσωτερικός	Βακτήρια	λάθος διαχείρισης, διατήρηση αιτίες, αποτυχία στη σύνθεση του συστήματος, αυτόματος έλεγχος απενεργοποίηση συναγερμού.
Τροφοδοσία νερού	ροή, επίπεδο, ποιότητα	Βαλβίδα ανοικτή ή κλειστή, σωλήνας, ανοικτή βαλβίδα, υπερτροφοδοσία στη δεξαμενή, χαμηλό οξυγόνο, υψηλό διοξείδιο του άνθρακα, υψηλή θερμοκρασία, PH, αμμωνία, νιτρώδη, νιτρικά άλλα μέταλα, χημικά και οργανικά.
Φίλτρα	άμμου, RBC, Trickling	Χαμηλή ροή διαλυμένου οξυγόνου, θερμότητα, σταμάτιμα εκ περιτροπής, οργανική λάσπη.
Αερισμός	Φυσητήρες, σύστημα	μηχανή υπερθέρμανσης, διάχυση.
Φυσική εγκατάσταση	ηλεκτρική	G.F.I.C

4.2 Τι πρέπει να ελέγχουμε

4.2.1 Επίπεδα νερού

Πιθανότητα ο ευκολότερος παράγοντας για να μετρήσουμε τα επίπεδα του νερού είναι κοινώς ελεγχόμενα για υψηλά και χαμηλά επίπεδα στις δεξαμενές παραγωγής. Στη τροφοδοσία της δεξαμενής αποθήκευσης (reservoir) ή της θερμαινόμενης δεξαμενής θα πρέπει να ελέγχουμε και τα υψηλά αλλά και τα χαμηλά επίπεδα.

Υψηλά επίπεδα μπορούν να συμπεριλάβουν ασυνήθεις αλλαγές στην κανονική ζήτηση του νερού, διαμέσου των φραγμένων σωληνώσεων ή των βαλβίδων οι οποίες είναι κλειστές. Ως χαμηλά επίπεδα μπορούν να αιτιολογηθούν από την αντλία ή την αποτυχημένη τροφοδοσία νερού. Εάν χρησιμοποιούνται βυθιζόμενοι θερμοστάτες, χαμηλά επίπεδα ελέγχου με σκοπό την αποτροπή της απότομης θερμοκρασίας ή την υπερθέρμανση του θερμοστάτη. Μπορούμε επίσης μεμονωμένα να ελέγχουμε την ύπαρξη ή όχι της λάσπης στον πυθμένα της δεξαμενής.

Ο πίνακας 11.2 παρουσιάζει ένα τυπικό σύστημα ελέγχου συναγερμού.

4.2.2 Θερμοκρασία

Σε κάθε ρυθμιζόμενο σύστημα απαιτείται ο ακριβής έλεγχος της θερμοκρασίας του νερού. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας στις δεξαμενές ανάπτυξης μειώνει το στρες και ελαχιστοποιεί το ρίσκο των ασθενειών. Συνεπώς τα συστήματα ελέγχονται για την περίσσεια της θερμοκρασίας. Η χαμηλή θερμοκρασία μπορεί να μειώσει την ανάπτυξη. Αξίζει να εξετάσει κάποιος ερευνητικά και μόνο την επίδραση της θερμοκρασίας στα συστήματα καλλιέργειας. Τα όργανα

ελέγχου είναι οι θερμοστάτες οι οποίοι μπορεί να είναι βυθιζόμενοι στη δεξαμενή.

4.2.3 Πίεση

Το σύστημα αερισμού είναι ένα από τα πιο κρίσιμα συνθετικά σε κάθε εντατικό σύστημα εκτροφής. Ο χρόνος αντίδρασης και ελέγχου της πίεσης του αέρα και του οξυγόνου μπορεί εύκολα να ελεχθεί. Υψηλή πίεση, δείχνει να εμποδίζει τις γραμμές τροφοδοσίας. Χαμηλή πίεση σημαίνει την διάρρηξη της γραμμής, της βαλβίδας αντικατάστασης της συμπιεζόμενης και μη πίεσης.

Πίνακας 11.2: Τυπικό σύστημα ελέγχου συναγερμού.

Επίπεδα νερού	Υψηλή, χαμηλή τροφοδοσία, θερμαινόμενες δεξαμενές, δεξαμενή αποθήκευσης, δεξαμενές εκτροφής, φίλτρα
Ροή νερού	γραμμική τροφοδοσία αντλιών, φίλτρα βυθιζόμενα, θερμοστάτες.
Θερμοκρασία	Εναλλάκτες θερμότητας, θερμοστάτες, δεξαμενές εκτροφής.
Πίεση	πίεση στα συστήματα αερισμού, εξωτερική και εσωτερική πίεση των αντλιών και φίλτρων.
Διαλυμένο οξυγόνο	Δεξαμενές εκτροφής, ροή στα βυθιζόμενο φίλτρα, τροφοδοσία νερού.
Φυσική εγκατάσταση, ασφάλεια	υψηλές θερμοκρασίες, καπνός μέσω αισθητήρων και συναγερμού.
Άλλα	Συστήματα οξόνωσης, συστήματα καθαρισμού των φίλτρων.

4.2.4 Ροή νερού

Σε μερικές περιπτώσεις η πραγματική μέτρηση του ρυθμού της ροής είναι τόσο σημαντική όσο σημαντικός είναι ο έλεγχος των συστημάτων ασφαλείας. Ελέγχουμε το νερό με ένα σύστημα on-off.

4.2.5 Ηλεκτρική ισχύς - Ασφάλεια

Πιθανότατα μπορεί να θεωρηθεί εύκολος ο έλεγχος της ισχύς με μια ηλεκτρική γεννήτρια ή οποία ενεργοποιείται όταν η τάση του ρεύματος πέφτει συνεχώς. Όσον αφορά τα συστήματα ασφαλείας πρέπει να υπάρχουν σε μια μονάδα για να αποφευχθεί σε περίπτωση πυρκαγιάς η ολοκληρωτική καταστροφή. Ελέγχεται με διάφορα μέσα.

4.2.6 Έλεγχος ποιότητας νερού - Διαδικασία ελέγχου

Υπάρχουν πλήρως αναπτυγμένες θεωρίες και στις υπάρχουσες τεχνολογίες για άμεσο έλεγχο του PH, διαλυμένου οξυγόνου και αγωγιμότητας. Αυτά τα εργαλεία συνήθως περιέχουν ένα αισθητήρα ροής (ηλεκτρονικό). Υπάρχουν πολλά μοντέλα που περιλαμβάνουν ένα συμπληρωμένο συναγερμό με υψηλές και χαμηλές διαβαθμίσεις, οι οποίες μπορούν ανά πάσα στιγμή να ελέγχουν το σύστημα του συναγερμού.

Η διαδικασία ελέγχου ποικίλει και χρειάζεται συνέχεια να είμαστε σε συνεχή πίεση και υπ'ατμόν ώστε να μπορούμε να ελέγχουμε όλες τις ρυθμίσεις. Εκτός αυτού βέβαια τα μηχανήματα αυτά κοστίζουν πολύ ακριβά και συνεπώς χρειάζονται μια καλή συντήρηση και σωστή διαχείριση. Στον πίνακα 11.3 δίνονται μερικές ιδέες των σχετικών τιμών των διαφόρων εργαλείων.

4.3 Επίπεδα νερού

Οι βασικές σχεδίες επίπλευσης σχεδιάστηκαν ώστε να μπορούν να ελέγχουν ένα μόνο επίπεδο του υγρού. Πρόκειται για μια μικρή κάψουλα μαγνητική η οποία επιπλέει στο νερό. Μετακινείται με την κίνηση της επιφάνειας του νερού και ωθεί ένα ορμητικό καλάμι το οποίο αγγίζει την μαγνητική κάψουλα .

Πίνακας 11.3 : Τιμές των αισθητήρων για τους διάφορους ελέγχους.

Ρυθμός ροής ροσστάτες, αισθητήρες, τουρμπίνες	ακριβά
Βαλβίδες ροής, δίσκοι εδάφους, βαλβίδες	αρκετά οικονομικοί
όργανα επιπέδου	οικονομικά
αισθητήρες θερμοκρασίας, όργανα ελέγχου και μέτρησης	οικονομικά
πίεση, όργανα ελέγχου και μέτρησης	οικονομικά
Ποιότητα νερού, διαλυμένο οξυγόνο	οικονομικά
έλεγχος μέσω υπολογιστή	ακριβά

Υπάρχουν επίσης καθετήρες ελέγχου του νερού. Ανακαλύπτουν τα επίπεδα των υγρών χρησιμοποιώντας εσωτερικές υπέρυθρες περιοχές. Αν ο καθετήρας βυθίζεται τότε έχουμε διάθλαση του φωτός μέσα στο υγρό. Αν ο καθετήρας είναι στεγνός, τότε το φως διαθλάται πίσω σε αισθητήρα τρανζίστορ. Μπορούμε με έλεγχο να διαπιστώσουμε αν η στάθμη του νερού είναι σε χαμηλά επίπεδα ή όχι.

Αυτά τα όργανα είναι πολύ ακριβά. Μια άλλη κατηγορία αισθητήρων μετρώντας τον απαιτούμενο ακριβή χρόνο για υπερευαίσθητο σφυγμό προς την επιφάνεια του νερού που κινείται και επιστρέφει. Υπάρχουν ικανές αποστάσεις από 0,5 - 30 πόδια με 1%

βαθμό ακριβείας στον αερισμό. Αυτός ο τρόπος είναι αρκετά ακριβώς αλλά πολύ προσαρμοστικός στην εφαρμογή του.

Ο έλεγχος της αγωγιμότητας γίνεται με μικρά ηλεκτρικά καλώδια, τα οποία ευαισθητοποιούν τα ηλεκτρόδια του αισθητήρα όταν το αγωγίμο υγρό πέσει σε χαμηλά επίπεδα και φυσικά κάτω από τον έλεγχο του ηλεκτροδίου.

Σε γενικές γραμμές η μέτρηση του επιπέδου του νερού είναι τελειωμένη σε σχέση με το ποσό της πίεσης που υπάρχει μεταξύ της τροφοδοσίας του αέρα και της πίεσης που υπάρχει στο εσωτερικό του σωλήνα στην στήλη του ύδατος.

4.4 Θερμοκρασία - Πίεση

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας γίνεται με ειδικά όργανα τα οποία προσαρμόζονται σε ειδικές θέσεις στις δεξαμενές. Όταν έχουμε βαθμιαία πτώση της θερμοκρασίας, τότε μπορούμε να εμποδίσουμε το φαινόμενο αυτό με την τοποθέτηση ενός θερμοστάτη μέσα σ' αυτή. Τα όργανα αυτά είναι συνδεδεμένα με καλώδια του ρεύματος, τα οποία συνδέονται με αισθητήρες. Αν σε περίπτωση υπάρξει κάποιο πρόβλημα τότε ενεργοποιείται ο sensor και αμέσως ενεργοποιείται ο συναγερμός. Πρέπει όμως να προσέχουμε ιδίως όταν έχουμε κάποιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας αρκετών βαθμών, γιατί στην προκειμένη περίπτωση θα δημιουργηθούν ανοξικές συνθήκες για τα ψάρια, θα στρεσαριστούν με αποτέλεσμα να εμφανιστούν ασθένειες.

Η μέτρηση της πίεσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να διατηρήσουμε την τιμή της σε μερικά κρίσιμα σημεία. Η χρησιμοποίηση των αισθητήρων ώστε να μπορούμε να ελέγχουμε το βάθος του νερού και κατά συνέπεια την πίεση του νερού. Οι αισθητήρες αυτοί χρησιμοποιούνται για να μετράμε τη ροή, ανοιγοκλείνοντας συνέχεια τις βαλβίδες στα συστήματα των υδατοκαλλιεργειών.

Το πιο σημαντικό σύστημα ελέγχου της πίεσης είναι φυσικά το σύστημα του αερισμού. Χαμηλή πίεση είναι διαθέσιμη σε ένα πλατύ ποικίλο σχήμα και διαβαθμιζόμενη κλίμακα. Είναι σημαντικό να θυμηθούμε όταν το πιεσόμετρο ανοίγει στο 1psi τότε αυτό θα ισούται με 27,68 ίντσες του νερού. Για τα τυπικά συστήματα υδατοκαλλιεργειών, η πίεση σ' ένα σύστημα αερισμού κυμαίνεται στα 5psi το οποίο ισούται με 140 ίντσες νερό.

4.5 Ρυθμός ροής

Η μεγαλύτερη ροή, και η αύξηση της ισορροπίας, τα οποία είναι αναλογικά ως προς τον ρυθμό ροής. Η ισορροπία φθάνει σε μια σταθερή θέση, όταν είναι στραμμένη προς τα πάνω ασκείται ισχύς από το ρευστό και ισούται με την δύναμη που ασκείται στον πυθμένα από το βάρος του ροόμετρου. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι ο τρόπος χειρισμού πρέπει να έχει κάθετη διεύθυνση.

Το ροόμετρο έχει πολυάριθμα πλεονεκτήματα στα οποία ανήκουν:

1. Γραμμική κλίμακα.
2. Μεγάλο μήκος μέτρησης.
3. Χαμηλή πίεση.
4. Χειρισμός πάνω σε μήκος κύματος της πίεσης και θερμοκρασίας.
5. Μπορεί να εγκατασταθεί ευθύς μετά από κατάλληλη προσαρμογή.
6. Απλός σχεδιασμός.

Χρησιμοποιούνται φώτα, αντλίες και άλλα εργαλεία. Ένα άλλο μέσο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του ρυθμού της ροής είναι οι τουρμπίνες και οι δίσκοι εδάφους.

Τουρμπίνες:

Οι τουρμπίνες είναι ροόμετρα τα οποία χρησιμοποιούν τεχνολογία για ακριβή έλεγχο και ρύθμιση της ροής. Με τις τουρμπίνες έχουμε

μετακίνηση του νερού και δέσμευση του αναλογικά ως προς τον ρυθμό ροής. Χρησιμοποιεί μια γεννήτρια ηλεκτρονική και απαιτεί πολύ μεγάλη προσοχή κατά την λειτουργία της.

Δίσκοι εδάφους:

Σχεδιάστηκαν για τον έλεγχο της ροής των δίσκων υπό συνθήκες ελεγχόμενες απαιτείται προσεκτική διαχείριση και πολύ ακριβή συντήρηση όλων των εγκαταστάσεων.

4.6 Ποιότητα του νερού

4.6.1 Διαλυμένο οξυγόνο

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός διαδικασιών ώστε να ελέγχουμε το διαλυμένο οξυγόνο. Υπάρχουν διάφορα καινούργια μοντέλα τα οποία είναι συνδεδεμένα με ηλεκτρόδια. Όταν τα τοποθετούμε κάθετα στο νερό μετράμε τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου. Το όργανο που μετράει διαλυμένο οξυγόνο μετράει επίσης θερμοκρασία. Έχει διαβάθμιση για υψηλό και χαμηλό επίπεδο ελέγχου και ρύθμισης ακριβή αερισμού. Αποτελείται από αντλίες, βαλβίδες ή άλλα στοιχεία.

Η χρησιμότητα του εξαρτήματος είναι μεγάλη γιατί όταν μετρήσουμε χαμηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου τότε έχουμε απώλεια αναλογικού βάρους και φτωχή ανάπτυξη.

4.6.2 Αυτόματα μηχανήματα - Συστήματα ελέγχου - Συστήματα σχεδιασμού και συντήρησης

Έχουν σχεδιαστεί μονάδες ελέγχου των διαφόρων παραμέτρων του νερού τα οποία είναι συνδεδεμένα με τη συσκευή τηλεφώνου ώστε να εξασφαλίσουμε απόλυτο έλεγχο ανά πάσα στιγμή. Μια τέτοια μονάδα χρησιμοποιήθηκε σε διάφορα ιχθυοτροφεία και σε πολλά συστήματα ανακυκλοφορίας του νερού με εξαιρετικά αποτελέσματα.

Η αυτόματη μονάδα έχει τις ακόλουθες προδιαγραφές:

1. Ηλεκτρική ισχύς, η οποία ελέγχει τις πτώσεις του ρεύματος.
2. Ελέγχει τη θερμοκρασία ώστε η μεταβολή της να είναι ελάχιστη.
3. Ελέγχει σε περίπτωση φωτιάς τα επίπεδα ήχου και καπνού.
4. Ελέγχει την μπαταρία, την ΗΖ και τη φορτίζει.

Σε περίπτωση που σε απρόβλεπτη χρονική στιγμή ηχήσει ο συναγερμός αμέσως, ενεργοποιείται ο συναγερμός και ηχεί περίπου για 30sec. Σε περίπτωση που δεν υπάρξει καμία αντίδραση τότε ενεργοποιείται το πρόγραμμα άμεσης προστασίας.

Πολλές φορές ο έλεγχος γίνεται μέσω συστημάτων Η/Υ. Όλα τα συστήματα ελέγχου είναι συνδεδεμένα με τον κεντρικό υπολογιστή χρησιμοποιώντας τύπους όπως: RS-232, RS-485, IEEE-488.

Στις περισσότερες περιπτώσεις ο προγραμματικός έλεγχος του συστήματος (αεριστήρες, αντλίες, βαλβίδες) είναι σχετικά εύκολος χρησιμοποιώντας όμως ηλεκτρικά μοτέρ και συνήθως ελέγχονται πολλές φορές με μηχανή υψηλής τάσης.

Για να επιτευχούν όλα αυτά πρέπει να σχεδιάζονται με απόλυτη λεπτομέρεια και προσεκτικότητα. Έτσι λοιπόν θα μπορούσαμε να αναφέρουμε κάποια κύρια σημεία που πρέπει να εφιστήσουμε την προσοχή του σχεδιαστή.

1. Επιλογή προσεκτικών αισθητήρων (sensor) ώστε να αποφευχθούν εσφαλμένοι συναγερμοί.
2. Απαιτείται ειδική εγκατάσταση.
3. Οριακοί αισθητήρες και αποδεκτοί για έλεγχο.
4. Πρέπει να έχουμε ένα πολύ καλό manual διατήρησης προκειμένου να εμπεδώσουμε πολύ καλά το σύστημα.

5.Απαιτείται μηνιαία, εβδομαδιαία και ετήσια συντήρηση του προγράμματος. Αλλά και ημερήσιως και εβδομαδιαίος έλεγχος των οργάνων που χρησιμοποιούνται στη μονάδα.

6.Ελέγχουμε τον φωτισμό και την διαχείριση των αυτόματων συστημάτων.

7.Ελέγχουμε την τροφοδοσία του νερού, αερισμού και των συστημάτων υποστήριξης.

ΜΕΡΟΣ Ε ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΑΜΜΩΝΙΑΣ (NH_3), ΝΙΤΡΩΔΩΝ (NO_2) ΚΑΙ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ (NO_3).

Η περιεκτικότητα του νερού σε αμμωνία θεωρείται ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια για την αξιολόγηση των υδατοσυλλογών, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για εκτροφή ή την καλλιέργεια υδρόβιων οργανισμών. Και αυτό όχι μόνο γιατί η αμμωνία θεωρείται και είναι τοξική για τους οργανισμούς και ιδιαίτερα για τα ψάρια, αλλά και γιατί η παρουσία της ενώσεως αυτής στις διάφορες υδατοσυλλογές είναι σήμερα πολύ συχνή και εύκολη.

Η αμμωνία στις φυσικές κυρίως λιμναίες υδατοσυλλογές υπάρχει ως φυσικό βιολογικό προϊόν, που προκύπτει κατά την αποσύνθεση πρωτεϊνικών ουσιών. Συνήθως, η ουσία αυτή μετατρέπεται σε νιτρώδη ιόντα, που στη συνέχεια οξειδώνονται σε νιτρικά, τα οποία είναι λιγότερα βλαβερά για τους υδρόβιους οργανισμούς, όταν φυσικά η περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο επαρκεί για την διαδικασία αυτή.

Οι σημαντικότερες πηγές παροχής αμμωνίας στις υδατοσυλλογές είναι οι προερχόμενες από τις εκβολές των υπονόμων και γενικά των κατοικιμένων περιοχών. Η τοξικότητα της αμμωνίας επηρεάζεται εντονότατα από τους παράγοντες εκείνους του νερού που επιδρούν στην ισοροπία της αντιδράσεως αυτής.

Σε ότι αφορά την τοξική δράση της αμμωνίας στα ψάρια και ιδιαίτερα του μηχανισμού με τους οποίους προκαλείται η βλάβη σ' αυτά, ένας μεγάλος αριθμός ερευνών σχετικά με το αντικείμενο, έχει κατορθώσει να προσδιορίσει με ακρίβεια την τοξικότητά της. Είναι γνωστό ότι στην τοξικότητα της αμμωνίας συντελεί πολύ το γεγονός της εύκολης διαπερατότητάς της από κυτταρικές μεμβράνες. Τα αποτελέσματα της δράσεως αυτής μπορεί να συνοψιστούν στην μείωση του ρυθμού της ανταλλαγής των αερίων στην βλάβη του επιθήλιου των

βραγχίων, στην μείωση της ικανότητας του αίματος στη μεταφορά οξυγόνου, στην μείωση του αριθμού των ερυθρών αιμοσφαιρίων και στην πρόκληση αιμολύσεως.

Επίσης είναι αποδεκτό ότι η αμμωνία προκαλεί αύξηση του αριθμού των αναπνευστικών κινήσεων, των λειτουργιών της καρδιάς και της πίεσεως του αίματος. Πρέπει επομένως να τονιστεί ότι η παρουσία της αμμωνίας στο νερό των εκτρεφόμενων ψαριών έχει τεράστια σημασία, τόση όση για να γίνει ο ρυθμιστής μιας πετυχημένης ή όχι εφαρμογής των εντατικών και υπερεντατικών συστημάτων εκτροφής.

Έτσι η ποσότητα της αμμωνίας που παράγεται από τα ίδια τα ψάρια από τα περιττώματά τους και από την αποσύνθεση των υπολειμμάτων της τροφής, αποτελεί τον σημαντικότερο περιοριστικό παράγοντα της αναμενόμενης παραγωγής ή της ανακυκλοφορίας του νερού της εκτροφής. Όταν η τιμή της συγκεντρώσεως της αμμωνίας βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα εξαιτίας των συμπτωμάτων που προκαλεί, μειώνει αισθητά τον ρυθμό αναπτύξεώς τους καθώς και την ανθεκτικότητά τους σε μολυσματικές ασθένειες.

Η τοξική δράση της αμμωνίας στα ψάρια συνδεόταν έντονα με την τιμή του PH στο νερό. Αποδείχθηκε ότι μόνο η μή-ιονισμένη αμμωνία είναι τοξική ουσία. Ένας πρακτικός τρόπος υπολογισμού του % ποσοστού της αμμωνίας σε σχέση με την ποσότητα της ολικής αμμωνίας, σε γλυκό νερό, είναι αυτή που δίνεται από τη παρακάτω εξίσωση:

100

$$\% \text{NH}_3 = \frac{100}{1 + \text{αντιλογ}(P_{\text{κα}} - \text{PH})}$$

όπου $P_{\text{κα}} = 0$ αρνητικός λογάριθμος της σταθεράς ιονισμού της αμμωνίας σε γλυκό νερό που προκύπτει από την εξίσωση:

$$P_{\text{κα}} = 0,09018 + \frac{2729,92}{T}$$

όπου: T θερμοκρασία σε βαθμούς kelvin.

Με τη χρήση της εξισώσεως αυτής γίνεται εύκολα αντιληπτή, η επίδραση της τιμής του P_{H} του γλυκού νερού στην τοξική δράση της αμμωνίας σε αντιδιαστολή με εκείνη της τιμής του P_{H} στην τοξική δράση των NH_3 και NH_4^+ . Έτσι για παράδειγμα μια αύξηση της τιμής του P_{H} κατά 0,3 μονάδες από (7,0 σε 7,3) θα συντελούσε στο διπλασιασμό της συγκέντρωσης της αμμωνίας σ'ένα διάλυμα αμμωνίας, μολόνοντι η αύξηση αυτή είναι λιγότερο έντονη όταν η τιμή του P_{H} έχει σαν συνέπεια την αύξηση του ποσοστού της NH_3 και τη μείωση του NH_4^+ . Η τιμή του $P_{\text{κα}}$ εξαρτάται από τη θερμοκρασία του διαλύματος.

Είναι εύκολο επομένως να γίνει αντιληπτό ότι μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10 μονάδες διπλασιάζει σχεδόν την ποσότητα της αμμωνίας στο διάλυμα. Επίσης γίνεται εύκολα κατανοητό ότι το ποσοστό της αμμωνίας μειώνεται αισθητά με την αύξηση της ποσότητας των διαφόρων ιόντων του διαλύματος. Έτσι η μείωση αυτή σε αποσταγμένο νερό είναι 10% εκείνης που παρατηρείται σε νερό ολικής σκληρότητας περίπου 250mg/lit CaCO_3 και περίπου 25% εκείνης σε θαλασσινό νερό.

Η τοξικότητα της ιονισμένης μορφής της αμμωνίας αποδείχτηκε ότι ισόδυναμεί με το 1\5 της μη ιονισμένης για ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς.

5.1 Επίδραση της ποσότητας του CO_2 , του O_2 , της θερμοκρασίας στην τοξικότητα της NH_3

Σχετικές ερευνητικές εργασίες απέδειξαν ότι η τοξική δράση στο νερό ενός διαλύματος NH_4Cl θα μπορούσε να μειωθεί με την αύξηση της ποσότητας του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα που προκαλεί μείωση της τιμής του pH , μέχρι εκείνο το σημείο που η συγκέντρωση του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα θα ήταν η κύρια αιτία θανάτου των ψαριών. Αργότερα αποδείχτηκε ότι η τοξικότητα της αμμωνίας δεν καθορίζεται μόνο από τη τιμή του pH στο νερό.

Η ένταση της τοξικότητας εξαρτάται, από το αν η ποσότητα του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα στο νερό είναι πολύ χαμηλή, η ποσότητα που εκκρίνεται από τα βράγχια των ψαριών, θα μειώσει αισθητά την τιμή του pH στην επιφάνεια των βραγχίων. Η έκταση της μεταβολής του pH θα μειώνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα στο νερό.

Έτσι σε σχετικά πειράματα διαπιστώθηκε ότι όταν η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα είναι πολύ μικρή και η τιμή του pH πολύ υψηλή, η συγκέντρωση της αμμωνίας καθίσταται πέντε φορές περισσότερο τοξική από εκείνη των νερών που χαρακτηρίζονται από κοινή εντάσεως ρύπανσης και στα οποία η τιμή του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα είναι μεγάλη και του pH μικρή.

Τα δεδομένα αυτά αφορούν την κοινή πέστροφα και οπωσδήποτε η έκταση της επιδράσεως αυτής ποικίλει στα διάφορα είδη ψαριών. Είναι πολύ πιθανόν να είναι μικρότερη στα ψάρια με χαμηλότερο αναπνευστικό ρυθμό, στα οποία η ποσότητα του CO_2 , που εκκρίνεται από τα βράγχια στο νερό, να είναι σχετικά μικρή.

Η μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο νερό των ψαριών αυξάνει την τοξικότητα της αμμωνίας μέχρι ενός σημείου, το οποίο εξαρτάται από την συγκέντρωση του CO_2 . Έτσι μείωση του οξυγόνου

του νερού κατά 50% της ποσότητας του κορεσμού στην ατμόσφαιρα συντελεί στην αύξηση της ευαισθησίας των ψαριών στην αμμωνία, κατά δυο φορές από εκείνη που θα είχαν, αν το νερό ήταν κορεσμένο σε οξυγόνο. Έστω ότι τα νερά ενός ποταμού έχει τα εξής χαρακτηριστικά: Συγκέντρωση διτανθρακικών 200ppm, PH 7,6 θερμοκρασία 18°C, περιεκτικότητα σε οξυγόνο 60% ως προς την τιμή κορεσμού της ατμόσφαιρας και η τιμή του ελευθέρου CO₂ 1ppm τότε η κρίσιμη τιμή της αμμωνίας θα είναι 36ppm ως N. Τιμή που πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή 1,15 και στη συνέχεια με τον συντελεστή 0,73(O₂) δίνοντας σαν τελική κρίσιμη τιμή της συγκέντρωσης της αμμωνίας 30,2ppm ως N.

Πρέπει να τονιστεί ότι η κρίσιμη τιμή της αμμωνίας είναι εκείνη από την οποία μπορεί να προκληθεί ο θάνατος του 50% του συνολικού αριθμού ατόμων. Σε περίπτωση που επιθυμείται ο προσδιορισμός της τιμής που προκαλεί το θάνατο μόνο του 1% του πληθυσμού, θα πρέπει η τιμή του 50% να πολλαπλασιαστεί με τον συντελεστή 0,7. Σημειώνεται ότι η τοξική επίδραση της αμμωνίας μειώνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του ελευθέρου CO₂, σε νερό χαμηλής περιεκτικότητας σε οξυγόνο.

Στις φυσικές υδατοσυλλογές, η αύξηση της ποσότητας του ελευθέρου CO₂ συνδέεται με τη μείωση της ποσότητας του οξυγόνου, καθώς και με τη μείωση της τιμής του PH, με αποτέλεσμα τη μείωση της τοξικότητας της NH₃ και μάλιστα περισσότερη μείωση από την αύξηση της τοξικότητας της NH₃ που προέρχεται από χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου στο νερό.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, αυξάνεται και η τοξικότητα της αμμωνίας που βρίσκεται στο νερό. Παράλληλα η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού μειώνει το χρόνο επιβίωσης των ψαριών σε νερό με σταθερή ποσότητα NH₃. Ωστόσο έχει αποδειχτεί ότι

σε χαμηλές θερμοκρασίες η τοξικότητα της NH_3 στα ψάρια γίνεται πολύ έντονη.

Η κρίσιμη συγκέντρωση της συνολικής ποσότητας της αμμωνίας που προσδιορίζεται από πίνακες μπορεί να πολλαπλασιαστεί με έναν συντελεστή για να ληφθεί η συγκέντρωση της αμμωνίας για θερμοκρασίες μικρότερες από 20°C . Σημειώνεται ότι η κρίσιμη συγκέντρωση της αμμωνίας, ορίζεται η συγκέντρωση εκείνη, εξαιτίας της οποίας προκαλείται θάνατος του 50% ενός πληθυσμού ψαριών. Το γεγονός αυτό είναι ευνόητο ότι έχει ιδιαίτερη πρακτική σημασία σε ότι αφορά την αύξηση της συγκέντρωσης της NH_3 σε ποτάμια και λίμνες που χρησιμοποιούνται για την εκτροφή ψαριών κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών.

5.2 Επίδραση της αλατότητας στην τοξικότητα της NH_3

Έχει αποδειχτεί ότι η τοξική επίδραση της NH_3 στην πέστροφα μειώνεται με την αύξηση της αλατότητας του νερού μέχρι 9%. Αυξάνεται όμως μετά το σημείο αυτό μέχρι 35%, διατηρώντας σε εργαστηριακές συνθήκες, την τιμή του PH του νερού σταθερή.

Συμπερασματικά, σχετικά με τη δυσμενή επίδραση της αμμωνίας στα ψάρια καθώς και με τη σχέση με άλλα χαρακτηριστικά του νερού, σημειώνοντας τα ακόλουθα: Είναι απόλυτα εξακριβωμένο ότι ο κύριος παράγοντας που ελέγχει την τοξικότητα της NH_3 στο νερό είναι η τιμή του PH, η οποία σε συνδυασμό με την θερμοκρασία του νερού, ρυθμίζει τη συγκέντρωσή τους.

Για την διευκόλυνση, κατά την αξιολόγηση και τον προσδιορισμό της τοξικότητας της NH_3 σε σχέση με τους παράγοντες που την επηρεάζουν, θα πρέπει να μην λησμονείται ότι η τοξικότητα της αμμωνίας αυξάνεται :

1. Με την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού. (όχι κάτω από 10°C).

2. Με την μείωση της αλατότητας. (<9‰)

3. Με την αύξηση της αλατότητας από 9 -31‰.

4. Με τη μείωση της ποσότητας του οξυγόνου.

5. Με την μείωση της ποσότητας του ελευθέρου CO₂.

6. Με την μείωση της σκληρότητας του νερού

Για τα περισσότερα είδη ψαριών, η κρίσιμη συγκέντρωση της NH₃ στο νερό βρίσκεται στο εύρος 0,2 - 2,0mg/l. Έτσι για παράδειγμα για την κοινή γλώσσα η τιμή της αμμωνίας πέρα από την οποία παρατηρείται μικρή ή καθόλου ανάπτυξη είναι 0,066 mg/l και η αντίστοιχη για το καλκάνι είναι 0,11 mg/l, σε νερά θερμοκρασίας 16°C και αλατότητας 34‰. Επίσης για το ψάρι *Ictalurus punctatus* (catfish) η καθοριστική τιμή της αμμωνίας για την ανάπτυξη του είναι 967μg/l.

Είναι αυτονόητο ότι υπάρχουν ή θα αναφερθούν περιπτώσεις που η κρίσιμη τιμή της NH₃ στο νερό για κάποιο ψάρι κάποιας ηλικίας και φυσιολογικής καταστάσεως είναι έξω από το εύρος που δίνεται. Είναι σίγουρο ότι η απόκλιση δεν θα είναι μέγιστη. Άλλωστε το γεγονός ότι η βαθμιαία αύξηση της ποσότητας της NH₃ στο νερό αυξάνει την κρίσιμη τιμή της για πολλά είδη ψαριών. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι στα ιχθύδια της πέστροφας μέσου βάρους 4,5 gr διατηρούν όλα τα χαρακτηριστικά της φυσιολογικής τους συμπεριφοράς (όρεξη, κινητικότητα, χρώμα, κ.λ.π), σε νερό θερμοκρασίας 17°C αλατότητα 12‰, PH 7,3 και συγκέντρωση NH₃ 3,6mg/l. Επίσης ιχθύδια κυπρίνου, βάρους 15 gr δεν έδειξαν σημεία κακής διαβίωσης σε υφάλμυρο νερό θερμών πηγών θερμοκρασίας 18,5°C και PH 7,3. Η συγκέντρωση της αμμωνίας ήταν 4,2mg/l. Πιστεύεται ότι υγιείς πληθυσμοί πέστροφας πρέπει να αναμένονται σε νερά με συγκέντρωση αμμωνίας ίση ή μικρότερη των 0,025mg/l, μολονότι είναι παραδεκτό ότι υψηλότερες

συγκεντρώσεις δεν προκαλούν ευδιάκριτα δυσμενή συμπτώματα στα ψάρια, με την προϋπόθεση όμως να έχουν εγκλιματισθεί σ' αυτές. Και αφού η πέστροφα το πιο ευαίσθητο στην τοξικότητα της αμμωνίας ψάρι είναι ευνόητο, ότι η κρίσιμη συγκέντρωσή της αυτής στο νερό θα είναι μεγαλύτερη για τα άλλα ψάρια του γλυκού νερού.

Η συνολική ποσότητα της αμμωνίας που είναι αντίστοιχη με τη συγκέντρωση των 0,025mg/lit της αμμωνίας δίνεται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 1: Συγκέντρωση ολικής αμμωνίας στις οποίες η ποσότητα της μη-ιονισμένης αμμωνίας είναι 0,025mg/lit.

Θερμοκρασία (°C)	PH					
	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
5	63,3	20,2	6,3	2,0	0,66	0,23
10	42,4	13,4	4,3	1,4	0,45	0,16
15	28,9	9,2	2,9	0,94	0,31	0,12
20	20,0	6,3	2,0	0,66	0,22	0,088
25	13,9	4,4	1,4	0,46	0,16	0,096
30	9,8	3,1	1,0	0,34	0,12	0,056

Οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας σε τιμές PH μεγαλύτερες του 8.0 δεν θα πρέπει να αναμένονται στις περιπτώσεις που η συγκέντρωση του ελεύθερου CO₂ στο νερό είναι πολύ χαμηλή.

Γενικά τα ψάρια που χαρακτηρίζονται από έντονη παρουσία NH₃ από εκείνα που δεν έχουν το χαρακτηριστικό αυτό. Επειδή η τοξικότητα της αμμωνίας εμπλέκεται και ο χρόνος παραμονής των ψαριών σε νερό με αυξημένη ή όχι ποσότητα και ο χρόνος παραμονής των ψαριών σε νερό με αυξημένη ή όχι ποσότητα NH₃, τονίζεται, με αποτέλεσμα το εύρος των τιμών της NH₃ που δίνεται πιο πάνω να γίνεται

μεγαλύτερο. Είναι πολύ πιθανόν ψάρια που έχουν υποστεί τη δυσμενή επίδραση αυξημένης ποσότητας NH_3 στο νερό, τοποθετούμενα σε νερά χαμηλής συγκέντρωσης NH_3 , να επανέλθουν στα φυσιολογικά επίπεδα συμπεριφοράς. Αυτό όμως δύσκολα πετυχαίνεται όταν η θερμοκρασία του νερού είναι πολύ χαμηλή και τούτο γιατί το ποσοστό της NH_3 σε σχέση με την ολική ποσότητα των αζωτούχων ουσιών που εκκρίνονται από τα ψάρια, μειώνεται με την αύξηση της ποσότητας της NH_3 στο αίμα, η οποία ποσότητα δεν αποβάλλεται από τα ψάρια παρά μόνο όταν τοποθετηθούν σε νερά χαμηλής περιεκτικότητας σε αμμωνία και θερμοκρασία μεγαλύτερη από 10°C .

Είναι πολύ πιθανόν, κατά την διάρκεια των θερινών μηνών εξαιτίας της έντονης βιολογικής δραστηριότητας και ιδιαίτερα φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών, να αυξηθεί η τιμή του PH του νερού μέχρι το 8,0 ή να ξεπεράσει την τιμή 9,0. Η κατάσταση αυτή συνοδεύεται με πτώση της ποσότητας του ελεύθερου CO_2 και κατά συνέπεια η υπάρχουσα ποσότητα της μη ιονισμένης αμμωνίας γίνεται τοξική.

Πρέπει όμως στις περιπτώσεις αυτές να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι η τιμή του PH στο νερό, που καλύπτει τα βράγχια των ψαριών, σπάνια ξεπερνά το 8,0. Έτσι για να προσδιοριστεί η υπάρχουσα ποσότητα της αμμωνίας είναι τοξική ή όχι σε νερά με μεγαλύτερα του 8,0, θα πρέπει αυτή να υπολογίζεται με βάση την τιμή του PH του νερού που καλύπτει τα βράγχια.

5.3 Νιτρώδη (NO_2^-) - Νιτρικά (NO_3^-)

Μολονότι η παραμονή της ουσίας αυτής στο νερό των φυσικών υδατοκαλλιεργειών δεν είναι πολύ μεγάλη γιατί σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα οξειδώνεται σε νιτρικά, εντούτοις, η σημασία της από την άποψη της τοξικότητας, είναι αξιόλογη σε περιοχές όπου παρέχονται νερά αστικών λυμάτων ή γεωργικών φαρμάκων. Εξίσου

σημαντική από την άποψη αυτή είναι και η περίπτωση των υπερεντατικών συστημάτων εκτροφής ή όπου χρησιμοποιούνται κλειστά κυκλώματα νερού. Σύμφωνα με τις πληροφορίες που επικρατούσαν μέχρι πριν από μερικά χρόνια, η παρουσία των ιόντων του NO_2^- στο νερό δεν αποτελούσε ιδιαίτερο πρόβλημα για τους υδρόβιους οργανισμούς και ιδιαίτερα για τα ψάρια. Αργότερα όμως αποδείχτηκε ότι οι συγκεντρώσεις της τάξεως των 0,15 και 0,55mg/lit σε 48 και 24 ώρες αντίστοιχα, προκαλέσουν σε πέστροφες ενός έτους μεθαιμογλοβιναιμία.

Δηλαδή τα ιόντα του NO_2^- οξειδώνουν την αιμογλοβίνη σε μεθυαιμογλοβίνη, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται συμπτώματα μεθαιμογλοβιναιμίας, κατά την οποία, επειδή δεν μεταφέρεται οξυγόνο με το αίμα, τα ψάρια πεθαίνουν από ασφυξία. Τα ίδια περίπου αποτελέσματα διαπιστώθηκαν όταν μελετήθηκε η επίδραση της ουσίας αυτής σε ψάρια διαφόρων μεγεθών και διαπίστωσαν ότι με την αύξηση του βάρους αυξάνεται και η ευαισθησία των ψαριών στην τοξική δράση του NO_2^- .

Έχει βέβαια μελετηθεί ανάμεσα σε άλλα και η επίδραση του PH και διαφόρων αλάτων στην τοξική δράση της ουσίας αυτής. Παρατήρησαν ότι η τοξικότητα του NO_2^- μειώνεται περίπου 24 φορές σε ψάρια 5gr και 13 φορές 10gr, όταν η συνολική σκληρότητα του νερού αυξηθεί από 25 σε 300mg/lit. Επίσης η αύξηση της τιμής του PH από 6,0 σε 8,0 είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της τοξικότητας 8 φορές στα μικρά και 3 φορές στα μεγάλα άτομα.

Έτσι η προσθήκη μεταλλικών αλάτων και η δυνατότητα ρυθμίσεως της τιμής του PH, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση της τοξικότητας των νιτρωδών σε νεαρά άτομα ψαριών, όταν χρησιμοποιείται για την εκτροφή τους σε μαλακό νερό. Ιδιαίτερα προκειμένου να αποφευχθεί, ή για να ελέγχεται ο κίνδυνος της τοξικότητας των νιτρωδών, κατά την αξιολόγηση και επιλογή νερών για

την χρησιμοποίησή τους σε ιχθυογεννητικούς σταθμούς ψαριών, θα πρέπει να επιδιώκεται η χρήση νερών που η ολική τους σκληρότητα θα είναι τουλάχιστον 100mg/lit, η τιμή του PH είναι 7 ή και περισσότερο, ή η συγκέντρωση των CL^- & Ca^{++} να ισοδυναμεί τουλάχιστον με 25mg/lit $CaCl_2$. Σε μαλακά νερά με χαμηλή περιεκτικότητα σε χλώριο, η συγκέντρωση των νιτρωδών είναι της τάξεως των 0,030mg/lit. Προκαλεί στην περίπτωση παρατεταμένης χρήσεως ελαφράς μορφής μεθαιμογλοβιναιμίας και καθόλου θνησιμότητα και αλλοιώσεις των βραγχίων.

Κάποιες σημασίας αλλοιώσεις του επιθηλίου των βραγχίων εμφανίζονται όταν στα νερά αυτά η ποσότητα των νιτρωδών είναι της τάξεως των 0,060mg/lit. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται συγκεντρωτικά στοιχεία που αφορούν την τοξικότητα των νιτρωδών σε οργανισμούς γλυκών, υφάλμυρων και θαλάσσιων υδάτων. Εύκολα διαπιστώνεται ότι η θνησιμότητα των οργανισμών μειώνεται έντονα με την αύξηση της αλατότητας του νερού. Πιστεύεται ότι αυτό οφείλεται στην αυξημένη ποσότητα των ιόντων ασβεστίου ή και στη συνδυασμένη δράση των ιόντων αυτού με άλλα.

Όπως επίσης παρατηρήθηκε και στη περίπτωση του χλωρίου του οποίου η "προστατευτική" δράση απέναντι στην τοξική δράση των νιτρωδών, αποδείχθηκε πολύ σημαντική. Είναι πιθανό τα ιόντα του χλωρίου να αντιδρούν με τα νιτρώδη με αποτέλεσμα να γίνεται δύσκολη αν όχι αδύνατη, η προσρόφηση των νιτρωδών από τους υδρόβιους οργανισμούς. Η ουσία αυτή δεν επιδρά τοξικά στους υδρόβιους οργανισμούς ακόμα και σε μεγάλες συγκεντρώσεις, μολονότι ο χρόνος σίγουρης και αβλαβής παραμονής υδρόβιων οργανισμών σε νερά με υψηλά ποσοστά της ουσίας αυτής δεν είναι γνωστός.

Συγκεντρώσεις των νιτρικών της τάξεως των 400mg/lit δεν προκάλεσαν θνησιμότητα, ούτε μείωσαν τον ρυθμό αναπτύξεως ψαριών

γλυκών νερών. Παρατηρήθηκε ότι τα ιόντα των νιτρωδών είναι κατά 200 φορές περισσότερο τοξικά σε σχέση με τα ιόντα των νιτρικών. Κάποια σημεία τοξικής δράσεως μεγάλης όμως ποσότητας παρατηρούνται με την αύξηση της αλατότητας του νερού, σε διάφορους υδρόβιους οργανισμούς όπως ψάρια και μαλάκια.

Πίνακας 2: Επίδραση της ολικής σκληρότητας του νερού και του μεγέθους των ψαριών, στην τοξικότητα των νιτρωδών, σε νεαρά άτομα πέστροφας.

Καθορισμός σκληρότητας νερού.	Σκληρότητα (mg/l)	Χλώριο (mg/l)	PH	5-10 gr ψάρια.
Πολύ μαλακό	25	1,9	6,2	0,5 ,0,9
μαλακό	50	1,4	6,8	0,5 ,1,9
σκληρό	150	4,2	7,3	4,7 ,5,8
πολύ σκληρό	300	8,4	7,8	10,3 -12,1

Πίνακας 3: Συγκεντρώσεις νιτρωδών σε διάφορους οργανισμούς.

Οργανισμοί	Συγκέντρωση NO ₂ σε mg/lit	Χρονική διάρκεια ώρες.	Θνησιότητα τα %	Είδος νερού.
<i>Salmo gairdneri</i> 1 χρόνου	0,55	24	55	Γλυκό
<i>Salmo gairdneri</i> 12 gr	0,19	96	50	Γλυκό
<i>Salmo gairdneri</i> 9,1 gr	0,23	96	50	Γλυκό
<i>Oncorhynchus sp.</i> 32 gr	0,50	24	40	Γλυκό
<i>Oncorhynchus sp.</i> 32 gr	0,88	96	50	Γλυκό
<i>Oncorhynchus sp.</i> 32 gr	19,00	48	50	Γλυκό
<i>Oncorhynchus sp.</i> 32 gr	1070,00	48	10	Αλμυρό
<i>Oncorhynchus sp.</i> 1 χρόνου	3,80	12	58,3	Γλυκό
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	8,60	96	50	Υφάλμυρο
<i>Crassostrea virginica</i> ώριμα	658,00	96	50	Αλμυρό
<i>Crassostrea virginica</i> νεαρά	798,00	96	50	Αλμυρό
<i>Mercenaria mercenaria</i>	1190,00	96	50	Αλμυρό
<i>Mercenaria mercenaria</i>	1133,00	96	50	Αλμυρό

Πίνακας 4: Επιδράσεις διαφόρων τιμών του ΡΗ του νερού στις διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες των ψαριών και άλλων υδρόβιων οργανισμών.

ΡΗ	ΕΠΙΔΡΑΣΗ
3,0 - 3,5	Συνήθως είναι αδύνατη η επίβιωση όλων των ειδών των ψαριών σε νερό με ΡΗ αυτού του εύρους, για περισσότερο από μερικές ώρες. Είναι δυνατό όμως, σε τέτοια νερά να επιβιώσουν ορισμένα υδρόβια φυτά και ασπόνδυλοι οργανισμοί.
3,5 - 4,0	Η τιμή αυτή είναι ελάχιστη όπου μπορεί να επιβιώσουν ψάρια της οικογένειας των πεστροφών.
4,0 - 4,5	Μολονότι το εύρος αυτό του ΡΗ είναι βλαβερό για πολλά είδη ψαριών τα οποία δεν έχουν εγκλιματιστεί σε χαμηλές τιμές του ΡΗ. Η αντοχή των ψαριών αυξάνεται στο εύρος αυτό ανάλογα με το μέγεθος και την ηλικία τους.
4,5 - 5,0	Νερά με ΡΗ του εύρους αυτού είναι βλαβερά για τα αυγά και τα νεαρά ιχθύδια των ψαριών και για τα μεγάλα άτομα ειδών της ίδιας οικογένειας. Το φαινόμενο γίνεται οξύτερο στην περίπτωση των μαλακών νερών, στην οποία η συγκέντρωση του χλωρίου είναι

5,0 - 6,0	<p>χαμηλή. Σημειώνεται επίσης ότι τα νερά αυτά μπορεί να είναι βλαβερά και για τον κοινό κυπρίνο.</p> <p>Είναι σπάνια η πρόκληση δυσμενούς επιδράσεως των νερών αυτών σε οποιοδήποτε είδος ψαριού, εκτός αν η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα είναι μεγαλύτερη από 20mg/l ή αν το νερό περιέχει άλατα σιδήρου από τα οποία έχει παραχθεί FeOH, του οποίου η ακριβής τοξική δράση είναι άγνωστη.</p>
6,0 - 6,5	<p>Νερά με PH αυτού του εύρους είναι σπάνια.</p> <p>Νερά με PH του εύρους αυτού είναι κατά κανόνα αβλαβή για τα ψάρια.</p>
6,5 - 9,0	<p>Τονίζεται όμως ότι η αυξομείωση του PH μέσα στο εύρος αυτό προκαλεί ενεργοποίηση της δηλητηριώδους δράσεως των τοξικών ουσιών που είναι δυνατό να περιέχονται στο νερό.</p>
9,0- 9,5	<p>Ακατάλληλα νερά για εκτροφή ψαριών.</p>
9,5-10,0	<p>Ακατάλληλα νερά για εκτροφή ψαριών.</p>
10,0-11,5	<p>Νερά θανατοφόρα για εκτροφή ψαριών.</p>

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Michael B Timmons : Aquaculture water reuse system:engineering, desing and management.
2. Chen S, Coffin & Malone 1991: Sludge management for recirculating aquaculture systems.
3. Mayo R.O 1991 :Review of water reuse system -water reuse in hatcheries.
4. Colt,Orwioz & Bouck 1991: Water quality considerations and criteria for high -density fish culture with supplemental oxygen.
5. Morel F.MM 1983:Principles of Aquatic Chemistry.
6. Losordo T 1991:Personal communications.
7. Shepherd and Morris 1987: A review of practical emergency for fish culturist.
8. Χώτος Γ: Υδατλγεις γλοκών υδάτων (εργαστηριακές σημειώσεις).
9. Βλάχος Ν 1995 : Ενυδρεία (σημειώσεις μαθήματος τμήματος Ιχθυοκαμίας αλιείας).

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**(Πίνακες, στοιχεία, δείκτες)**

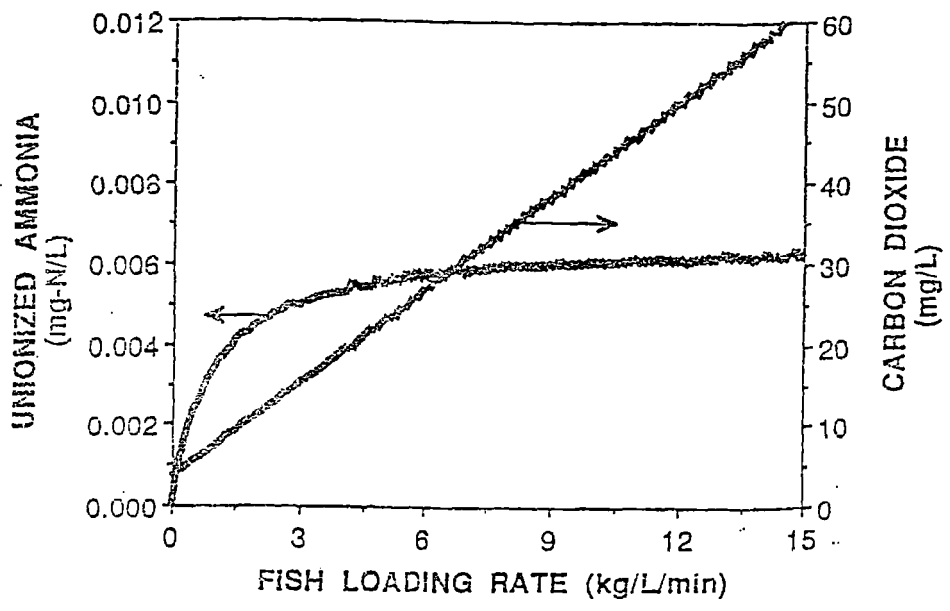


Figure 7.1. Carbon dioxide and unionized ammonia concentrations in a hypothetical fish tank with no water conditioning other than water exchange. Conditions in the tank are as follows: temperature, 25 °C; incoming total ammonia nitrogen, 0 mg/L; incoming pH, 7.5; alkalinity, 4.0 meq/L; feeding rate, 2 % of body weight per day.

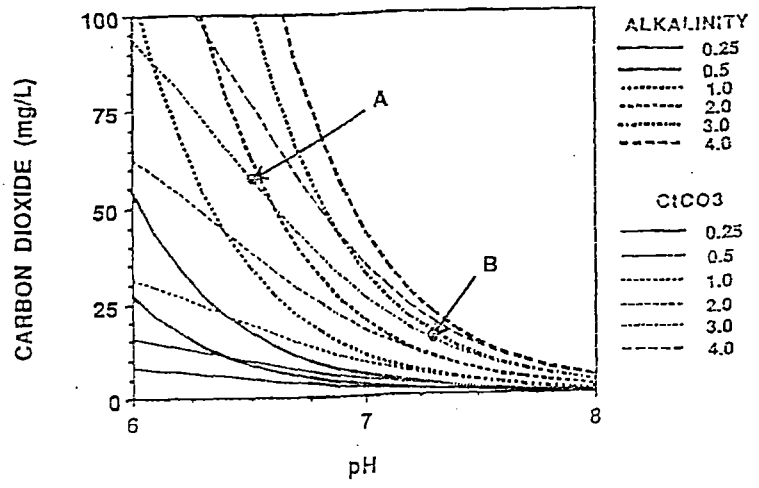


Figure 7.2.A. Carbon dioxide concentration as a function of pH for waters of several alkalinities (0.25 to 4.0 meq/L) and total carbonate carbon concentrations (0.25 to 4.0 mmole/L) at temperatures of 25 °C

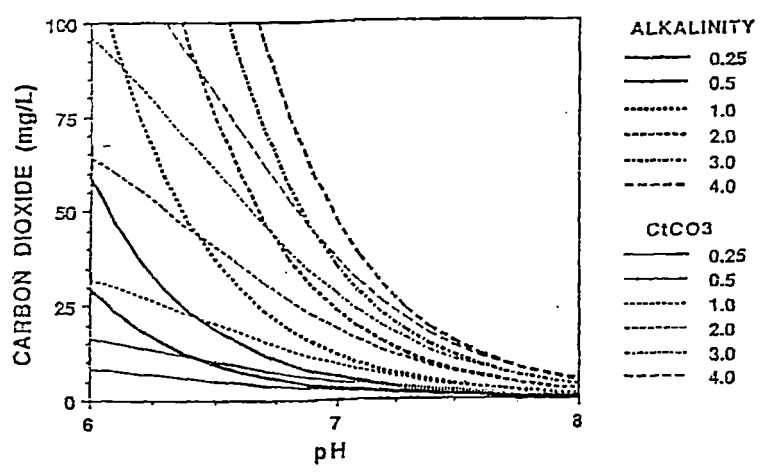


Figure 7.2.B. Carbon dioxide concentration as a function of pH for waters of several alkalinities (0.25 to 4.0 meq/L) and total carbonate carbon concentrations (0.25 to 4.0 mmole/L) at temperatures of 15 °C

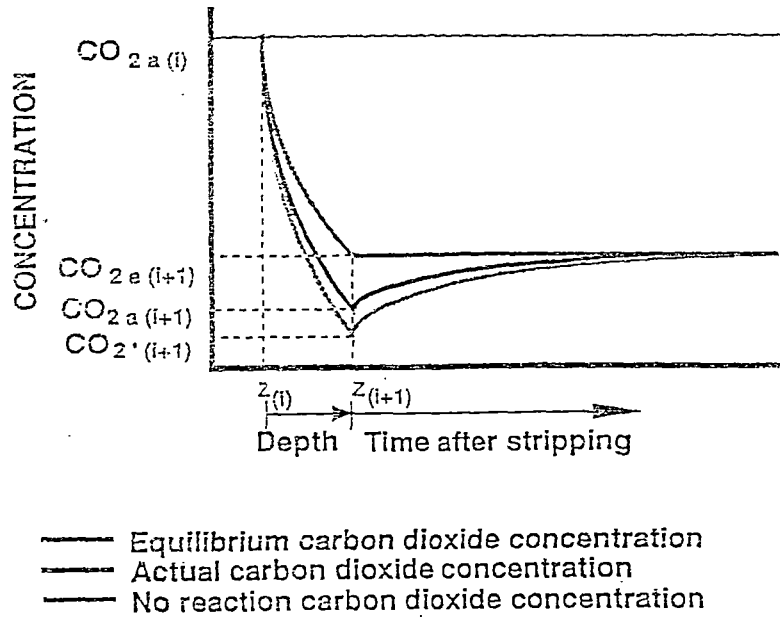


Figure 7.3. Conceptual diagram of combined gas transfer and chemical reactions for carbon dioxide removal in a packed column.

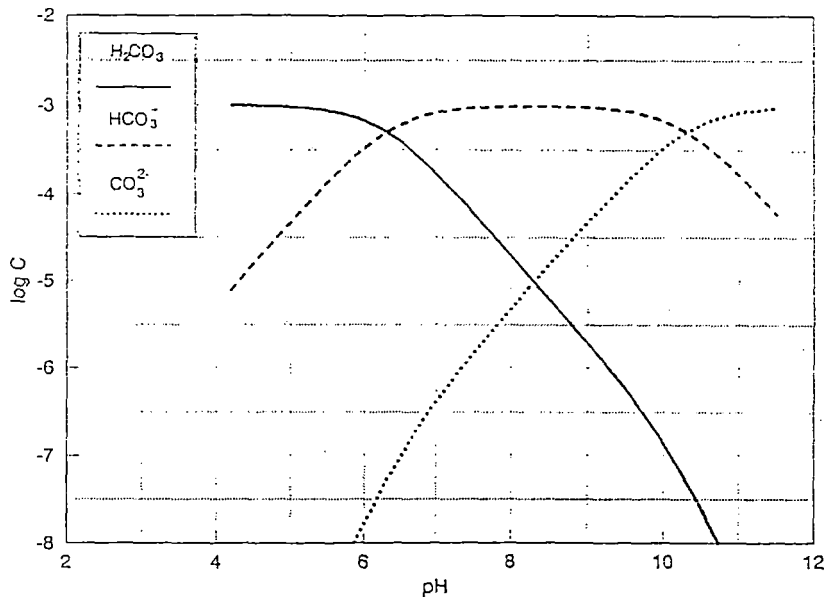
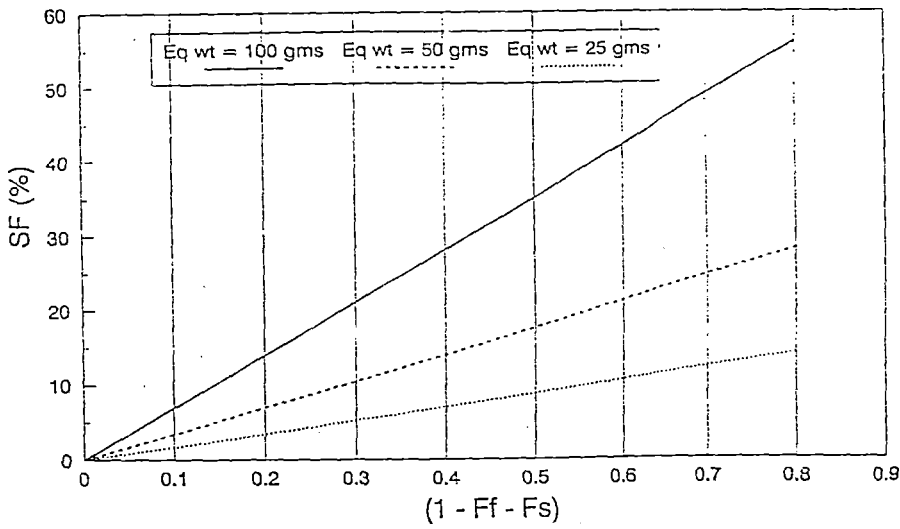
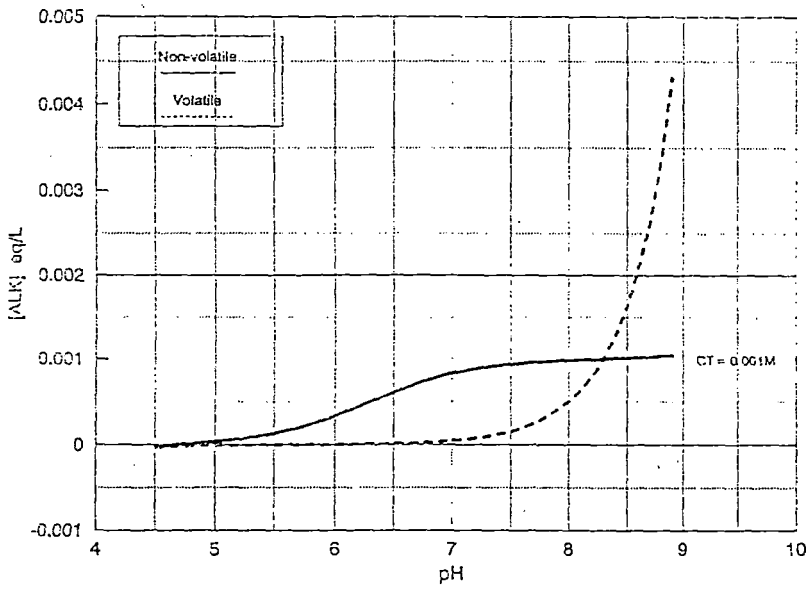
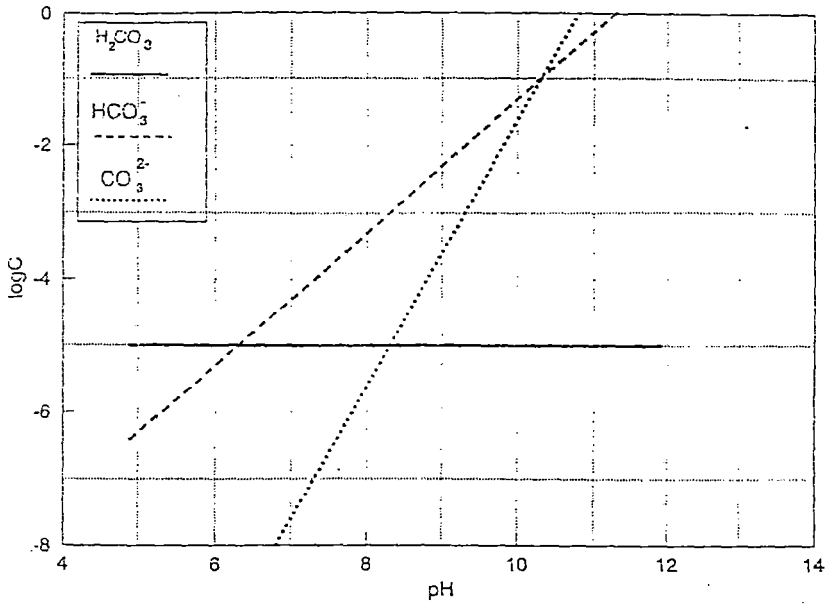
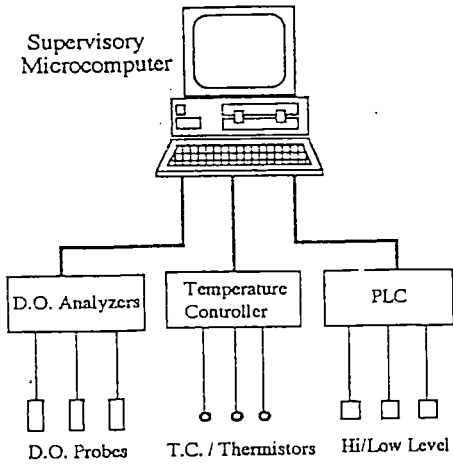


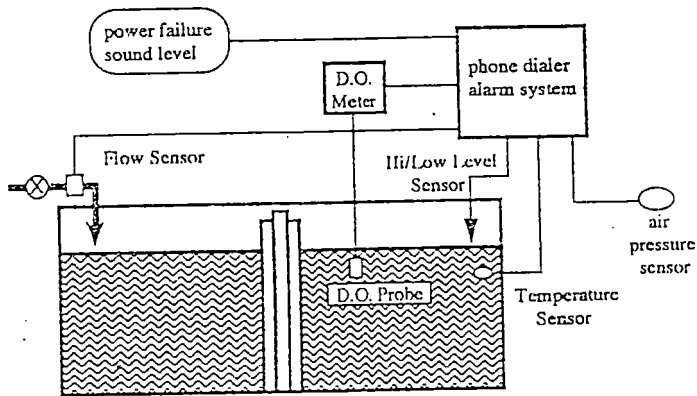
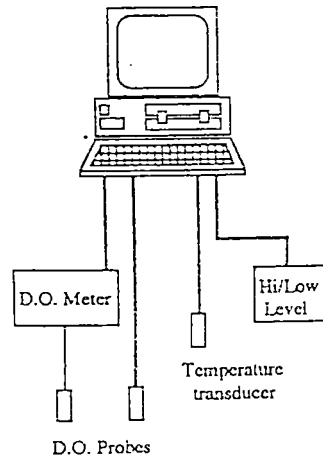
Figure 8.1 Log C-pH diagram for a non-volatile CO_2 system.



Distributed Control System



Central Control System



APPENDIX

TABLE A.1

Conversion Factors for Commonly Used Terms in Aquaculture and Water Reuse Systems.

Units on the right column may be obtained by starting with units on the left column, multiply by the given number. To go the other way, from right to left, divide by the given value.

Multiply Number of	By	To Obtain
microns	$3.93 \cdot 10^{-5}$	inches (in.)
microns	$1.0 \cdot 10^{-6}$	meters (m)
feet (ft)	0.3048	m
ft ²	0.0929	m ²
gallons (US)	0.1337	ft ³
gallons (US)	3.7854	liters (l)
gallons (US)	0.0037854	m ³
gallons (US)	8.34	lbs water at 60°F
gallons/ft ²	40.7	L/min
ft ³	0.02832	m ³
ft ³ /s	28.317	l/s (liters per second)
ft ³ /s	0.02832	m ³ /s
gallons/minute (gpm)	0.06309	l/s
gpm	3.78	l/minute (lpm)
gpm	0.00006309	m ³ /s
gpm/ft ²	40.7	lpm/m ²
gpm/ft ²	58,646	m ³ /day·m ²
ft ³ /s	448.83	gpm
pounds force (lb)	4.448	newtons (N)
lb/in ² (psi)	6895	N/m ² (Pascals)
lb/ft ²	47.88	N/m ²
lb/in ² (psi)	2.246	ft seawater head (50°F, 35 ppt)
	2.307	ft freshwater head (60°F, 0 ppt)
lb/gpm	0.1198	kg/lpm
lb/gpm	0.001997	kg/lps
lb/ft ²	4.8824	kg/m ²
lb/ft ³	16.018	kg/m ³
lb/gal	120.1	kg/m ³
British Thermal Unit (BTU)	1055.1	joule (J)
BTU	252.0	gram calories
Horsepower (hp)	0.707	BTU/s
hp	745.7	watts (W)
W	0.239	gram-calories/s

To Obtain	Divide By	Starting With
-----------	-----------	---------------

Example: watts = 745.7 · HP HP = watts / 745.7

TABLE A.2

Dissolved Oxygen (mg O₂ per Liter, ppm) at Saturation in Freshwater, Brackish water, and Seawater at Different Temperatures, (Spotte, S. 1979. Fish and Invertebrate Culture. Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, NY, NY).

Temperature (°C)	Chlorinity (‰) ¹										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	14.24	13.87	13.54	13.22	12.91	12.59	12.29	11.99	11.70	11.42	11.15
2	13.84	13.50	13.18	12.88	12.56	12.26	11.98	11.69	11.40	11.13	10.86
3	13.45	13.14	12.84	12.55	12.25	11.96	11.68	11.39	11.12	10.85	10.59
4	13.09	12.79	12.51	12.22	11.93	11.65	11.38	11.10	10.83	10.59	10.34
5	12.75	12.45	12.18	11.91	11.63	11.36	11.09	10.83	10.57	10.33	10.10
6	12.44	12.15	11.86	11.60	11.33	11.07	10.82	10.56	10.32	10.09	9.86
7	12.13	11.85	11.58	11.32	11.06	10.82	10.56	10.32	10.07	9.84	9.63
8	11.85	11.56	11.29	11.05	10.80	10.56	10.32	10.07	9.84	9.61	9.40
9	11.56	11.29	11.02	10.77	10.54	10.30	10.07	9.84	9.61	9.40	9.20
10	11.29	11.03	10.77	10.53	10.30	10.07	9.84	9.61	9.40	9.20	9.00
11	11.05	10.77	10.53	10.29	10.07	9.84	9.63	9.41	9.20	9.00	8.80
12	10.80	10.53	10.29	10.06	9.84	9.63	9.41	9.21	9.00	8.80	8.61
13	10.56	10.30	10.07	9.84	9.63	9.41	9.21	9.01	8.81	8.61	8.42
14	10.33	10.07	9.86	9.63	9.41	9.21	9.01	8.81	8.62	8.44	8.25
15	10.10	9.86	9.64	9.43	9.23	9.03	8.83	8.64	8.44	8.27	8.09
16	9.89	9.66	9.44	9.24	9.03	8.84	8.64	8.47	8.28	8.11	7.94
17	9.67	9.46	9.26	9.05	8.85	8.65	8.47	8.30	8.11	7.94	7.78
18	9.47	9.27	9.07	8.87	8.67	8.48	8.31	8.14	7.97	7.79	7.64
19	9.28	9.08	8.88	8.68	8.50	8.31	8.15	7.98	7.08	7.65	7.49
20	9.11	8.90	8.70	8.51	8.32	8.15	7.99	7.84	7.66	7.51	7.36
21	8.93	8.72	8.54	8.35	8.17	7.99	7.84	7.69	7.52	7.38	7.23
22	8.75	8.55	8.38	8.19	8.02	7.85	7.69	7.54	7.39	7.25	7.11
23	8.60	8.40	8.22	8.04	7.87	7.71	7.55	7.41	7.26	7.12	6.99
24	8.44	8.25	8.07	7.89	7.72	7.56	7.42	7.28	7.13	6.99	6.86
25	8.27	8.09	7.92	7.75	7.58	7.44	7.29	7.15	7.01	6.88	6.75
26	8.12	7.94	7.78	7.62	7.45	7.31	7.16	7.03	6.89	6.76	6.63
27	7.98	7.79	7.64	7.49	7.32	7.18	7.03	6.91	6.78	6.65	6.52
28	7.84	7.65	7.51	7.36	7.19	7.06	6.92	6.79	6.66	6.53	6.40
29	7.69	7.52	7.38	7.23	7.08	6.95	6.82	6.68	6.55	6.42	6.29
30	7.56	7.39	7.25	7.12	6.96	6.83	6.70	6.58	6.45	6.32	6.19

¹Conversion of chlorinity (Cl) to Salinity (S) is

$$S = 1.80655 \times Cl$$

Normal sea water is 35 ‰ or 35 ppt S (19.37 ppt Cl)

TABLE A.3

Percentage of Free Ammonia (as NH₃) in Freshwater at Varying pH and Water Temperatures, (Spotte, S. 1979. Fish and Invertebrate Culture. Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, NY, NY.).

pH	10°C (50°F)	15°C (59°F)	20°C (68°F)	25°C (77°F)
7.0	0.19	0.27	0.40	0.55
7.1	0.23	0.34	0.50	0.70
7.2	0.29	0.43	0.63	0.88
7.3	0.37	0.54	0.79	1.10
7.4	0.47	0.68	0.99	1.38
7.5	0.59	0.85	1.24	1.73
7.6	0.74	1.07	1.56	2.17
7.7	0.92	1.35	1.96	2.72
7.8	1.16	1.69	2.45	3.39
7.9	1.46	2.12	3.06	4.24
8.0	1.83	2.65	3.83	5.28
8.1	2.29	3.32	4.77	6.55
8.2	2.86	4.14	5.94	8.11
8.3	3.58	5.16	7.36	10.00
8.4	4.46	6.41	9.09	12.27
8.5	5.55	7.98	11.18	14.97
