

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ

ΙΧΘΥΟΓΕΝΝΗΤΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ

ΚΛΗΜΟΓΙΑΝΝΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
ΒΙΟΛΟΓΟΣ -PhD ΙΧΘΥΟΛΟΓΟΣ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2009

Αφιερωμένο
στην οικογένεια μου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής, που μου ανατέθηκε από την Dr. Κλημογιάννη Αικατερίνη, ήταν η συλλογή όλων των σχετικών πληροφοριών για το μέσο και πολύ σημαντικό στοιχείο των υδατοκαλλιεργειών, το νερό. Στην εργασία αυτή έγινε προσπάθεια να καλύψουμε όλη την πορεία του νερού στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς, από την είσοδό του από τη θάλασσα έως την επιστροφή του σε αυτή. Πέρα από τις εγκαταστάσεις και τον υδραυλικό εξοπλισμό στην εργασία αυτή αναλύονται επίσης και οι παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα του νερού.

Δράτωνα της ευκαιρίας του προλόγου, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους με βοήθησαν και με στήριξαν σε αυτή μου την προσπάθεια. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου Dr. Κλημογιάννη Α. για την εμπιστοσύνη, την καθοδήγηση, τις συμβουλές αλλά και την υπομονή που μου έδειξε όλο αυτό το διάστημα. Επίσης, την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την αγάπη τους, την ενθάρρυνση και την υπομονή που έδειξαν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου για τις γνώσεις και τις συμβουλές που μου μετέδωσαν.

Καλή Ανάγνωση

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- 1.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ
- 1.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ
- 1.3 ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ
- 1.4 ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ
- 1.5 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΚΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ
- 1.6 ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ
 - 1.6.1 ΦΑΣΗ I ή ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ
 - 1.6.2 ΦΑΣΗ II ή ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ
 - 1.6.3 ΦΑΣΗ III ή ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΜΕΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΙΧΘΥΟΓΕΝΝΗΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

- 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- 2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ
- 2.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ
- 2.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΙΣΑΓΩΓΩΝ ΝΕΡΟΥ
- 2.5 ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΝΕΡΟΥ
- 2.6 ΚΥΡΙΟ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ
- 2.7 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΩΝ
- 2.8 ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ
- 2.9 ΦΡΕΑΤΙΑ ΝΕΡΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ
- 2.10 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΝΑΛΙΑ
- 2.11 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ, ΤΩΝ ΕΞΟΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ
- 2.12 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΙΧΘΥΟΓΕΝΝΗΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ :
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ
- 2.13 ΑΝΤΛΙΕΣ
- 2.14 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ
- 2.15 ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΥΠΟΛΟΙΠΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΙΧΘΥΟΓΕΝΝΗΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

- 3.1 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ
- 3.2 ΦΙΛΤΡΑ
- 3.3 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΚΑΙ ΛΙΜΝΕΣ ΙΖΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
- 3.4 ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΤΕΣ ΝΕΡΟΥ
- 3.5 ΟΞΥΓΟΝΩΤΕΣ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΤΕΣ
- 3.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ
- 3.7 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ
- 3.8 ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

1.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ

Το νερό είναι το πιο σημαντικό στοιχείο για τις υδατοκαλλιέργειες. Η επιλογή της πηγής προέλευσης του νερού πρέπει να στηρίζεται στην καταλληλότητά του για αποδοτική παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας. Η κακή ποιότητα μπορεί να επηρεάσει την υγεία των ψαριών, μειώνοντας την αύξηση και την ανάπτυξη τους ή μπορεί να υποβαθμίσει την ποιότητα του προϊόντος, χαλώντας τη γεύση ή συσσωρεύοντας υψηλές συγκεντρώσεις τοξικών ουσιών που θέτουν σε κίνδυνο και την ανθρώπινη υγεία. Η σημαντικότητα της ποιότητας του νερού στις υδατοκαλλιέργειες έχει δημιουργήσει την ανάγκη για καθορισμό κριτηρίων της καταλληλότητας της πηγής του νερού.

1.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το πρώτο βήμα είναι η ταυτοποίηση της πιο πολλά υποσχόμενης πηγής, σκεπτόμενοι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφορετικών τύπων πηγών. Οι πηγές χωρίζονται αυστηρά σε 9 κατηγορίες: θαλάσσιες/παράκτιες, ποτάμια/ρεύματα, εκβολές, λίμνες, επιφάνειες απορροής, γεωτρήσεις, πηγάδια, απόβλητα, αστικά νερά.

Γενικά για τις υδατοκαλλιέργειες φρέσκου νερού προτιμούνται πηγές κάτω από το έδαφος (πηγάδια, γεωτρήσεις). Διατηρούν σταθερή τη θερμοκρασία, δεν περιέχουν βιολογικές ακαθαρσίες, όπως αυγά ψαριών, παράσιτα, έντομα θηρευτές νυμφών κι είναι, συνήθως, λιγότερο ρυπασμένα από τα νερά επιφανειακών πηγών. Η ρύπανση των υπόγειων υδάτων είναι κοινή σε βιομηχανικές περιοχές.

Για υδατοκαλλιέργειες αλμυρών κι υφάλμυρων νερών προτιμούνται πηγές μακριά από εστίες ρύπανσης, όπως βιομηχανίες, εκβολές ποταμών ή γεωργικές περιοχές. Αυτό το νερό είναι λιγότερο ευαίσθητο σε διακυμάνσεις της αλατότητας κι άλλων χημικών παραμέτρων κι είναι λιγότερο πιθανό να ρυπανθούν από παράκτιες εκβολές.

1.3 ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ

Μόλις η πιθανή πηγή νερού προσδιοριστεί, είναι επιτακτικό να εξασφαλιστεί η καταλληλότητα της για υδατοκαλλιέργεια. Η κακή ποιότητα του νερού μπορεί να προκαλέσει την αποτυχία του προγράμματος, με την παραγωγή του προϊόντος είτε σε ανεπαρκή ποσότητα, είτε σε μη εμπορεύσιμο μέγεθος και ποιότητα. Η κακή ποιότητα του νερού μπορεί να προκαλέσει στα ψάρια μειωμένη αύξηση, ασθένειες ή ακόμη και το θάνατο. Επιπλέον, μπορεί να μολύνει το προϊόν με επικίνδυνες ενώσεις για την ανθρώπινη υγεία.

1.4 ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

Η ποιότητα του νερού επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την υγεία των ψαριών. Τα κριτήρια ποιότητας του νερού είναι βασισμένα σε μελέτες σχετικές με την αύξηση, τη συμπεριφορά και την υγεία των ειδών σε διάφορα νερά. Ένα σύνολο παραμέτρων που έχουν επιπτώσεις στα ψάρια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά του νερού, ή αλλιώς οι φυσικοχημικές του ιδιότητες. Αυτές περιλαμβάνουν ιδιότητες όπως η θολερότητα, το pH και το διαλυμένο οξυγόνο. Για πολλές από αυτές τις ιδιότητες τα ψάρια έχουν ένα ορισμένο εύρος μέσα στο οποίο μπορούν να αναπτυχθούν στο βέλτιστο. Ως εκ τούτου, η επιλογή της πηγής του νερού, όσον αφορά στις φυσικοχημικές του ιδιότητες, είναι ένα σημαντικό πρώτο βήμα στην αξιολόγηση της καταλληλότητας της πηγής για την υγεία των ψαριών.

Η υγεία των ψαριών μπορεί επίσης να επηρεαστεί από ρύπους ανθρωπογενούς προέλευσης (αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας), όπως οι υδρογονάνθρακες πετρελαίου, τα βαρέα μέταλλα και τα φυτοφάρμακα. Είναι πιθανό αυτοί οι ρύποι να προέλθουν και από φυσικές αιτίες. Οι ανθρωπογενείς ρύποι μπορεί να προκαλέσουν επιβλαβείς αλλαγές στην συμπεριφορά και στην αναπαραγωγή των ψαριών ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Για να εξασφαλιστεί η καλή υγεία των ψαριών, η πηγή πρέπει να εξεταστεί χρησιμοποιώντας τα κριτήρια ποιότητας του νερού για αυτές τις χημικές ουσίες.

Πίνακας 1.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των κοινών πηγών νερού

Source	Advantages	Disadvantages
Marine/coastal	Constant temperature	May contain contaminants
	High alkalinity	May require pumping
Estuarine	May be readily available	May contain contaminants
	Inexpensive	May be subject to large fluctuations in temperature
River/stream	May be readily available	Typically requires pumping
	Inexpensive	Often have high silt loads
	Pumping costs lower than wells	Can contain biological nuisances such as parasites and larvae of predatory insects

		May contain contaminants
		May contain excessive nutrient concentrations
		Have seasonal and possibly diurnal fluctuation in flow, temperature, and chemistry
Lake	May be readily available	Similar to river/stream, but chemistry is more stable due to the buffering effect of the large water volume
	Inexpensive	
	Pumping costs lower than wells	Bottom water may be anoxic in summer and contain reduced iron
Surface runoff	Inexpensive	May contain contaminants
		Unreliable
		Requires 5-7 acres of watershed per surface acre of aquaculture water
Spring	Constant temperature	Typically lacking oxygen and thus needs aeration
	May not require pumps	Yield and reliability may be questionable
	Usually less polluted (see note)	May contain dissolved gases
	Free of biological nuisances such as parasites and larvae of predatory insects	May contain high iron concentrations or reduced iron
	Inexpensive	May contain high hardness
Well	Constant temperature	Typically lacking oxygen and thus needs aeration
	Usually less polluted (see note)	Unless artesian, requires pumps which can be costly
		May contain dissolved gases
		May contain high iron concentrations or reduced iron

		Possible aquifer depletion
Municipal	High quality	Expensive
		Typically have disinfecting chemicals which are poisonous to fish and expensive to remove
Wastewater	Inexpensive	May contain contaminants
		Medium to high pathogen concentrations

ΠΗΓΗ Swann 1993 and Lawson 1995 (in Ronald et al, 1999)

1.5 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΚΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Η ποιότητα των προϊόντων των υδατοκαλλιεργειών και η καταλληλότητά τους για ανθρώπινη κατανάλωση μπορεί να επηρεάζεται από την ποιότητα του νερού. Ακόμα κι αν τα καλλιεργούμενα είδη είναι ικανά να αναπτυχθούν και να αυξηθούν στο νερό της πηγής, χαμηλά επίπεδα ρύπων μπορεί να προκαλέσουν αλλοίωση στο προϊόν (π.χ. ψάρι), μόλυνση ή χαλασμένη γεύση. Η χαλασμένη γεύση ή η μόλυνση εμφανίζεται στο ψάρι όταν ορισμένοι ρύποι, όπως οι υδρογονάνθρακες πετρελαίου ή μέταλλα, συσσωρεύονται σε επίπεδα που επηρεάζουν τη γεύση, καθιστώντας το προϊόν ανεπιθύμητο για κατανάλωση.

Η διαδικασία κατά την οποία οι ρύποι συγκεντρώνονται στους υδρόβιους οργανισμούς καλείται βιοσυσσώρευση. Πολλοί ρύποι, ειδικά εκείνοι που είναι λιποδιαλυτοί, συλλέγονται στους ιστούς των υδρόβιων οργανισμών. Αυτή η διαδικασία οδηγεί σε υψηλότερες συγκεντρώσεις των ρύπων στους υδρόβιους οργανισμούς απ' ότι στο νερό που τους περιβάλλει.

Η συσσώρευση μολυσματικών παραγόντων στα ψάρια αποτελεί μεγάλο πρόβλημα για τον κλάδο των υδατοκαλλιεργειών. Οι καταναλωτές είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στην ποιότητα των προϊόντων και σε πιθανούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία. Οι αναφορές των M.M.E. στην μόλυνση των θαλασσινών μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην αντίληψη των καταναλωτών, στο μάρκετινγκ και στην παραγωγή όλων των ειδών των αλιευτικών προϊόντων. Επιπλέον, η απόρριψη προϊόντων υδατοκαλλιέργειας που αποτυγχάνουν να εναρμονιστούν με τα διεθνή πρότυπα ποιότητας, μπορεί να έχει σοβαρές μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στις χώρες που εξάγουν το προϊόν και στους παραγωγούς.

Τα ποιοτικά πρότυπα που καθιερώνονται από τις κυβερνήσεις είναι τα μέσα με τα

οποία οι άνθρωποι προστατεύονται από τα μολυσμένα θαλασσινά. Το διεθνές κι εσωτερικό εμπόριο έχουν ρυθμιστεί έτσι ώστε να αποτρέπουν τα μολυσμένα θαλασσινά να φτάνουν στην αγορά. Έτσι, αυτά τα πρότυπα είναι ένας σημαντικός στόχος για τα προϊόντα ενός επιτυχημένου προγράμματος υδατοκαλλιέργειας, από την προοπτική της οικονομικής και δημόσιας υγείας. Τέτοια πρότυπα ποιότητας νερού μπορούν να ενσωματωθούν σε μια αξιολόγηση της ποιότητας του νερού. Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει υποψία βιοσυσσώρευσης, οι δοκιμές μπορούν να γίνουν με την προετοιμασία μιας πειραματικής μελέτης στην οποία τα ψάρια θα μεγαλώνουν και στην συνέχεια θα ελέγχονται για συγκεντρώσεις μολυσματικών παραγόντων.

1.6 ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

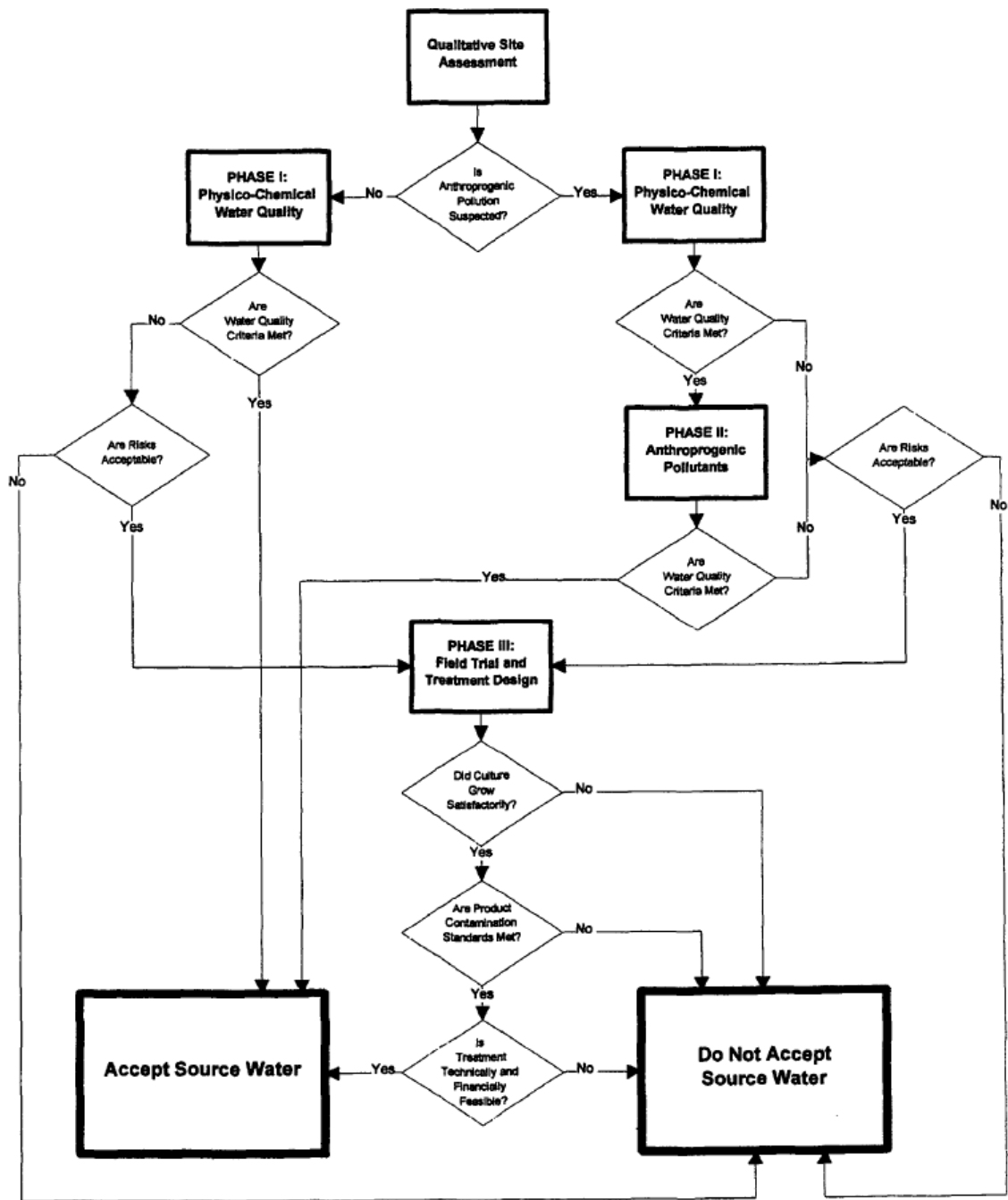
Για την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού προτείνεται μια διαδικασία εξέτασης σε τρεις φάσεις. Για την ανάλυση της ποιότητας του νερού συστήνεται να ακολουθούνται οι μέθοδοι εκείνες που καθορίζονται στις Τυποποιημένες Μεθόδους Εξέτασης του Νερού και του Απόβλητου Νερού (ΑΡΗΑ 1995). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η κατάλληλη ποιότητα νερού για το εκκολαπτήριο, την προπάχυνση και την πάχυνση ποικίλλει, για ορισμένα είδη, έως ένα βαθμό.

Κατά τη φάση I, όπως διευκρινίζεται και στο σχήμα 1.1, τα κριτήρια ποιότητας νερού για τις βασικές φυσικοχημικές παραμέτρους, που είναι απαραίτητες για τη διατήρηση των καλλιεργούμενων ειδών, θα συγκριθούν με τις μετρήσεις που γίνονται στην πηγή του νερού. Αυτό παρέχει έναν απλό τρόπο εξέτασης της πηγής για τους ανθρωπογενείς ρύπους, χωρίς να χρησιμοποιούμε τις πιο ακριβές δοκιμές. Συνεπώς, εάν η ανθρωπογενής ρύπανση ή φυσικές τοξίνες (π.χ. αρσενικό, τοξικά φύκη) δεν υπάρχουν κι ικανοποιούνται και τα κριτήρια της φάσης I, τότε η πηγή μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτή. Εάν δεν ικανοποιούνται τα κριτήρια της φάσης I τότε ακολουθείται μια φάση III υπαίθριας δοκιμής. Σε περίπτωση που η δοκιμή της φάσης III δεν μπορεί να διεξαχθεί τότε η πηγή πρέπει να απορριφθεί, ή να γίνει δεκτή εφόσον μια διεργασία του νερού, τεχνικά αποτελεσματική και οικονομικά εφικτή, προσδιοριστεί και φέρει την πηγή μέσα στα αποδεκτά κριτήρια της φάσης I.

Η φάση II έχει σχεδιαστεί για να καλύπτει τα κριτήρια των ανθρωπογενών ρύπων και διεξάγεται αφού η πηγή έχει ελεγχθεί κι ικανοποιεί τα κριτήρια της φάσης I. Επιπροσθέτως, βιολογικοί μολυσματικοί παράγοντες όπως τα τοξικά μικροφύκη μπορούν να εξεταστούν. Επειδή δεν είναι ούτε επιθυμητό ούτε εφικτό να εξετάζουμε την πηγή για κάθε πιθανό ρύπο, θα εξετάζονται μόνο οι ρύποι που είναι χαρακτηριστικοί της σύγχρονης κι ιστορικής βιομηχανίας, και της δημοτικής και γεωργικής δραστηριότητας στη διαχωριστική γραμμή των υδάτων. Σε μερικές περιπτώσεις υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να εμφανιστούν στη φύση. Αυτό είναι σύνηθες σε περιοχές με μεγάλες καθιζήσεις κάποιου μεταλλεύματος. Εάν μεγάλες πηγές είναι ύποπτες στην περιοχή αυτή, πρέπει να διεξάγονται έλεγχοι για την

ανάλυση των τοξινών. Εάν το νερό της πηγής αποτυγχάνει να ικανοποιήσει τα κριτήρια της φάσης I, η δυνατότητα της προ-διαχείρισης του νερού πριν τη χρήση του θα μπορούσε να θεωρηθεί όπως στη φάση I. Απόφαση για το αν θα ακολουθήσει μια φάση III υπαίθριας δοκιμής ή θα απορριφθεί η πηγή μπορεί έπειτα να ληφθεί. Εφόσον ικανοποιούνται τα κριτήρια της φάσης I & II, δεν είναι υποχρεωτικό να ακολουθήσει η φάση III. Εντούτοις, είναι συνετό να ακολουθείται η φάση III για να ελαχιστοποιείται το ρίσκο για πιθανή αποτυχία της καλλιέργειας.

Η φάση III περιλαμβάνει μια πειραματική μελέτη ή μια δοκιμή στην οποία τα ψάρια μεγαλώνουν στην επιλεγμένη πηγή νερού, χρησιμοποιώντας παρόμοιες τεχνικές διαχείρισης όπως εκείνες του προτεινόμενου προγράμματος, κι έπειτα να γίνεται ανάλυση για βιοσυσσωρευμένους ρύπους και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Η πειραματική μελέτη θα μπορούσε να αντικατασταθεί από τη δειγματοληψία ιστών των ψαριών από υπάρχουσα καλλιέργεια, εάν είναι δυνατό γειτονική που χρησιμοποιεί την ίδια προγραμματισμένη τεχνολογία και την ίδια εν λόγω πηγή. Μετά από τη φάση III μπορεί να παρθεί η τελική απόφαση για τη χρήση του νερού της πηγής.



ΠΗΓΗ (in Ronald et al, 1999)

Εικόνα 1.1 Σχεδιάγραμμα αξιολόγησης της ποιότητας της πηγής νερού, τριών φάσεων

Βιοσυσσώρευση

Η βιοσυσσώρευση είναι μια διαδικασία κατά την οποία οι χημικοί ρύποι που εισάγονται στο σώμα ενός οργανισμού (από την προσρόφηση μέσω των βραγχίων

και του εντέρου ή από την άμεση έκθεση μέσω του δέρματος) δεν εκκρίνονται αλλά συσσωρεύονται στους ιστούς. Τα ποσοστά βιοσυσσώρευσης στα υδρόβια είδη ποικίλλουν πολύ ανάλογα με τη συμπεριφορά και τη φυσιολογία των ειδών. Παραδείγματος χάριν, οι κατώτατοι τροφοδότες είναι πιο ευαίσθητοι στους ρύπους που συνδέονται με τα ιζήματα. Οι διαφορές στο μηχανισμό ρύθμισης της συγκέντρωσης άλατος μεταξύ των ψαριών του φρέσκου και του αλμυρού νερού μπορεί να έχει επιπτώσεις στην έκθεση στους υδροδιαλυτούς μολυσματικούς παράγοντες. Διαφορετικά είδη μπορούν επίσης να συσσωρεύσουν διάφορους ρύπους σε διαφορετικούς ιστούς, όπως οι μυς, τα νεφρά, ή το συκώτι. Η τοξικότητα των μολυσματικών παραγόντων, η βιολογική διαθεσιμότητα, και τα ποσοστά βιοσυσσώρευσης επηρεάζονται επίσης από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το διαλυμένο οξυγόνο, η αλκαλικότητα, το pH, η δυνατότητα οξειδοαναγωγής, τα κολλοειδή, οι διαλυμένες οργανικές ουσίες και τα αιωρούμενα στερεά.

Τα είδη που είναι υψηλότερα στην τροφική αλυσίδα τείνουν να συσσωρεύουν υψηλότερες συγκεντρώσεις διαφόρων ρύπων επειδή τρέφονται με τους οργανισμούς που έχουν ήδη συγκεντρώσει ρύπους στους ιστούς τους. Υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία για το εάν οι χημικές ουσίες που συσσωρεύονται μέσα στους λιπαρούς ιστούς των υδρόβιων ειδών ψηλά στην τροφική αλυσίδα, είναι επιβλαβείς για τους οργανισμούς. Εντούτοις, έχει βρεθεί ότι πουλιά και θηλαστικά που τρέφονται με αυτούς τους υδρόβιους οργανισμούς υπόκεινται σε επιβλαβή αποτελέσματα. Επομένως, υπάρχει ιδιαίτερη ανησυχία για την υγεία (καρκίνος, βλάβες στο νευρικό σύστημα) από τη συσσώρευση τέτοιων ουσιών στους ιστούς των ψαριών που καταναλώνονται από τους ανθρώπους. Η Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος πραγματοποίησε μια εθνική μελέτη για τις συσσωρευμένες τοξίνες στα ψάρια στα ανοιχτά νερά που καταγράφει αυτή την ανησυχία (USEPA 1992). Μερικές φορές οι ρύποι μπορούν να καθαριστούν φυσικά από τον ιστό των υδρόβιων ζώων με την τοποθέτησή τους στο καθαρό νερό για μια δεδομένη χρονική περίοδο. Το ποσοστό καθαρισμού ή της απαλλαγής από ρύπους, εξαρτάται από τα είδη και τον εν λόγω μολυσματικό παράγοντα. Ο μόνος άλλος τρόπος να εξεταστεί το πρόβλημα της βιοσυσσώρευσης είναι να μειωθεί η έκθεση των ψαριών στο μολυσματικό παράγοντα μέσω της βελτιωμένης ποιότητας του νερού.

1.6.1 ΦΑΣΗ Ι ή ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Η θερμοκρασία, η θολερότητα, η αλατότητα, η αλκαλικότητα, η σκληρότητα, το διαλυμένο οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, η συνολική πίεση αερίου, οι ενώσεις αζώτου, ο σίδηρος, το σουλφίδιο υδρογόνου, το μεθάνιο, και οι νερο-εδαφολογικές αλληλεπιδράσεις είναι οι βασικές φυσικοχημικές ιδιότητες που εξετάζονται στη φάση Ι. Επειδή αυτές οι φυσικοχημικές ιδιότητες των φυσικών νερών έχουν επιπτώσεις στην αύξηση και την υγεία των ψαριών και των οστρακόδερωτων, αυτές

οι παράμετροι πρέπει να εξεταστούν για όλες τις πιθανές πηγές νερού των υδατοκαλλιέργειών.

Θερμοκρασία

Αποτελέσματα Η θερμοκρασία ύδατος έχει επιπτώσεις σε ένα πλήθος σημαντικών διαδικασιών στις υδατοκαλλιέργειες. Φυσιολογικές διαδικασίες στα ψάρια όπως τα ποσοστά αναπνοής, σίτιση, μεταβολισμός, αύξηση, συμπεριφορά, αναπαραγωγή και τα ποσοστά αποτοξίνωσης και βιοσυσσώρευσης επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Η θερμοκρασία μπορεί επίσης να επηρεάσει διαδικασίες σημαντικές για το επίπεδο του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, όπως η διαλυτότητα του οξυγόνου, και το ποσοστό οξείδωσης της οργανικής ύλης. Επιπλέον, η διαλυτότητα των λιπασμάτων μπορεί να επηρεαστεί από τη θερμοκρασία.

Οδηγίες Κάθε είδος έχει μια βέλτιστη θερμοκρασία στην οποία το ποσοστό αύξησης και η αντοχή είναι καλύτερα. Η αύξηση θα συμβεί ακόμα και κοντά στα ανώτερα και χαμηλότερα όρια θνησιμότητας της θερμοκρασίας, εν τούτοις μη-ιδανικές θερμοκρασίες προκαλούν στρες που έχει επιπτώσεις στη συμπεριφορά, τη σίτιση, το μεταβολισμό, την αύξηση, και στην προσβολή ασθενειών. Είναι επομένως προτιμητέο εκείνο το νερό που παραμένει κοντά στη βέλτιστη θερμοκρασία, και δεν παρεκκλίνει ποτέ πέρα από τα όρια θνησιμότητας. Απαριθμούνται στον πίνακα 1.2 οι γενικές οδηγίες και στον πίνακα 1.3 συγκεκριμένες οδηγίες ειδών για τη θερμοκρασία του νερού της πηγής. Οι οδηγίες βασίζονται σε συνθήκες στις οποίες εμφανίζονται τα βέλτιστα ποσοστά αύξησης.

Επεξεργασία Εφόσον δεν είναι πρακτικός ο έλεγχος της θερμοκρασίας των λιμνών σε μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις υδατοκαλλιέργειών, πρέπει να επιλεγθούν περιοχές που να παρέχουν στα ψάρια την κατάλληλη θερμοκρασία που θα συμβάλλει στην αύξηση τους σε εμπορεύσιμο μέγεθος σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Πίνακας 1.2 Οδηγίες γενικών θερμοκρασιών

Species	Temperature
Tropical	29-30°C / optimal growth
	< 26-28°C / low growth rates
	< 10-15°C / lethal limit
Warm-water	20-28°C / optimal growth
	< 0°C / lethal limit

Cool-water	15-20 ° C / optimal growth
Cold-water	<15° C/ optimal growth
	>25°C/lethal limit

ΠΗΓΗ Boyd 1990 and Lawson 1995 (in Ronald et al, 1999)

Πίνακας 1.3 Ιδανικές θερμοκρασίες για επιλεγμένα είδη

Species	Temperature (° C)
Brook trout	7-13
Brown trout	12-14
Brown trout	9-16
Rainbow trout	10-16
Atlantic salmon	15
Chinook salmon	10-14
Coho salmon	9-14
Sockeye salmon	15
Sole	15
Turbot	19
Plaice	15
European eel	22-16
Japanese eel	24-28
Common carp	25-30
Mullet	28
<i>Tilapia</i>	28-30
Channel caffish	21-29
Channel caffish hatcheries	78-72 ° F
Red swamp crawfish	18-22
Freshwater prawn	30
Brown shrimp	22-30

ΠΗΓΗ Lawson 1995 (in Ronald et al, 1999)

Θολερότητα

Η θολερότητα είναι ένα μέτρο της διείσδυσης του φωτός στο νερό. Οι συνθήκες θολερότητας προκύπτουν από τα διαλυμένα και αιωρούμενα στερεά όπως ο άργιλος και οι χουμικές ενώσεις ή οι μικροοργανισμοί όπως το φυτοπλαγκτόν. Στο νερό της πηγής, αποτέλεσμα διάβρωσης απορροών είναι ο σχηματισμός θολερότητας. Λόγω της σημαντικής συμβολής της διάβρωσης στη θολερότητα, προσοχή πρέπει να δίνεται κατά τη λήψη του νερού από τις περιοχές όπου παρούσες και μέλλουσες πρακτικές χρήσης της γης ενθαρρύνουν τη διάβρωση. Οι περιοχές γενικών κατασκευών, καθώς και οι πλαγίες εμφανίζουν σχετικά τα υψηλότερα ποσοστά διάβρωσης, ενώ δάση και λιβάδια έχουν τα χαμηλότερα ποσοστά διάβρωσης (Boyd 1996, in Ronald et al, 1999). Θολερότητα μπορεί επίσης να προκληθεί κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της υδατοκαλλιέργειας.

Αποτελέσματα Τα θολά νερά μπορούν να προστατεύσουν τους οργανισμούς καθώς επίσης και να προκαλέσουν ζημιά στα βράγχια και στρες στα ψάρια. Τα επίπεδα θολερότητας έχουν επιπτώσεις στο διαθέσιμο φως για τη φωτοσύνθεση από το φυτοπλαγκτόν και στην αύξηση ανεπιθύμητων οργανισμών. Στις λίμνες με οργανισμούς που εξαρτώνται από το φυτοπλαγκτόν για την τροφή, η θολερότητα πρέπει να είναι σε αρκετά χαμηλά επίπεδα για να επιτρέψει τη διείσδυση του φωτός για τη φωτοσύνθεση. Εντούτοις, η θολερότητα πρέπει επίσης να είναι αρκετά υψηλή για να αποφευχθεί η αύξηση των ανεπιθύμητων ριζοβολημένων φυτών. Η θολερότητα που είναι απαραίτητη για την πρόληψη της αύξησης αυτών των φυτών μπορεί να παρασχεθεί από το φυτοπλαγκτόν. Επειδή πολλά αιωρούμενα στερεά θα εγκατασταθούν έξω από τις λίμνες ή τα κανάλια, μια άλλη σημαντική ανησυχία εκτός από τη θολερότητα είναι το ίδιο το ποσοστό των αιωρούμενων μορίων που μπορούν ενδεχομένως να εγκατασταθούν. Ιζήματα από ιδιαίτερα θολό νερό μπορεί να γεμίσει τις λίμνες και τα κανάλια μέσα σε μερικούς μήνες. Μπορούν να περιέχουν μεγάλο ποσό οργανικής ύλης που ασκεί υψηλή απαίτηση για οξυγόνο με συνέπεια τη μείωσή του. Η ιζηματογένεση μπορεί επίσης να πνίξει τα αυγά κάποιων ειδών στις λίμνες που χρησιμοποιούνται για φυσική αναπαραγωγή. Η ιζηματογένεση μολυσμένων αιωρούμενων μορίων προκαλεί ανησυχία σε περιοχές επηρεασθείσες από ρύπους, όπως βαρέα μέταλλα και φυτοφάρμακα.

Οδηγίες Τα ανώτερα επιτρεπτά επίπεδα θολερότητας έχουν αποδειχθεί να είναι 500-1.000 χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο (mg/Lt) για τα ψάρια κρύου νερού (Alabaster και Lloyd 1982, in Ronald et al, 1999). Το γατόψαρο καναλιών έχει εξεταστεί και αποδειχθεί πιο ανεκτικό με τα μικρά και ενήλικα ψάρια να επιβιώνουν σε μακροπρόθεσμες εκθέσεις των 100.000 mg/Lt, με αλλαγές στη συμπεριφορά να εμφανίζονται άνω των 20.000 mg/L (Tucker και Robinson 1990). Οι συνιστώμενες συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών για την καλλιέργεια σαλμονιδών από τις διαφορετικές πηγές είναι λιγότερο από 30 mg/Lt λιγότερο από 80 mg/Lt, και λιγότερο από 25 mg/Lt.

Επεξεργασία Τα κολλοειδή ή τα πολύ μικρά αιωρούμενα μόρια μπορούν να

πηχτούν και να κατακρημνιστούν με την προσθήκη ηλεκτολυτών όπως το θειϊκό άλας αργίλου (στυπτηρία). Ενώ η στυπτηρία είναι πολύ αποτελεσματική, μπορεί να προκαλέσει άλλα προβλήματα ποιότητας νερού με τη μείωση της αλκαλικότητας και του pH. Ασβέστης μπορεί να προστεθεί για να εξουδετερώσει τις αντιδράσεις αυτές. Η θολερότητα που προκαλείται από τον αιωρούμενο άργιλο μπορεί να κατακρημνιστεί από την προσθήκη οργανικών ουσιών διάφορα λιπάσματα, για βαμβακόσπορο και υπερ-φώσφορο. Εν τούτοις, είναι συχνά δύσκολο να ληφθεί η οργανική ύλη και απαιτείται μεγάλη ποσότητα οξυγόνου κατά την αποσύνθεση.

Η αποφυγή ή η εξέταση της πηγής θολερότητας είναι μια καλύτερη στρατηγική από τις χημικές επεξεργασίες που απαιτούν συχνή εφαρμογή και μπορούν να οδηγήσουν σε άλλα προβλήματα ποιότητας νερού. Οι τρέχουσες μέθοδοι ελέγχου ιζημάτων περιλαμβάνουν τη χρησιμοποίηση των λιμνών ή των καναλιών ιζημάτων για να αφαιρέσουν τον όγκο του ιζήματος προτού να εισαχθεί στο νερό στην περιοχή της καλλιέργειας στραγγίζοντας τις λίμνες και αφαιρώντας τα ιζήματα περιοδικά στο τέλος της αυξανόμενης εποχής. Τα ιζήματα που αφαιρούνται από τις εγκαταστάσεις υδατοκαλλιέργειας μπορούν να θεωρηθούν περιβαλλοντικός κίνδυνος και, ως εκ τούτου, να είναι δύσκολο ή και δαπανηρό να διατεθούν.

Πίνακας 1.4 Επίπεδα ανθεκτικότητας στην θολερότητα

Effects	Suspended solids concentration
No harmful effects on fisheries	25 mg /lt
Acceptable range	25-80 mg/lt
Detrimental to fisheries	80 mg/lt

ΠΗΓΗ Boyd 1990 (in Ronald et al, 1999)

Αλατότητα

Η αλατότητα είναι ένα μέτρο της συνολικής συγκέντρωσης από τα διαλυμένα ιόντα στο νερό και μετρείται σε μέρη ανά χίλια (%). Η αλατότητα ποικίλλει ανάλογα με το που βρίσκεται η πηγή του νερού, από το φάσμα του νερό της θάλασσας ως του γλυκού νερού. Χαρακτηριστικές τιμές αλατότητας είναι λιγότερο από 0.5‰ για το γλυκό νερό, 0.5- 30‰ για το υφάλμυρο νερό και 30 - 40‰ για το θαλασσινό νερό.

Στο γλυκό νερό, η αλατότητα και τα στοιχεία που συμβάλλουν σημαντικά στην αλατότητα μπορεί να ποικίλουν ανάλογα με τις βροχοπτώσεις και τη γεωλογία της περιοχής. Το γλυκό νερό συνήθως περιέχει σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις ανθρακικού άλατος, σαλικικού οξέος, ασβεστίου, μαγνησίου και νατρίου (Stumm και Morgan 1981, in Ronald et al, 1999).

Η αλατότητα του νερού της θάλασσας ποικίλλει ανάλογα με την εγγύτητα στην ακτή, τις βροχοπτώσεις, τους ποταμούς, και άλλες υδάτινες απολύξεις. Τα στοιχεία που συμβάλλουν στην αλατότητα του νερού της θάλασσας εντούτοις δεν ποικίλλουν. Ιόντα χλωρίου και νατρίου συμβάλλουν σημαντικά με το θειικό άλας, το μαγνήσιο, το ασβέστιο, το κάλιο, και τα ιόντα διττανθρακικών αλάτων που συμβάλλουν σε έναν μικρότερο βαθμό. Οι βέλτιστες αλατότητες για επιλεγμένα είδη και γενικές οδηγίες παρουσιάζονται στον πίνακα 1.5

Πίνακας 1.5 Ιδανική αλατότητα για επιλεγμένα είδη και γενικές οδηγίες

Species	Salinity(‰)	Comments	References
Salmon	>24	Optimum	Black 1991
Trout	<20	Survival and growth decrease above 20 ‰	McKay and Gjerde 198
Grass carp	<10-14	Upper salinity tolerance	Maceina and Shineman 1979
<i>Tilapia aurea</i> <i>Tilapia n.</i>	0-10	Optimum salinity	Stickney 1986
Red hybrid <i>tilapia</i>	<17		Lawson 1995
Channel catfish	11-14	Optimum salinity	Perry and Avault 1970
	>6-8	Growth is poor	
	0.5-3	Optimal salinity	
	<0.5	Can still grow well	Boyd 1990
	<3	Optimal for egg and fry	
	0.1-8.0	Optimal for hatcheries	
Freshwater prawn	12	Eggs and larval stag	Tansakul 1983
<i>M. rosenbergii</i>	<0.5	Postlarval stages	
Brackish water prawn	15-25	Optimum	
	10-35	Acceptable range	

<i>P. vannamei</i>	15-25	Optimum	Clifford 1994
General Guidelines			
Most freshwater fish	<0.5	Optimum	
	<2	Can survive at <7 but growth poor	Lawson 1995
Marine fish	33-34	Optimum	
	30-40	Acceptable range	

ΠΗΓΗ Ronald et al, 1999

Αποτελέσματα Η αλατότητα είναι παρά πολύ σημαντική για τα ψάρια που πρέπει να διατηρήσουν τη συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων στους οργανισμούς τους σ' ένα αρκετά σταθερό επίπεδο. Μέσω της διαδικασίας της οσμωρύθμισης το ψάρι χρησιμοποιεί την ενέργεια προκειμένου να διατηρήσει αυτό το επίπεδο. Κάθε οργανισμός έχει ένα εύρος αλατότητας, στην οποία μπορεί να αυξηθεί στο βέλτιστο, και όταν είναι έξω από αυτό το εύρος πρέπει να χρησιμοποιεί υπερβολική ενέργεια προκειμένου να διατηρηθεί η επιθυμητή συγκέντρωση άλατος. Εάν η αλατότητα παρεκκλίνει πάρα πολύ μακριά από το βέλτιστο εύρος, αυτό γίνεται δαπάνη άλλων φυσιολογικών λειτουργιών.

Επεξεργασία Η αλατότητα μπορεί να αυξηθεί με την προσθήκη γύψου ή χλωριούχου νάτριου, αν και το κόστος μπορεί να είναι απαγορευτικό. Λόγω της υψηλής διαλυτότητάς της, οι μεγάλες αυξήσεις στην αλατότητα μπορούν να επιτευχθούν χρησιμοποιώντας το χλωριούχο νάτριο. Το γενικό άλας βράχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτόν το λόγο. Ο γύψος είναι μόνο διαλυτός μέχρι για 2% και επομένως είναι πιο κατάλληλος για την επιρροή των μικρότερων αλλαγών στην αλατότητα (Boyd 1979, in Ronald et al, 1999). Πρέπει να σημειωθεί ότι επειδή οι αυξήσεις στην αλατότητα αναγκάζουν τα μόρια να εγκαθίσταντε, η επίδραση των αυξανόμενων ποσοστών της ιζηματογένεσης πρέπει να θεωρηθούν σε οποιαδήποτε επεξεργασία για να αυξήσουν την αλατότητα. Η μείωση της αλατότητας θα απαιτούσε προηγμένες διαδικασίες επεξεργασίας όπως η αντίστροφη ωσμωρύθμιση και η ηλεκτροδιάλυση, οι οποίες είναι πολύ ακριβές για να εφαρμοστούν.

Αλκαλικότητα

Η αλκαλικότητα είναι ένα μέτρο της ικανότητας του νερού για όξινη εξουδετέρωση. Για τις υδατοκαλλιέργειες, είναι ένα κατάλληλο μέτρο του βαθμού στον οποίο το

νερό μπορεί να εξουδετερώσει όξινα απόβλητα και άλλες όξινες ενώσεις, και αποτρέπουν στη συνέχεια τις ακραίες μετατοπίσεις του pH, οι οποίες μπορεί να εμποδίσουν τις βιολογικές διαδικασίες των ειδών της καλλιέργειας. Οποιοσδήποτε χημικές ενώσεις μπορεί να εξουδετερώσει ένα οξύ, συμβάλουν στην αλκαλικότητα. Στα φυσικά νερά, οι χημικές ουσίες που είναι υπεύθυνες για την αλκαλικότητα είναι ενώσεις ανθρακικού άλατος ($\text{CO}_3, \text{HCO}_3$), υδροξείδια, αμμώνιο, βορικά άλατα, πυριτικά άλατα και φωσφορικά άλατα που επίσης καθορίζουν την συνολική αλκαλικότητα. Η ολική αλκαλικότητα ή το συνολικό ποσό των όξινων βάσεων, εκφράζεται σε mg/lit του ισοδύναμου ανθρακικού άλατος του ασβεστίου (CaCO_3). Η αλκαλικότητα στα φυσικά συστήματα του γλυκού νερού ποικίλει από 5 έως 500 mg/lit. Το θαλασσινό νερό έχει μια μέση συνολική αλκαλικότητα 116 mg/lit (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα Δεν υπάρχουν άμεσες επιδράσεις της αλκαλικότητας στα ψάρια και τα οστρακόδερμα, εντούτοις είναι μια σημαντική παράμετρος λόγω των έμμεσων επιδράσεων της. Επιπλέον, η αλκαλικότητα προστατεύει τον οργανισμό από τις σημαντικές αλλαγές στο pH. Ο μεταβολισμός και η αναπνοή των ψαριών και των μικροοργανισμών, ιδιαίτερα του φυτοπλαγκτού και των βακτηρίων, μπορούν να παραγάγουν απόβλητα και υποπροϊόντα που μπορούν να αλλάξουν το pH. Επιπλέον μερικές βιολογικές διαδικασίες μπορούν να αλλάξουν την αλκαλικότητα με την παραγωγή ή την κατανάλωση των οξέων ή βάσεων. Η αλακλικότητα μπορεί να έχει μια άλλη έμμεση επίδραση στην υδατοκαλλιέργεια μέσω της επίδρασής της στη φωτοσύνθεση. Εάν η αλκαλικότητα είναι πάρα πολύ χαμηλή (λιγότερο από 20mg/lit) το νερό μπορεί να μην περιέχει το ικανοποιητικό διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) ή τα διαλυμένα ανθρακικά άλατα για να γίνει η φωτοσύνθεση, περιορίζοντας κατά συνέπεια την αύξηση του φυτοπλαγκτού (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Στον πίνακα 1.6 απαριθμούνται οι συνιστώμενες γενικές οδηγίες για την αλκαλικότητα της πηγής του νερού που χρησιμοποιείται στις υδατοκαλλιέργειες.

Πίνακας 1.6 Επίπεδα ανθεκτικότητας στην αλκαλικότητα

Total alkalinity(mg/lit)	Effects	References
15-20	Phytoplankton production low	Boyd 1974
< 30	Poorly buffered against rapid pH changes	Meade 1989, Tucker and Robinson 1990
20-400	Sufficient for most aquaculture purposes	Meade 1989, Tucker and Robinson 1990
2100 or 150	Desirable	Meade 1989, Tucker and Robinson 1990

ΠΗΓΗ Lawson 199 (in Ronald et al, 1999)

Οξύτητα (pH)

Το pH του νερού είναι η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου (H^+). Εκφράζεται ως αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου ($-\log H^+$). Τα φυσικά νερά κυμαίνονται μεταξύ του pH 5 και του pH 10 ενώ το νερό της θάλασσας διατηρείται κοντά στο pH 8.3. Τα προβλήματα pH που συνδέονται με την υδατοκαλλιέργεια δεν οφείλονται συνήθως στο νερό της πηγής αλλά στις διαδικασίες που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της υδατοκαλλιέργειας. Εντούτοις, νερό με κατάλληλο pH είναι επιτακτικό, και το pH οποιοδήποτε πιθανού νερού πηγής πρέπει να εξετάζεται.

Αποτελέσματα Το pH του νερού που χρησιμοποιείται στις υδατοκαλλιέργειες μπορεί να έχει επιπτώσεις στην υγεία των ψαριών άμεσα. Για τα περισσότερα είδη, ένα pH μεταξύ 6.5 και 9 είναι ιδανικό. Κάτω από το pH 6.5 τα είδη δοκιμάζουν την αργή αύξηση (Lloyd 1992, in Ronald et al, 1999). Σε χαμηλότερο pH, η δυνατότητα των ειδών να διατηρήσουν την ισορροπία τους επηρεάζεται (Lloyd 1992, 87) και η αναπαραγωγή παύει. Σε pH περίπου 4 ή και pH 11 ή ανωτέρω, τα περισσότερα είδη πεθαίνουν (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999). Το pH μπορεί επίσης έμμεσα να έχει επιπτώσεις στα ψάρια και στα οστρακόδερμα μέσω των επιδράσεων του με άλλες χημικές παραμέτρους. Παραδείγματος χάριν, το χαμηλό pH μειώνει το ποσό του διαλυμένου ανόργανου φωσφόρου και το διοξείδιο του άνθρακα που είναι διαθέσιμο για τη φωτοσύνθεση του φυτοπλαγκτού. Επίσης σε χαμηλό pH, μέταλλα τοξικά για τα ψάρια και τα οστρακόδερμα μπορούν να διυλιστούν από το χώμα. Σε υψηλά επίπεδα pH, η τοξική μορφή της αμμωνίας γίνεται επικρατούσα. Επιπλέον, το φωσφορικό άλας, που προστίθεται συνήθως ως λίπασμα, μπορεί γρήγορα να κατακρημνίσει το υψηλό pH (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Οι επιδράσεις του pH στα ψάρια λιμνών με ζεστά νερά συνοψίζονται στον πίνακα 1.7 μαζί με τα συνιστώμενα επίπεδα για την καλλιέργεια σολομών.

Πίνακας 1.7 Επίπεδα ανθεκτικότητας στο pH κι επιδράσεις

pH levels	Effects
<i>Warm water pond fish</i>	
<4.0	Acid death point
4.0-5.0	No reproduction
4.0-6.5	Slow growth
6.5-9	Desirable range for fish production
9.0-11.0	Slow growth
>11.0	Alkaline death point
<i>Salmonid culture</i>	

6.4-8.4	Recommended range for fish production
6.7-8.6	Recommended range for fish production
6.7-7.5	Recommended range for fish production

ΠΗΓΗ Lawson 1995, Tarazona and Munoz 1995, (in Ronald et al, 1999)

Επεξεργασία Τα νερά με χαμηλό pH αντιμετωπίζονται συχνά με την χρησιμοποίηση του ασβέστη (Boyd 1981, in Ronald et al, 1999). Η στυπτηρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μεταχειριστεί τα νερά με υψηλό pH. Σε περιπτώσεις όπου το πρόβλημα του υψηλού pH οφείλεται στην υπερβολική φωτοσύνθεση φυτοπλαγκτού, σε νερά με υψηλή αλκαλικότητα και χαμηλή σκληρότητα ασβεστίου, γύψος μπορεί να προστεθεί ως πηγή ασβεστίου. Μια άλλη επιλογή είναι να σκοτώσουν το φυτοπλαγκτόν, αλλά οι συνθήκες χαμηλού διαλυμένου οξυγόνου, τα υπόλοιπα δυσμενή αποτελέσματα του θανάτου αυτού, και οι υψηλές δαπάνες μπορεί να επιφέρουν δυσμενή αποτελέσματα (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999).

Σκληρότητα

Η συνολική σκληρότητα είναι ένα μέτρο της συγκέντρωσης όλων των κατιόντων μετάλλων με εξαίρεση τα αλκαλικά μέταλλα. Το ασβέστιο και το μαγνήσιο είναι τα πιο κοινά κατιόντα που συμβάλλουν στη σκληρότητα στα γλυκά υδάτινα συστήματα. Σε μια πολύ μικρότερη έκταση, η σκληρότητα περιλαμβάνει επίσης άλλα ιόντα όπως ο σίδηρος (Fe^{2+}) και το βάριο (Ba^{2+}). Το νερό είναι ταξινομημένο όσον αφορά τη σκληρότητα και τη μαλακότητά του όπως φαίνεται στον πίνακα 1.8. Αυτές οι κατηγορίες αναπτύχθηκαν αρχικά για την επεξεργασία αστικών νερών και δεν έχουν έτσι καμία βιολογική σχετικότητα. Πρέπει να σημειωθεί ότι, ανησυχία για τη σκληρότητα στην κατεργασία ύδατος, προκαλούν όλα τα σχετικά ιόντα, ενώ στην υδατοκαλλιέργεια η ανησυχία είναι συνήθως σχετική με τη συγκέντρωση του ασβεστίου.

Πίνακας 1.8 Επίπεδα ανθεκτικότητας στην σκληρότητα

Water classification	Concentration ($CaCO_3$ per lt)
Soft	0-75 mg
Moderate	75-150mg
Hard	150-300 mg
Very hard	> 300 mg

ΠΗΓΗ Sawyer and McCarty 1978 (in Ronald et al, 1999)

Αποτελέσματα Το ασβέστιο είναι το σημαντικότερο συστατικό της σκληρότητας στην υδατοκαλλιέργεια. Είναι απαραίτητο για το σχηματισμό οστών και του εξωσκελετού αλλά και για την ωσμωρύθμιση. Τα καρκινοειδή απορροφούν το ασβέστιο από το νερό όταν εκφυλίζονται και εάν το νερό είναι πάρα πολύ μαλακό ο εξωσκελετός τους αρχίζει να μαλακώνει και μπορούν να διακόψουν τον εκφυλισμό. Επιπλέον, οι παραμορφώσεις οστών και τα μειωμένα ποσοστά αύξησης μπορούν να προκληθούν εάν το νερό είναι πάρα πολύ μαλακό. Η σκληρότητα έχει επιπτώσεις επίσης στα είδη υδατοκαλλιέργειας και στις διαδικασίες μέσω των χημικών αλληλεπιδράσεων του με άλλα είδη στο νερό. Το ασβέστιο μειώνει την τοξικότητα των μετάλλων, της αμμωνία, και των ιόντων υδρογόνου. Επιπλέον, λόγω της υψηλής ιονικής συγκέντρωσης στα σκληρά νερά, τα αιωρούμενα εδαφολογικά μόρια εγκαθίσταντε γρηγορότερα στα σκληρά νερά από ότι στα μαλακά. Για τα νερά όπου η αλκαλικότητα είναι υψηλή και το ασβέστιο είναι χαμηλό, η φωτοσύνθεση μπορεί να αυξήσει το pH σε επίπεδα που είναι τοξικά για τα ψάρια (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Γενικά, τα πιο παραγωγικά νερά για την καλλιέργεια ψαριών έχουν κατά προσέγγιση ίσα μεγέθη συνολικής σκληρότητας και συνολικής αλκαλικότητας. Απαριθμούνται στον πίνακα 1.9 οι γενικές και συγκεκριμένες οδηγίες για την υδατοκαλλιέργεια ειδών γλυκού νερού. Η σκληρότητα υπολογίζεται κατά μέσο όρο 6.600 mg/lit στο ωκεάνιο νερό και επομένως δεν είναι ένα πρόβλημα στο νερό της θάλασσας ή στα υφάλμυρα υδάτινα συστήματα (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999).

Πίνακας 1.9 Βέλτιστο εύρος για την ολική σκληρότητα

Species	Total hardness(mg/lt)	Comments	References
Hatchling silver carp	300-500	Optimum	Boyd 1990
Channel catfish hatchery	>20	Optimum	Boyd 1990
Trout hatchery	10-400	Suggested	Piper <i>et al.</i> 1982
Warm water hatchery	50-400	Suggested	Piper <i>et al.</i> 1982
Freshwater crustaceans	>50	Some species need more	Boyd 1990
Freshwater crayfish	>100	For optimum production	De la Bretonne <i>et al.</i>
General guideline	20-300	Hardness = alkalinity	Boyd and Walley 1975, Romaine 1985

Επεξεργασία Η ανεπαρκής σκληρότητα υπερνικείται εύκολα. Η σκληρότητα μπορεί να αυξηθεί με την προσθήκη γεωργικού γύψου ή με χλωριούχο ασβέστιο. Ο γύψος είναι προτιμητέος γιατί κοστίζει λιγότερο, είναι ευκολότερα διαθέσιμος και δεν έχει επιπτώσεις στην αλαλικότητα. Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν τη μεταβλητή καθαρότητα του γύψου (70-80%) και το αργό ποσοστό αντίδρασής του σχετικά με το χλωριούχο ασβέστιο.

Διαλυμένο Οξυγόνο

Το διαλυμένο οξυγόνο είναι μια πολύ βασική παράμετρος για τις υδατοκαλλιέργειες. Είναι συνήθως ο πρώτος περιοριστικός παράγοντας που εμφανίζεται στις λίμνες. Είναι μια σύνθετη παράμετρος επειδή η συγκέντρωσή της εξαρτάται από πολλές διαδικασίες. Σε ένα σύστημα υδατοκαλλιέργειας οι πηγές διαλυμένου οξυγόνου είναι η φωτοσύνθεση και ο επαναερισμός από την ατμόσφαιρα. Διαδικασίες οξυγονο-κατανάλωσης όπως η αναπνοή από την μικροβιακή ζωή και η υποβάθμιση της οργανικής ύλης από τους μικροοργανισμούς (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο ή BOD), επιρεάζουν τα επίπεδα του διαθέσιμου οξυγόνου. Αυτές οι διαδικασίες επηρεάζονται από άλλους παράγοντες. Η φωτοσύνθεση, η αναπνοή, η υποβάθμιση της οργανικής ύλης, και η διαλυτότητα του οξυγόνου όλες επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Ο τύπος ψαριών, το στάδιο ζωής, οι πρακτικές σίτισης, το επίπεδο δραστηριότητας και η διαλυμένη συγκέντρωση οξυγόνου καθορίζουν επίσης το ποσοστό αναπνοής. Εκτός από τη θερμοκρασία, η διαλυτότητα οξυγόνου επηρεάζεται επίσης από την αλατότητα, τη βαρομετρική πίεση και την ρύπανση. Η πιο κοινή αιτία χαμηλού διαλυμένου οξυγόνου στην λειτουργία μιας υδατοκαλλιέργειας είναι η υψηλή συγκέντρωση της βιοδιασπόμενης οργανικής ύλης (και έτσι λοιπόν του BOD) στο νερό. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στις υψηλές θερμοκρασίες. Ως εκ τούτου το BOD είναι μια πιο σημαντική παράμετρος του διαλυμένου οξυγόνου από το ίδιο το διαλυμένο οξυγόνο .

Αποτελέσματα Συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου κοντά στα επίπεδα κορεσμού είναι γενικά πιο ασφαλή για τα ψάρια. Ο Romaine (1985, in Ronald et al, 1999) θεωρεί ότι η αύξηση είναι μικρότερη εάν οι συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου παραμένουν κάτω από 75 τοις εκατό του κορεσμού για μεγάλες περιόδους, και οι Colt και Orwicz (1991, in Ronald et al, 1999) συστήνουν το διαλυμένο οξυγόνο να διατηρείται σε ένα ελάχιστο από 95 τοις εκατό του κορεσμού για τη βέλτιστη αύξηση. Οι ακόλουθες γενικεύσεις παρήχθησαν για τα ψάρια λιμνών με ζεστά νερά. Για συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου περίπου 1-5mg/l το διαλυμένο οξυγόνο είναι ακόμα αρκετά υψηλό για την επιβίωση εντούτοις, η μακροπρόθεσμη έκθεση οδηγεί σε αργή αύξηση. Δεδομένου ότι το διαλυμένο οξυγόνο είναι κάτω από 1 mg/l γίνεται θανατηφόρο μετά από μακροπρόθεσμη έκθεση, και σε χαμηλό διαλυμένο οξυγόνο, μόνο τα μικρά ψάρια μπορούν να επιζήσουν σε βραχυπρόθεσμη έκθεση (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999). Στις υψηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου, ο υπερκορεσμός του οξυγόνου μπορεί να συμβάλλει στην εμφάνιση της νόσου των φυσαλίδων. Αν και όταν συνδυάζεται με άλλα αέρια, το

οξυγόνο θα προκαλέσει τη νόσο των φυσαλίδων. Οι υψηλές συγκεντρώσεις του οξυγόνου δεν είναι ικανές από μόνες τους να οδηγήσουν στη νόσο των φυσαλίδων, αλλά σε συνδυασμό με υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου που εμφανίζονται σε περιόδους όπου η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται γρήγορα, τότε μπορούν να αυξήσουν τις επιδράσεις του φαινομένου (Tarazona και Munoz 1995, in Ronald et al, 1999). Υπερκορεσμός του οξυγόνου εμφανίζεται λόγω ψηλών φραγμάτων, συσκευών εμπλουτισμού σε διοξείδιο του άνθρακα, και γρήγορη φωτοσύνθεση όταν τα κορεσμένα υπόγεια νερά θερμαίνονται φυσικά σε περιβαλλοντικές θερμοκρασίες ή όταν το κορεσμένο νερό θερμαίνεται σε ιχθυογεννητικό σταθμό (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Είναι δύσκολο να θέσουμε οδηγίες για το διαλυμένο οξυγόνο διότι στις υδατοκαλλιέργειες επηρεάζεται από πολλές διαδικασίες ανεξάρτητες από το αρχικό διαλυμένο οξυγόνο της πηγής του νερού. Στο στάδιο της διαλογής, το αρχικό οξυγόνο και η βιολογική απαίτηση του οξυγόνου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αξιολογήσουν την δυνατότητα του νερού της πηγής να διατηρήσει τα κατάλληλα επίπεδα οξυγόνου. Άλλοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου μπορούν να αξιολογηθούν και να μετριάστουν μόνο κατά την λειτουργία της υδατοκαλλιέργειας. Απαριθμούνται στον πίνακα 1.10 η ανοχή διαφόρων ειδών στο διαλυμένο οξυγόνο.

Πίνακας 1.10 Προτινόμενα όρια για το διαλυμένο οξυγόνο

Species	DO (mg/l)	Comments	References
<i>Tilapia</i>	>5.0	Preferred	Lloyd 1992
	3-4	Tolerable	
Trout	10.0	Normal at 15°C	Lloyd 1992
	5.0	Limit for acclimation	
Marine fish	>6.0	Minimum	Huguenin and Colt 1989
Cold water fish	>6.0	Minimum	Lawson 1995
Salmonids	>5.0	Can only survive lower DO for a few hours	Lloyd 1992
	>5.5 fish		Roberts and Shepherd 1974
	>7 eggs		
Salmon	>8.5	Optimal	Black 1991
	100% saturation		

Warm water crustaceans	>5	Can only survive lower DO for a few hours	Lloyd 1992
Eel	>5	Preferred	Lloyd 1992
	3.0-4.0	Tolerable	
Carp	>5.0	Preferred	Lloyd 1992
	3.0-4.0	Tolerable	
Fish in muddy ponds or warm, slow rivers	Resistant to low DO	Example: goldfish	Lloyd 1992
Warm water fish		More tolerant to low DO than cold water species	Lloyd 1992
	>5.0	Recommended	Lawson 1995
	>1.5	Live for several days	
	>1.0	Live for several hours	
	<0.3	Lethal concentration	
Channel catfish	<0.5 (fingerlings)	Survive short exposure	Lawson 1995
	0.5 (adults)	Survive short exposure	Lawson 1995
	2.0-3.0	Adults survive, eggs die	Lawson 1995
	<5.0	Feed poorly, grow slowly	Lawson 1995
	<6.0 (hatchery)		Boyd 1990
Red swamp crawfish	<1.0 (juveniles)	Survive short exposure	Avault <i>eta.</i> 1974
	<2.0	Adults crawl out	Lawson 1995
<i>Penaeid</i> shrimp species	Low DO	Like freshwater fish	Boyd 1990
	0.7-1.4	Lethal concentration	Lawson 1995
<i>P. vannamei</i>	6.0-10.0	Optimum	Clifford 1994
General guideline	>5.0-6.0		Lawson 1995

Επεξεργασία Η επεξεργασία του νερού της πηγής για χαμηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου μπορεί να ολοκληρωθεί χρησιμοποιώντας τις συσκευές εμπλουτισμού ή αερισμού. Αυτά τα συστήματα υιοθετούν τη μηχανική μίξη του νερού για να αυξήσουν την περιοχή επιφάνειας του νερού που εκτίθεται στον αέρα και έτσι να αυξήσουν και την μεταφορά του οξυγόνου από τον αέρα στο νερό.

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόν ή BOD

Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο είναι ένα μέτρο του ποσού των οργανικών ενώσεων που μπορούν να οξειδώσουν βιολογικά φυσικά υπάρχοντες μικροοργανισμούς στο νερό. Είναι σημαντικό στην υδατοκαλλιέργεια επειδή η υποβάθμιση της οργανικής ύλης από τους μικροοργανισμούς είναι ένας σημαντικός περιοριστής για το διαλυμένο οξυγόνο, μια παράμετρος θεμελιώδους σημασίας για την υδατοκαλλιέργεια.

Αποτελέσματα Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το σημαντικότερο πρόβλημα για το BOD είναι η πιθανότητα να μειωθεί το οξυγόνο στα επίπεδα που είναι επικίνδυνα για τα ψάρια. Εάν ένα νερό πηγής περιέχει ένα μεγάλο ποσό BOD, η μικροβιακή αύξηση θα ενισχυθεί ειδικά στις υψηλές θερμοκρασίες. Με αυτήν την μικροβιακή αύξηση και την αντίστοιχη υποβάθμιση της οργανικής ύλης, το οξυγόνο θα καταναλωθεί. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στη μείωση του οξυγόνου στη λίμνη και στις επιδράσεις του στα ψάρια συμπεριλαμβανομένου και του θανάτου.

Οδηγίες Όπως στο διαλυμένο οξυγόνο, είναι δύσκολο για να καθορίσουμε τις οδηγίες για τις συγκεντρώσεις του BOD στο νερό επειδή οι επιδράσεις του εξαρτώνται από πολλές διαδικασίες. Το BOD δείχνει το ποσοστό κατανάλωσης οξυγόνου στο νερό κατά τη διάρκεια μιας 5άωρης περιόδου (BOD₅). Το βέλτιστο εύρος για την καλλιέργεια κυπρινοειδών συστήνεται να είναι λιγότερο από 8-15 mg/l. Αυτές οι οδηγίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες όπως το διαλυμένο οξυγόνο, την πιθανή απαίτηση για διαλυμένο οξυγόνο στην καλλιέργεια, το βαθμό αερισμού της λίμνης, τις εποχιακές αλλαγές της θερμοκρασίας, την αναμενόμενη φωτοσύνθεση και τη διαλυτότητα του οξυγόνου. Μια κρίση μπορεί έπειτα να βασιστεί στο κατάλληλο επίπεδο BOD για το νερό πηγής.

Επεξεργασία Δύο κοινές επιλογές για την επεξεργασία είναι το υπερμαγγανικό κάλιο και ο αερισμός. Το υπερμαγγανικό κάλιο οξειδώνει χημικά την οργανική ύλη, μειώνοντας κατά συνέπεια το BOD. Εντούτοις, τα αποτελέσματα αναμιγνύονται συχνά και η επεξεργασία είναι αμφισβητούμενη επειδή το υπερμαγγανικό κάλιο είναι επίσης σκοτώνει το φυτοπλαγκτόν, και μπορεί να παρουσιαστεί περαιτέρω μείωση των επιπέδων του οξυγόνου με τη εξόντωση των φυκών (τα χαμηλότερα επίπεδα οξυγόνου οφείλονται στη μειωμένη φωτοσύνθεση

και την αποσύνθεση του). Την αποτελεσματικότερη μέθοδος για τη μείωση του BOD παρέχει το οξυγόνο μέσω του αερισμού, επιταχύνοντας κατά συνέπεια την υποβάθμιση του BOD από τους μικροοργανισμούς. Οι μέθοδοι αερισμού είναι παρόμοιοι με τον αερισμό στην επεξεργασία του διαλυμένου οξυγόνου.

Έντονος αερισμός για να αφαιρεθεί το BOD, ενώ η χρήση φίλτρων άμμου απομακρύνει τους μικροοργανισμούς και οποιαδήποτε άλλα μόρια (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999). Μια άλλη μέθοδος που είναι λιγότερο δαπανηρή και λιγότερο αποδοτική είναι να χρησιμοποιηθούν οι λίμνες καθίζησης του εισερχόμενου στη μονάδα καλλιέργειας νερού μέσα στις οποίες το νερό κρατιέται για μια ή δύο ημέρες επιτρέποντας την τακτοποίηση και την οξείδωση του BOD.

Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι ένα φυσικό συστατικό των νερών επιφάνειας. Η διάχυση από την ατμόσφαιρα, η αναπνοή των ψαριών, και η βιολογική οξείδωση των οργανικών ενώσεων είναι οι σημαντικότερες πηγές διοξειδίου του άνθρακα στα νερά της επιφάνειας. Εξαιρετικά υψηλά επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα είναι λόγος ανησυχίας στην υδατοκαλλιέργεια. Αυτό μπορεί να εμφανιστεί στο νερό πηγής που λαμβάνεται από τα υπόγεια νερά. Επιπρόσθετα, οι πηγές νερού της επιφάνειας μπορεί να έχουν υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα όταν η αναπνοή συμβαίνει σε υψηλά ποσοστά. Κατά συνέπεια, εάν ένα νερό πηγής λαμβάνεται από τα νερά επιφανειών τη νύχτα ή καλοκαίρι όταν η αναπνοή είναι υψηλή, μπορεί να είναι λόγος για ανησυχία.

Αποτελέσματα Όταν οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα είναι πάρα πολύ υψηλές, τα επίπεδα του CO_2 στο αίμα των ψαριών αυξάνονται με αποτέλεσμα την εξασθένηση της ικανότητας της αιμογλοβίνης να μεταφέρει οξυγόνο, και την πρόκληση αναπνευστικού κινδύνου (επίσης γνωστό ως Bohr-Root σύνδρομο). Η ένταση του συνδρόμου εξαρτάται από τα επίπεδα του οξυγόνου. Εμφανίζεται ακόμη και σε υψηλά επίπεδα οξυγόνου και γίνεται περισσότερο σοβαρό σε χαμηλότερα επίπεδα οξυγόνου. Μια ανοχή των ειδών στην επίδραση του συνδρόμου μπορεί να ποικίλλει. Μερικά είδη είναι σε θέση να επιζήσουν των υψηλών επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα. Το κοινό γατόψαρο μπορεί να επιζήσει των επιπέδων μέχρι 50 mg/l του CO_2 υπό τον όρο ότι είναι παρόν ικανοποιητικό οξυγόνο (Tucker και Robinson 1990 in Ronald et al, 1999 ,). Πολλά είδη μπορούν να ανεχτούν υψηλά επίπεδα για σύντομες περιόδους (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999). Τα υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα μπορούν επίσης να μειώσουν το pH, το οποίο όπως έχει αναφερθεί μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς τα ψαριά.

Οδηγίες Στον πίνακα 1.11 υπάρχουν οδηγίες για τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα για τις υδατοκαλλιέργειες.

Πίνακας 1.11 Επίπεδα ανθεκτικότητας διοξειδίου του άνθρακα

Aquaculture type	Free CO₂ (mg/l)	Comments
Hatchery	0	Ideal
Trout	<10	
Warm water	<15	
Channel caffer fish hatchery	<10	Ideal
Finfish	<10-15	Maximum
Trout	9-10	Toxic effects

ΠΗΓΗ Lawson 1995, Piper and others 1982, Boyd 1990, and **Petit 1990** (in Ronald et al, 1999)

Επεξεργασία Είτε το υδροξείδιο του ασβεστίου, είτε το ανθρακικό άλας νατρίου μπορεί να προστεθεί για να μειώσει τα υψηλά επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα. Το ανθρακικό άλας νατρίου είναι ασφαλέστερο επειδή, αντίθετα από το υδροξείδιο του ασβεστίου, δεν είναι καυστικό και δεν θα προκαλέσει μια ουσιαστική άνοδο στο pH. Εντούτοις, το υδροξείδιο ασβεστίου είναι φτηνότερο και ευρέως διαθέσιμο (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999). Η δυνατή μίξη κι ο αερισμός είναι επίσης μια καλή μέθοδος για την απομάκρυνση του υπερβολικό διοξειδίου του άνθρακα.

Συνολική πίεση αερίου

Η συνολική πίεση αερίου (TGP) είναι το σύνολο της μερικής πίεσης όλων των διαλυμένων αερίων. Εάν η TGP είναι μεγαλύτερη από τη βαρομετρική πίεση, τότε το νερό θεωρείται υπερκορεσμένο. Αυτό είναι θέμα ανυσηχίας για τις διαδικασίες της υδατοκαλλιέργειας λόγω των επιπτώσεων που έχει στην υγεία των ψαριών. Μπορεί να εμφανιστεί μέσω πολλών διαδικασιών συμπεριλαμβανομένης μιας αύξησης θερμοκρασίας, της μίξης νερών διαφορετικών θερμοκρασιών, της μεταφοράς αέρα όπως σε έναν καταρράκτη, της φωτοσύνθεσης, των υψηλών πιέσεων όπως εκείνες βρίσκονται στα βαθιά υπόγεια νερά, και της βακτηριακής δραστηριότητας (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα Υπό συνθήκες κορεσμού τα αέρια θα βγούν από το διάλυμα με τη μορφή των φυσαλίδων, και στην υδάτινη στήλη και στο αίμα και στους ιστούς των υδρόβιων οργανισμών. Ψάρια σε ρηχές δεξαμενές και κλουβιά είναι περισσότερο ευαίσθητα επειδή δεν είναι ικανά να βουτήξουν σε μεγαλύτερα βάθη όπου θα προστατευθούν από την υψηλή πίεση. Τα ψάρια στην κατευθείαν ροή και τα κλειστά συστήματα είναι επίσης ευαίσθητα επειδή δεν υπάρχει ικανοποιητική εξαέρωση. Η νόσος των αερίων φυσαλίδων σπάνια αποτελεί πρόβλημα στα συστήματα των λιμνών επειδή το υπερκορεσμένο νερό που προστίθεται στις λίμνες

εξαερώνεται γρήγορα (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999). Μια συνολική πίεση αερίου άνω των 105 τοις εκατό κορεσμού θεωρείται ανεπιθύμητη και η ιδανική συνολική πίεση αερίου πρέπει να είναι κάτω από το 100 τοις εκατό. Εάν ένα νερό πηγής δεν ικανοποιεί αυτούς τους όρους και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι ανεπαρκείς για εξαέρωση , η πηγή πρέπει να εξεταστεί.

Επεξεργασία Το υπερκορεσμένο νερό της πηγής μπορεί να εξαερώνεται με τη ροή του νερού μέσω μιας σταθερής στήλης (degassing), ή παροχής έντονης ανατάραξης (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999)

Αέριο άζωτο

Το αέριο άζωτο, που είναι το κύριο αέριο στον αέρα, εύκολα διασκορπίζεται μέσα και έξω από το νερό της επιφάνειας για να έρθει σε ισορροπία με την ατμόσφαιρα. Σε κανονικές θερμοκρασίες καλλιέργειας, το νερό περιέχει περίπου 10-20 mg αέριο αζώτου ανά λίτρο στην ισορροπία. Το αέριο άζωτο δεν είναι τοξικό για τα ψάρια ή τα ασπόνδυλα, αλλά ο υπερκορεσμός του μπορεί να προκαλέσει τη νόσο των αέριων φυσαλίδων.

Αμμωνία

Η αμμωνία είναι το αρχικό προϊόν της αποσύνθεσης των αζωτούχων οργανικών αποβλήτων και της αναπνοής, ενδεικτικό της αποσύνθεσης της ουρίας, των περιττωμάτων, και των οργανικών ουσιών. Υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας στο νερό της πηγής συχνά βρίσκονται στα υπόγεια νερά.

Η αμμωνία μπορεί να είναι ένα μεγάλο πρόβλημα για τα ανακυκλούμενα συστήματα από, τι για τις λίμνες επειδή αυτά τα συστήματα δεν έχουν συχνά φυτοπλαγκτόν και ριζοβολημένα φυτά για να αφομοιώσουν την αμμωνία, εκτός κι αν συμπεριλαμβάνεται ένα επαρκούς μεγέθους φίλτρο νιτροποίησης.

Αποτελέσματα Υψηλές συγκεντρώσεις της αμμωνίας προκαλούν μια αύξηση στη συγκέντρωση αμμωνίας και του pH στο αίμα των ψαριών. Αυτό μπορεί να προκαλέσει βλάβη στα βράγχια, να μειώσει την ικανότητα οξυγόνο-μεταφοράς του αίματος, να αυξήσει τη ζήτηση οξυγόνου των ιστών, ζημιά των ερυθρών κυττάρων του αίματος και των ιστών που τα παράγουν, και έχει επιπτώσεις στην ωσμωρύθμιση (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999). Η τοξικότητα της αμμωνίας επηρεάζεται πολύ από τη χημεία του διαλύματος. Η τοξικότητα της συνολικής αμμωνίας άζωτο (TAN που είναι ίσο με NH_4^+ , NH_3) εξαρτάται από ποιο μέρος του συνόλου είναι μη ιονισμένο, δεδομένου ότι αυτό είναι η τοξικότερη μορφή. Το αμμώνιο μπορεί επίσης να είναι τοξικό, αλλά μόνο στις πολύ υψηλές συγκεντρώσεις (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999). Ιονισμένη και μη-ιονισμένη αμμωνία υπάρχουν σε μια ισορροπία ανάλογα με το pH, τη θερμοκρασία και την αλατότητα. Οι αναλυτικές διαδικασίες μετρούν κανονικά το TAN, έτσι pH,

θερμοκρασία, και αλατότητα πρέπει να είναι γνωστά για να υπολογιστεί η συγκέντρωση από τη μη ιονισμένη αμμωνία.

Το ποσοστό του συνολικού αζώτου αμμωνίας στη μη ιονισμένη μορφή αυξάνεται όσο αυξάνεται το pH, έτσι σε ένα υψηλότερο pH ένα μικρότερο ποσό συνολικών αιτιών αζώτου αμμωνίας έχει τοξικά αποτελέσματα (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999). Σε χαμηλότερο pH το TAN είναι λιγότερο τοξικό επειδή περισσότερη αμμωνία υπάρχει ως αμμώνιο. Η επίδραση του pH στην τοξικότητα της αμμωνίας μπορεί να είναι έντονη. Μια αλλαγή στα επίπεδα pH από 7.0 έως 8.0 αυξάνει την τοξικότητα μιας δεδομένης συγκέντρωσης της αμμωνίας από έναν παράγοντα από 10 (Lloyd 1992, in Ronald et al, 1999). Η τοξικότητα της αμμωνίας μπορεί να επηρεαστεί από άλλους παράγοντες όπως η θερμοκρασία και η αλατότητα. Αυτοί συνοψίζονται στον πίνακα 1.12.

Πίνακας 1.12 Παράγοντες που επηρεάζουν την τοξικότητα της αμμωνίας

Factors	Effects
Physlo-chemical properties	
Temperature	Controls ratio of toxic NH ₃ to NH ₄ ⁺
	Increasing temperature increases ammonia toxicity
pH	Controls ratio of toxic NH ₃ to NH ₄ ⁺
	Increasing pH increases ammonia toxicity
DO	Low DO increases ammonia toxicity
Plants	
Photosynthesis	Increases DO
	Reduces carbon dioxide; increases pH of water
Respiration	Reduces DO
	Increased carbon dioxide; increases pH of water
Gill Surface	
CO ₂ excretion	Increased respiration increases CO ₂ excretion; reduces pH of
	Increased CO ₂ in incoming water lessens pH reduction
Acclimation	
Environmental ammonia	May increase detoxification capability
	May be linked with protein content of food

ΠΗΓΗ Lloyd 1992 (in Ronald et al, 1999)

Οδηγίες Γενικά τα ψάρια θερμών νερών είναι πιο ανεκτικά στην αμμωνία από αυτά των κρύων νερών, και τα ψάρια του γλυκού νερού είναι πιο ανεκτικά στην αμμωνία από τα θαλάσσια ψάρια (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999). Τα τοξικά αποτελέσματα της μη ιονισμένης αμμωνίας γίνονται αισθητά συνήθως σε συγκεντρώσεις μεταξύ 0.6 και 2.0 μερών ανά εκατομμύριο (mg/lit), αλλά μερικά είδη μπορεί να είναι λιγότερο ανθεκτικά. Επειδή υπάρχει λίγη συναίνεση σχετικά με τα επιτρεπτά επίπεδα αμμωνίας, είναι καλό να είμαστε συντηρητικοί. Απαριθμούνται στον πίνακα 1.13 συγκεκριμένες ανοχές των ειδών στην αμμωνίας για να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση της καταλληλότητας του νερού πηγής.

Πίνακας 1.13 Ανθεκτικότητα στην αμμωνία

Species	Ammonia (mg/lit NH ₃)	Comments	References
<i>M. rosenbergii</i>	0.09	Reduced growth rates	Boyd 1990
Penaeidshrimp	0.45	50% growth reduction	Boyd 1990
<i>P. monodon</i>	0.45	Safe concentration	Boyd 1990
<i>P. vannamei</i>	< 0.1	Optimum	Clifford 1994
	0.1-1.0 TAN	Optimum	
Freshwater fish	<0.05	Safe concentration	Lawson 1995
	< 1.0 mg /1 TAN		
Channel cat. hatchery	< 0.05	Optimum	Boyd 1990
Salmonid hatchery	<0.0125	Upper limit	Piper <i>et al.</i> 1982
Salmonids	<0.02		EU 1979
Marine fish	< 0.01	Safe concentration	Huguenin and Colt 1989
General guidelines	< 1.0 mg /1TAN	Permissible level	Meade 1989
	0.1	Max tolerable level	Pillay 1992
	< 0.012	Permissible level	Boyd 1990
	<0.02	Permissible level	Meade 1989

ΠΗΓΗ Ronald et al, 1999

Επεξεργασία Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, η αμμωνία είναι πρώτιστα ένα

πρόβλημα στα ανακυκλούμενα συστήματα, όπου η αμμωνία παράγεται σε ένα μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό που οξειδώνεται. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται τα βιολογικά φίλτρα (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999). Οι ζεόλιθοι έχουν αποδειχθεί για να είναι τεχνικά αποτελεσματικοί στα γλυκά νερά, εντούτοις πρόσφατη έρευνα έχει εγύρει ερωτηματικά σχετικά με την αποτελεσματικότητα και το ουσιαστικό κόστος αυτής της μεθόδου στα αλμυρά και τα υφάλμυρα υδάτινα συστήματα (Briggs και funge-Smith 1996). Άλλες επιλογές περιλαμβάνουν τη χρησιμοποίηση του αερισμού για να οξειδώσουν την αμμωνία σε νιτρικό οξύ (νιτροποίηση) ή για να ρυθμιστεί το pH και χρήση αεριστών για να εξατμίσουν την αμμωνία.

Νιτρώδες άλας

Το νιτρώδες άλας διαμορφώνεται πρώτιστα ως μεσάζων στη μετατροπή της αμμωνίας στο νιτρικό άλας, μια διαδικασία γνωστή ως νιτροποίηση. Επειδή μετατρέπεται στο νιτρικό άλας το τελικό προϊόν γρήγορα, υψηλές συγκεντρώσεις νιτρώδους άλατος δεν είναι κοινές στα υδρόβια συστήματα. Το νιτρώδες άλας δεν είναι ένα κοινό πρόβλημα του νερού. Πιο συχνά, γίνεται πρόβλημα κατά τη λειτουργία των ανακυκλούμενων συστημάτων όπου το νερό είναι συνεχώς επαναχρησιμοποιημένο (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα Οι υψηλές συγκεντρώσεις νιτρώδους άλατος απενεργοποιούν την αιμογλοβίνη στο αίμα των ψαριών και προκαλούν έτσι υποξεία. Αυτός ο όρος αναφέρεται ως ασθένεια του καφέ αίματος. Μια παρόμοια επίδραση βρίσκεται στα καρκινοειδή (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999). Η τοξικότητα του νιτρώδους άλατος επηρεάζεται από πολλούς χημικούς παράγοντες. Μεταξύ των σημαντικότερων είναι η μείωση της τοξικότητας από τα ιόντα όπως το ασβέστιο, χλωρίδιο, βρωμίδιο και διττανθρακικό άλας. Κατά συνέπεια, είναι σπάνια ένα πρόβλημα των αλμυρών και υφάλμυρων νερών. Παραδείγματος χάριν, το νιτρώδες άλας είναι 55 φορές περισσότερο τοξικό για το milkfish (*Chanos chanos*) στα γλυκά νερά απ' ό,τι στο νερό με 16‰ αλατότητα (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999). Επίσης, έχει διαπιστωθεί ότι ο συνδυασμός υψηλών συγκεντρώσεων νιτρώδους άλατος και τα χαμηλά επίπεδα χλωρίου μπορούν να οδηγήσουν στη μειωμένη δραστηριότητα σίτισης, σε μειωμένη μετατρεψιμότητα των τροφών, σε χαμηλότερη αντίσταση σε ασθένειες, και σε θνησιμότητα (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999). Άλλα στοιχεία παρουσιάζουν ότι το αυξανόμενο pH, το χαμηλό διαλυμένο οξυγόνο και η υψηλή αμμωνία αυξάνουν την τοξικότητα.

Οδηγίες Απαριθμούνται στον πίνακα 1.14 τα συνιστώμενα επίπεδα νιτρώδους άλατος στις υδατοκαλλιέργειες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οδηγός για να αξιολογήσουν την καταλληλότητα από ένα δεδομένο νερό πηγής για την υδατοκαλλιέργεια.

Επεξεργασία Στα ανακυκλούμενα συστήματα τα βιολογικά φίλτρα που είναι για την αφαίρεση της αμμωνίας χρησιμοποιούνται επίσης και για το νιτρώδες άλας. Εάν η

επεξεργασία του νερού πηγής πριν τη χρήση είναι επιθυμητή, αερισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προωθηθεί η διαδικασία της νιτροποίησης και η μετατροπή σε νιτρώδη.

Πίνακας 1.14 Βέλτιστες συγκεντρώσεις νιτρώδων

Species or water	Concentration (mg/l)	Comments	References
Hard freshwater	< 0.1		Pillay 1992
Soft water	< 0.1		Meade 1989
Freshwater fish	<0.5	Hatcheries	Swann 1993
Brackish water shrimp	<4.5		Boyd 1990
<i>P. monodon</i>	<4.5	Postlarval growout	Boyd 1990
<i>P. vannamei</i>	< 1.0	Optimum	Clifford 1994
<i>Salmonid</i>	<0.01	Soft water	Pillay 1992
	< 0.1	Hard water	

ΠΗΓΗ Ronald et al, 1999

Νιτρικό άλας

Το νιτρικό άλας είναι η λιγότερη τοξική ουσία των σημαντικότερων ανόργανων ενώσεων αζώτου. Διαμορφώνεται ως τελικό προϊόν της διαδικασίας νιτροποίησης και οι συγκεντρώσεις είναι γενικά υψηλότερες και από την αμμωνία και από το νιτρώδες άλας.

Αποτελέσματα Τα υψηλά επίπεδα του νιτρικού άλατος μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην ωσμωρύθμιση και τη μεταφορά οξυγόνου, αλλά οι τοξικές συγκεντρώσεις είναι πολύ υψηλότερες απ' ό,τι για την αμμωνία και τα νιτρώδη άλατα (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999). Τα υψηλά επίπεδα νιτρικών αλάτων μπορούν επίσης να οδηγήσουν στον ευτροφισμό και την υπερβολική αύξηση του φυτοπλαγκτού και των υδρόβιων φυτών που ασκούν αρνητική επίδραση στα είδη της υδατοκαλλιέργειας

Οδηγίες Απαριθμούνται στον πίνακα 1.15 τα συνιστώμενα επίπεδα νιτρικών αλάτων σε ένα είδος συγκεκριμένο και σε γενική βάση.

Επεξεργασία Το νιτρικό άλας μπορεί να μετατραπεί στο αέριο άζωτο με τη διαδικασία της διάσπασης νιτρικών. Μπορεί κατόπιν να αφαιρεθεί με εξάτμιση.

Αυτά τα συστήματα επεξεργασίας είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν και γενικά είναι ακριβά.

Πίνακας 1.15 Βέλτιστες συγκεντρώσεις νιτρικών

Species	Concentration (mg/l)	Comments	References
Carp	< 80	Optimum	Svobodova <i>et al</i> 1993
Trout	<20	Optimum	Svobodova <i>et al</i> 1993
<i>P. vannamei</i>	0.4-0.8	Optimum	Clifford 1994
Freshwater hatchery	< 3	Optimum	Piper <i>et al</i> 1982
General	< 3		Meade 1989
guidelines	< 100	Permissible	Pillay 1992

ΠΗΓΗ Ronald et al, 1999

Άλλοι κρίσιμοι παράγοντες

Σίδηρος και μαγγάνιο

Ο σίδηρος (Fe) βρίσκεται σε δύο μορφές οξείδωσης μέσα στα φυσικά συστήματα. Ο δισθενής σιδηρούχος (Fe^{+2}) είναι η μειωμένη μορφή και ο τρισθενής σίδηρος (Fe^{3+}) είναι οξειδωμένη μορφή. Η δισθενής μορφή του μετάλλου που υπερισχύει μέσα στα ανοξικά νερά είναι σχετικά διαλυτή ενώ η τρισθενής μορφή που υπερισχύει στα οξυγονωμένα νερά είναι πολύ αδιάλυτη. Η διαφορά στη διαλυτότητα προκαλεί προβλήματα κατά τη χρησιμοποίηση του νερού της πηγής με υψηλές συγκεντρώσεις του δισθενούς σιδήρου. Εάν ένα νερό πηγής περιέχει πολύ δυσθενή σίδηρο, ο σίδηρος θα κατακρημνιστεί μόλις οξυγονωθεί το νερό πηγής. Το ίζημα μπορεί έπειτα να έχει επιβλαβή αποτελέσματα επάνω στη λειτουργία. Οι κοινές πηγές σιδήρου είναι τα κατώτατα σημεία των μεγάλων δεξαμενών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, και το βαθύ επίγειο νερό (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999). Μια παρόμοια κατάσταση υπάρχει για το μαγγάνιο (Mn). Η οξειδωμένη μορφή (Mn^{4+}) είναι πολύ λιγότερο διαλυτή από τη δυσθενή μορφή (Mn^{2+}). Εάν υψηλές συγκεντρώσεις του δισθενή μαγγανίου υπάρχουν μέσα στο νερό της πηγής, αυτή θα οξειδωθεί και θα κατακρημνιστεί προκαλώντας παρόμοια προβλήματα όπως ο σίδηρος.

Αποτελέσματα Εάν νερά που έχουν υψηλές συγκεντρώσεις του σιδήρου ή του μαγγανίου χρησιμοποιούνται άμεσα για την πλήρωση των ενυδρείων ή των

δεξαμενών για τα ψάρια εκμετάλλευσης, τα ιζήματα μπορούν να αποφράξουν τα βράγχια και να προκαλέσουν πίεση ή θνησιμότητα. Αυτό είναι ένα λιγότερο σοβαρό πρόβλημα στις χωμάτινες λίμνες όπου ο όγκος του νερού είναι μεγαλύτερος και ο σίδηρος ή το μαγγάνιο κατακρημνίζονται κοντά στην εισροή και δεν βλάπτουν τα ψάρια. Γενικά, το μαγγάνιο είναι σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις στο περιβάλλον από ότι ο σίδηρος και επομένως προκαλεί λιγότερη ανησυχία από το σίδηρο. Εκτός από τα προβλήματα με την πτώση, ο σίδηρος ενθαρρύνει επίσης την αύξηση του σίδηρο-μεταβολισμού των βακτηριδίων που διαμορφώνουν πορτοκαλί φίλμ που μπορεί να φράξει τους σωλήνες, το φίλτρο, και άλλο εξοπλισμό (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Οι συγκεντρώσεις μικρότερες από 0.5 mg/lit σιδήρου θα ήταν κατάλληλες για τα ιχθυογεννητικούς σταθμούς του γατόψαρου και άλλων ειδών ζεστών νερών, ενώ η βέλτιστη συγκέντρωση δισθενούς σιδήρου για τα ιχθυογεννητικούς σταθμούς κρύου νερού είναι λιγότερο από 0.15 mg/lit. Οι συγκεντρώσεις σιδήρου λιγότερο από 0.2 mg/lit είναι για καλλιέργεια κυπρινοειδών και οι συγκεντρώσεις λιγότερο από 0.1 mg/lit συστήνονται για τα θαλάσσια συστήματα υδατοκαλλιέργειας. Αλλά ο Meade (1989, in Ronald et al, 1999) συστήνει συντηρητικά γενικά πρότυπα λιγότερο από 0.01 mg/lit. Γενικά πρότυπα για τις συγκεντρώσεις μαγγανίου μέσα στο νερό της πηγής είναι λιγότερο από 0.01 mg/lit.

Επεξεργασία Ο δισθενής σίδηρος μπορεί να αφαιρεθεί με το κάλιο και το υπερμαγγανικό κάλιο ($KMnO_4$), αλλά η διαδικασία είναι σπάνια πρακτική επειδή το υπερμαγγανικό κάλιο είναι τοξικό για το φυτοπλαγκτόν και ακριβό. Ορθοφωσφορικά λιπάσματα προσροφάται από το κατακρημνισμένο σιδηρικό υδροξείδιο, έτσι οι λίμνες πρέπει συχνά να λιπαθούν μετά από την επεξεργασία (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999). Η απλούστερη μέθοδος για το δισθενή σίδηρο και το μαγγάνιο είναι να διατηρηθεί το νερό για μια ή δύο ημέρες σε μια λίμνη εκμετάλλευσης, η οποία θα επιτρέψει στο σίδηρο (δισθενής σίδηρος) να οξειδωθεί φυσικά σε τρισθενή σίδηρο. Εάν η γρήγορη αφαίρεση είναι απαραίτητη, το νερό μπορεί να ταραχτεί σθεναρά με τις μηχανικές συσκευές ή να ανατραπεί μέσω πύργων, και έπειτα να περαστεί μέσα από φίλτρο άμμου ή εγκατεστημένη λεκάνη καθίζησης. Σε μικρής κλίμακας διαδικασίες, ο σίδηρος μπορεί να αφαιρεθεί με τα φίλτρα και τα αποσκληρυντικά νερού μόνο, αλλά αυτή η μέθοδος δεν είναι πρακτική για μεγάλες εγκαταστάσεις υδατοκαλλιέργειας (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999).

Υδρόθειο

Το υδρόθειο (H_2S) παράγεται από τα βακτηρίδια υπό ανοξικές συνθήκες. Μπορεί να βρεθεί στο νερό πηγής που λαμβάνεται από επίγειο νερό και ανοξικές περιοχές του νερού επιφάνειας. Είναι πολύ επικίνδυνο στις υδατοκαλλιέργειες δεδομένου ότι είναι πολύ τοξικό για τα ψάρια.

Αποτελέσματα Ακόμα και σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις το υδρόθειο προκαλεί υποξεία και είναι θανάσιμο ή εξαιρετικά επιβλαβές για τα ψάρια. Συγκεντρώσεις όπως λίγα ως 0.05 mg/lit έχουν προκαλέσει το θάνατο μετά από μόνο μια συνοπτική έκθεση και συγκεντρώσεις λιγότερο από 0.01 mg/lit έχουν εμποδίσει την αναπαραγωγή.

Οδηγίες Ενώ το υδρόθειο που παράγεται από τα ετεροτροπικά βακτηρίδια υπό αναερόβιες συνθήκες μέσα στις εγκαταστάσεις της υδατοκαλλιέργειας μπορεί να αντιμετωπιστεί, οποιοδήποτε σημάδι του υδρόθειου στο νερό πηγής είναι αιτία συναγερμού. Νερό πηγής που βρέθηκε να περιέχει ακόμη και τα χαμηλότερα επίπεδα υδρόθειου είναι αμφισβητούμενο ως προς την καταλληλότητα του ως νερό πηγής.

Επεξεργασία Οξειδωση με το υπερμαγγανικό κάλιο ή διάλυση μέσω της ανταλλαγής νερού είναι οι καλύτερες μέθοδοι αφαίρεσης του υδρόθειου. Ο σχηματισμός του υδρόθειου στις λίμνες μπορεί να αποτραπεί με δυνατό αερισμό και κυκλοφορία για να αποβάλει τις αναερόβιες ζώνες (Lawson 1995, in Ronald et al, 1999). Σαν μέθοδο αφαίρεσης του υδρόθειου, μερικές επιχειρήσεις στην Ασία πουλάνε φωτοσυνθετικές βακτηριακές πρόσθετες ουσίες που αξιώνουν να μετατρέψουν το υδρόθειο σε θειικό άλας. Δεν υπάρχει κανένα στοιχείο ότι αυτά τα βακτηριακά συμπληρώματα μπορούν να χαμηλώσουν τις συγκεντρώσεις του υδρόθειου στις λίμνες. Στην πραγματικότητα, τα εμπορικά πωλούμενα βακτηρίδια είναι φυσικά άφθονα μέσα στο περιβάλλον της υδατοκαλλιέργειας και δεν χρειάζονται πρόσθετα (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999).

Μεθάνιο

Το μεθάνιο, επίσης γνωστό ως αέριο έλους, προκύπτει από την αναερόβια αποσύνθεση στις λάσπες των λιμνών. Άοσμο και εύφλεκτο, το μεθάνιο μπορεί να βρεθεί στο νερό που λαμβάνεται από το κατώτατο σημείο των λιμνών και των δεξαμενών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Οδηγίες Οι συγκεντρώσεις μεθανίου κάτω από 65 mg/ lit δεν είναι επιβλαβείς στα ψάρια (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999).

Νερό-εδαφολογικές αλληλεπιδράσεις Η χημεία των φυσικών νερών επηρεάζεται από τη χημεία του χώματος και του ιζήματος στο νερό. Η έκθεση του νερού στα χώματα και τα ιζήματα οδηγεί συχνά στη χημεία που μπορεί να είναι πολύ διαφορετική από αυτήν του αρχικού νερού της πηγής. Αν και λίγα είναι γνωστά για αυτές τις αλληλεπιδράσεις, μπορούν να έχουν σημαντικές συνέπειες, είτε συμφέρουσες είτε επιβλαβείς, για την επιτυχία ενός προγράμματος υδατοκαλλιέργειας.

Αποτελέσματα Από τις περιορισμένες μελέτες που διεξάγονται, η λάσπη μπορεί να έχει μια μεγάλη επιρροή στην παραγωγικότητα, ειδικά στα υφάλμυρα συστήματα καλλιέργειας νερού σε ορυζώνες, όπως εκείνοι στην Ινδία, τα οποία

χρησιμοποιούν ελάχιστη ή καμία εισαγωγή θρεπτικών ουσιών. Στην καλλιέργεια λίμνης της γαρίδας του είδους *Penaeus monodon* οι υψηλότερες παραγωγές λήφθηκαν με περιεχόμενη λάσπη μεγαλύτερη από 1.0% του οργανικού άνθρακα, μεγαλύτερου από 124 mg/lit διαθέσιμου αζώτου, και 13 mg διαθέσιμου φωσφόρου. Άλλες πιθανές νερό-εδαφολογικές αλληλεπιδράσεις περιλαμβάνουν την απελευθέρωση αμμωνίας κατά τη διάρκεια της οργανικής αποσύνθεσης, φωσφορούχος απελευθέρωση, αυξανόμενη απαίτηση οξυγόνου, αλλαγές στην οξειδοαναγωγική δυνατότητα και την παραγωγή των μειωμένων ουσιών, και αλλαγές στο pH.

Οδηγίες Επειδή δεν υπάρχει αρκετή έρευνα για τις επιδράσεις των χωμάτων και των ιζημάτων στην υδατοκαλλιέργεια, είναι δύσκολο να δοθούν οι οριστικές οδηγίες. Απαριθμούνται στον πίνακα 1.16 τα αποτελέσματα μιας μελέτης που προβαίνει σε μερικές συστάσεις. Μια πιο λεπτομερής μελέτη που ολοκληρώνεται πρόσφατα επίσης παρέχει χρήσιμες πληροφορίες. Αυτή η μελέτη επέλεξε τα χώματα και τα ιζήματα από όλο τον κόσμο. Αν και τα αποτελέσματα στην παραγωγή δεν εξετάστηκαν, τα στοιχεία (που παρουσιάζονται στους πίνακες 2 και 3 του παραρτήματος) παρέχουν χαρακτηριστικό χόμα από εγκαταστάσεις υδατοκαλλιέργειας σε όλο τον κόσμο.

Πίνακας 1.16 Χαρακτηριστικά βέλτιστης λάσπης

<i>Variable and range</i>	<i>Potential for fish production</i>	<i>Optimum for P. monodon</i>
<i>pH</i>		
<5.5	Low	
5.5-6.5	Average	
6.5-7.5	High	
7.5-8.5	Average	
>8.5	Low	
<i>Available phosphorus</i>		> mg/lit
<30 mg/lit	Low	
30-60 mg/lit	Average	
> mg/lit	High	
<i>Available nitrogen</i>		> mg/lit
< 250 mg/lit	Low	
250-759 mg/lit	High	
<i>Organic carbon</i>		> .0%
<0.5%	Low	

0.5-1.5%	Average	
1.5-2.5%	High	
> .5%	Low	
<i>C/N ratio</i>		
< .0	Low	
5.0-10.0	Average	
10.0-15.0	High	

ΠΗΓΗ Banerlea and Gosh 1963, and Banerjea 1967 in Boyd 1990, and Chakraborti and others 1985, (in Ronald et al, 1999)

Εδαφική οξύτητα

Τα χρώματα μπορούν να είναι όξινα και να μειώσουν στη συνέχεια το pH του νερού που προκαλεί τα επιβλαβή αποτελέσματα επάνω στη λειτουργία της υδατοκαλλιέργειας. Όξινα χρώματα μέσα στην υδατοκαλλιέργεια είναι χαρακτηριστικά λόγω είτε της ύπαρξης του πυρίτη σιδήρου στο χρώμα είτε λόγω ενός μεγάλου ποσοστού των ανταλλάξιμων όξινων κατιόντων (πρώτιστα ιόν αργυλίου, Al^{3+}) που προσροφώνται στο χρώμα. Κάτω από συνθήκες οξυγόνωσης, ο πυρίτης σιδήρος μέσα στα χρώματα διαμορφώνει το θειϊκό οξύ προκαλώντας έτσι μια μείωση του pH λιγότερο από 3.5. Ένα χρώμα που είναι σε αυτή την κατάσταση αναφέρεται ως χρώμα όξινου-θειϊκού άλατος. Τα χρώματα όξινου-θειϊκού άλατος αναπτύσσονται στα υφάλμυρα έλη νερού που έχουν υψηλά ποσοστά στον πυρίτη σιδήρο και προκύπτουν από την όξινη αποξήρανση ορυχείων (Boyd 1990, in Ronald et al, 1999). Επιπλέον, όξινα χρώματα θειϊκού άλατος είναι ιδιαίτερα αισθητά στις λίμνες που κατασκευάζονται στα προηγούμενα έλη. Όξινα χρώματα που δεν περιέχουν τον πυρίτη σιδήρου μειώνουν το pH του διαλύματος ως αποτέλεσμα των ανταλλάξιμων όξινων κατιόντων που διαχωρίζονται με το χρώμα και αντιδρούν με το νερό ως οξύ.

Αποτελέσματα Τα όξινα χρώματα μπορούν να μειώσουν το pH του νερού και να προκαλέσουν τις επιβλαβείς επιδράσεις του χαμηλού pH που αναφέρθηκαν νωρίτερα. Οι εδαφολογικές συνθήκες του όξινου-θειϊκού άλατος εμπλέκουν επίσης τις θρεπτικές ουσίες (συμπεριλαμβανομένων των λιπασμάτων), μειώνοντας κατά συνέπεια την αρχική παραγωγή και σπαταλώντας το λίπασμα (Joseph 1990, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Τα πιθανά όξινα χρώματα θειϊκού άλατος μπορούν να προσδιοριστούν είτε έχοντας μια συγκέντρωση θείου μεγαλύτερη από 0.75% είτε ένα χαμηλό pH (2-3) επάνω στην ξήρανση για αρκετές ημέρες. Για την οξύτητα γενικά, έχει προταθεί ότι για ένα χρώμα με pH λιγότερο από 6.5 και ένα νερό πηγής με χαμηλή συνολική αλκαλικότητα (λιγότερο από 20 mg ανά λίτρο), απαιτείται επεξεργασία

(χρησιμοποιώντας την ασβέστωση).

Επεξεργασία Δεν υπάρχει κανένας εφικτός τρόπος να επεξεργαστούμε το χώμα για να αφαιρεθεί ο πυρίτη σιδήρος. Εντούτοις, μέτρα μπορούν να ληφθούν για να μετριαστούν οι επιδράσεις. Αυτά περιλαμβάνουν: στράγγισμα του χώματος και αναμονή μέχρι να οξειδωθεί φυσικά και διύλιση για να αφαιρεθεί η οξύτητα, χρησιμοποιώντας τον ασβέστη για να εξουδετερώσουν την οξύτητα, και πρόληψη από την οξείδωση του πυρίτη σιδήρου έτσι ώστε να μην παράγεται θειικό οξύ. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο χρόνος για να αφαιρεθεί η οξύτητα στην πρώτη τεχνική είναι αρκετά έτη και οι απαιτήσεις ασβέστη για τη δεύτερη τεχνική είναι τόσο μεγάλες που αυτό είναι συχνά ανέφικτο. Όξινα χώματα εκτός από εκείνα που προκαλούνται από την παρουσία του πυρίτη σιδήρου μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη χρήση ασβέστη.

1.6.2 ΦΑΣΗ II ή ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Μέταλλα, ιχνοστοιχεία, οργανικές ενώσεις, παθογόνα και βιολογικοί μολυσματικοί παράγοντες είναι οι παράμετροι που εξετάζονται στη φάση II. Επειδή η δοκιμή για όλες αυτές τις παραμέτρους μπορεί να είναι ακριβή, θα γίνει ο προσδιορισμός των παραμέτρων μέγιστης ανησυχίας. Αυτό γίνεται με τον καθορισμό των αναμενόμενων ρύπων από τις προηγούμενες, παρούσες και μελλοντικές γεωργικές, βιομηχανικές, και εσωτερικές δραστηριότητες μέσα στην περιοχή. Επιπλέον, οποιαδήποτε ιστορικά στοιχεία για φύκη ή φυτοπλαγκτονικές ανθίσεις στην περιοχή μπορούν να αναθεωρηθούν. Οι παράμετροι της ανησυχίας μπορούν έπειτα να εξεταστούν για να συγκριθούν με τις οδηγίες που παρουσιάζονται εδώ.

ΜΕΤΑΛΛΑ

Σημαντικές ανθρωπογενείς πηγές μετάλλων περιλαμβάνουν: μεταλλεία και επεξεργασία μεταλλεύματος, χύτες, βιομηχανίες επένδυσης, φλοιοί και βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργίας. Η προκύπτουσα ρύπανση των μετάλλων αποτελεί μεγάλο πρόβλημα για τις υδατοκαλλιέργειες λόγω των πιθανών τοξικών αποτελεσμάτων και της δυνατότητας πολλών μετάλλων να βιοσυσσωρεύονται, μειώνοντας κατά συνέπεια την ποιότητα των προϊόντων και προκαλώντας δημόσιους κινδύνους για την υγεία.

Γενικά, οι επιδράσεις των μετάλλων εξαρτώνται από ποια μορφή υπερσχύει των πολλών διαφορετικών υδροβίων χημικών μορφών μετάλλων. Στα διαλύματα τα μέταλλα διαμορφώνουν δεσμούς όπως τα ιόντα υδροξειδίου και τα ιόντα ανθρακικού άλατος. Οι ισχυρότεροι δεσμοί διαμορφώνονται με τους παράγοντες που σχηματίζουν χημική ένωση όπως η οργανική ύλη. Τα μέταλλα διαμορφώνουν δεσμούς με μόρια όπως τα οξείδια, ο άργιλος και η μοριακή οργανική ύλη. Η

τοξικότητα συσχετίζεται συνήθως με τη διαλυμένη, μορφή των μετάλλων, παρά με την προσροφημένη, σχηματισμένη χημική ένωση, ή περιπλεγμένες μορφές που είναι πιο κοινά. Εκτός από τη μείωση του μέσω της δέσμευσης στα μόρια, η συγκέντρωση των τοξικών διαλυμένων, μη περίπλοκων μορφών μειώνεται σε υψηλό pH. Η τοξικότητα των μετάλλων μειώνεται επίσης σε υψηλή αλκαλικότητα λόγω ανταγωνισμού των ιόντων με τα μέταλλα. Για αυτό, τα μέταλλα είναι λιγότερο πρόβλημα για τα θαλάσσια συστήματα υδατοκαλλιέργειας απ' ό,τι σε αυτά του γλυκού νερού. Μερικά μέταλλα βιοσυσσωρεύονται στα ψάρια με αποτέλεσμα να αποτελούν πιθανή απειλή για τη δημόσια υγεία.

Παρακάτω συνοψίζονται οι πηγές, η περιβαλλοντική συμπεριφορά, το υπόβαθρο των επιπέδων και η τοξικότητα των μετάλλων. Επιπλέον, παρουσιάζονται οδηγίες για να αξιολογηθεί το νερό της πηγής. Πρέπει να σημειωθεί ότι αν και αυτό το έγγραφο μεταχειρίζεται τους μολυσματικούς παράγοντες ατομικά, είναι πιθανό να εμφανιστούν σε συντονισμό με άλλους μολυσματικούς παράγοντες και προβλήματα ποιότητας του νερού. Ένα μίγμα μετάλλων σε συγκεντρώσεις κάτω από τα μεμονωμένα κατώτατα όρια τοξικότητας μπορούν να παράγουν τοξικά αποτελέσματα μέσω της κοινής δράσης τους (Furness and Rainbow 1990, in Ronald et al, 1999). Τα παρακάτω τμήματα απεικονίζουν την προκατάληψη στην επιστημονική κοινότητα προς την εστίαση στα κριτήρια για τις συγκεντρώσεις μολυσματικών παραγόντων στην υδάτινη στήλη, αλλά οι συγκεντρώσεις στα ιζήματα μπορεί να είναι εξίσου σημαντικές, εάν όχι περισσότερο. Σε μερικές περιπτώσεις τα ιζήματα μπορούν να είναι το πιο κατάλληλο μέτρο ρύπανσης, όμως λίγα πρότυπα υπάρχουν για τη ρύπανση των ιζημάτων.

Υδράργυρος

Ο υδράργυρος (Hg) εμφανίζεται στο περιβάλλον ως αποτέλεσμα της ηφαιστειακής εξαέρωσης του εσωτερικού φλοιού της Γης και της διάβρωση της πλούσιας γεωλογίας του υδραργύρου. Ενώ το νερό από περιοχές πλούσιες σε μεταλλεύματα υδραργύρου μπορεί να εκθέσει σε υψηλές τοπικές συγκεντρώσεις υδραργύρου, βιομηχανικές διαδικασίες, γεωργία, και η καύση του ορυκτού καυσίμου είναι οι σημαντικότερες πηγές υδρόβιας μόλυνσης. Οι κοινές πηγές περιλαμβάνουν το καυστικό νάτριο, πολτό και χαρτί, και κατασκευή χρωμάτων. Ο υδράργυρος χρησιμοποιείται επίσης στις μπαταρίες, το οδοντικό αμάλγαμα, και στα βακτηριοκτόνα.

Περιβαλλοντική συμπεριφορά Ο υδράργυρος εμφανίζεται και με ανόργανες και οργανικές μορφές στο νερό. Οι πιο κυρίαρχες μορφές του στο γλυκό νερό είναι συμπλέγματα υδροξειδίου και στα αλμυρά νερά ως σύμπλεγμα χλωριδίου (Stumm και Morgan 1981, in Ronald et al, 1999). Ο υδράργυρος υπάρχει επίσης ως υδραργυρικό ιόν (Hg^{2+}) και υπό ανοξικές συνθήκες, ως ουδέτερη μορφή (Hg). Στα χώματα μπορεί να κατακρημνιστεί ως σταθερό υδραργυρικό σουλφίδιο (Dojido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Ο μεθυλικός υδράργυρος διαμορφώνεται από τα

βακτηρίδια από τα υδραργυρικά ιόντα κάτω από αεροβικές και αναερόβιες συνθήκες. Είναι αυτή η μορφή που βιοσυσσωρεύεται στα ψάρια και τα οστρακόδεσμα.

Επίπεδα Τα επίπεδα υδραργύρου στο νερό είναι πολύ χαμηλότερα από τα επίπεδα στα ιζήματα. Οι φυσικές συγκεντρώσεις υποβάθρου υπολογίζονται κατά μέσο όρο 0.1 mg/lit ξηρού βάρους στα χώματα και 0.19 mg/lit ξηρού βάρους στα ιζήματα. Για τα μη ρυπασμένα νερά τα επίπεδα πέφτουν σε εύρος 0.001-0.003 ppb για τα ποτάμια και τις λίμνες, 0.002- 0.015 για τα παράκτια νερά και 0.0005-0.003 ppb για τον ανοικτό ωκεανό.

Αποτελέσματα στην υγεία των ψαριών Ο υψηλότερος δείκτης θνησιμότητας του υδραργύρου για τα ψάρια ποικίλλει από 1mg/lit για την *Tilapia* έως και 2 mg/lit για τα καρκινοειδή.

Επιπτώσεις στη βιοσυσσώρευση Ενώ ο μεθυλικός υδράργυρος αποτελεί περισσότερο από το 90% του υδραργύρου που βρίσκεται στα ψάρια στα υψηλά τροφικά επίπεδα, αποτελεί λιγότερο από 1% του συνολικού υδραργύρου που υπάρχει στα υδάτινα οικοσυστήματα. Ο μεθυλικός υδράργυρος είναι 1000 φορές πιο διαλυτός στα λίπη, απ' ό,τι στο νερό κι συγκεντρώνεται στους ιστούς των μυών, του εγκεφάλου και στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Ως εκ τούτου, τα επίπεδα στα ψάρια μπορεί να είναι πάνω από 10.000-100.000 φορές από την αρχική συγκέντρωση στα περιβάλλοντα νερά. Οι μολυσματικοί παράγοντες αυξάνονται μέσω της τροφικής αλυσίδας και οι υψηλές συγκεντρώσεις του υδραργύρου συσσωρεύονται στα αρπακτικά ζώα όπως η πέστροφα, λούτσοι, πέρκες, τόνος, ξιφίες, και καρχαρίες. Στις ιδιαίτερα ρυπασμένες περιοχές ο μεθυλικός υδράργυρος μπορεί να συσσωρευθεί στα μικρότερα είδη που είναι χαμηλότερα στην τροφική αλυσίδα όπως εκείνα που βρίσκονται στην υδατοκαλλιέργεια (Philips 1993, in Ronald et al, 1999). Εκτός από τα ψάρια, τα υδρόβια ασπόνδυλα συσσωρεύουν επίσης τον υδράργυρο σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Η συσσώρευση είναι γρήγορη ενώ η απαλλαγή από ρύπους είναι αργή. Οι ελαφρώς μολυσμένες γαρίδες είναι αργές στο να αποβάλλουν τον υδράργυρο , ενώ τα μολυσμένα στρείδια τον αποβάλλουν γρήγορα. Αντίθετα από τα στρείδια, οι γαρίδες καταναλώνουν οργανισμούς οι οποίοι κατοικούν στο ιζήμα που μπορεί να περιέχουν ένα μεγαλύτερο μέρος μεθυλικού υδράργυρο από το πλαγκτόν και τα συντρίμμια στην υδάτινη στήλη. Η απαλλαγή από ρύπους υδραργύρου στα ψάρια είναι επίσης εξαιρετικά αργή. Ο δείκτης θνησιμότητας 50% μεθυλικού υδραργύρου στα ψάρια υπολογίζεται σε δύο έτη (Palmer και Presley 1993, in Ronald et al, 1999).

Τα επίπεδα μεθυλικού υδραργύρου στα ψάρια έχουν επίσης συσχετιστεί με την ηλικία και το μέγεθος των ψαριών, το είδος, το pH του νερού, και την περιεκτικότητα του νερού σε υδράργυρο και ιζήματα (Who 1989b, in Ronald et al, 1999). Εντούτοις οι διαδικασίες που έχουν επιπτώσεις στη συμπεριφορά του υδραργύρου στο περιβάλλον είναι πάρα πολύ σύνθετες σύμφωνα με τις υπάρχουσες γνώσεις.

Αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία Ο γενικός πληθυσμός δεν αντιμετωπίζει

σημαντικό κίνδυνο για την υγεία από τον υδράργυρο. Η έκθεση είναι πρώτιστα μέσω της διατροφής. Στα περισσότερα θαλασσινά ο υδράργυρος είναι κατά ένα μεγάλο μέρος στην ανόργανη μορφή του και σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Ψάρια και αλιευτικά προϊόντα είναι οι κυρίαρχες διαιτητικές πηγές, ως εκ τούτου, ο υδράργυρος είναι μεγαλύτερης ανησυχίας στις περιοχές όπου τα ψάρια και τα οστρακόδερμα αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό της διατροφής (Philips 1993, in Ronald et al, 1999). Πολύ υψηλά επίπεδα (περισσότερο από 1 mg /lt υγρό βάρος) έχουν βρεθεί στη σάρκα των ψαριών από ρυπασμένα νερά, με συνέπεια την απαγορεύση στην αλιεία, στην πώληση ψαριών, και την κατανάλωση ψαριών σε αυτές τις περιοχές.

Οι ομάδες ανθρώπων με υψηλά ποσοστά κατανάλωσης ψαριών μπορούν να συσσωρεύσουν τον αίμα-μεθυλικό υδράργυρο σε επίπεδα που συνδέονται με έναν κίνδυνο χαμηλής νευρολογικής ζημίας στους ενήλικες. Οι επιπτώσεις στην υγεία από τη δηλητηρίαση υδραργύρου είναι ουσιαστικά αμετάκλητες. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν το μούδιασμα και το τσούξιμο, την απώλεια όρασης και ακρόασης, το παραλήρημα, τη διαταραχή του βηματισμού και της ομιλίας (Philips 1993, in Ronald et al, 1999). Ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι ότι ο μεθυλικός υδράργυρος απορροφάται σχεδόν τελείως από το έντερο στο σώμα, και κυκλοφορεί αμετάβλητο στο αίμα. Παραμένει στο σώμα για εκτεταμένες χρονικές περιόδους (η βιολογική ημιζωή υπολογίζεται σε 70-76 ημέρες στον άνθρωπο και 200 ημέρες έως δύο έτη στα ψάρια), διαπερνά εύκολα το αιματοεγκεφαλικό εμπόδιο και συσσωρεύεται στον εγκέφαλο. Οι έγκυες και νοσηλεύτριες γυναίκες διατρέχουν έναν μεγαλύτερο κίνδυνο δυσμενών αποτελεσμάτων σε σχέση με το γενικό πληθυσμό (Who 1989b, in Ronald et al, 1999). Ο μεθυλικός υδράργυρος διαπερνά εύκολα τον πλακούντα και συσσωρεύεται στο έμβρυο (Philips 1993, in Ronald et al, 1999), προκαλώντας κρίσιμη προγενετική έκθεση που μπορεί να οδηγήσει σε βλάβη του εγκεφάλου (Fitzgerald και Clarkson 1991, in Ronald et al, 1999). Επειδή είναι ιδιαίτερα λιποδιαλυτός, ο μεθυλικός υδράργυρος συσσωρεύεται επίσης στο μητρικό γάλα.

Οδηγίες Επειδή οι συγκεντρώσεις που μπορούν να παρουσιάσουν δημόσιο κίνδυνο για την υγεία είναι σημαντικά χαμηλότερες από εκείνες που έχουν επιπτώσεις στην υγεία των καλλιεργούμενων ειδών, οι οδηγίες είναι βασισμένες στους δημόσιους κινδύνους για την υγεία. Επειδή η χημική ουσία και οι βιολογικές αλληλεπιδράσεις του υδραργύρου είναι τόσο σύνθετες, δεν είναι δυνατό να υπολογιστούν ενιαία κριτήρια υδραργύρου για το νερό πηγής που θα παράξει τα προϊόντα υδατοκαλλιέργειας με μια συγκέντρωση υδραργύρου λιγότερη από εκείνη που παρουσιάζει κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Επομένως μια φάση III πειραματικής μελέτης είναι ενδεδειγμένη εάν οι συνολικές συγκεντρώσεις υδραργύρου στο γλυκό νερό ή στις εκβολές είναι μεγαλύτερες από 0.01 ppb ή μεγαλύτερες από 0.02 ppb στο αλμυρό νερό.

Κάδμιο

Το κάδμιο (Cd) είναι ένα ιδιαίτερα τοξικό μέταλλο που διαδραματίζει έναν ρόλο σε ποικίλλες βιομηχανικές διαδικασίες όπως η ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση, η επένδυση νικελίου, η χάρραξη, και κατασκευή μπαταριών. Είναι επίσης ένα συστατικό των εύκολα τηκτών κραμάτων, της μαλακής ύλης συγκολλησίσεως, των ηλεκτροδίων για τους λαμπτήρες ατμού, των φωτοηλεκτρικών κυττάρων, των μπαταριών αποθήκευσης νικελίου-καδμίου, των χρωστικών ουσιών και των πλαστικών. Ανόργανα λιπάσματα όπως τα λιπάσματα φωσφορικού άλατος, ιλύς καθαρισμού λυμμάτων που χρησιμοποιούνται στην αγροτική γη, και τα εντοιχιζόμενα τμήματα από τα ορυχεία ψευδάργυρου είναι επίσης σημαντικές πηγές μόλυνσης καδμίου. Το κάδμιο βρίσκεται συνήθως μαζί με τον ψευδάργυρο στα νερά επιφάνειας, αλλά σε πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις (Svobodova et al 1993, in Ronald et al, 1999). Αστικά απόβλητα αποχέτευσης λυμάτων και η λάσπη είναι μια άλλη σημαντική πηγή καδμίου στα υδρόβια περιβάλλοντα.

Περιβαλλοντική συμπεριφορά Η κυρίαρχη μορφή καδμίου στο περιβάλλον είναι ως ιόν καδμίου (Cd^{2+}). Μπορεί επίσης να περιπλεχθεί με οργανική ύλη και μόρια σε ένα σημαντικό βαθμό (Dojlido 1993, in Ronald et al, 1999). Σε ανοξικά ιζήματα, το κάδμιο επικρατεί ως σουλφίδιο του καδμίου. Αντίθετα από τον υδράργυρο, το κάδμιο δεν σχηματίζει οργανομεταλλικές ενώσεις.

Επίπεδα Γενικά τα φυσικά νερά περιέχουν πολύ χαμηλά επίπεδα καδμίου εκτός αν αυτά είναι ρυπασμένα. Για τα καθαρά νερά οποιουδήποτε τύπου, το εύρος των συγκεντρώσεων του καδμίου είναι γενικά από 0.0 έως 0.13 ppb. Οι αλατούχες στάθμες ύδατος είναι λιγότερο από 0.2 ppb στις εκβολές (λιγότερο από 2.0 στις εκβολές των ιζημάτων) και λιγότερο από 0.15 ppb σε παράκτιες περιοχές (λιγότερο από 1.5 στα ιζήματα).

Επίδραση στην υγεία ψαριών και οστρακόδερμων Το ιόν καδμίου και μερικά οργανικά και ανόργανα συμπλέγματα είναι τοξικά για τα ψάρια. Οξεία τοξική έκθεση των ψαριών βλάπτει το κεντρικό νευρικό σύστημα και τα παρεγχυματώδη όργανα. Η χρόνια έκθεση έχει επιπτώσεις στα αναπαραγωγικά όργανα των υδρόβιων οργανισμών, καθώς επίσης και στην ωρίμανση, την εκκολαψιμότητα, και την ανάπτυξη των προνυμφών (Svobodova et al 1993, in Ronald et al, 1999). Η συνεχής έκθεση προκαλεί θνησιμότητα σε συγκεντρώσεις αρκετά χαμηλότερες από τον υψηλότερο δείκτη θνησιμότητας (96-ώρα LCJ), πιθανώς επειδή η αποδοτικότητα του μηχανισμού αποτοξίνωσης καδμίου στα ψάρια έχει μια περιορισμένη διάρκεια (Lloyd 1992, in Ronald et al, 1999).

Εντούτοις, το μεγαλύτερο μέρος του καδμίου που δεσμεύεται με τα στερεά μόρια καταλήγει στα ιζήματα όπου η βιολογική διαθεσιμότητά του είναι περιορισμένη και έτσι λιγότερο τοξική. Το ασβέστιο μειώνει επίσης την τοξικότητα του διαλυμένου καδμίου, έτσι είναι κάπως λιγότερο τοξικό στο σκληρό νερό (Lloyd 1992,). Επειδή ο άνθρακας και το κάδμιο ανταγωνίζονται για τις περιοχές συνδέσεων, υψηλότερες συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να μειώσουν τη βιολογική διαθεσιμότητα και ως εκ τούτου την τοξικότητα του καδμίου.

Αποτελέσματα στη βιοσυσσώρευση Μερικά είδη έχουν μεγαλύτερη ικανότητα για

συσσώρευση του καδμίου από άλλα είδη. Αντίθετα από τον υδράργυρο, τα ποσοστά συσσώρευσης για το κάδμιο ποικίλλουν πολύ μεταξύ των διαφόρων ομάδων (Phillips 1993, in Ronald et al, 1999). Οι παράγοντες βιοσυγκέντρωσης (συγκέντρωση στον οργανισμό/συγκέντρωση στο νερό) για πολλά είδη είναι της σειράς των χιλιάδων. Για μερικά μαλάκια και αρθρόποδα, είναι σε σειρά των δεκάδων χιλιάδων, και σε σειρά των εκατοντάδων χιλιάδων για ορισμένους ιστούς (λίγοι εκ των οποίων τρώγονται). Η απαλλαγή από ρύπους είναι αργή και ελλιπή, έτσι τα ζώα που μολύνονται στις εγκαταστάσεις της καλλιέργειας δεν είναι εμπορικά αποδεκτά.

Σημαντικά επίπεδα καδμίου μπορούν να συσσωρευθούν από τα δίθυρα μαλάκια και ορισμένα είδη καρκινοειδών (Phillips 1993, in Ronald et al, 1999). Στα ρυπασμένα νερά, στρείδια (*Crassostrea gigas* και *C. commercialis*), μαλάκια, και μερικά είδη καβουριών (ιδιαίτερα στο καφετί κρέας) μπορεί να συσσωρεύουν σημαντικές ποσότητες του καδμίου. Το στρείδι του Ειρηνικού (*Crassostrea gigas*) έχει εκτεθεί σε υψηλές συγκεντρώσεις του καδμίου, ειδικά στην Κίνα. Συγκεντρώσεις καδμίου στις γαρίδες είναι απίθανο να είναι υψηλές. Αν και, οι μελέτες στη γαρίδα *Penaeus japonicus* έχουν αποκαλύψει υψηλές συγκεντρώσεις μέσα σε περιοχές όπου οι συγκεντρώσεις ψαριών ήταν συγκριτικά χαμηλές. Στα θαλάσσια σπονδυλωτά, το κάδμιο τείνει να συσσωρεύεται στους νεφρούς, αφήνοντας τη συγκέντρωση χαμηλή στον αξονικό ιστό των μυών.

Αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία Το κάδμιο είναι εξαιρετικά επίμονο στους ανθρώπους, και ακόμα και χαμηλά επίπεδα έκθεσης μπορούν να οδηγήσουν σε συσσώρευση με την πάροδο του χρόνου ειδικά στους νεφρούς (Who 1989b, in Ronald et al, 1999). Τα σημαντικότερα συμπτώματα της δηλητηρίασης από κάδμιο, επίσης γνωστή ως σύνδρομο «itai-itai», είναι το μαλάκωμα των οστών, ψευδο-σπασίματα των οστών, πιθανή σκελετική παραμόρφωση, και ζημιά των νεφρών (Phillips 1993, in Ronald et al, 1999). Τα υποκλινικά αποτελέσματα περιλαμβάνουν ηπατική και νεφρική σωληνοειδής δυσλειτουργία (Phillips 1993, in Ronald et al, 1999).

Η έκθεση είναι πιθανό να ποικίλλει μεταξύ των ατόμων ανάλογα με τις διατροφικές προτιμήσεις. Δίθυρα μαλάκια (στρείδια και μαλάκια), μερικά καρκινοειδή, νεφροί και συκώτια των επίγειων ζώων, και ο καπνός είναι κοινές διαβάσεις της έκθεσης καδμίου για τους ανθρώπους (Phillips 1993, in Ronald et al, 1999). Ενώ η δηλητηρίαση καδμίου δεν ήταν γνωστό ότι εμφανίζεται ως αποτέλεσμα της κατανάλωσης αλιευτικών προϊόντων, υπάρχει σημαντική ανησυχία για αυτή την πιθανότητα.

Οδηγίες Απαριθμούνται στον πίνακα 1.17 οι οδηγίες για το κάδμιο στο νερό της πηγής. Τα κριτήρια του Meade (1989, in Ronald et al, 1999) για καδμίου 0.5 ppb για το μαλακό νερό και το ppb 5 για τα σκληρά νερά είναι καλά για τις περισσότερες υδατοκαλλιέργειες με εξαίρεση τα μαλάκια. Η γραμμική λήψη του καδμίου καταγράφηκε για μαλάκια που αυξάνονται στο ppb 5 του σκληρού αλμυρού νερού (UNEP 1985.11). Επομένως, ένα πιο συντηρητικό ανώτερο όριο 0.5 ppb, ανεξάρτητα από τη σκληρότητα, συστήνεται για τα μαλάκια.

Πίνακας 1.17 Μέγιστες συγκεντρώσεις καδμίου

<i>Species</i>	<i>Concentration (ppb)</i>	<i>Comment</i>	<i>Reference</i>
Salmonids	<0.2		Svobodova et al 1993
Salmonid hatcheries	<0.4	Alkalinity < 100 mg/l	Piper et al 1982
	<3.0	Alkalinity > 100 mg/l	
Cyprinids	<1.0		Svobodova et al 1993
Crustaceans	<2.0		UNEP 1985
Freshwater	<1.1		UNEP 1986
Saltwater	<9.3		UNEP 1986
General guidelines	<0.5	Alkalinity < 100 mg/l	Meade 1989
	<5.0	Alkalinity > 100 mg/l	
Human drinking water	<10.0		Maryland 1993

ΠΗΓΗ Ronald et al, 1999

Μόλυβδος

Οι σημαντικότερες πηγές μολύβδου (Pb) στα υδρόβια συστήματα περιλαμβάνουν την ατμοσφαιρική απόθεση της εξάτμισης από τα οχήματα, τη διάθεση των μπαταριών, μολύβδος από ορυχείο μεταλλεύματος, χύτες μολύβδου, λύματα, απορροή εθνικών οδών, και τη γεωργία.

Περιβαλλοντική συμπεριφορά και Επίπεδα Σε pH 6 τα ιόντα (Pb²⁺) και υδροξειδίου του μολύβδου υπερισχύουν. Σε υψηλότερο pH, το υδροξείδιο του μολύβδου και τα είδη ανθρακικού άλατος αρχίζουν να υπερισχύουν. Ο μολύβδος συνήθως διαμορφώνει το θειϊκό άλας και το ανθρακικό άλας στα ιζήματα. Διαμορφώνει επίσης συμπλέγματα με την οργανική ύλη και τα μόρια. Οι διαλυμένες συγκεντρώσεις μολύβδου στο περιβάλλον είναι γενικά χαμηλές είτε λόγω της πτώσης των ειδών ανθρακικού άλατος είτε λόγω της προσρόφησης της μοριακής

ύλης (Dojlido 1995, in Ronald et al, 1999). Υπάρχουν κάποια στοιχεία ότι ο μόλυβδος σχηματίζει οργανομεταλλικές ενώσεις στα φυσικά συστήματα που μπορούν να συσσωρεύονται στα ψάρια (Schmidt and Huber 1976, in Ronald et al, 1999). Τα Επίπεδα του διαλυμένου μολύβδου στα νερά επιφάνειας σπάνια υπερβαίνουν τα 20 ppb (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999).

Επιδράσεις στην υγεία των ψαριών και οστρακόδερμων Η χρόνια τοξικότητα του μολύβδου στους υδρόβιους οργανισμούς οδηγεί σε βλάβες του νευρικού συστήματος ενώ η οξεία τοξικότητα προκαλεί ζημιά στα βράγχια και ασφυξία (Svobodova et al 1993, in Ronald et al, 1999). Η χρόνια τοξικότητα του μολύβδου προσδιορίζεται εύκολα στα ψάρια από το μαύρισμα των πτερυγίων (Dojlido and Best 1993 in Ronald et al, 1999 ,). Εξαρτάται από την αλκαλικότητα, τη σκληρότητα και το pH του νερού. Η τοξικότητα μειώνεται από την υψηλή αλκαλικότητα (δηλαδή υψηλό ανθρακικό άλας ασβεστίου) επειδή το ανθρακικό άλας ασβεστίου ανταγωνίζεται για τη λήψη στην επιφάνεια του βραγχίου (Lloyd 1992, in Ronald et al, 1999). Η διαλυτότητα του μολύβδου και έτσι η τοξικότητά του είναι χαμηλότερη στα σκληρά νερά από ότι στα μαλακά νερά (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Για τον ίδιο λόγο, η τοξικότητα του μολύβδου είναι υψηλότερη σε χαμηλότερα επίπεδα pH, που θα ήταν κοινό, ιδιαίτερα στα κατώτατα σημεία λιμνών και μεταξύ του βένθους και των θρεπτικών ουσιών (Svobodova et al 1993, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα στη βιοσυσσώρευση Τα Επίπεδα είναι χαμηλά στα περισσότερα θαλάσσια προϊόντα και είναι απίθανο να είναι μια απειλή για τη δημόσια υγεία (Phillips 1993, in Ronald et al, 1999). Εντούτοις, τα μαλάκια είναι γνωστό ότι συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις μολύβδου στις ρυπασμένες περιοχές (Pastor et al 1994, in Ronald et al, 1999). Η ημιζωή του μολύβδου στους θαλάσσιους οργανισμούς είναι συντομότερη από τις ημιζωές άλλων βαρέων μετάλλων. Μόλυβδος στα στρείδια έχει ημιζωή 26 έως 34 ημέρες. Σε 40 ημέρες τα μύδια χάνουν 33% από αυτά που συσσωρεύουν. Θεωρείται ότι το ποσοστό απαλλαγής από ρύπους μολύβδου είναι εξαρτώμενο από τις αρχικές συνθήκες έκθεσης και τους μηχανισμούς αποτοξίνωσης (UNEP 1985.35).

Αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, τα ψάρια και τα οστρακόδερμα δεν είναι σημαντικές διαβάσεις για την έκθεση μολύβδου στους ανθρώπινους πληθυσμούς. Οι επιδράσεις που προκύπτουν πρώτιστα από την έκθεση περιλαμβάνουν εξασθενημένη νευρολογική και μυική ανάπτυξη και ζημιά στους νεφρούς (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Σοβαρή δηλητηρίαση από μόλυβδο μπορεί επίσης να εμφανιστεί μετά από κατάποση χρωμάτων με βάση το μόλυβδο.

Οδηγίες Τα κριτήρια μολύβδου στον πίνακα 1.18 αντιπροσωπεύουν τη ποικιλία των απόψεων σχετικά με το μέγιστο της συγκέντρωσης του μολύβδου στο νερό της πηγής. Το επιτρεπτό επίπεδο μολύβδου στην κατανάλωση του νερού είναι επίσης συμπεριλαμβανόμενο για τη σύγκριση. Εντούτοις, τα μύδια αλμυρού νερού (*Mytilus edulis*) έχουν παρουσιαστεί να συσσωρεύουν σημαντικές συγκεντρώσεις του μολύβδου μέσα στο νερό με μια συγκέντρωση των 10 ppb, έτσι είναι αμφισβητήσιμο

εάν οποιαδήποτε από τα κριτήρια κατωτέρω είναι αρκετά συντηρητικά για τα μαλάκια (UNEP 1985, 35). Η ασφαλέστερη στρατηγική είναι να διεξαχθεί μια φάση III πειραματικής μελέτης για το εάν οι συγκεντρώσεις μολύβδου στο προτεινόμενο νερό πηγής υπερβαίνουν τα 3.2 ppb για το γλυκό νερό ή τα 5.6 ppb για το αλμυρό νερό.

Πίνακας 1.18 Μέγιστες συγκεντρώσεις μολύβδου

Species	Lead concentration	References
Salmonids	4.0-8.0 ppb	Svobodova <i>et al.</i> 1993
	< 4.0 ppb annual mean; hardness < 50 mg/l	EC 1979
	< 0.0 ppb annual mean; hardness 50-150 mg/l	
	< 20.0 ppb annual mean; hardness > 150 mg/l	
Cyprinids	< 70.0 ppb	Svobodova <i>et al.</i> 1993
	< 50.0 ppb annual mean; hardness < 50 mg/l	EC 1979
	< 25.0 ppb annual mean; hardness 50-150 mg/l	
	< 250.0 ppb annual mean; hardness 150-250 mg/l	
Freshwater	< 3.2 ppb	USEPA 1986
Saltwater	< 8.5 ppb	USEPA 1986
	< 5.6 ppb	Maryland 1993
All species	< 20.0 ppb	Meade 1989
Drinking water	< 50.0 ppb	Maryland 1993

Χαλκός

Ο χαλκός (Cu) χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν στα αντιρρυπαντικά χρώματα, αν και έχει αντικατασταθεί κατά ένα μεγάλο μέρος από οργανικές ενώσεις. Με τη διύλιση από τα χρώματα στις φλούδες των σκαφών, ο χαλκός έχει εισαχθεί στο υδρόβιο περιβάλλον (Lloyd 1992, in Ronald et al, 1999). Επιπλέον, ο χαλκός χρησιμοποιείται στα μυκητοκτόνα και τα φάρμακα θανάτωσης των μικροφυκών. Τα μεταλλεία είναι επίσης μια σημαντική πηγή χαλκού στο υδρόβιο περιβάλλον.

Περιβαλλοντική συμπεριφορά Είδη χαλκού μέσα στα φυσικά νερά περιλαμβάνουν συνήθως συμπλέγματα ιόντων δισθενούς χαλκού (Cu^{2+}), και υδροξειδίου και ανθρακικού άλατος χαλκού. Επιπλέον, ο χαλκός διαμορφώνει ισχυρά συμπλέγματα με τη διαλυμένη οργανική ύλη και τη μοριακή. Αυτά τα συμπλέγματα ελέγχουν τον υδάτινο χαλκό ή/και την ιονική συγκέντρωση του χαλκού στα συστήματα γλυκού νερού. Η πτώση του ανθρακικού άλατος χαλκού μπορεί επίσης να ελέγξει τη συγκέντρωση σε πιο υψηλά επίπεδα pH. Στο νερό της θάλασσας υπάρχουν στοιχεία ότι συσσωματώματα στερεών και οργανικής ύλης οφείλεται λιγότερο στην υψηλή συγκέντρωση των ιόντων που ανταγωνίζονται για συσσωμάτωση στις περιοχές. Στα κατώτατα ιζήματα, ο χαλκός μπορεί να κατακρημνιστεί ως σουλφίδια, υδροξειδία και ανθρακικά άλατα.

Επίπεδα Οι συγκεντρώσεις του χαλκού μέσα στο νερό είναι περίπου 2 ppb. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται στις ρυπασμένες περιοχές (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999).

Επίδραση στην υγεία ψαριών και οστρακόδερμων Ο χαλκός έχει χαμηλή τοξικότητα στα θηλαστικά και δεν βιοσυσσωρεύεται εύκολα. Εντούτοις, ο χαλκός είναι πολύ τοξικός για τους υδρόβιους οργανισμούς. Επομένως, παρά την πρόκληση κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία, η βασική ανησυχία σχετικά με τη μόλυνση χαλκού είναι η τοξικότητά του στους υδρόβιους οργανισμούς.

Ο χαλκός είναι τοξικότερος στους υδρόβιους οργανισμούς μέσα από τη δισθενή ιονική του μορφή. Η σκληρότητα και η διαλυμένη οργανική ύλη μειώνει το ποσό του δισθενούς ιόντος του χαλκού και μειώνεται έτσι η τοξικότητά του. Στο σκληρό νερό, ο χαλκός ξαναδιαλύεται με πολύ αργό ρυθμό. Επίσης, το ασβέστιο μέσα στα σκληρά νερά ανταγωνίζεται με το χαλκό για τη δέσμευση περιοχών, μειώνοντας περαιτέρω την τοξικότητα. Η διαλυμένη οργανική ύλη συνδέεται έντονα με το χαλκό με συνέπεια τη μείωση της ιονικής συγκέντρωσης του δισθενούς χαλκού και κατά συνέπεια χαμηλότερη τοξικότητα.

Οδηγίες Οι μέγιστες συνιστώμενες συγκεντρώσεις για το χαλκό στην πηγή ποικίλλουν από 1 έως 10 ppb ή περισσότερο ανάλογα με τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού και τα είδη των ψαριών (Svobodova 1993, in Ronald et al, 1999). Απαριθμούνται στον πίνακα 1.19 οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ)

συγκεκριμένα για τα σαλμονοειδή. Τα εξής είναι γενικές οδηγίες συγκέντρωσης χαλκού που συλλέγονται από τις διαφορετικές πηγές: λιγότερο από 2.9 ppb για αλμυρό νερό, λιγότερο από 6 ppb για μαλακό γλυκό νερό (αλκαλικότητα λιγότερο από 100mg /lt) λιγότερο από το 12 ppb για σκληρό γλυκό νερό, αλκαλικότητας μεγαλύτερης από 100 mg/lt.

Πίνακας 1.19 Μέγιστες συγκεντρώσεις χαλκού

Species	Copper concentration
Salmonids	< 1 ppb; hardness 0-50 mg
	<6 ppb; hardness 50-100 mg
	< 10 ppb; hardness 100-250 mg
	< 28 ppb; hardness > 250 mg

ΠΗΓΗ EU 1979 (in Ronald et al, 1999)

Αργίλιο

Το αργίλιο (Al) είναι μεταξύ των αφθονότερων φυσικών μετάλλων. Οι πιο κοινές του μορφές στο περιβάλλον είναι ως αλουμινο-σιλικέϊτ ή οξειδία αργιλίου. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές στο νερό περιλαμβάνουν τη χρήση του ως πηκτικό στην κατεργασία ύδατος. Επίσης συνήθως χρησιμοποιείται στις χημικές βιομηχανίες (Dojlidoand Best 1993, in Ronald et al, 1999).

Περιβαλλοντική συμπεριφορά και Επίπεδα Το αργίλιο είναι πιο διαλυτό σε ρΗ κάτω από 6 απ' ό,τι σε υψηλότερο ρΗ όπου κατακρημνίζεται ως υδροξείδιο αργιλίου (Svobodova et al 1993, in Ronald et al, 1999). Γενικά, σε επίπεδα ρΗ κοινά για τα φυσικά νερά (ρΗ 5 έως 9), οι συγκεντρώσεις αργιλίου είναι χαμηλές λόγω της χαμηλής διαλυτότητας του υδροξειδίου του αργιλίου. Κανονικές συγκεντρώσεις του διαλυμένου αργιλίου στα φυσικά νερά με κοντά στο ουδέτερο το ρΗ κυμαίνονται από 0.0003 ppb ως 0.3 ppb. Όξινα νερά θα είχαν υψηλότερες διαλυμένες συγκεντρώσεις αργιλίου. Οι σύνθετες ενώσεις όπως τα χουμικά οξέα θα αύξαναν τη διαλυτότητα του αργιλίου, αυξάνοντας κατά συνέπεια τη διαλυμένη συγκέντρωση αργιλίου.

Αποτελέσματα στην υγεία ψαριών και οστρακόδερμων Η τοξικότητα του αργιλίου για τα ψάρια εξαρτάται από άλλους παράγοντες που στη συνέχεια είναι εξαρτώμενο του pH. Η μέγιστη τοξικότητα εμφανίζεται στο ρΗ 5.

Αποτελέσματα στη βιοσυσσώρευση και τη δημόσια υγεία Τα ψάρια θα πεθάνουν από τη δηλητηρίαση αργιλίου πολύ πριν συσσωρεύσουν τις συγκεντρώσεις που θα ήταν επιβλαβείς στους ανθρώπους. Επομένως, η βιοσυσσώρευση δεν είναι

πρωτίστης ανησυχίας. Εάν εκτίθεται, υπάρχουν λίγοι λόγοι για ανησυχία. Αργίλιο που συσσωρεύεται μέσα στο σώμα αποθηκεύεται στην καρδιά, τη σπλήνα και τα οστά, και δεν έχει αποδειχθεί σοβαρός κίνδυνος για την υγεία. Πρέπει να σημειωθεί ότι, υπάρχει μια δυνατή αλλά μη αποδεδειγμένη συσχέτιση μεταξύ του αργιλίου και ασθενειών όπως Alzheimer (Who 1989b, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Μια οδηγία για το αργίλιο μέσα το νερό πηγής είναι ότι πρέπει να βρίσκεται σε μικρότερες συγκεντρώσεις από 10 ppb (Meade 1989, in Ronald et al, 1999).

Χρώμιο

Το χρώμιο (Cr) χρησιμοποιείται κυρίως στην επένδυση και παραγωγή κραμάτων χρωμίου. Το χρώμιο επίσης χρησιμοποιείται στις χρωστικές ουσίες, χρώματα, κεραμική, στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, στα μυκητοκτόνα, στα αλεξίπτωρα τούβλα και στους καταλύτες. Οι ενώσεις χρωμικών αλάτων χρησιμοποιούνται επίσης για τον έλεγχο διάβρωσης στη θέρμανση και τα συστήματα ψύξης (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999).

Περιβαλλοντική συμπεριφορά και Επίπεδα Υπό τις μειωμένες συνθήκες το χρώμιο έχει ιονική μορφή, Cr^{3+} . Κάτω από συνθήκες οξειδωσης όπως αυτές που βρίσκονται συνήθως σε μια υδατοκαλλιέργεια, το χρώμιο βρίσκεται στην εξασθενή (Cr^+) μορφή. Ένα μεγάλο ποσοστό του χρωμίου στα φυσικά νερά βρίσκεται συνδεδεμένο με αιωρούμενα στερεά και ιζήματα. Στο φυσικό νερό το χρώμιο έχει συγκέντρωση λιγότερο από 5 ppb και σπάνια είναι επάνω από 20 ppb (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Το χρώμιο μπορεί επίσης να βιοσυσσωρεύεται μέσα στους υδρόβιους οργανισμούς.

Αποτελέσματα στην υγεία ψαριών και οστρακόδερμων Το χρώμιο είναι ιδιαίτερα τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς, ιδιαίτερα η εξασθενής μορφή του. Η τοξικότητα του χρωμίου είναι μεγαλύτερη στο μαλακό, όξινο νερό (Svobodova et al 1993, in Ronald et al, 1999). Επομένως, η δηλητηρίαση χρωμίου είναι λιγότερο πρόβλημα στα θαλάσσια νερά, και τα Επίπεδα είναι χαμηλά στους περισσότερους θαλάσσιους οργανισμούς (Phillips 1993, in Ronald et al, 1999). Οι 96 ώρες LC50 για τα σαλμονοειδή ποικίλλει από 3.3 έως 65 mg/lit. Για μακροχρόνιες εκθέσεις διαπιστώθηκε ότι μια συγκέντρωση 13 ppb είχε επιπτώσεις στην αύξηση της πέστροφας.

Το χρώμιο δεν είναι πολύ τοξικό στους ανθρώπους. Υπάρχουν λίγα στοιχεία ότι σημαντική έκθεση μπορεί να εμφανιστεί μέσω της κατάποσης των θαλασσινών προϊόντων. Έχουν υπάρξει μερικές περιπτώσεις όπου μεγάλες εκθέσεις μέσω της εισπνοής των αλάτων προκάλεσαν καρκίνο του πνεύμονα (Forstner and Wittman 1981, in Ronald et al, 1999). Κριτήρια ποιότητας νερού για το χρώμιο στην υδατοκαλλιέργεια απαριθμούνται στον πίνακα 1.20.

Πίνακας 1.20 Μέγιστες συγκεντρώσεις χρωμίου

Species	Chromium concentration
Salmonid	<5 ppb mean; Hardness 0-50 /lt
	< 10 ppb mean; Hardness 50-100 /lt
	< 20 ppb annual mean; Hardness 100-200 mg/lt
	< 50 ppb mean; Hardness > 200 /lt
Cyprinid	< 150 ppb annual mean; Hardness 0-50 mg /lt
	<175 ppb mean; Hardness 50-100 /lt
	< 200 ppb annual mean; Hardness 100-200 mg/lt
	< 250 ppb annual mean; Hardness > 200 /lt
General	<210 ppb chromium (III)
guidelines	< 11 ppb chromium (VI) freshwater
	< 50 ppb (VI) in

ΠΗΓΗ EU 1979 and USEPA 1993 (in Ronald et al, 1999)

Νικέλιο (Ni)

Το νικέλιο (Ni) εισάγεται στα νερά επιφάνειας μέσω των αποβλήτων αποχέτευσης, από την επένδυση μετάλλων και τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας μεταλλεύματος. Εκπέμπεται επίσης από την καύση των πετρελαιοειδών και χρησιμοποιείται στην κατασκευή μπαταριών.

Πριβαλλοντική συμπεριφορά και Επίπεδα Η κυρίαρχη μορφή νικελίου στα υδρόβια συστήματα είναι η δισθενής μορφή του Ni²⁺. Σχηματίζει ισχυρά συγκρατημένα συμπλέγματα με τα χουμικά οξέα και μπορεί να προσροφηθεί στα μόρια. Εντούτοις, γενικά, το νικέλιο βρίσκεται κυρίως στη διαλυμένη μορφή σε φυσικό νερό (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Χαρακτηριστικές συγκεντρώσεις

του νικελίου στην επιφάνεια ποικίλλουν από το 1-3 ppb με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις (10-50 ppb) στις βιομηχανοποιημένες περιοχές.

Αποτελέσματα στην υγεία ψαριών και οστρακόδερμων Το νικέλιο είναι μόνο συγκρατημένα τοξικό στα ψάρια. Για την καλλιέργεια των σαλμονιδών, το νικέλιο έχει μια 96 ώρες LC50 τιμή 8 mg/lit σε μαλακό νερό και 50 mg/ lit στα σκληρά νερά.

Αποτελέσματα στη βιοσυσσώρευση Τα ψάρια έχουν μικρή ικανότητα για τη βιοσυσσώρευση του νικελίου. Τα ασπόνδυλα έχουν αποδειχθεί να συσσωρεύουν το νικέλιο (EIFAC 1984, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία Σε υψηλές συγκεντρώσεις το νικέλιο μπορεί να είναι καρκινογόνο και να δημιουργεί τερατογενέσεις στον άνθρωπο (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Τα συνιστώμενα κριτήρια ποιότητας νερού είναι: λιγότερο από 10 ppb (εκατοστημόριο 95 λιγότερο από ppb 30) για το μαλακό νερό (20 mg /lit CaCO) και λιγότερο από 40 ppb (εκατοστημόριο 95 λιγότερο από 120 ppb) για σκληρό νερό (320 mg/lit CaCO₃).

Αργυρος (Ασήμι)

Οι κύριες βιομηχανικές πηγές ασημιού (άργυρος) είναι η επεξεργασία μεταλλεύματος, η φωτογραφία, η οδοντιατρική, και η ηλεκτρονική. Στις βιομηχανοποιημένες περιοχές μη κανονικές υψηλές συγκεντρώσεις του ασημιού μπορούν να βρεθούν στα νερά επιφάνειας οπουδήποτε υπάρχουν ανθρώπινη δραστηριότητα. Στην πραγματικότητα το ασήμι είναι συχνά ένα αγαθό ανιχνευτής για τα λύματα.

Περιβαλλοντική συμπεριφορά και συγκεντρώσεις Οι κοινές υδάτινες μορφές ασημιού υπό αεροβικές συνθήκες είναι το ασημένιο ιόν (Ag⁺) στα γλυκά νερά και τα συμπλέγματα χλωριδίου του αργύρου στο νερό της θάλασσας (Stumm and Morgan 1981, in Ronald et al, 1999). Αυτό επίσης σχηματίζει μορφές όπως το σουλφίδιο αργύρου, οξειδίο του αργύρου, ασημένιο χλωρίδιο και νιτρικό άλας αργύρου (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Μαλάκια, όπως τα στρείδια, συσσωρεύουν το ασήμι γρήγορα, αλλά κάνουν πολύ καιρό για να το αποβάλλουν. Χαρακτηριστικές συγκεντρώσεις του ασημιού στα νερά επιφάνειας στις ηνωμένες Πολιτείες ποικίλλουν από 0 έως 1 ppb (Durum and Haffty 1961, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα στην υγεία ψαριών και οστρακόδερμων Το ασήμι είναι ιδιαίτερα τοξικό στην υδροβία ζωή. Η τοξικότητά του εξαρτάται από το άλας που είναι παρόν. Το ασημένιο νιτρικό άλας είναι τοξικότερο και ακολουθείται από το ασημένιο χλωρίδιο, σουλφίδιο, και θειοσουλφίδιο. Συγκεντρώσεις τόσο χαμηλές όπως 0.5 ppb έχουν προκαλέσει θνησιμότητες και έχουν παρεμποδίσει την εκκόλαψη της πέστροφας.

Αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία Το ασήμι μπορεί να απορροφηθεί από τον

ιστό του δέρματος. Όταν αυτό εμφανίζεται σε μεγάλες ποσότητες, μπορεί να προκληθεί αποχρωματισμός των ιστών του δέρματος και του ματιού, κατάσταση γνωστή ως αργυρία (Forstner and Wittman 1981, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις αργύρου πρέπει να αποφευχθούν για την καλλιέργεια των μαλακίων. Οι οδηγίες για τις συγκεντρώσεις αργύρου στο νερό πηγής είναι : λιγότερο από 0.12ppb για το γλυκό νερό και λιγότερο από 2.3 ppb για το αλμυρό (Meryland 1993.11, in Ronald et al, 1999).

Κασσίτερος

Οι βιομηχανικές πηγές κασσίτερου (Sn) περιλαμβάνουν την επεξεργασία μεταλλεύματος και την κατασκευή χρώματος και τα λαστιχένια προϊόντα. Οι πηγές περιλαμβάνουν κυρίως τη χρήση του τριβουτυλικού κασσίτερου (TBT) όπως ένα αντιρρυπαντικό χρώμα για τις βάρκες. Μπορεί επίσης να προέλθει από τις βιομηχανίες πλαστικών όπου χρησιμοποιείται ως καταλύτης, μυκητοκτόνο, και απολυμαντικό (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Υπάρχει επίσης κασσίτερος-βασισμένος στον molluscicides που είναι συχνά υπερβολικά χρησιμοποιημένο για να ελέγξει τους πληθυσμούς σαλιγκαριών (Acosta and Pullin 1991, in Ronald et al, 1999).

Περιβαλλοντική συμπεριφορά και Επίπεδα Στα φυσικά νερά υπό αναερόβιες συνθήκες, ο κασσίτερος συνηθέστερα περιπλέκεται με τα υδροξείδια. Στα φυσικά νερά, TBT παραμένει στην αργά υποβιβασμένη τοξική μορφή που συσσωρεύεται στα ιζήματα (Lloyd 1992, in Ronald et al, 1999). Χαρακτηριστικές συγκεντρώσεις κασσίτερου στα φυσικά νερά είναι πολύ χαμηλές, κυμαινόμενες από περίπου 0 έως 2 ppb (Durum and Haffty 1961, in Ronald et al, 1999). Η περισσότερη μόλυνση TBT εμφανίζεται στο θαλάσσιο περιβάλλον, αλλά οι υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν επίσης να εμφανιστούν σε περιοχές γλυκού νερού όπου υπάρχει ιδιαίτερη δραστηριότητα κωπηλασίας, ειδικά στις μαρίνες (Lloyd 1992, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα στην υγεία ψαριών και οστρακόδερμων Ο κασσίτερος, ο οποίος έχει χαμηλή τοξικότητα στα θηλαστικά, είναι τοξικός στους υδρόβιους οργανισμούς (Phillips 1993, in Ronald et al, 1999). Ένα τοξικό επίπεδο έχει αναφερθεί στα 2 mg/lit για τα ψάρια (Liebman 1958, in Ronald et al, 1999). Οι οργανικές ενώσεις είναι αρκετά πιο τοξικές ουσίες από τον κασσίτερο και είναι ιδιαίτερης ανησυχίας ως αποτέλεσμα.

Αποτελέσματα στη βιοσυσσώρευση Οι οργανικές ενώσεις βιοσυσσωρεύονται εύκολα στους υδρόβιους οργανισμούς (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία Η γαστρική ενόχληση είναι το κύριο πρόβλημα στην ανθρώπινη υγεία και συνδέεται με την κατανάλωση τροφίμων που περιέχουν υψηλά επίπεδα κασσίτερου (Who 1989b, in Ronald et al, 1999). Το μεγαλύτερο μέρος του κασσίτερου που λαμβάνεται από τους ανθρώπους προέρχεται από τη συσκευασία στα δοχεία κασσίτερου. Τα προϊόντα αλιείας

θεωρούνται αμελητέα πηγή κασσίτερου στην ανθρώπινη διατροφή. Εντούτοις, υπάρχουν πρότυπα για τον κασσίτερο στα ψάρια και τα οστρακόδερμα και μπορούν να εξεταστούν άμεσα εάν μια φάση III μελέτη ακολουθείται.

Οδηγίες Πρότυπα ποιότητας νερού για τα ψάρια για τον κασσίτερο είναι 2 mg/l. Ιζήματα με συγκεντρώσεις TBT 1 ppb είναι τοξικά για τα μαλάκια (Furness and Rainbow 1990, in Ronald et al, 1999). Προτεινόμενα περιβαλλοντικά πρότυπα ποιότητας για τα ψάρια είναι 0.02 ppb για τον τριβουτυλικό κασσίτερο και τριφαινιλικό κασσίτερο στα ψάρια του γλυκού νερού. Άλλα πρότυπα δηλώνουν ότι οι συγκεντρώσεις TBT στο νερό πηγής πρέπει να είναι λιγότερο από 0.026 ppb για το γλυκό νερό και λιγότερο από 0.010 ppb για το αλμυρό (Meryland 1993, in Ronald et al, 1999).

Ψευδάργυρος

Ο ψευδάργυρος (Zn) εισάγεται στα νερά επιφάνειας πρώτιστα ως ενδιάμεσο αποτέλεσμα από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας μετάλλων, τα εργοστάσια χημικής βιομηχανίας, και τα χυτήρια (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Η μεταλλεία μπορεί επίσης να είναι μια πηγή.

Περιβαλλοντική συμπεριφορά και Επίπεδα Στα χαμηλής αλκαλικότητας νερά, ο ψευδάργυρος υπάρχει ως σύμπλεγμα ιόντων ψευδάργυρου (Zn^{2+}) και υδροξειδίου. Στα υψηλής αλκαλικότητας νερά, διαμορφώνει συμπλέγματα με το ανθρακικό άλας και το θειϊκό άλας. Ο ψευδάργυρος μπορεί να κατακρημνιστεί στο υψηλό pH ως υδροξείδιο ψευδάργυρου με το ανθρακικό άλας ασβεστίου (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Επίσης εύκολα σχηματίζει συμπλέγματα με την οργανική ύλη ή τη μοριακή. Δέκα έως εβδομήντα οκτώ τοις εκατό του ψευδάργυρου στα ποτάμια του κόσμου είναι προσροφημένα ως αιωρούμενα στερεά και πολύ λίγα είναι υπό μορφή ιζημάτων. Η συγκέντρωση του ψευδάργυρου στα νερά επιφάνειας είναι γενικά χαμηλή. Το εύρος στα μη μολυσμένα νερά είναι 5 έως 15 ppb (Moore and Ramamoorthy 1984, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα στα ψάρια και τα οστρακόδερμα Υπάρχουν πολύ λίγα στοιχεία για να υποδειχθεί οποιαδήποτε σημαντική επίπτωση στην υγεία του ανθρώπου από τον ψευδάργυρο. Είναι εντούτοις τοξικό στους υδρόβιους οργανισμούς. Συγκεντρώσεις ψευδάργυρου λιγότερο από 100 ppb είχε ελάχιστες επιπτώσεις στις προνύμφες στρειδιών (*Ostrea edulis*), αλλά οι συγκεντρώσεις 300 ppb μείωσαν αρκετά τη νυμφική αύξηση, και σε συγκεντρώσεις 500 ppb οι προνύμφες είτε πέθαναν είτε απέτυχαν να μεταμορφωθούν (Milne 1972, in Ronald et al, 1999). Η σκληρότητα (ή υψηλή συγκέντρωση ασβεστίου) μειώνει την τοξικότητα του ψευδάργυρου (Lloyd 1992, in Ronald et al, 1999). Το LC50 (48-96 ώρες) ποικίλλει μεταξύ 0.5 και 5 mg/l για τα ψάρια (Moore and Ramamoorthy 1984, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Απαριθμούνται στον πίνακα 1.21 οι οδηγίες της ΕΕ για τα ψάρια. Οι γενικές οδηγίες είναι: λιγότερο από 50 ppb για τους ιχθυογεννητικούς σταθμούς

ζεστών νερών , λιγότερο από 110 ppb για του γλυκού νερού και λιγότερο από 86 ppb για το αλμυρό νερό.

Πίνακας 1.21 Μέγιστες συγκεντρώσεις ψευδάργυρου

Species	Hardness (mg/l)	Annual average (ppb)	95 th percentile(ppb)
Salmonid fisheries	10	8	30
	50	50	200
	100	75	300
	500	125	500
Coarse fisheries	10	75	300
	50	176	700
	100	250	1000
	500	500	2000

ΠΗΓΗ EU 1979 (in Ronald et al, 1999)

Μεταλλοειδή

Αρσενικό

Οι κύριες πηγές ρύπανσης του αρσενικού στο περιβάλλον είναι η τήξη, η ηλεκτρική παραγωγή, το κάψιμο του ακατέργαστου πετρελαίου και του άνθρακα, και στο πλύσιμο των προϊόντων όπως τα απορρυπαντικά (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Το αρσενικό χρησιμοποιείται συνήθως ως εντομοκτόνο, ζιζανιοκτόνο και στα συντηρητικά ξύλου. Υπάρχουν επίσης μερικές φυσικές, κάτω από το νερό πηγές αρσενικού από τα μεταλλεύματα αρσενικού και την ηφαιστειακή δραστηριότητα που μπορούν να φθάσουν σε αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις και να προκαλέσουν προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία.

Περιβαλλοντική συμπεριφορά και Επίπεδα Η χημεία του αρσενικού στο νερό είναι σύνθετη. Αρσενικό μπορεί να υπάρξει σε τέσσερα διαφορετικά στάδια οξειδωσης ανάλογα με το εάν οι συνθήκες οξειδώνουν ή μειώνουν. Το αρσενικό συνδέεται έντονα με τη μοριακή ύλη, μπορεί να αντιδρά με τα οξείδια σιδήρου, και κάτω από τη μείωση των συνθηκών μπορεί να κατακρημνιστεί ως σουλφίδιο αρσενικού ή στοιχειώδες αρσενικό. Το αρσενικό διαμορφώνει επίσης τα μεθυλιωμένα είδη μέσω

της δράσης των μικροοργανισμών. Στα φυσικά νερά ένα σημαντικό μέρος του συνολικού αρσενικού συνδέεται με τα μόρια. Παραδείγματος χάριν, 33% του αρσενικού στον Puget Sound και 67% στον ποταμό του Ρήνου συνδέεται με τα μόρια. Το αρσενικό τείνει να συσσωρεύεται στα κατώτατα ιζήματα. Τα μη ρυπασμένα νερά των ποταμών συνήθως δεν περιέχουν συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 1 ppb. Τα παράκτια νερά στο Ηνωμένο Βασίλειο έχουν συγκεντρώσεις του αρσενικού λιγότερο από 5 ppb (Mussel White 1982, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα στην υγεία ψαριών και οστρακόδερμων Υπάρχουν περιορισμένες πληροφορίες για την τοξικότητα του αρσενικού στα υδρόβια είδη. Με βάση τις υπάρχουσες πληροφορίες, το αρσενικό είναι σχετικά μη τοξικό στους υδρόβιους οργανισμούς. Μια βραχυπρόθεσμη έκθεση περίπου 1.000 ppb είναι απαραίτητη για να εμφανιστούν θνησιμότητες. Εντούτοις το αρσενικό μπορεί να έχει επιπτώσεις στην αύξηση του φυτοπλαγκτού σε επίπεδα τόσο χαμηλά όπως πέντε φορές της συγκέντρωσης του υποβάθρου.

Αποτελέσματα στη βιοσυσσώρευση Οι οργανικές μορφές αρσενικού βιοσυσσωρεύονται στα ψάρια και τα οστρακόδερμα. Εντούτοις, η βιοσυσσώρευση είναι λιγότερο σημαντική από αυτή του μεθυλικού υδραργύρου. Οι αρχικές μορφές αρσενικού στα ψάρια και τα οστρακόδερμα είναι μεθυλιωμένο αρσενικό στους υψηλότερους οργανισμούς. Σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις από οργανικές αρσενικές ενώσεις είναι παρούσες σε μερικά θαλασσινά. Εντούτοις η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (WHO) έχει αναγγείλει ότι υπάρχουν λίγα στοιχεία για να προταθεί ότι οι άνθρωποι που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες θαλασσινών υφίστανται τα δυσμενή αποτελέσματα σχετικά με την οργανική περιεκτικότητά τους σε αρσενικό. Τα επίπεδα ανόργανου αρσενικού μέσα στους υδρόβιους οργανισμούς είναι χαμηλά, συχνά κάτω από 0.5-1.0 mg /lt του υγρού βάρους.

Αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία Οι επιπτώσεις του αρσενικού στην ανθρώπινη υγεία είναι πρώτιστα νευρολογικές και νεφρολογικές διαταραχές και μπορεί να είναι παρατεταμένες. Η τοξικότητα του αρσενικού συσχετίζεται με τη χημική μορφή του. Οι ανόργανες μορφές είναι τοξικές στα θηλαστικά και πολλές οργανικές μορφές είναι ασήμαντης τοξικότητας (Phillips 1993, in Ronald et al, 1999). Ανθρώπινοι πληθυσμοί που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες από τα θαλάσσια ψάρια με οργανοαρσενικές ενώσεις (εβδομαδιαίες εισαγωγές 0.05 mg/kg του βάρους σώματος) δεν έχουν παρουσιάσει δυσμενείς επιδράσεις (WHO 1989b, in Ronald et al, 1999). Σε εργαστηριακές δοκιμές, αρουραίοι που κατανάλωσαν αρκετά μολυσμένα ψάρια για να παράξουν μια καθημερινή οργανοαρσενική εισαγωγή 3 mg/kg του βάρους σώματος δεν παρουσίασαν κανένα τοξικό αποτέλεσμα. Ο WHO δεν συστήνει αλλαγή στις διαιτητικές συνήθειες λόγω οργανοαρσενικών στα ψάρια, εντούτοις η οργάνωση προτείνει περαιτέρω έρευνες του τύπου και των επιπέδων οργανοαρσενικών που είναι παρόντα στα θαλάσσια ψάρια.

Οδηγίες Οι συγκεντρώσεις του αρσενικού στο νερό πηγής δεν πρέπει να υπερβούν τα 190 ppb στο γλυκό νερό και τα 36 ppb στο θαλασσινό (USEPA 1993, in Ronald et al, 1999).

Σελήνιο

Οι πηγές σελήνιου (Se) στο περιβάλλον είναι το κάψιμο των απολιθωμένων καυσίμων και η παραγωγή τσιμέντου (Dojiido and Best 1993, in Ronald et al, 1999).

Περιβαλλοντική συμπεριφορά και επίπεδα υποβάθρου Όπως το αρσενικό, έτσι και το σελήνιο υπάρχει στο περιβάλλον σε πολλά διαφορετικά στάδια οξείδωσης. Οι περισσότερες κοινές του μορφές στο περιβάλλον είναι ως άλατα που έχουν παρόμοια χημική συμπεριφορά ως θειώδη άλατα και θειικά άλατα. Η διακοπή της οργανικής ύλης που περιέχει σελήνιο συμβάλλει στο σχηματισμό των οργανοσελήνιων ενώσεων. Χαρακτηριστικές συγκεντρώσεις υποβάθρου του σεληνίου είναι περίπου 0.1 ppb.

Αποτελέσματα στην υγεία ψαριών και οστρακόδερμων Το σελήνιο παρουσιάζει λίγα προβλήματα για τους θαλάσσιους οργανισμούς, και μπορεί ακόμη και να βοηθήσει στην αποτοξίνωση του συσσωρευμένου υδράργυρου.

Αποτελέσματα στη βιοσυσσώρευση και την ανθρώπινη υγεία Οι οργανικές μορφές σελήνιου μπορούν να βιοσυσσωρεύονται και είναι επιβλαβείς για τους ανθρώπους. Το σελήνιο είναι επίσης μια απαραίτητη θρεπτική ουσία στους ανθρώπους και η διαφορά μεταξύ του ποσού που οδηγεί σε μια θρεπτική ανεπάρκεια και το ποσό που οδηγεί στην τοξικότητα είναι πολύ μικρή (Dojiido and Best 1993, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Οι συγκεντρώσεις του σελήνιου μέσα στα νερά της πηγής δεν πρέπει να υπερβούν τα 5 ppb στο γλυκό νερό και τα 71 ppb στο θαλασσινό (USEPA 1993, in Ronald et al, 1999).

Χλώριο

Το χλώριο (Cl) ελευθερώνεται στα νερά επιφάνειας από τις αστικές και γεωργικές διαδικασίες κατεργασίας ύδατος και από την κλωστοϋφαντουργία. Χημικές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν το αέριο χλώριο μπορεί επίσης να είναι μια σημαντική πηγή. Εάν μια πηγή νερού λαμβάνεται από μια αστική παροχή νερού η οποία χλωριώνεται, υψηλές συγκεντρώσεις χλωρίου πρέπει να αναμένονται.

Περιβαλλοντική συμπεριφορά και Επίπεδα Επάνω στην είσοδο του νερού, το αέριο χλώριο χωρίζεται σε υποχλωρικά και υδροχλωρικά οξέα. Το υποχλωρικό οξύ (HOCl) χωρίζεται μερικώς δημιουργώντας νερό με κάποιο υποχλωριώδες άλας (OCI-) που είναι το λιγότερο τοξικό είδος και κάποιο HOCl, που είναι τοξικότερο είδος. Το ποσοστό κάθε είδους εξαρτάται από το pH. Δεδομένου ότι το pH αυξάνεται, το ποσοστό του υποχλωριώδους άλατος αυξάνεται μέχρι περίπου το pH 9 όπου υπερισχύει. Το χλώριο αντιδρά συνήθως σε μορφή χλωραμινών στα διαλύματα. Γενικά, η υψηλή ικανότητα αντιδράσεως του χλωρίου το καθιστά

σχετικά βραχύβιο στα υδρόβια συστήματα.

Το ποσό χλωρίου που προστίθεται στις αστικές παροχές νερού εξαρτάται από το pH και το ποσό της οργανικής ύλης στην παροχή νερού. Εντούτοις, τείνει για να κυμανθεί μεταξύ 0.1 έως 1.0 mg /lt του ελεύθερου χλωρίου (χλώριο που δεν έχει αντιδράσει με τα συγκροτήματα ή τις οργανικές ενώσεις του διαλύματος).

Αποτελέσματα Το χλώριο και οι χλωραμίνες είναι πολύ τοξικά για τα ψάρια. Συγκεντρώσεις τόσο χαμηλές όπως 4 ppb ως HOCl μπορεί να είναι επιβλαβείς στα ψάρια μέσα σε τέσσερις ημέρες από την έκθεση (Alabaster και Lloyd 1980, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Το USEPA συστήνει τα υπόλοιπα χλωρίου να μην υπερβούν τα 11 ppb στο γλυκό νερό ή το 7.5 ppb στο θαλασσινό. Για τα ψάρια του γλυκού νερού σε pH 6, η ΕΕ συστήνει συγκέντρωση ελεύθερου χλωρίου 6.8 ppb ή λιγότερο. Σε υψηλότερο pH μπορεί να ανεχτεί περισσότερο. Εντούτοις είναι πιο συνετό να ακολουθηθούν πιο συντηρητικά γενικά κριτήρια του 3 ppb που προτείνονται από μερικούς ερευνητές.

Επεξεργασία Η προσθήκη του θειοσουλφιδικού νατρίου είναι η αποτελεσματικότερη μέθοδος για την αφαίρεση χλωρίου. Παίρνει περίπου 7 mg/lt θειοσουλφιδικού νατρίου για να αφαιρεθούν 1 mg/lt του ελεύθερου υπόλοιπου χλωρίου. Το χλώριο μπορεί επίσης να αφαιρεθεί απλά κρατώντας το νερό σε μια δεξαμενή αποθήκευσης μέχρι το χλώριο να διαλυθεί μέσω της έκθεσης στο φως του ήλιου.

Κυάνιο (CN)

Το κυάνιο μπορεί να ελευθερωθεί στα νερά επιφάνειας από ποικίλες βιομηχανίες συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων μετατροπής σε κωκ, εργοστάσια παραγωγής αερίου, εγκαταστάσεις γαλβανισμού, και εγκαταστάσεις καθαρισμού πετρελαίου.

Περιβαλλοντική συμπεριφορά και Επίπεδα Το κυάνιο στο νερό είναι χαρακτηριστικό υπό μορφή υδροκυάνιου, HCN, ή η ιονική μορφής(CN⁻). Η ιονική μορφή μπορεί να δημιουργήσει διάφορα συμπλέγματα με τα μέταλλα. Αυτά τα συμπλέγματα είναι ποικίλης σταθερότητας με σταθερότερο το σύμπλεγμα με το σίδηρο και το κοβάλτιο. Επειδή το HCN είναι πολύ τοξική μορφή, είναι αυτά τα συμπλέγματα που ρυθμίζουν την τοξικότητα του κυανίου. Τα κυανίδια δεν εμφανίζονται γενικά στα νερά επιφάνειας λόγω της γρήγορης διακοπής και εξάτμισης τους. Βρίσκονται συνήθως κοντά σε σημεία εκφόρτωσης (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα Λόγω της γρήγορης διακοπής του κυανίου στο νερό, η τοξικότητα είναι πρωτίστης ανησυχίας για τα ψάρια και τα οστρακόδερμα. Η τοξικότητα του κυανίου εξαρτάται από τα συμπλέγματα που διαμορφώνει με τα μέταλλα στα διαλύματα. Όσο πιο αδύνατα τα συμπλέγματα, τόσο υψηλότερη η τοξικότητα.

Επομένως, υψηλές συγκεντρώσεις των μετάλλων που διαμορφώνουν ισχυρά συμπλέγματα με το κυάνιο (για παράδειγμα, Ni, Fe²⁺, Fe³⁺, το κοβάλτιο] θα μειώναν την τοξικότητα του κυανίου. Η τοξικότητα αυξάνεται επίσης από το χαμηλό pH και κοντά σε υψηλές θερμοκρασίες.

Οδηγίες Μέγιστες επιτρεπτές συγκεντρώσεις κυανίου ποικίλουν από 0.2 έως 20 ppb ανάλογα με τις σχετικές ενώσεις. Οι προτεινόμενες γενικές οδηγίες είναι 5 ppb στο γλυκό νερό ή 1 ppb στο θαλασσινό.

Φυτοφάρμακα

Με το όρο αυτό γίνεται αναφορά σε οποιαδήποτε χημική ουσία που χρησιμοποιείται στην καταπολέμηση ανεπιθύμητων παθογενών και μη οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των εντομοκτόνων, των ακαριοκτόνων, των ζιζανιοκτόνων, των μυκητοκτόνων, των αλγοκτόνων, και ακόμη και τα φάρμακα που χρησιμοποιούνται για να σκοτώσουν τα ανεπιθύμητα ψάρια (Svobodova 1993, in Ronald et al, 1999). Τα φυτοφάρμακα έχουν σχεδιαστεί παραδοσιακά για να είναι όχι μόνο τοξικά αλλά επίμονα. Η εμμονή επιτρέπει λιγότερο συχνή εφαρμογή του φυτοφαρμάκου. Αυτές οι ιδιότητες είναι ακριβώς οι λόγοι για την περιβαλλοντική ανησυχία σχετικά με τα φυτοφάρμακα. Τα φυτοφάρμακα προκαλούν ανησυχία λόγω των κινδύνων που θέτουν για την υγεία των ψάρια και των οστρακόδεσμων, καθώς επίσης και ο κίνδυνος βιοσυσσώρευσής τους θέτει σε κίνδυνο την ποιότητα των προϊόντων και τη δημόσια υγεία.

Τα φυτοφάρμακα μπορούν να χωριστούν σε επτά κύριες κατηγορίες: ανόργανα φυτοφάρμακα, οργανοφωσφορικά φυτοφάρμακα, καρβαμίδες (carbamates), παράγωγα φαινοξυ-ακετικό (phenoxyacetic) οξύ, φυτοφάρμακα της ουρίας, φυτοφάρμακα πυριδίνιου (pyridinium), και παράγωγα της τριαζίνης (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Τα χλωριωμένα φυτοφάρμακα είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος λόγω της εμμονής και της τάσης τους στη βιοσυσσώρευση μέσα στα ψάρια και οστρακόδεσμα. Η σημαντικότερη πηγή ρύπανσης φυτοφαρμάκων στην επιφάνεια των νερών είναι η απορροή από τη γεωργία. Οι διαδικασίες κατασκευής φυτοφαρμάκων μπορούν να παράγουν απόβλητα με εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις φυτοφαρμάκων. Λόγω της εμμονής πολλών φυτοφαρμάκων, ειδική προσοχή πρέπει να παρθεί για πιθανές προηγούμενες πηγές φυτοφαρμάκων στον προσδιορισμό των πιθανών πηγών ρύπανσης του νερού της υδατοκαλλιέργειας.

Μερικά χλωριωμένα φυτοφάρμακα, δηλαδή διχλωρο-διφαινυλικός-τριχλωροαιθάνιο ή το DDT, το aldrin, το dieldrin, το heptachlor, και το χλωροντάν είναι απαγορευμένα στις Ηνωμένες Πολιτείες, και η χρήση τους συνεχίζει να μειώνεται παγκοσμίως. Εντούτοις, χρησιμοποιούνται ακόμα σε μερικές αναπτυσσόμενες χώρες όπου τα προβλήματα των γεωργικών παρασίτων και η έντομο-διαβιβασθείσα ασθένεια είναι σοβαρή και οι εναλλακτικές μέθοδοι είναι ακριβές ή ανεπαρκώς αναπτυγμένες.

Περιβαλλοντική συμπεριφορά Η αντοχή των φυτοφαρμάκων ποικίλλει ανάλογα με

τη χημική τους δομή. Γενικά, τα πιο αδιάλυτα φυτοφάρμακα όπως τα οργανοχλωρικά φυτοφάρμακα τείνουν να είναι πιο επίμονα, ενώ τα υδροδιαλυτά φυτοφάρμακα τείνουν να είναι λιγότερο επίμονα (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Ο πίνακας 1.22 παρουσιάζει την επιμονή μιας σειράς των φυτοφαρμάκων.

Ο αρχικός μηχανισμός της υποβάθμισης φυτοφαρμάκων είναι βιολογικός, εντούτοις χημική και φωτοχημική υποβάθμιση εμφανίζονται επίσης. Οι διαδικασίες που ελέγχουν τη βιοδιάσπαση είναι σύνθετες και ανεπαρκώς κατανοητές. Μεταξύ των περιοριστικών διαδικασιών είναι η παρουσία οργανισμών που μπορεί να υποβιβάσουν τις χημικές ουσίες, η ύπαρξη συνθηκών στις οποίες οι οργανισμοί μπορούν να αυξηθούν σε σημαντικούς πληθυσμούς, και η διαθεσιμότητα των συνδεδεμένων φυτοφαρμάκων στους οργανισμούς. Μια άλλη διαδικασία που έχει επιπτώσεις στη μοίρα των φυτοφαρμάκων είναι η υψηλή συγγένειά τους με μόρια, ειδικά εκείνα που περιέχουν οργανική ύλη. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα φυτοφάρμακα με χαμηλή διαλυτότητα όπως τα οργανοχλωρικά φυτοφάρμακα. Κατά συνέπεια, αυτά τα φυτοφάρμακα συσσωρεύονται συνήθως στα κατώτατα ιζήματα όπου η βιοδιάσπαση είναι συχνά αργή λόγω παραγόντων όπως η μειωμένη βιολογική διαθεσιμότητα, οι μη-ιδανικές οξειδοαναγωγικές συνθήκες, ή οι θρεπτικοί περιορισμοί.

Πίνακας 1.22 Αντοχή φυτοφαρμάκων

Readily degradable 1/2 life < 2 wks	Slightly degradable 1/2 life = 2-6 wks	Moderately persistent 1/2 life = 6 wks-6 mos.	Persistent life > 6 mos.	1/2
Captan	chloramben	Carbofuran	DDT	
Carbaryl	Chlorpropham	Carboxin	γ-HCH	
Chlorpyrifos	Dalapon	Chlordane	Aldrin	
Dichione	Diazinon	Chlorfenvinfos	Dieldrin	
Dicrotophos	Disulfoton	Chloroxuron	Heptachlor	
Endotol	Fenuron	Dimethoate	Isodrin	
Endosulfan	MCPA	Diphenamid	Monocrotophos	
Fenitrothion	Methoxychlor	Diuron	Benomyl	
Malathion	Monuron	Ethion		
Methiocarb	Phorate	Fensulfothion		
Methylparathion	Propham	Linuron		
Parathion		Prometion		
Phosphamidon		Propazine		
Propoxur		Simazine		
2,4-D		Toxaphene		

ΠΗΓΗ McEwan and Stephenson 1979 (in Ronald et al, 1999)

Αποτελέσματα στην υγεία ψαριών και οστρακόδερμων Οι τοξικότητες (96-ωρ. LCJ) και τα ασφαλή επίπεδα επιλεγμένων χλωριωμένων φυτοφαρμάκων παρατίθενται στον πίνακα 1.23. Η τοξικότητα ενός φυτοφαρμάκου μπορεί να μειωθεί από τις υψηλές συγκεντρώσεις της μοριακής ύλης. Προσρόφηση αυτών των μορίων, καθώς επίσης και ιζημάτων, μειώνουν τη διαθεσιμότητα και την τοξικότητα ενός δεδομένου φυτοφαρμάκου. Τα φυτοφάρμακα έχουν επιπτώσεις επίσης στα είδη υδατοκαλλιέργειας έμμεσα μέσω της τοξικότητας τους στο φυτοπλαγκτόν. Τα ζιζανιοκτόνα είναι ιδιαίτερα τοξικά στο φυτοπλαγκτόν (Boyd 1990, 166).

Πίνακας 1.23 Τοξικότητα επιλεγμένων φυτοφαρμάκων

Pesticide	96-hr LC50 (ppb)	Safe leve (ppb)
Aldrin	0.20-16.0	0.003
BHC	0.17-240.0	4.0
		0.08
Chlordane	5.0-3,000.0	0.01
		0.0043 (fresh)
		0.004 (salt)
DDT	0.24-2.0	0.001
Diieldrin	0.20-16.0	0.003
		0.0019
Endrin	0.13-230.0	0.004
		0.0023
Heptachlor		0.001
		0.0038 (fresh)
		0.0036 (salt)
Toxaphene	1.0-6.0	0.005
		0.0002

ΠΗΓΗ Boyd 1990 and USEPA 1993 (in Ronald et al, 1999)

Αποτελέσματα στη βιοσυσσώρευση Πολλά φυτοφάρμακα, συμπεριλαμβανομένων των χλωριωμένων φυτοφαρμάκων, έχουν μια χαμηλή διαλυτότητα στο νερό εντούτοις διαλύονται εύκολα στα υδροφοβικά περιβάλλοντα όπως τα λίπη των υδρόβιων οργανισμών. Γενικά, η χαμηλότερη διαλυτότητα οδηγεί σε μια υψηλότερη

τάση για ένα φυτοφάρμακο που συσσωρεύεται στα ψάρια και τα οστρακόδερμα. Οι προσπάθειες να ποσοτικοποιηθούν πειραματικά οι παράγοντες βιοσυγκέντρωσης (BCF) δεν έχουν παραγάγει τα ακριβή αποτελέσματα λόγω της μεταβλητότητας στις πειραματικές συνθήκες. Το BCF είναι ίσο με τη συγκέντρωση του φυτοφαρμάκου στον οργανισμό που διαιρείται με τη συγκέντρωση του φυτοφαρμάκου στο νερό. Εντούτοις έχουν παραγάγει τις γενικές τιμές BCF για μια ιδιαίτερη ένωση. Απαριθμούνται στον πίνακα 1.24 η διαλυτότητα των επιλεγμένων φυτοφαρμάκων και οι αντίστοιχες τιμές πειραματικά παραγόμενων BCF για τα ψάρια.

Πίνακας 1.24 Διαλυτότητα φυτοφαρμάκων και παράγοντες βιοσυσσώρευσης

Pesticide	Solubility in water(mg/l)	BFC in fish	References
Aldrin	0.02	3,890-10,715	Suntio et al. 1988 and Howard 1991
Atrazine	33	3-10	Khan 1977
BHC	low	1,160-3,740	Khan 1977
Chlordane	0.1	5,200-38,000	Worthing 1987 and Howard 199
Dieldrin	0.17	3-6,000	Suntio 1988 and Howard 1991
Endrin	0.00025	1,335-10,000	Biggar and Riggs 1974 and Howard 1991
Heptachlor	0.18	5,744-21,379	Biggar and Riggs 1974 and Howard 1991
Toxaphene	0.55	3,100-33,300	Murphy et al. 1987 and Reish et al 1978

ΠΗΓΗ Ronald et al, 1999

Αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία Τα οργανοχλωρικά φυτοφάρμακα απορροφώνται στους ανθρώπους από το γαστροεντερικό σύστημα, και μερικοί μπορούν επίσης να απορροφηθούν μέσω του δέρματος. Οι τοξικοί μηχανισμοί δεν έχουν γίνει ακόμα πλήρως κατανοητοί, αλλά η σημαντικότερη τοξική δράση των οργανοχλωρικών φυτοφαρμάκων είναι στον κεντρικό και περιφερειακό νευρικό σύστημα. Έκθεση στα χλωριωμένα cyclodiene εντομοκτόνα (δηλαδή aldrin, dieldrin, η ενδρίνη, το χλωρντάν, heptachlor, endosulfan, και το isodrin) προκαλούν πονοκέφαλους, ίλιγγο, ναυτία, εμετό, και μυικούς σπασμούς. Επιπλέον, πολλά φυτοφάρμακα είναι πιθανώς καρκινογόνες ουσίες.

Οδηγίες Τα ασφαλή επίπεδα για τα επιλεγμένα φυτοφάρμακα στον πίνακα 1.24 περιλαμβάνουν μόνο έναν μερικό κατάλογο των εκατοντάδων και ενδεχομένως χιλιάδων διαθέσιμων στο εμπόριο φυτοφαρμάκων. Εάν τα φυτοφάρμακα

χρησιμοποιούνται στον υδροφόρο ορίζοντα από τον οποίο το νερό της πηγής αντλείται δεν είναι μεταξύ εκείνων που απαριθμούνται, περαιτέρω έρευνες πρέπει να διεξαχθούν για να καθορίσουν τα επιτρεπτά επίπεδα.

Ανάλογα με τις ανησυχίες για τα φυτοφάρμακα, η δοκιμή που απαιτείται για να καθορίσει τα επιτρεπτά επίπεδα μπορεί να κυμανθεί από απλή ως σύνθετη. Επειδή πολλά επίμονα φυτοφάρμακα δεσμεύουν ιζήματα και αιωρούμενη μοριακή ύλη, δοκιμή των συγκεντρώσεων που εμφανίζονται στα διαλύματα μπορεί να είναι παραπλανητικά χαμηλή σε σύγκριση με τη βιολογική διαθεσιμότητά τους (Lloyd 1992, in Ronald et al, 1999). Επομένως, εάν υπάρχει υποψία για την παρουσία επίμονων φυτοφαρμάκων στο νερό της πηγής ή στα ιζήματα, μια φάση III μελέτη τομέων πρέπει να διεξαχθεί για να καθοριστούν τα αποτελέσματα της πιθανής συσσώρευσης φυτοφαρμάκων στα καλλιεργούμενα είδη και τους καταναλωτές.

Επεξεργασία Οι επιλογές περιλαμβάνουν εκείνες που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των αστικών λυμάτων όπως, αντίστροφη όσμωση, ιονική ανταλλαγή, προσρόφηση, και οξειδωση. Εντούτοις, αυτές είναι συχνά πολύ ακριβές. Εύρεση μιας άλλης πηγής νερού μπορεί να είναι η πιο ασφαλής επιλογή.

Το νερό από μια μη ρυπασμένη πηγή μπορεί να εμπλουτισθεί με εντομοκτόνα αφότου εισαχθεί στις εγκαταστάσεις καλλιέργειας. Φυτοφάρμακα ψεκασμένα επάνω στις συγκομιδές μπορεί να παρασυρθούν σε μεγάλες αποστάσεις στις λίμνες και τα κανάλια (Boyd 1989, in Ronald et al, 1999). Το παρακάτω πλαίσιο περιγράφει τα μέτρα για να αποτραπεί η ρύπανση των λιμνών υδατοκαλλιέργειας από τα φυτοφάρμακα.

Πλαίσιο 1. Προστατεύοντας λίμνες υδατοκαλλιέργειας από τα φυτοφάρμακα
Τοποθετήστε τις υδατοκαλλιέργειες σε μια λογική απόσταση από τους χώρους εντατικής χρήσης φυτοφαρμάκων
Δέντρα ή άλλες ψηλές εγκαταστάσεις μπορούν να παρεμβαίνουν μεταξύ των χώρων εντατικής χρήσης φυτοφαρμάκων και εγκαταστάσεων υδατοκαλλιέργειας
Κατασκευή τοπογραφικών εμποδίων (τάφροι ή πεζούλια) για να αποτρέψει τη γεωργική απορροή από την είσοδο των υδατοκαλλιεργειών
Χρήση κατάλληλων μεθόδων εφαρμογής φυτοφαρμάκων.
Κατάλληλα και με ασφάλεια ξεφορτωθείτε όλα τα φυτοφάρμακα και τα εμπορευματοκιβώτια φυτοφαρμάκων.

ΠΗΓΗ Boyd 1990 (in Ronald et al, 1999)

Αντιβιοτικά και αντιμικροβιακά

Η γεωργία είναι ένα παράδειγμα των βιομηχανιών που απαιτούν τον έλεγχο των μικροβίων που μπορεί να ρυπάνουν το νερό της πηγής με τα ανεπιθύμητα αντιβιοτικά και αντιμικροβιακά. Το ιώδιο, για παράδειγμα, χρησιμοποιείται συχνά στα κτηνιατρικά φάρμακα, τις γεωργικές χημικές ουσίες, και την αποστείρωση των διαλυμάτων (Who 1989b, in Ronald et al, 1999). Αυτές οι χημικές ουσίες μπορούν να βλάψουν τις φυσικές μικροβιολογικά κοινότητες που είναι απαραίτητες για την υγεία των ειδών καλλιέργειας ή μπορούν να ενοχλήσουν το φυσικό μικροβιολογικό περιβάλλον, που δημιουργεί ένα άνοιγμα για παθογόνους οργανισμούς.

Η βιολογική διαθεσιμότητα είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό ζήτημα για τα αντιβιοτικά και τα αντιμικροβιακά. Οι εξεταστικές διαδικασίες για αυτές τις ενώσεις είναι τόσο ευαίσθητες που μπορούν να ανιχνεύσουν ακόμη και μερικά μόρια. Εντούτοις, τα μόρια που είναι συνδεδεμένα στα ιζήματα και σε άλλα υποστρώματα, και έτσι είναι βιολογικά μη διαθέσιμα, πρέπει να αποσυνδεθούν προκειμένου να ανιχνευθούν. Επομένως, τα επίπεδα που παρουσιάζονται με τη δοκιμή μπορεί να είναι αντιπροσωπευτικά πολλών αντιβιοτικών και αντιμικροβιακών χημικών συμπλεγμάτων που δεν είναι βιολογικά ενεργά.

Υδρογονάνθρακες πετρελαίου

Ως συστατικά των υγρών και αέριων καυσίμων, οι υδρογονάνθρακες είναι μεταξύ των ευρύτερα επεξεργασμένων και διανεμημένων χημικών προϊόντων στον κόσμο. Οι πρωταρχικές πηγές περιλαμβάνουν την απορροή από τους δρόμους και την ελευθέρωση από τις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν το πετρέλαιο (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999). Ακατέργαστο πετρέλαιο, που απελευθερώνεται είτε από τα βυτιοφόρα εν πλω ή που ανατρέπεται τυχαία στις πετρελαιοφόρες περιοχές ή στην ακτή, είναι ένας σημαντικός ρύπος στη παλιρροιακή ζώνη που μπορεί να καταστρέψει καλλιέργειες στρειδιών (Milne 1972, in Ronald et al, 1999). Οι κίνδυνοι της πιθανής πηγής της υδατοκαλλιέργειας που λαμβάνεται από τις περιοχές με μεγάλη κυκλοφορία βυτιοφόρων πετρελαίου πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά.

Πολυχλωριωμένα διφαινύλια

Τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB) ήταν πολύ χρησιμοποιημένα στους μετασχηματιστές και τους πυκνωτές βαριού ηλεκτρικού εξοπλισμού ως λιπαντικά για τους συμπιεστές και στην παραγωγή των βερνικιών, των χρωστικών ουσιών και των πλαστικών (EIFAC 1993, in Ronald et al, 1999). Κοινά στη χρήση τους εμπορικά PCB είναι τα Aroclor (ΗΠΑ), Clophen (Γερμανία), Delor (Czechoslovakia), Kaneclor (Ιαπωνία), και Savol και Sovtol (Ρωσία και οι πρώην σοβιετικές δημοκρατίες). Αυστηροί περιορισμοί τη δεκαετία του '70 έγιναν στην παραγωγή και κατά

συνέπεια η παγκόσμια παραγωγή έχει πλέον μειωθεί δραστικά. Εντούτοις, τα PCBs θεωρούνται μεταξύ των πιο επίμονων ρύπων και η μόλυνση τους είναι διαδεδομένη. Λόγω της εμμονής τους, είναι ιδιαίτερης σημασίας να προσδιοριστούν οι παλαιότερες επιχειρήσεις που μπορεί να παρήγαγαν τη χημική ουσία προκειμένου να προσδιοριστεί εάν τα PCBs μολύνουν ενδεχομένως το νερό της πηγής. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι τα PCBs μπορεί να ταξιδέψουν για μεγάλες αποστάσεις και επομένως οι βιομηχανίες έξω από την άμεση τοποθεσία μπορεί να ρυπάνουν το νερό.

Περιβαλλοντική συμπεριφορά Τα PCBs είναι εξαιρετικά επίμονα στο περιβάλλον. Αν και μπορούν να βιοδιασπαστούν, η υποβάθμιση είναι αργή υπό φυσιολογικές συνθήκες. Τα PCBs είναι σε θέση να εξατμιστούν από το νερό, εντούτοις ο πιο κοινός τρόπος εγκατάστασής τους για αυτά τα μόρια είναι τα ιζήματα αλλά και οι ιστούς των οργανισμών. Αυτό οφείλεται στην εξαιρετικά χαμηλή διαλυτότητα που ενθαρρύνει την προσρόφηση στα ιζήματα και τη συσσώρευση στους παχιούς ιστούς των ψαριών και των θηλαστικών. Κατά συνέπεια, η συγκέντρωση των PCBs στην υδάτινη στήλη είναι χαρακτηριστικά πολύ χαμηλότερη απ' ό,τι στα ιζήματα (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα στην υγεία ψαριών και οστρακόδερμων Η χρόνια έκθεση σε χαμηλά επίπεδα PCBs μπορεί να οδηγήσει σε σκελετικές παραμορφώσεις, τη ζημία του δέρματος και των πτερυγίων (ενδεχομένως αποσύνθεση), βλάβες στο συκώτι και τις γονάδες, την υψηλή θνησιμότητα κατά τη διάρκεια της εκκόλαψης, και την υψηλή θνησιμότητα των πρόωρων προνυμφών (Svobodova 1993, in Ronald et al, 1999). Τα αυγά και οι προνύμφες των υδρόβιων οργανισμών είναι πιο ευαίσθητα σε αυτούς τους ρύπους. Η διαλυτότητα και έτσι η τοξικότητα των PCBs ενισχύονται από τις αυξήσεις στη θερμοκρασία.

Αποτελέσματα στη βιοσυσσώρευση Λόγω της χαμηλής διαλυτότητάς τους στο νερό και την υψηλή διαλυτότητα στο λίπος, αυτές οι ενώσεις έχουν μια μεγάλη τάση να συσσωρεύονται στην τροφική αλυσίδα, ειδικά στα αυγά πλούσια σε λιπίδια και τα λιπαρά ψάρια όπως τα χέλια. Το BCF για PCBs στους υδρόβιους οργανισμούς κυμαίνεται από 10^3 έως 10^5 . Τα οστρακόδερμα και τα μύδια συσσωρεύουν PCBs στα ρυπασμένα νερά.

Αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία Όταν καταποθούν, τα λιγότερο χλωριωμένα PCBs μεταβολίζονται στο συκώτι και εκκρίνονται, αλλά τα πιο χλωριωμένα διφαινύλια είναι σταθερά μεταβολικά και συσσωρεύονται στο σωματικό λίπος. Εντούτοις, η τοξικότητα των PCBs στους ανθρώπους είναι γενικά χαμηλή. Στην Ιαπωνία το 1968 μια τυχαία κατανάλωση PCB-μολυσμένου λαδιού από 1.000 ανθρώπους δεν οδήγησε σε θνησιμότητα αλλά τα δυσμενή συμπτώματα υγείας παρατηρήθηκαν για τρία έτη.

Οδηγίες Επειδή υπάρχουν πάνω από 200 PCBs με τις μεμονωμένες τοξικολογικές ιδιότητες που αναμιγνύονται συχνά μεταξύ τους, είναι δύσκολο για να καθορίσουν τα πρότυπα τοξικότητας είτε για το άνθρωπο είτε για τα υδρόβια είδη. Οι περισσότερες δοκιμές τοξικότητας πραγματοποιούνται στις εμπορικές μορφές, που όμως προσδιορίζουν κανονικά το βαθμό στον οποίο χλωριώνονται παρά ποια PCBs

περιέχουν. Γενικά κριτήρια νερού για τους υδρόβιους οργανισμούς όπως τίθεται από το USEPA είναι λιγότερο από 0.014 ppb για το γλυκό νερό και λιγότερο από 0.03 ppb για το θαλασσινό. Ο Meade (1989, in Ronald et al, 1999) προτείνει ότι επίπεδα μέχρι 2 ppb μπορούν να είναι αποδεκτά. Λόγω της υψηλής τοξικότητάς τους, εάν τα επίπεδα οποιουδήποτε PCBs υπερβαίνουν εκείνα που καθορίζονται από το USEPA, μια φάση III πιλοτικό έργο πρέπει να ακολουθηθεί για να προσδιοριστούν και να ποσοτικοποιηθούν οι διάφοροι βασικοί τύποι PCBs για μια ειδική αξιολόγηση πιθανού κινδύνου.

Διοξίνες και φουράνες

Οι διοξίνες είναι ένας γενικός όρος για 75 διαφορετικά πολυχλωριωμένα διβενζο-ο-διοξίνες. Ομοίως, οι φουράνες είναι ένας γενικός όρος για 135 διαφορετικά πολυχλωριωμένα διβενζοφουράνια. Οι φουράνες βρίσκονται χαρακτηριστικά από κοινού με τις διοξίνες. Οι διοξίνες και τα φουράνια μπορούν να εισαχθούν στο νερό μέσω απόβλητου νερού των βιομηχανιών όπως τα εργοστάσια επεξεργασίας ξύλου, ο πολτός και οι μύλοι χαρτιού, φλοιοί, και η παραγωγή των φυτοφαρμάκων και τα συντηρητικά ξύλου. Επίσης, καύση των αποβλήτων, άνθρακας και τα χλωριωμένα φυτοφάρμακα μπορούν να παράγουν διοξίνες και φουράνια (Dojlido and Best 1993, in Ronald et al, 1999).

Περιβαλλοντική συμπεριφορά Οι διοξίνες και τα φουράνια είναι διαδεδομένα στο υδάτινο περιβάλλον. Τα ιζήματα είναι ένας σημαντικός αποδέκτης για αυτές τις ενώσεις. Η βιοδιάσπασή τους είναι αργή και λόγω χαμηλής διαλυτότητα, προσροφούνται εύκολα στα ιζήματα.

Αποτελέσματα στην υγεία ψαριών και οστρακόδερμων Στην πέστροφα, το σολομό, και τους λούτσους, χρόνια έκθεση στη διοξίνη τετραχλωρο (TCDD) κατευθείαν στη διατροφή ή το νερό προκάλεσε τη μειωμένη αύξηση, νέκρωση των πτερυγίων και θάνατο.

Αποτελέσματα στη βιοσυσσώρευση Διοξίνες και φουράνια έχουν χαμηλή διαλυτότητα και επομένως είναι ικανά να βιοσυσσωρεύονται στα ψάρια. Παράγοντες βιοσυσσώρευσης μέχρι 10.000 έχουν αναφερθεί (Isensee 1978, in Ronald et al, 1999).

Αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία Από τις διοξίνες το 2.3.7.8 τετραχλωρο ισομερές (2.3.7.8 TCDD) είναι το τοξικότερο. Τα αρχικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία των διοξινών είναι πιθανά γεννητικά προβλήματα. Έχουν αποδειχθεί επίσης ότι έχουν επιπτώσεις στο συκώτι και το νευρικό σύστημα. Εντούτοις, πρέπει να σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις των διοξινών και των φουρανών στις ανωτέρω περιοχές δεν είναι σίγουρες και είναι ένα αμφισβητούμενο σημείο στην πολιτική και στη επιστημονική κοινότητα.

Οδηγίες Είναι δύσκολο να οριστούν οι οδηγίες εξετάζοντας την αμφισβητούμενη φύση των επιπτώσεων της διοξίνης. Συστήνεται ότι, οι διοξίνες πρέπει να

αξιολογούνται σε κάθε περίπτωση χωριστά. Εάν η παρουσία τους υποψιάζεται, μια φάση III μελέτη τομέων πρέπει να ακολουθείται.

Παθογόνοι και Βιολογικοί Μολυσματικοί Παράγοντες

Οι υψηλές συγκεντρώσεις των παθογόνων και των βιολογικών μολυσματικών παραγόντων των παθογόνων οργανισμών βρίσκονται συνήθως στα νερά που ρυπαίνονται από τα ανθρώπινα λύματα και τα ζωικά απόβλητα. Κατά συνέπεια, μια σημαντική πηγή μόλυνσης είναι οι εκβολές λυμάτων στις εποίκημένες περιοχές και τις εγκαταστάσεις ζωικού κεφαλαίου.

Ανθρώπινα παθογόνα στα ψάρια και στα οστρακόδερμα

Σε πολλές χώρες το μη επεξεργασμένο απόβλητο νερό ή τα απόβλητα των ζώων χρησιμοποιούνται άμεσα στην υδατοκαλλιέργεια, σε αυτές τις περιπτώσεις η μόλυνση είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος.

Αποτελέσματα Τα ανθρώπινα παθογόνα αποτελούν μεγάλο πρόβλημα στην υδατοκαλλιέργεια επειδή μπορούν να συσσωρευτούν στα ψάρια. Αυτοί οι οργανισμοί δεν προκαλούν την ασθένεια στα ψάρια. Εντούτοις, τα ψάρια μπορούν να χρησιμεύσουν ως ένα διάνυσμα για την ασθένεια που μολύνει έτσι τους ανθρώπους που τα καταναλώνουν ή τα χειρίζονται. Πολλά παθογόνα, συμπεριλαμβανομένων των σαλμονελών, του *E.coli* και του *clostridium botulinum*, έχει βρεθεί να επιζούν στους ιστούς των ψαριών (Buras 1990, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες για τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια Ο Who (1989, in Ronald et al, 1999) συστήνει ότι οι τιμές του περιττωματικού κολοβακτηριδίου στο νερό πηγής να μην υπερβούν 10^3 ανά 100 ml. Οι Mara και Cairncross (1989, in Ronald et al, 1999) δείχνουν ότι μέσα σε λίμνες, συγκεντρώσεις 10^4 ανά 100 ml είναι αποδεκτές για την καλλιέργεια και των ψαριών και των υδρόβιων μακροφύτων. Εάν η θερμοκρασία των λιμνών και ο χρόνος διατήρησης δείχνουν ότι μια υψηλότερη μείωση μπορεί να πραγματοποιηθεί, αυτήν την οδηγία μπορεί να τη χαλαρώσουν. Σε συγκεντρώσεις επάνω από 10^4 και 10^5 ανά 100 ml, η πιθανότητα για το περιττωματικό κολοβακτηρίδιο και τα άλλα παθογόνα για να εισβάλουν στο μυϊκό ιστο είναι πολύ υψηλή.

Οδηγίες για τα συνολικά βακτηρίδια Η ισχύς του περιττωματικού κολοβακτηριδίου ως γενικός δείκτης της βακτηριολογικής μόλυνσης είναι αμφισβητήσιμη, ειδικά στους τροπικούς κύκλους. Η εμπιστοσύνη στα πρότυπα κολοβακτηριδίου μπορεί να υπερεκτιμήσει πιθανούς κινδύνους για την υγεία, αδικαιολόγητα φορτώνουν τις αναπτυσσόμενες χώρες στις προσπάθειές τους να αναπτύξουν οστρακόδερμα στα τροπικά νερά. Μερικοί ερευνητές συστήνουν ότι η συγκέντρωση των συνολικών βακτηριδίων χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει τον κίνδυνο μικροβιακής μόλυνσης. Επισημαίνουν ότι, εάν τα συνολικά βακτηρίδια φθάνουν από 1.0 έως 5.0

που πολλαπλασιάζονται με 10^4 ανά ml, έπειτα τα βακτηρίδια είναι πιθανό να εμφανιστούν μέσα στους ιστός των μυών (Buras et al 1985, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες για τα συγκεκριμένα παθογόνα και τα παράσιτα Σε πολλές χώρες το μη επεξεργασμένο απόβλητο νερό ή άλλα παθογόνα συνδέονται με τις ανθρώπινες ασθένειες όπως οι σαλμονέλες, ο στρεπτόκοκκος, *Aeromonas*, τα *pseudomonas*, *Klebsiellae*, και *Escherichiae* βρίσκονται συχνά στο έντερο των ψαριών που καλλιεργούνται μέσα στο απόβλητο νερό, αλλά σπάνια στους ιστούς μυών ή στα σπλαγχνικά όργανα. Ο WHO συστήνει ότι η τιμή των σαλμονελών στο νερό της πηγής δεν πρέπει να υπερβαίνει 10^3 ανά 100ml. Οι Mara και Cairncross (1989, in Ronald et al, 1999) προτείνουν ότι η συγκέντρωση των βιώσιμων trematode αυγών (αριθμός αριθμητικού μέσου όρου ανά το λίτρο ή κιλό) να είναι ίσος με μηδέν, επειδή τα μόνα εφικτά μέσα ελέγχου των *Clonorchis sinensis*, *Fasciolopsis buski*, και *Schistosoma japonicum* (είδη που είναι ενδημικά στην Ασία), είναι να αφαιρέσουν όλα τα βιώσιμα αυγά προτού να εφαρμοστεί το απόβλητο νερό στις λίμνες. Η αλλαντίαση, ο τυφοειδής, η ηπατίτιδα, η χολέρα, η μη συγκεκριμένη γαστρεντερίτιδα, και ένα πλήθος άλλων ασθενειών μπορούν επίσης να προκύψουν από την κατάποση ακατέργαστου ή ανεπαρκώς μαγειρευμένου ψαριού. Επομένως, εάν το απόβλητο νερό ή άλλες πηγές είναι πιθανώς ρυπασμένα με τα παθογόνα, το νερό πηγής πρέπει να εξεταστεί για τα παθογόνα που μπορεί να επηρεάσουν τη βιωσιμότητα του καλλιεργητικού προγράμματος.

Πρότυπα για τα οστρακόδερμα Οι Ηνωμένες Πολιτείες έχουν καθορίσει τα πρότυπα για τα νερά που μπορούν χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια ή συγκομιδή των οστρακόδεσμων. Για αυτά τα νερά, ο συνολικός αριθμός μέσου όρου κολοβακτηριδίου ή ο γεωμετρικός μέσος (MPN) του νερού δεν πρέπει να υπερβεί τα 70 ανά 100 ml και όχι περισσότερο από 10% των δειγμάτων μπορούν να υπερβούν MPN 230 ανά 100 ml για μια δεκαδική δοκιμή διαλύσεων 5 σωλήνων (ή MPN 330 ανά 100 ml για μια δεκαδική δοκιμή διαλύσεων 3 σωλήνων). Επιπλέον, ο περιττωματικός μέσος ή γεωμετρικός μέσος όρος MPN κολοβακτηριδίου του νερού δεν πρέπει να υπερβεί 14 ανά 100 ml και όχι περισσότερα από 10% των δειγμάτων μπορούν να υπερβούν MPN 43 ανά 100 ml για μια δεκαδική δοκιμή διαλύσεων 5 σωλήνων (ή MPN 49 ανά 100 ml για μια δεκαδική δοκιμή διαλύσεων 3 σωλήνων).

Επεξεργασία νερού Η χρήση απόβλητου νερού μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω των παραδοσιακών διαδικασιών επεξεργασίας απόβλητου νερού. Αυτές οι διαδικασίες μπορούν να είναι ένας συνδυασμός αρχικής ιζηματογένεσης, ενεργά απόβλητα, βιοδιήθημα, αερισμένη λιμνοθάλασσα, τάφρος οξείδωσης, απολύμανση, λίμνες σταθεροποίησης αποβλήτων, ή δεξαμενές αποθήκευσης αποβλήτων αποχέτευσης. Τα επεξεργασμένα απόβλητα νερά έχουν παρουσιαστεί να είναι χρήσιμα για την υδατοκαλλιέργεια και, σε μερικές περιπτώσεις, ως καλύτερο από το τοπικό ρυπασμένο νερό επιφάνειας.

Επιπλέον, χλωρίωση των λιμνών υδατοκαλλιέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί για να αφαιρέσει τα παθογόνα. Η δόση χλωρίου θα ποικίλει ανάλογα με το pH, τη συγκέντρωση της οργανικής ύλης και της αμμωνίας. Εντούτοις, όταν χλωριώνουμε τις λίμνες υδατοκαλλιέργειας, πρέπει να προσέχουμε οι συγκεντρώσεις του

χλωρίου να μειώνονται κάτω από τα τοξικά επίπεδα πριν τα ψάρια εκτεθούν στο απολυμασμένο νερό (Boyd 1996, in Ronald et al, 1999).

Επεξεργασία για την απαλλαγή από ρύπους των οστρακόδεσμων Με την ηθμοφαγία στα οστρακόδεσμα που αυξάνεται στο ρυπασμένο ή χαμηλής ποιότητας νερό συσσωρεύει τους παθογόνους μικροοργανισμούς και πρέπει να τους αποβάλλουν πριν από την πώληση, ειδικά στις περιοχές όπου το οστρακόδεσμο τρώγεται ακατέργαστο ή μερικώς άψητο. Η απαλλαγή από ρύπους μειώνει επίσης τον κίνδυνο παθογόνων ιών, όπως η ηπατίτιδα, οι οποίοι διαβιβάζονται συχνά μέσω των στρειδιών και των μαλακίων. Επειδή τέτοια παθογόνα είναι δύσκολο και ακριβό να ελεγχθούν, πρότυπα καθορίζονται πιο εύκολα για την διαδικασία απαλλαγή από ρύπους παρά για τη συγκέντρωση από τους παθογόνους μικροοργανισμούς (Pillay 1992, in Ronald et al, 1999). Για παράδειγμα, μόνο τα οστρακόδεσμα που μεγαλώνουν με τις επικυρωμένες διαδικασίες μπορεί να πωληθούν στις Καναδικές και Αμερικανικές αγορές.

Οι δύο πιο κοινές μέθοδοι απαλλαγής από ρύπους στηρίζονται στο καθαρό νερό ή την απαλλαγή από ρύπους στις ειδικά σχεδιασμένες εγκαταστάσεις. Αυτό συνεπάγεται τη μεταφορά οστρακόδεσμων σε μια καθαρή περιοχή για μια ελάχιστη χρονική περίοδο, συνήθως 30 ημέρες, εντούτις, για να απαλλαχθούν από μολυσμένους ρύπους τα οστρακόδεσμα απαιτείται μεγάλες χρονικές περιόδους εξαγνισμού και δεν είναι εφικτό σε εμπορική βάση. Οι εγκαταστάσεις απαλλαγής από ρύπους αποθηκεύουν τα οστρακόδεσμα στις δεξαμενές του νερού της θάλασσας που απολυμαίνονται με τα φίλτρα, χλώριο, όζον, ή υπεριώδης ακτινοβολία (Pillay 1992, in Ronald et al, 1999). Παρά την αποδοχή της σε πολλές χώρες, η απαλλαγή από ρύπους μόνο χωρίς προσοχή στην ποιότητα του νερού δεν είναι επαρκής για να βεβαιώσει την ασφάλεια των οστρακόδεσμων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην ανάπτυξη των μη ρυπασμένων περιοχών και σε πρακτικές καλλιέργειας που θα ελαχιστοποιήσουν τον κίνδυνο μικροβιακής μόλυνσης των οστρακόδεσμων.

Φυτοπλαγκτόν και φυκώδεις τοξίνες

Η λασπώδης, χωματένια γεύση των ψαριών που μεγαλώνουν στο φρέσκο ή υφάλμυρο νερό είναι ένας από τους κοινούς τύπους περιβαλλοντικών μολύνσεων της υδατοκαλλιέργειας, μπορεί συχνά να αποφευχθεί με τη μρωδιά ή τη δοκιμή του νερού της πηγής. Αυτό η λασπώδης ωσμή, η οποία ανιχνεύεται εύκολα στα ψάρια, δεν είναι επιβλαβής στον άνθρωπο, αλλά μπορεί να οδηγήσει στις χαμηλότερες τιμές για τα προϊόντα της υδατοκαλλιέργειας. Η ωσμή αυτή στα ψάρια που καλλιεργούνται σε λίμνες είναι χαρακτηριστικό του geosmin, του methylisobomeol 2, του mucidone, ή των παρόμοιων ενώσεων παραχθείς από τις ανθίσεις των ακτινομυκήτων και των γαλαζοπράσινων μικροφυκών. Οι φυκώδεις ανθίσεις είναι συχνά χρονικά απρόβλεπτες και δύσκολο να αποτραπούν. Τα προσβεβλημένα φύκη μπορούν να σκοτωθούν με το θειικό άλας χαλκού, αλλά η καλύτερη στρατηγική είναι να αφαιρεθεί η λασπώδης γεύση μέσω της απαλλαγής από ρύπους στο καθαρό νερό πριν από τη συγκομιδή. Το γατόψαρο, παραδείγματος

χάρην, μπορεί να τα αποβάλλει σε 5 ως 15 ημέρες ανάλογα με τη θερμοκρασία νερού και τη δριμύτητα της ωσμής. Τα φύκη που προκαλούν λασπώδες ωσμές δεν αναπτύσσονται στο αλατούχο νερό (Pillay 1992, in Ronald et al, 1999).

Κόκκινη παλίρροια

Οι κόκκινες παλίρροιες (ανθίσεις των τοξικών dinoflagellates) είναι μια σημαντική πηγή θνησιμότητας ψαριών και οστρακόδερμα και ένας σοβαρός κίνδυνος δημόσιας υγείας. Η πιο κοινή άνθιση μικροφυκών στα τροπικά νερά προκαλείται από το είδος *Pyrodinium bahamense*.

Τα οστρακόδερμα συσσωρεύουν γρήγορα αυτές τις τοξίνες και γίνονται ενδιάμεσοι αποδέκτες των διάφορων μορφών δηλητηρίασης των οστρακόδερμων, όπως η παραλυτική δηλητηρίαση οστρακόδερμων (PSP), η diarrhetic δηλητηρίαση οστρακόδερμων (DSP), η νευροτοξική δηλητηρίαση οστρακόδερμων (NSP), και η αμνησιακή δηλητηρίαση οστρακόδερμων (ASP). Τα ποσοστά βιοσυσώρευσης και απαλλαγής από την τοξίνη ποικίλλουν με τα είδη, τη θερμοκρασία, και την ένταση των ανθίσεων. Τα μύδια και συσσωρεύουν και αποβάλλουν τοξίνες PSP γρηγορότερα από άλλα είδη, ενώ τα στρείδια χρειάζονται περισσότερο χρόνο να συσσωρεύσουν και για να αποβάλλουν. Μερικά είδη έχουν αναφερθεί ότι παραμένουν τοξικά μέχρι και δύο έτη. Το σκληρό μαλάκιο ή quahog, μπορεί να αποφύγει τα τοξικά άλγη με το να θαφτεί βαθιά μέσα στην άμμο και με το κλείσιμο του κοχυλιού του. Τα όστρακα είναι επίσης ασφαλή για βρώση κατά τη διάρκεια των φυκωδών ανθίσεων επειδή το μέρος που τρώγεται κανονικά, ο απαγωγός μυς, είναι σπάνια τοξικό. Η απαλλαγή από ρύπους είναι εφικτή για τα είδη που αποτοξινώνονται γρήγορα. Εντούτοις, η αποτοξίνωση των οστρακόδερμων σε μια μεγάλη κλίμακα δεν είναι οικονομικά ελπιδοφόρα.

Τοξικές φυκώδεις ανθίσεις

Οι τοξικές φυκώδεις ανθίσεις είναι δύσκολο να αποφευχθούν ή να προβλεφθούν. Οι φυκώδεις ανθίσεις δημιουργούνται στους ωκεανούς μακριά από τα κρεβάτια των οστρακόδερμων, και οι μηχανισμοί που τις προκαλούν δεν είναι καλά κατανοητοί. Οι τοξίνες που συνδέονται με αυτά τα άλγη μπορούν να αναγκάσουν τα οστρακόδερμα για να γίνουν τοξικά κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αυτές οι τοξίνες μπορούν να συσσωρευτούν για μήνες αφού οι ανθίσεις έχουν εξαφανιστεί, με συνέπεια σημαντικές οικονομικές καταστροφές (Pillay 1992, in Ronald et al, 1999).

Οδηγίες Επειδή είναι δύσκολο να προβλεφθεί εάν ένα δεδομένο νερό πηγής θα είναι θύμα αλγών ή ανθίσεων φυτοπλαγκτού, υπάρχει ανάγκη οδηγιών βασισμένων στα ιστορικά στοιχεία ελέγχου. Εάν στοιχεία υπάρχουν για τη θέση και την έκταση των φυκών ή των φυτοπλαγκτονικών ανθίσεων, πρέπει να

καθοριστεί εάν ο τομέας της προτεινόμενης πηγής νερού είναι ευαίσθητος στις ανθίσεις. Σε αυτή την περίπτωση, οι κίνδυνοι πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά. Τα αποτελέσματα μπορούν να μετρηστούν με τον περιορισμό των ειδών που καλλιεργούνται ή την εποχή του χρόνου που μπορούν να λειτουργήσουν οι καλλιέργειες χρησιμοποιώντας αυτό το νερό.

1.6.3 ΦΑΣΗ ΙΙΙ ή ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΜΕΩΝ

Η φάση ΙΙΙ πρέπει να ακολουθηθεί εάν τα κριτήρια της φάσης Ι ή της φάσης ΙΙ δεν ικανοποιούνται και οι κίνδυνοι είτε θεωρούνται αποδεκτοί είτε βρεθεί μια μέθοδος επεξεργασίας που είναι τεχνικά και οικονομικά βιώσιμη. Ο σκοπός της φάσης ΙΙΙ είναι να χορηγήσει μια δοκιμή των τομέων της λειτουργίας υδατοκαλλιέργειας όταν η επιτυχία του προγράμματος είναι βασισμένη στην ποιότητα νερού. Η μελέτη τομέων θα βοηθήσει να εκδοθεί μια απόφαση σχετικά με εάν πρέπει να χρησιμοποιηθεί το επιλεγμένο νερό της πηγής. Στην περίπτωση όπου το νερό πηγής γίνεται αποδεκτό, οποιαδήποτε λειτουργικά προβλήματα ή ρυθμίσεις μπορούν να γίνουν προτού να αρχίσει το πρόγραμμα καλλιέργειας. Η μελέτη τομέων εστιάζει συγκεκριμένα στην αξιολόγηση της αύξησης και της υγείας των ψαριών, των υπολειμμάτων των μολυσματικών παραγόντων στα ψάρια, και της τεχνικής και οικονομικής δυνατότητας πραγματοποίησης μιας θεραπείας.

Σχέδιο μελέτης

Υπάρχουν δύο επιλογές για τον τύπο μελέτης τομέων. Η περισσότερο οικονομικώς αποδοτική μέθοδος είναι να βρεθεί μια εν λειτουργία υδατοκαλλιέργεια στην περιοχή που να χρησιμοποιεί τις ίδιες τεχνικές νερού και διαχείρισης της πηγής για την καλλιέργεια ενός παρόμοιου είδους. Δοκιμές για την αύξηση και την υγεία των ειδών και τα υπολείμματα του μολυσματικού παράγοντα μπορούν έπειτα να γίνουν στο προϊόν από αυτήν την καλλιέργεια. Επιπλέον, ένα λεπτομερές σχέδιο συμπεριλαμβανομένης της ανάλυσης δαπανών μπορεί να γίνει για οποιαδήποτε προτεινόμενη διαδικασία επεξεργασίας.

Η δεύτερη επιλογή είναι να οργανωθεί μια πειραματική μελέτη από την εγκατάσταση της υδατοκαλλιέργειας, που χρησιμοποιεί το προτεινόμενο νερό πηγής, οποιαδήποτε προτεινόμενη διαδικασία επεξεργασίας, και τα είδη προγράμματος. Η αύξηση των ψαριών, η υγεία, και τα υπολείμματα των μολυσματικών παραγόντων μπορούν κατόπιν να μετρηθούν. Μια ανάλυση σχεδίου και δαπανών μπορεί να γίνει από οποιαδήποτε προτεινόμενη διαδικασία επεξεργασίας.

Και στις δύο περιπτώσεις είναι σημαντικό να εφαρμοστούν οι συνθήκες που θα χρησιμοποιηθούν στο τελικό πρόγραμμα καλλιέργειας. Αυτό περιλαμβάνει όχι μόνο το νερό και τα είδη αλλά, εάν είναι δυνατόν, και το χώμα. Επειδή η ποιότητα

μέσα στα νερά επιφάνειας μπορεί να ποικίλλει εποχιακά, είναι σημαντικό να γίνει η μελέτη μέσα σε ένα αντιπροσωπευτικό χρονικό διάστημα που να απεικονίζει αυτές τις αλλαγές. Χαρακτηριστικά αυτό θα ήταν ένα έτος. Προκειμένου να είναι σίγουρη η επιρροή της ποιότητας του νερού της πηγής επάνω στην έκβαση του προγράμματος που εξετάζεται, προσπάθειες πρέπει να γίνουν για να αποβάλλουν άλλες πιθανές πηγές αποτυχίας.

Κριτήρια για την αύξηση και την υγεία των ψαριών

Τα ψάρια πρέπει να είναι ικανοποιητικού μεγέθους για να είναι εμπορεύσιμα και η παραγωγή πρέπει να λειτουργήσει σε ένα αρκετά υψηλό ποσοστό για να είναι κερδοφόρα. Τα ψάρια πρέπει να είναι αρκετά υγιή, έτσι ασθένεια ή ο κίνδυνος της είναι χαμηλός. Τα ψάρια πρέπει να υποβληθούν σε εξέταση για οποιαδήποτε συγκεκριμένα συμπτώματα βασισμένα στους ρύπους. Γενικότερη εξέταση για τις ασθένειες, την πίεση, ή τις ανωμαλίες πρέπει να εκτελεσθεί. Πρόσφατη έρευνα έχει δείξει χρησιμότητα των βιοσημαντών (biomarkers) στην αξιολόγηση της δυνατότητας επίδρασης της ποιότητας νερού στα ψάρια. Αυτοί οι δείκτες, οι οποίοι παρατίθενται στον πίνακα 4 του παραρτήματος, μπορούν να είναι χρήσιμοι ανάλογα με το ρύπο. Ειδικά εκείνοι που μετρούν την πίεση όπως τα κορτικοστεροειδή (corticosteroids) ή κατεχολαμίνες (biomarkers catecholamines) έχουν προταθεί ως καλό μέτρο της γενικής πίεσης ως αποτέλεσμα των προβλημάτων της ποιότητας του νερού (Tarazona and Munoz 1995, in Ronald et al, 1999).

Κριτήρια για τα υπολείμματα μολυσματικών παραγόντων

Στην περίπτωση των ψαριών που προορίζονται για εξαλλίευση, τα υπολείμματα του μολυσματικού παράγοντα πρέπει να είναι αρκετά χαμηλά για να ικανοποιούν τα πρότυπα της χώρας εισαγωγής. Για τα ψάρια προοριζόμενα για την κατανάλωση τοπικά, τα πρότυπα πρέπει να υιοθετούνται βασισμένα στην προστασία της δημόσιας υγείας της χώρας.

Βάση για τα πρότυπα

Επίπεδα μολυσματικών παραγόντων που επιτρέπονται στα τρόφιμα και στο πόσιμο νερό είναι βασισμένα στα προσωρινά ανεκτά εβδομαδιαία πρότυπα εισαγωγής (PTWI). Αυτά τα πρότυπα, εκφράζονται σε μικρογραμμάρια ανά άτομο ή μικρογραμμάρια ανά άτομο ανά χιλιόγραμμο του βάρους σωμάτων, εξαρτώνται από το μέσο ποσοστό ανθρώπινης βιοσυσσώρευσης από τα μολυσμένα τρόφιμα. Τα πρότυπα για τα υπολείμματα μολυσματικών παραγόντων στα τρόφιμα υπολογίζονται βάσει του PTWI, του ποσοστού κατανάλωσης των τροφίμων, και της πιθανής έκτασης της έκθεσης στο μολυσματικό παράγοντα μέσω άλλων

διαβάσεων. PTWI για επιλεγμένους μολυσματικούς παράγοντες παρατίθεται στον πίνακα 5 του παραρτήματος.

Ψάρια και τα οστρακόδεσμα που προορίζονται για εξαγωγή

Για τα ψάρια και τα οστρακόδεσμα προοριζόμενα για εξαγωγή, τα υπολείμματα μολυσματικών παραγόντων πρέπει να ανταποκρίνονται στα πρότυπα της χώρας εισαγωγής.

Ψάρια και οστρακόδεσμα προορισμένα για την τοπική κατανάλωση

Επειδή η διατροφή και η πιθανή έκθεση στους μολυσματικούς παράγοντες διαφέρουν από χώρα σε χώρα, πρότυπα για τα υπολείμματα του μολυσματικού παράγοντα που τίθενται ως πρότυπα εισαγωγών από μερικές χώρες στα τρόφιμα μπορούν να μην είναι κατάλληλα για την περιοχή του προγράμματος. Και τα δύο είναι προϊόντα υδατοκαλλιέργειας θα καταναλωθούν και ποια μέρη προϊόντων θα καταναλωθούν πρέπει να είναι ληφθούν υπόψη κατά την εξέταση των επιτρεπτών επιπέδων υπολειμμάτων μολυσματικών παραγόντων. Εάν ένα προϊόν πρόκειται να καταναλωθεί πολύ σε μια τοπική περιοχή, τα υπολείμματα θα πρέπει να είναι χαμηλότερα για να είναι ασφαλή. Επιπλέον, όλα τα εδώδιμα μέρη του οργανισμού πρέπει να ικανοποιούν τα πρότυπα κατανάλωσης και τα μέρη ενός ψαριού που κρίνονται εδώδιμα ποικίλουν από αγορά σε αγορά σύμφωνα με την καταναλωτική συνήθεια και την προτίμηση. Καταναλωτές σε μερικές περιοχές μπορούν να φάνε τους νεφρούς, το συκώτι, ή άλλα όργανα, ενώ οι καταναλωτές σε άλλες περιοχές τρώνε μόνο τους ιστούς των μυών. Επιπλέον, ορισμένοι μολυσματικοί παράγοντες μπορούν να συσσωρεύονται στο νεφρό, συκώτι, και ιστοί μυών ενός ψαριού σε διαφορετικό ποσοστά. Ως εκ τούτου, ένα ψάρι μπορεί να περιέχει μερικά μέρη που ανταποκρίνονται στα πρότυπα και άλλα που δεν ανταποκρίνονται.

Εάν κανένα πρότυπο δεν καθορίζεται για την περιοχή προγράμματος, οι ανωτέρω παράγοντες πρέπει να εξεταστούν σε βαθμό στην καθιέρωση των προτύπων. Για να φθάσει σε αυτά τα πρότυπα ο κατάλογος του PTWI του πίνακα 5 του παραρτήματος είναι χρήσιμος μαζί με την εισαγωγή των προτύπων για τις διαφορετικές χώρες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Πίνακας 1 Επιδράσεις των βιολογικών διαδικασιών στην αλκαλικότητα

<i>Process</i>	<i>Alkalinity change for forward reaction</i>	<i>pH change for forward reaction</i>
Photosynthesis (forward reaction) and respiration (reverse reaction)		
(1a) $n\text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{CH}_2\text{O})_n + n\text{O}_2$	No change	No change
(1b) $106 \text{CO}_2 + 16 \text{NO}_3^- + \text{HPO}_4^{2-} + 122 \text{H}_2\text{O} + 18 \text{H}^+ \{ \text{C}_{106}\text{H}_{263}\text{O}_{110}\text{N}_{16}\text{P}_1 \} + 138 \text{O}_2$	Increase	Increase
(1c) $106 \text{CO}_2 + 16 \text{NH}_4^+ + \text{HPO}_4^{2-} + 108 \text{H}_2\text{O} \{ \text{C}_{106}\text{H}_{263}\text{O}_{110}\text{N}_{16}\text{P}_1 \} + 107 \text{O}_2 + 14 \text{H}^+$	Decrease	Decrease
Nitrification		
(2) $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 = \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}^+$	Decrease	Decrease
Denitrification		
(3) $5 \text{C}_2\text{H}_2 + 4 \text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ = 5 \text{CO}_2 + 2 \text{N}_2 + 7 \text{H}_2\text{O}$	Increase	Increase
Sulfide oxidation		
(4a) $\text{HS}^- + 2\text{O}_2 = \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+$	Decrease	Decrease
(4b) $\text{FeS}_2(\text{s}) + 3.75\text{O}_2 + 3.5 \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + 4\text{H}^+ + 2\text{SO}_4^{2-}$	Decrease	Decrease
Sulfate reduction		
(5) $\text{SO}_4^{2-} + 2\text{CH}_2\text{O} + \text{H}^+ = 2 \text{CO}_2 + \text{HS}^- + \text{H}_2\text{O}$	Increase	Increase

CaCO ₃ dissolution		
(6) CaCO ₃ + CO ²⁺ H ₂ O Ca ²⁺ + 2 HCO ₃	Increase	No change

IIHTH Stumm and Morgan 1984 (in Ronald et al, 1999)

Πίνακας 2 Σχετικές κατηγορίες χημικών μεταβλητών σε υφάλμυρες λίμνες

Variable	1st decile (very low)	2nd-3rd decile (low)	4th-7th decile (medium)	8th-9th decile (high)	10th decile (very high)
pH	<4	4-6	6-8	8-9	>9
Carbon (%)	<0.5	0.5-1	1-2.5	2.5-4	>4
Nitrogen (%)	<0.15	0.15-0.25	0.25-0.4	0.4-0.5	>0.5
Sulfur (%)	<0.05	0.05-0.1	0.1-0.5	0.5-1.5	>1.5
Phosphorus (mg /lt)	<20	20-40	40-250	250-400	>400
Calcium (mg /lt)	<1000	1,000-2,000	2,000-4,000	4,000-8,000	>8,000
Magnesium (mg /lt)	<700	700-1,500	1,500-3,000	3,000-4,000	>4,000
Potassium (mg /lt)	<100	100-400	400-1,200	1,200-1,700	>1,700
Sodium (mg /lt)	<2500	2,500-7,000	7,000-15,000	15,000- 25,000	>25,000
Iron (mg /lt)	<60	60-200	200-750	750-1,200	>1,200
Manganese (mg /lt)	<10	10-50	50-150	150-350	>350
Zinc (mg/lt)	<2	2-5	5-8	8-14	>14
Copper (mg /lt)	<1	1-2	2-8	8-11	>11
Silicon	<30	30-100	100-500	500-750	>750

(mg /lt)					
Boron (mg / lt)	<4	4-8	8-18	18-24	>24
Cobalt (mg / lt)	<0.5	0.5-1	1-2.5	2.5-3.5	>3.5
Molybdenum (mg/lt)	<0.3	0.3-0.5	0.5-0.9	0.9-1.2	>1.2
Aluminum (mg /lt)	<100	100-200	200-500	500-600	>600
Barium (mg/lt)	<0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-3.5	>3.5
Chromium (mg /lt)	<1	1-2	2-4	4-7	>7
Lead (mg/lt)	<2	2-4	4-7	7-9	>9

ΠΗΓΗ Boyd and others 1994 (in Ronald et al, 1999)

Πίνακας 3 Σχετικές κατηγορίες χημικών μεταβλητών σε λίμνες γλυκού νερού

Variable	1st decile(very low)	2nd-3rd decile (low)	4th-7th decile (medium)	8th-9th decile (high)	10th decile (very high)
pH	<5	5-6	6-7	7-8	>8
Carbon (%)	<0.5	0.5-1	1-2	2-3.5	>3.5
Nitrogen (%)	<0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	>0.5
Sulfur (%)	<0.01	0.01-0.025	0.025-0.05	0.05-0.125	>0.125
Phosphorus (mg /lt)	<5	5-10	10-20	20-40	>40
Calcium (mg /lt)	<600	601-1,200	1,200-3,400	3,400-7,600	>7,600
Magnesium (mg /lt)	<45	45-80	80-120	120-230	>230
Potassium (mg /lt)	<30	30-60	60-80	80-110	>110
Sodium (mg /lt)	<15	15-35	35-60	60-100	>100
Iron (mg /lt)	<10	10-50	50-130	130-210	>210

Manganese (mg /lt)	<5	5-20	20-40	40-75	>75
Zinc (mg/lt)	<0.2	0.2-1.5	1.5-2.5	2.5-5	>5
Copper (mg / lt)	<0.3	0.3-1.25	1.25-2.5	2.5-6	>6
Silicon (mg /lt)	<20	20-40	40-60	60-100	>100
Boron (mg /lt)	<0.3	0.3-0.5	0.5-0.75	0.75-1.25	>1.25
Cobalt (mg /lt)	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.35	0.35-0.8	>0.8
Molybdenum (mg/lt)	<0.1	0.11-0.15	0.15-0.2	0.21-0.35	>0.35
Aluminum (mg /lt)	<3.5	3.5-75	75-120	120-200	>200
Barium (mg/lt)	<0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-4	>4
Chromium (mg /lt)	<0.5	0.5-0.75	0.75-1	1-1.75	>1.75
Lead (mg/lt)	<1	1-1.25	1.25-1.5	1.5-2.5	>2.5

ΠΗΓΗ Boyd et al 1994 (in Ronald et al, 1999)

Πίνακας 4 Επιλεγμένοι βιοσημαντές κι επίδραση / τοξικότητα στα ψάρια

Type	Biomarker	Comments
DNA alterations	DNA adducts	Specific for genotoxic chemicals
DNA alterations	Strand breaks in DNA	Specific for genotoxic chemicals
DNA alterations	Hypomethylation of DNA	Specific for genotoxic chemicals
DNA alterations	Cytogenetic effects	Specific for genotoxic chemicals
Biochemical	Induction of Cyt. P-450	Organic planar compounds
Biochemical	Metallothioneins	Selected metals
Biochemical	ATPases	Nonspecific

Biochemical	Aminolevulinic acid dehyd.	Specific for lead
Biochemical	Methemoglobin	Specific for nitrite and other chemicals
Biochemical	Acetylcholinesterase	Specific for organophosphorous and carbamates
Physiological	Adenylate energy change	Nonspecific
Physiological	Glycogen	Nonspecific
Physiological	Scope for growth	Nonspecific
Physiological	Corticosteroids/catecholamines	Nonspecific-primary stress response
Physiological	Plasma thyroid hormone	Developmental alterations in growth
Physiological	Growth hormone	Growth inhibitors: chlorpyrifos and phenol
Physiological	Stress (heat shock) proteins	Nonspecific
Immunological	Leucokrit	General screen assay
Immunological	Macrophage phagocytosis	
Immunological	Macrophage pinocytosis	
Immunological	Native immunoglobulin	Humoral comprehensive assay
Immunological	Specific antibody quantitation	Humoral host resistance challenge assay
Immunological	Increase disease susceptibility	Comprehensive host resistance challenge assay
Histopathological	Hepatic biomarkers	Different lesions depending on the chemical
Histopathological	Vertebral abnormalities	Temperature, oxygen, metals

IIHTH Tarazona and Munoz 1995 (in Ronald et al, 1999)

Πίνακας 5 Προσωρινά ανεκτά εβδομαδιαία πρότυπα εισαγωγής για επιλεγμένα στοιχεία

Element	Unit per kg of body weight	Comment	Source
Aluminum	7 mg		WHO (1989b)
Arsenic (inorganic)	0.015 mg	Narrow margin between PTWI and levels that have toxic effects.	WHO (1989b)
Cadmium	7 g	Highly dependent on rates of consumption of contaminated food products	WHO (1989b)
Copper	3.5 mg		WHO (1982)
Iron	5.6 mg		WHO (1983)
Lead	25 g		WHO (1983)
Mercury (total)	5 g		WHO (1989b)
Methyl mercury	3.3 g		WHO (1989b)
Tin (inorganic)	14 mg	No PTWI set for organotin compounds	WHO (1989b)
Zinc	7 mg		WHO (1982)
PCBs	0.28 mg	No-effect level in monkey	WHO (1990)

2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΙΧΘΥΟΓΕΝΝΗΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό πρόκειται να περιγραφούν οι ευρύτερα υιοθετημένες τεχνικές λύσεις σχετικά με τον εξοπλισμό και τα συστήματα υποστήριξης που χρησιμοποιούνται στους μεσογειακούς ιχθυογεννητικούς σταθμούς, με έμφαση στον υδραυλικό εξοπλισμό. Θα εξεταστούν οι παράμετροι σχεδίου, ο υπολογισμός μεγέθους και τα κριτήρια των εγκαταστάσεων.

Κάθε υποενότητα διαιρείται σε δύο μέρη, και τα δύο αντιμετωπίζονται λεπτομερώς:

τα κύρια συστήματα υποστήριξης και,
τα τεχνικά συστατικά τους

Οι οικοδομικές εργασίες σχετικές με τα κτήρια ή τους δρόμους, συμπεριλαμβανομένων των συγκεκριμένων υπολογισμών, τα ηλεκτρολογικά και θερμομηχανικά συστήματα, δεν εξετάζονται επειδή:

A. δεν διαφέρουν σημαντικά από τα κανονικά βιομηχανικά πρότυπα σε οποιαδήποτε χώρα

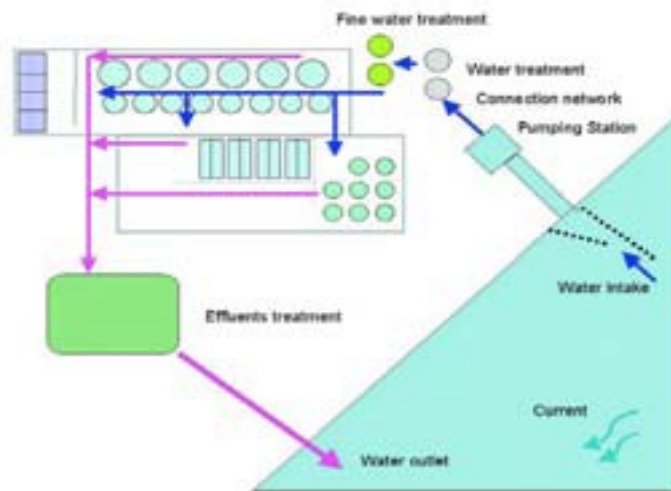
B. οι υπεύθυνοι επαγγελματίες για το σχέδιο και την κατασκευή του έχουν την πλήρη αστική ευθύνη

Γ. κάθε χώρα έχει τους κανόνες, τους κώδικες και τα πρότυπά της για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, οι οποίες μπορούν να διαφέρουν αρκετά (in Moretti A., et al 2005) .

2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Το σύστημα ανεφοδιασμού νερού της θάλασσας είναι ένα κρίσιμο στοιχείο οποιουδήποτε προγράμματος ιχθυογεννητικού σταθμού μιας και ολόκληρη η παραγωγή εξαρτάται από έναν αξιόπιστο ανεφοδιασμό. Περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- η εισαγωγή νερού της θάλασσας
- το αντλιοστάσιο
- το δίκτυο που συνδέει το αντλιοστάσιο και τον ιχθυογεννητικό σταθμό
- το πρώτο σύστημα κατεργασίας ύδατος (χονδροειδής διήθηση μέχρι 100 μm)
- το εσωτερικό δίκτυο διανομής
- το δευτεροβάθμιο σύστημα κατεργασίας ύδατος (λεπτή διήθηση μέχρι 1 μm)
- το σύστημα απαλλαγής, το οποίο περιλαμβάνει το δίκτυο αποξηράνσεων, την επεξεργασία απόβλητου ύδατος και την έξοδο



Σχήμα 2.1 Διάγραμμα συστήματος παροχής θαλασσινού νερού

2.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Στους μεσογειακούς ιχθυογεννητικούς σταθμούς, το νερό της θάλασσας μπορεί να προέρχεται από δύο πηγές:

1. με την άμεση άντληση από τη θάλασσα
2. παράκτια / υφάλμυρα φρεάτια

Και στις δύο περιπτώσεις ένα αξιόπιστο σύστημα παροχής νερού είναι ένας παράγοντας κλειδί για την επιτυχή παραγωγή των ψαριών και για ολόκληρη την οικονομία της καλλιέργειας όπως αποτελεί ένα πολύ σημαντικό μέρος του ενεργειακού κόστους του. Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα, από την άποψη της σωλήνωσης και της κατάλληλης επιλογής των επαρκών αντλιών και του βοηθητικού τεχνικού εξοπλισμού, βεβαιώνει την αποδοτική λειτουργία του κέντρου αναπαραγωγής. Αυτό το σύστημα είναι κρίσιμο στους μεγάλους εμπορικούς ιχθυογεννητικούς σταθμούς, στους οποίους οι απαιτήσεις για το θαλάσσιο νερό μπορούν εύκολα να υπερβούν 150 l/s.

Η άμεση άντληση του νερού της θάλασσας είναι πιο διαδεδομένο σύστημα για να παρέχει νερό στις καλλιέργειες του Μεσογειακού λαυρακιού και της τσιπούρας. Περιγράφεται λεπτομερώς πιο κάτω.

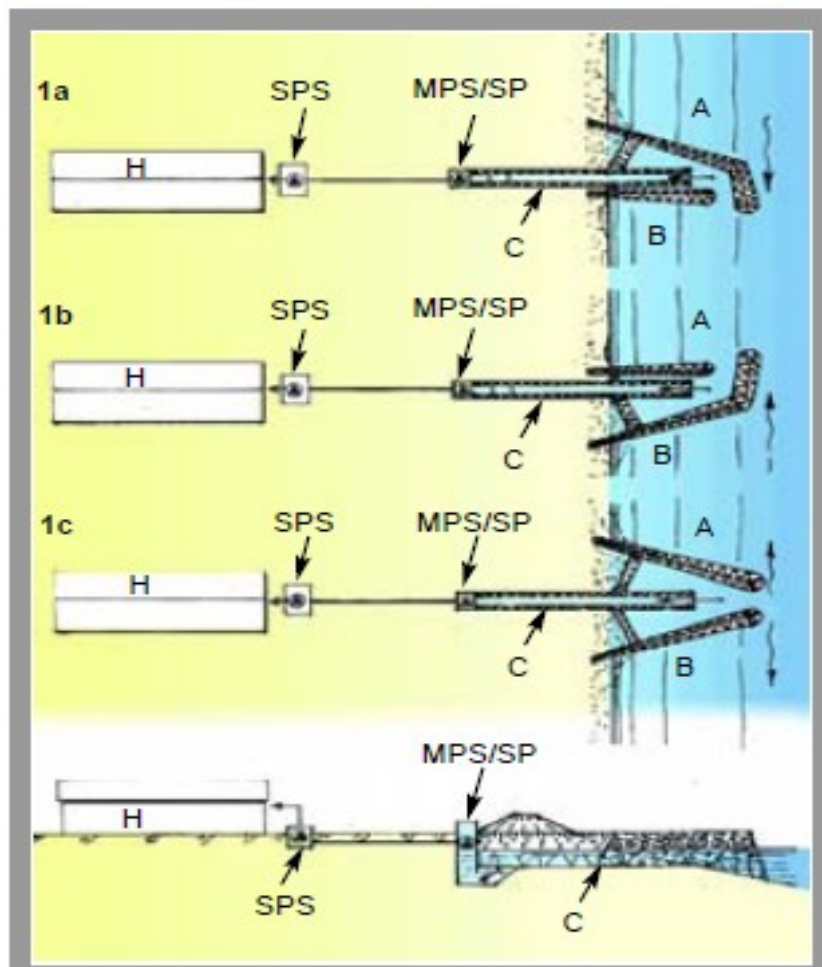
Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι εισαγωγών νερού σύμφωνα με τον τύπο ακτής, την απόσταση του ιχθυογεννητικού σταθμού από τη θάλασσα, από τον τύπο της παραλίας και το ίζημα πυθμένων της θάλασσας. Οι τρεις πιο κοινές καταστάσεις που αντιμετωπίζονται περιγράφονται παρακάτω:

- αμμώδης ακτή με μια χαμηλή κλίση,
- πετρώδης ακτή,
- φυσική ή τεχνητή περίφραξη.

Οι μέγιστες απαιτήσεις ροής του νερού του ιχθυογεννητικού σταθμού πρέπει να υπολογιστούν προσεκτικά για να σχεδιαστεί κατάλληλα ολόκληρο το σύστημα. Μελλοντικές εξελίξεις και το σύστημα συντήρησης, που είναι μια σημαντική πτυχή, πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη. Εάν δεν ληφθούν υπόψη στη φάση σχεδίου, αυτές οι δύο πτυχές μπορούν να παραγάγουν τους πιθανούς κινδύνους όπως η ευκολία εγκατάστασης παθογόνων μικροοργανισμών ή υπερβολικό φράξιμο μπροστά από την εισαγωγή του νερού. Αυτά τα προβλήματα μπορούν εύκολα να γίνουν σημαντικά μειονεκτήματα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του ιχθυογεννητικού σταθμού, που απαιτεί δαπανηρές επεμβάσεις για να τα λύσουν.

Αμμώδης ακτή με χαμηλή κλίση

Λόγω του κινδύνου από τα ιζήματα, μια εισαγωγή νερού που βρίσκεται σε μια αμμώδη ακτή με χαμηλή κλίση θα απαιτούσε την κατασκευή συγκεκριμένων έργων για την ακτή. Το σχέδιο τους, σχετικό με τον πιθανό αντίκτυπό τους στην παράκτια μεταφορά ιζημάτων, απαιτεί μια λεπτομερή μελέτη: τον υπάρχον αέρα, τον ισχύοντα κυματισμό, τις παραλλαγές των επιπέδων της θάλασσας, το παλιρροιακό καθεστώς, τα βαθυμετρικά, και τα παράκτια ρεύματα.



Σχήμα 2.2 - το νερό αντλείται σε ένα υψηλότερο επίπεδο στο τέλος του καναλιού

- τύπος 1a: προστασία του αναχώματος B από το ανάχωμα A όταν η παράκτια κλίση είναι από (α) σε (β)

- τύπος 1b: προστασία του αναχώματος A από το ανάχωμα B όταν η παράκτια κλίση είναι από (β) σε (α)

- τύπος 1c: συγκλίνοντα ευθεία αναχώματα όταν η παράκτια κλίση είναι αμελητέα ή/ και ισοδύναμη και στις δύο κατευθύνσεις

MPS= κύριο αντλιοστάσιο

SPS = δευτεροβάθμιο αντλιοστάσιο

H= ιχθυογεννητικός σταθμός

C = κανάλι

PP = σωλήνωση υπό πίεση

PG = βαρύτητα σωληνώσεων

PS= αναρρόφηση σωληνώσεων

ST = διηθητήρας

PD = κύρια συσκευή

FPP = επιπλέουσα διατηρημένη σταθερή ατμοσφαιρική πίεση σωλήνωση

DP = ξηρά αντλία

SP = υποβρύχια αντλία

Για αυτήν την τυπολογία, οι δύο κύριες τεχνικές λύσεις που υιοθετούνται συνήθως είναι:

(i) ένα κανάλι προστατευμένο από τη θάλασσα από δύο κυματοθραύστες και,

(ii) η σωλήνωση.

Εισαγωγή νερού μέσω ενός καναλιού που προστατεύεται από τη θάλασσα από δύο κυματοθραύστες

Το σχέδιο αυτών των αναχωμάτων εξαρτάται από την κατεύθυνση των παράκτιων ρευμάτων και τη μεταφορά του παράκτιου ιζήματος. Η προστασία της εισαγωγής νερού πρέπει να προσαρμοστεί σε διαφορετικές καταστάσεις όπως περιγράφονται στα σχήματα 2.2 και 2.3.

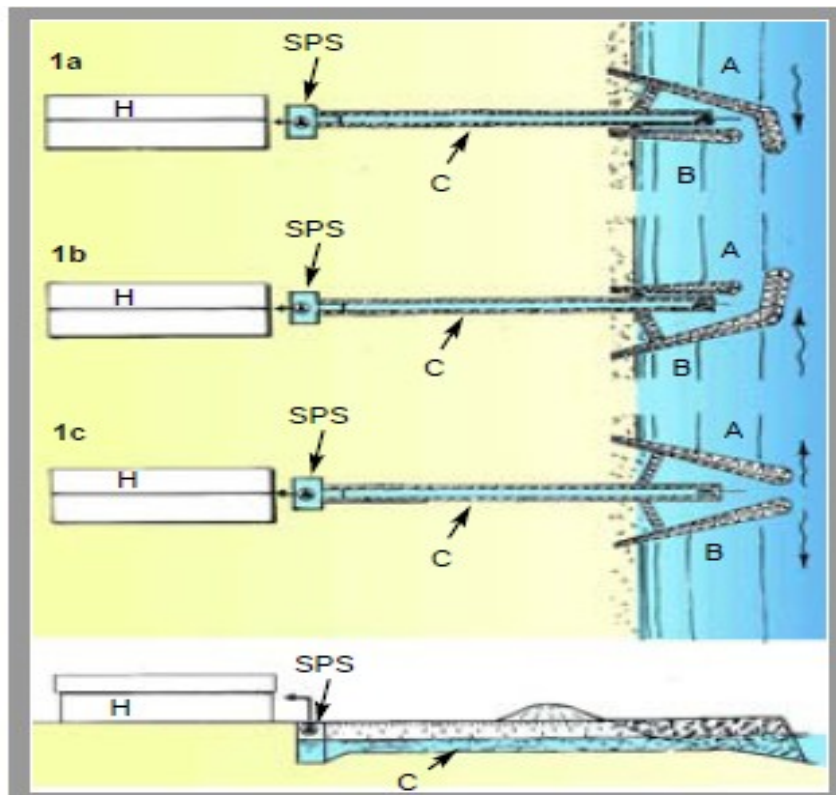
Και οι δύο λύσεις δεν είναι φτηνές λόγω κόστους κατασκευής του καναλιού. Εντούτοις, διασφαλίζουν έναν άφθονο ανεφοδιασμό νερού με πολύ καλή ποιότητα, που επίσης προστατεύει τον σταθμό άντλησης, και είναι εύκολο να διατηρηθεί και να χτιστεί. Αυτός ο τύπος εισαγωγής νερού χρησιμοποιείται σπάνια λόγω του κόστους του αλλά είναι κατάλληλος όταν μεγάλες ποσότητες νερού απαιτούνται (η περίπτωση της προπάχυνσης). Το σχήμα 2.2 διαφέρει από το σχήμα 2.3 μόνο στην παρουσία ενός αντλιοστασίου ώθησης.

Εισαγωγή νερού μέσω μιας προστατευμένης σωλήνωσης

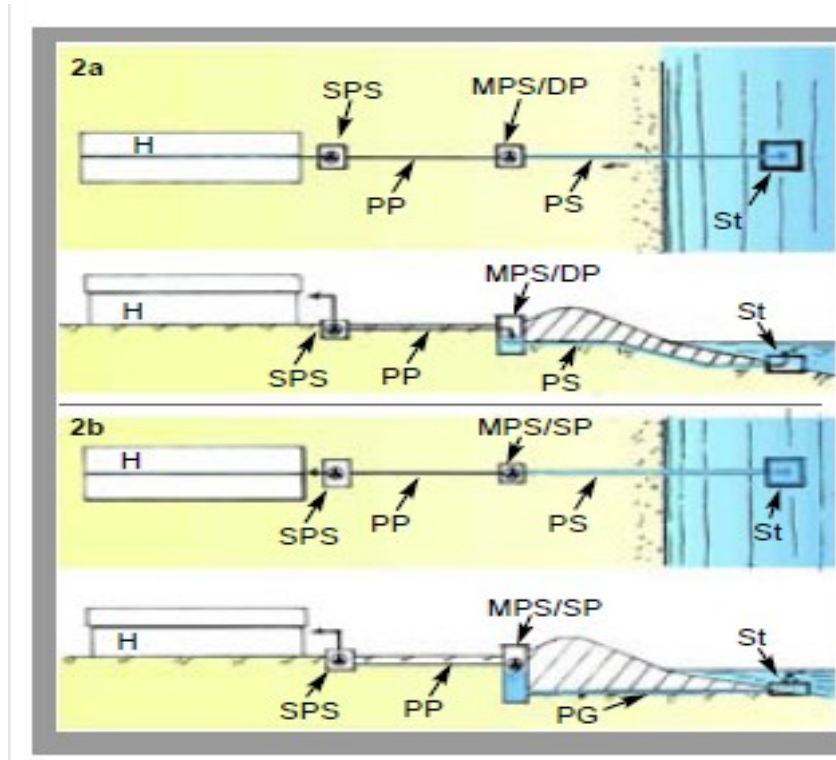
Αυτό είναι μια από τις συνηθέστερα υιοθετημένες λύσεις, ακόμα κι αν πρέπει να αξιολογηθεί προσεκτικά λόγω του κινδύνου, της τοποθέτησης και της δύσκολης συντήρησής του εάν η σωλήνωση έχει διάμετρο μικρότερη από 1,000mm. Οι παρακάτω αριθμοί περιγράφουν τις πιθανές λύσεις ανάλογα με το υλικό που υιοθετείται, την ικανότητα του αναδόχου και την προτίμηση της επιχείρησης. Εάν και όταν είναι πιθανό, επιδιώκεται πάντα μια μεγάλη παροχή νερού για να φέρει το νερό κοντά στον ιχθυογεννητικό σταθμό (σχήμα 2.4 έως 2.7).

Εισαγωγή νερού της θάλασσας σε πετρώδη ακτή

Αυτός ο τύπος εισαγωγής νερού της θάλασσας παρέχει γενικά μια υψηλή ποιότητα νερού λόγω των χαμηλών επιπέδων ιζημάτων και αιωρούμενων στερεών. Αυτά είναι συστήματα εισαγωγής γενικά με χαρακτηρισμένη κλίση και οι τρεις τύποι, που περιγράφονται κατωτέρω, είναι εγκατεστημένα ανάλογα με τον τύπο του σταθμού άντλησης που υιοθετείται (σχήμα 2.8 και 2.9). Σε αυτή τη διάταξη η σωλήνωση καθορίζεται άμεσα από τους βράχους, χωρίς προστασία, ή εμπόδιση στο σκυρόδεμα ή ενσωματώνεται στους βράχους. Το σχέδιο αυτού του τύπου εισαγωγής νερού απαιτεί τα ίδια στοιχεία όπως υποδεικνύονται για τις περιπτώσεις ανωτέρω για να υπολογίσει την πίεση ή τη ζημιά που θα μπορούσε να προκληθεί από τις θύελλες στη σωλήνωση και στο κιγκλίδωμα προστασίας αναρρόφησης.

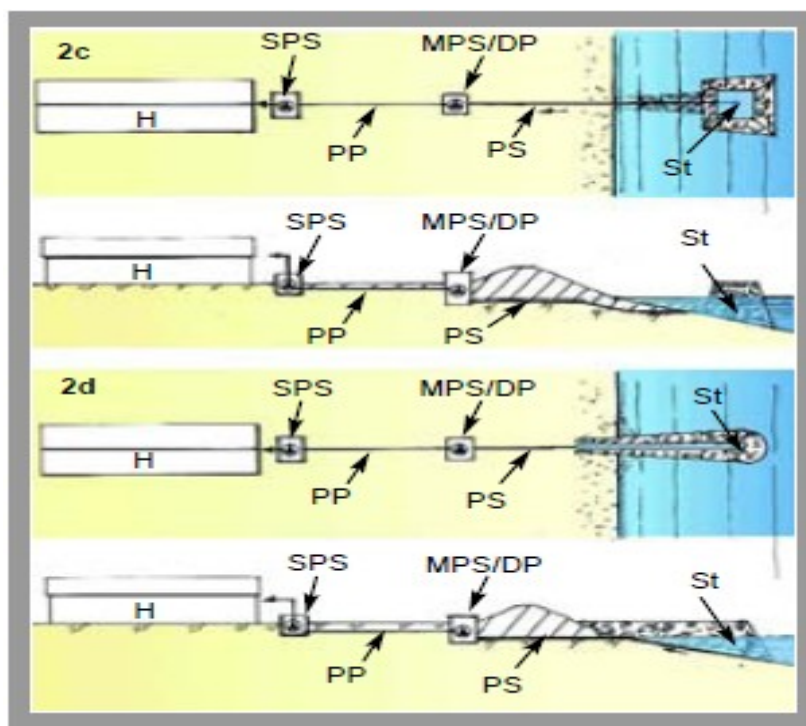


Σχήμα 2.3- το νερό δεν αντλείται σε υψηλότερο επίπεδο
οι τύποι 1 bis a,b, c είναι πανομοιότυποι των τύπων 1 a,b,c αλλά χωρίς το κύριο
αντλιοστάσιο



Σχήμα 2.4 - το νερό αντλείται σε έναν υψηλότερο επίπεδο στο τέλος των σωλήνων

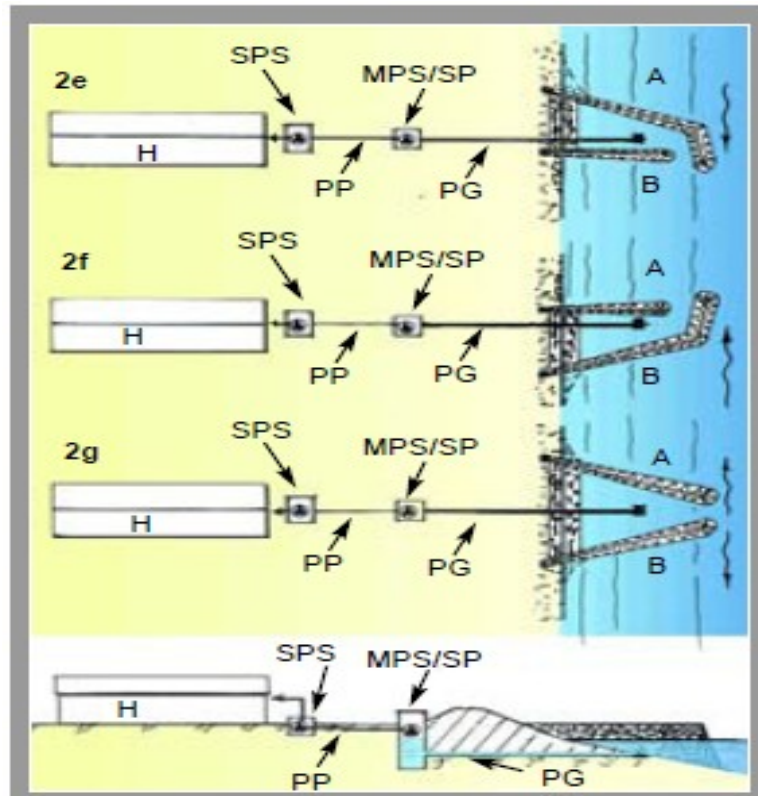
- τύπος 2a: εισαγωγή σωλήνων που θάβονται μέσα στην παραλία και τελειώμα σε ένα κιγκλίδωμα προστατευμένο από τη δομή βαρύ σκυροδέματος μερικώς θαμμένο και "feeding" ένα αντλιοστάσιο εξοπλισμένο με μια ξηρή φυγοκεντρική αντλία
- τύπος 2b: σωλήνωση εισαγωγής παρόμοια με τύπο 2a εκτός από το ότι το αντλιοστάσιο ταΐζεται από τη βαρύτητα και είναι εξοπλισμένο με υποβρύχια αντλία.



Σχήμα 2.5 - το νερό αντλείται σε έναν υψηλότερο επίπεδο στο τέλος της

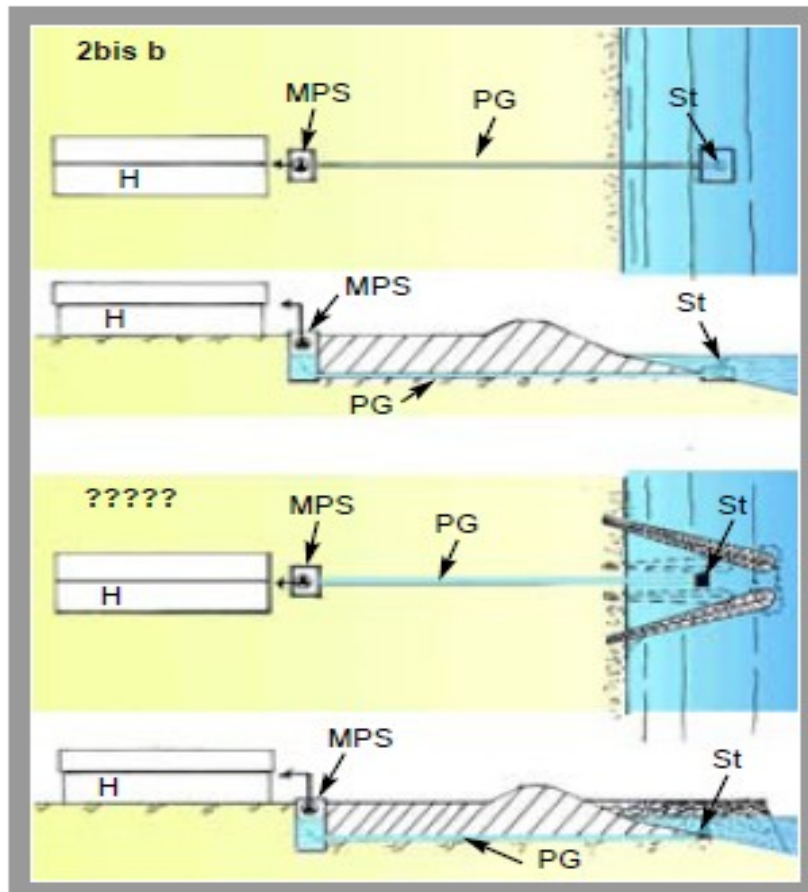
σωλήνωσης

- τύπος 2c: σωλήνωση εισαγωγής που θάβεται στην παραλία με το τέλος αναρρόφησης που προστατεύεται με μια σχάρα και βαριούς βράχους
- τύπος 2d: σωλήνωση εισαγωγής που απλώνεται κάτω στην παραλία και που προστατεύεται από ένα ανάχωμα που γίνεται με τους βράχους.



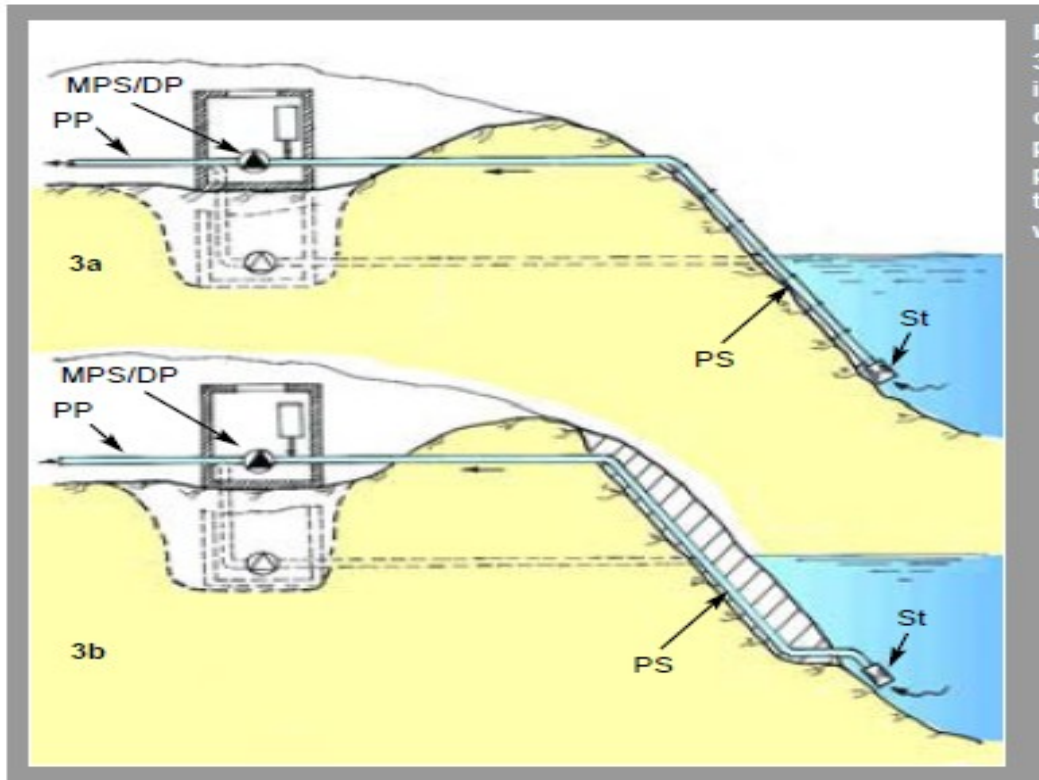
Σχήμα 2.6 - το νερό αντλείται σε υψηλότερο επίπεδο στο τέλος της σωλήνωσης

- τύποι 2e, 2f, 2g: η σωλήνωση εισαγωγής θάβεται στην παραλία και τα συγκλίνοντα αναχώματα που γίνονται με βράχους και των οποίων η γεωμετρία ποικίλλει σύμφωνα με η παράκτια κλίση, το προστατεύει από τα στερεά, όπως στην περίπτωση των κολπίσκων τύπων 1a, 1b, 1c. Στη θάλασσα υπάρχει μια βαριά συγκεκριμένη δομή, που θάβονται μερικώς. Αυτή η λύση χρησιμοποιείται όταν πρέπει το αντλιοστάσιο να εγκατασταθεί μακριά από τη θάλασσα και το νερό πρέπει να αντληθεί δύο φορές, είτε επειδή ο ιχθυογεννητικός σταθμός είναι υψηλότερος από 2-3 μέτρα επάνω από τη στάθμη της θάλασσας, ή επειδή η εισαγωγή νερού είναι πάρα πολύ μακριά για έναν σταθμό ενιαίας άντλησης.

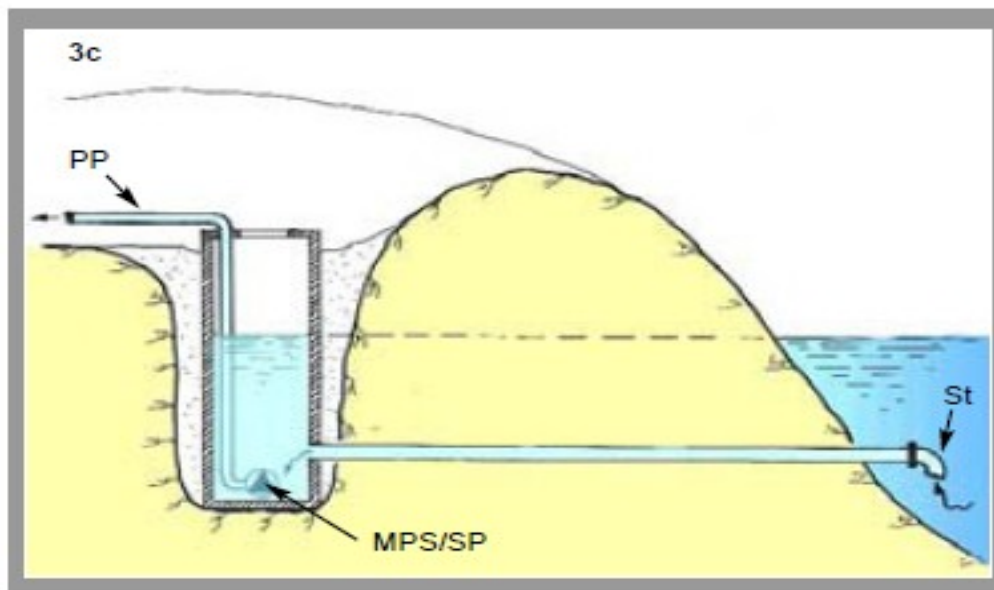


Σχήμα 2.7 - το νερό δεν αντλείται σε ένα υψηλότερο επίπεδο

- ο τύπος 2bis β είναι ίδιος με τον τύπο 2b αλλά με ένα ενιαίο αντλιοστάσιο (άμεσος ανεφοδιασμός ιχθυογεννητικών σταθμών)
- οι τύποι 2bis ε, φ, γ είναι ίδιοι με τους τύπους 2ε, φ και γ, αλλά με ένα ενιαίο αντλιοστάσιο.



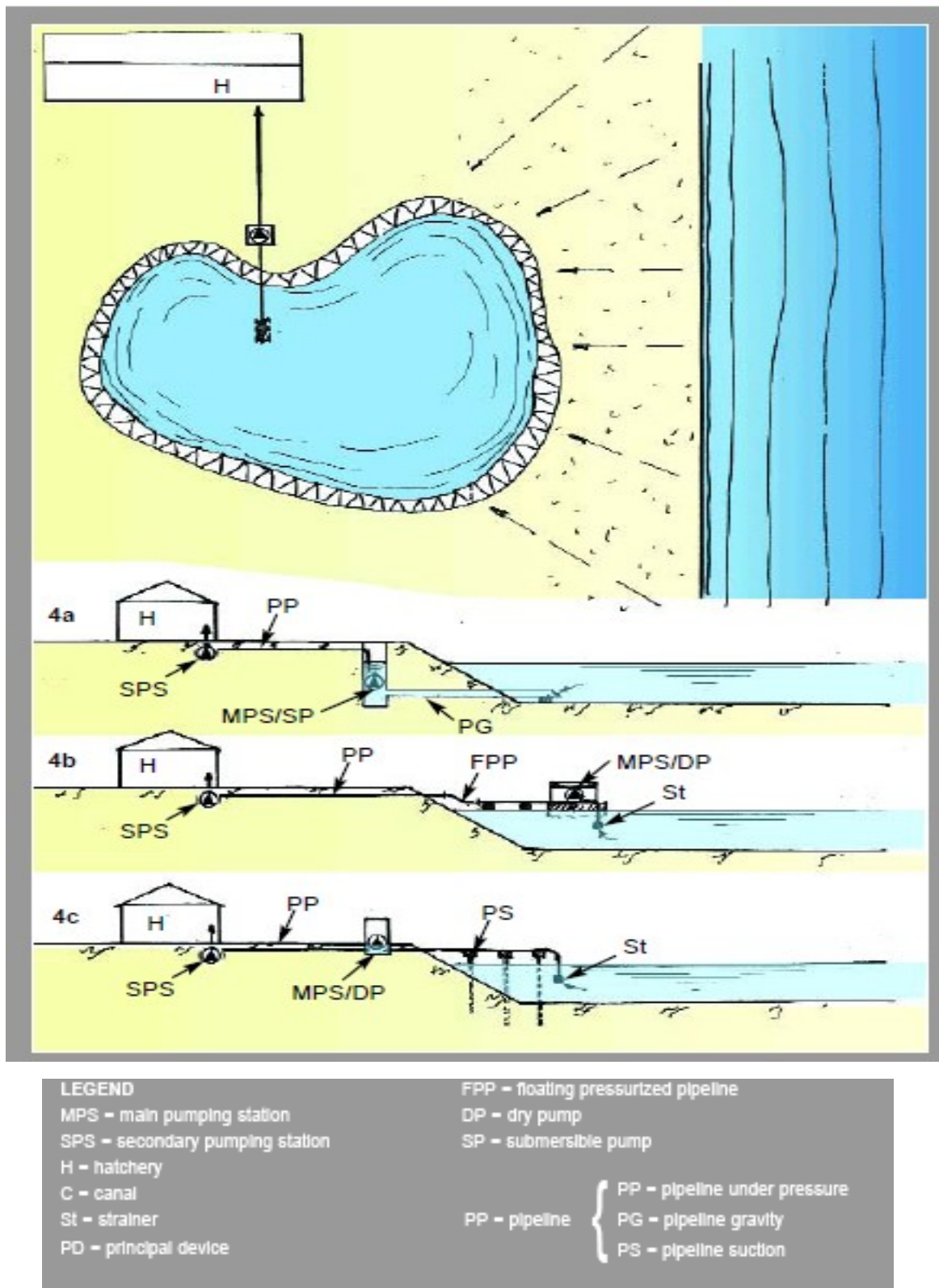
Σχήμα 2.8 - τύποι 3a και 3b: το αντλιοστάσιο είναι εξοπλισμένο με μια κλασική φυγόκεντρος αντλία, με ή χωρίς εμπύρευμα καπάκι, σύμφωνα με τη στάθμη ύδατος. Αυτοί οι εισαγωγές νερού θα μπορούσαν να είναι: - καθένας μια σωλήνωση ενσωματωμένη σε βράχο ή σταθερή πρώτα σε τσιμεντένιους ογκόλιθους και κατόπιν καλυμμένη σε βράχο. Αυτές οι δύο λύσεις ισχύουν όταν οι βράχοι είναι ισχυροί - ή, μια σωλήνωση που τοποθετούνται σε μια τάφρο που σκάβεται πρώτα στον πυθμένα της θάλασσας βράχου και έπειτα γεμισμένος με το σκυρόδεμα μετά από να καθορίσει σωλήνωση. Αυτή η λύση επιλέγεται όταν οι βράχοι είναι κακής ποιότητας και εύθραστοι.



Σχήμα 2.9 - τύπος 3c: το αντλιοστάσιο λέγεται "wet" και είναι εξοπλισμένο με μια υποβρύχια αντλία. Αυτή η εισαγωγή νερού είναι μια σωλήνωση που τοποθετείται στη θάλασσα σε βράχους κρεβατιών κάτω από τη χαμηλότερη στάθμη της θάλασσας. Αυτό αποφεύγει προβλήματα κατά τη διάρκεια της άντλησης λόγω μιας έλλειψης του νερού στο κιγκλίδωμα. Αυτό επίσης επιτρέπει σ'ένα ικανοποιητικό φορτίο να λαμβάνει τη ροή που απαιτείται.

Εισαγωγή νερού της θάλασσας που τοποθετείται μέσα σε μια φυσική ή τεχνητή περίφραξη

Ένας τρίτος τύπος εισαγωγής νερού είναι αυτός που τοποθετείται σε εσωτερικές παράκτιες λιμνοθάλασσες ή τεχνητές λίμνες που συνδέονται με τη θάλασσα μέσω μιας ή περισσότερων εισόδων (στόματα λιμνοθαλασσών) ή που γεμίζουν με τη διαρροή (διείσδυση) μέσω της άμμου. Στην πρώτη περίπτωση το αντλιοστάσιο πρέπει να τοποθετηθεί κοντά στο στόμα προκειμένου να αντληθεί το νερό της θάλασσας με την καλύτερη ποιότητα. Στη δεύτερη περίπτωση, το σχέδιο της εισαγωγής νερού απαιτεί μια καλή γνώση της εδαφολογικής διαπερατότητας για να υπολογιστεί το μέγιστο ποσό νερού που μπορεί να αντληθεί (σχήμα 2.10)



Σχήμα 2.10

- τύπος 4a: μια σωλήνωση εισαγωγής φέρνει νερό στην αντλία κοντά στη βαρύτητα
- τύπος 4b: ένα πλεούμενο αντλιοστάσιο και μια σωλήνωση παράδοσης μερικώς επιπλέοντας
- τύπος 4c: μια σωλήνωση εισαγωγής που υποστηρίζεται ανωτέρω - στάθμη ύδατος

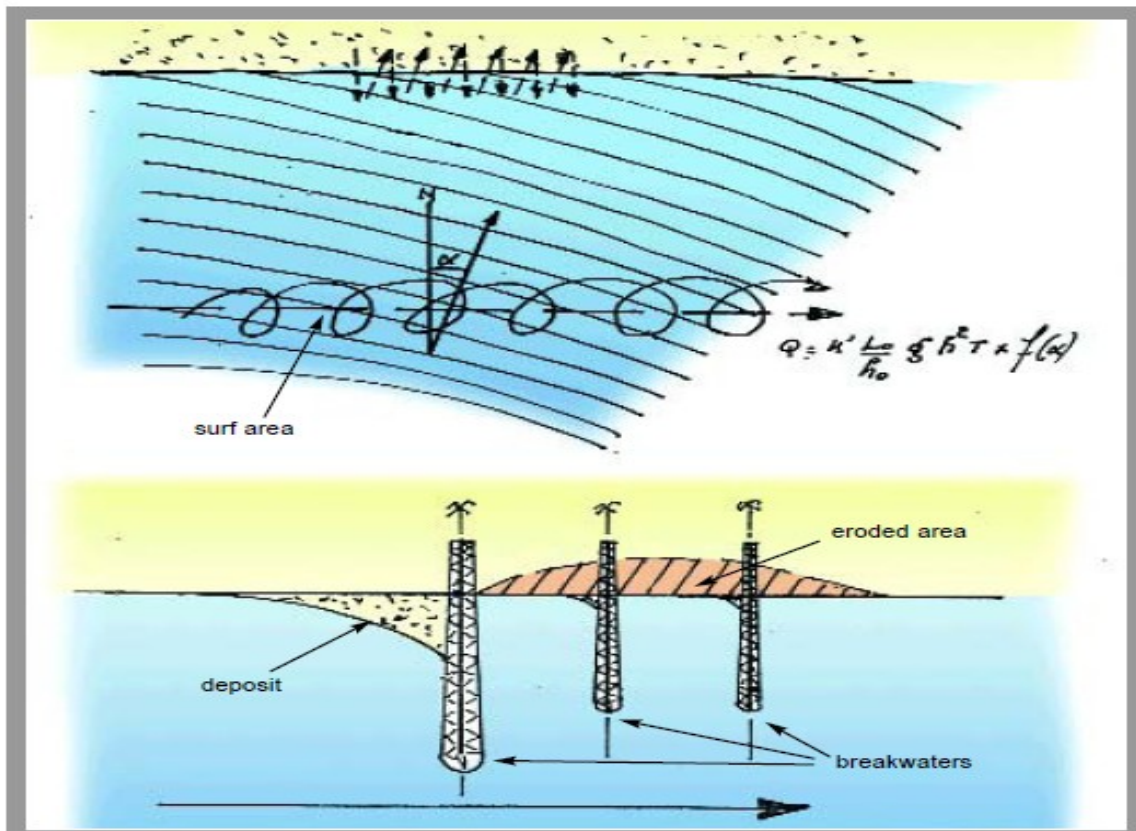
2.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΙΣΑΓΩΓΩΝ ΝΕΡΟΥ

Γεωμετρία και δομή των εισαγωγών νερού της θάλασσας σε μια αμμώδη ακτή

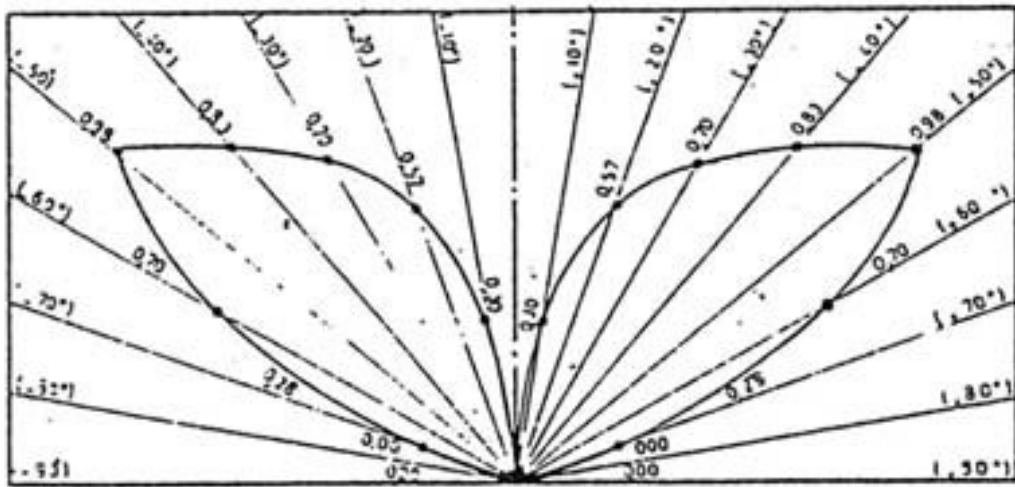
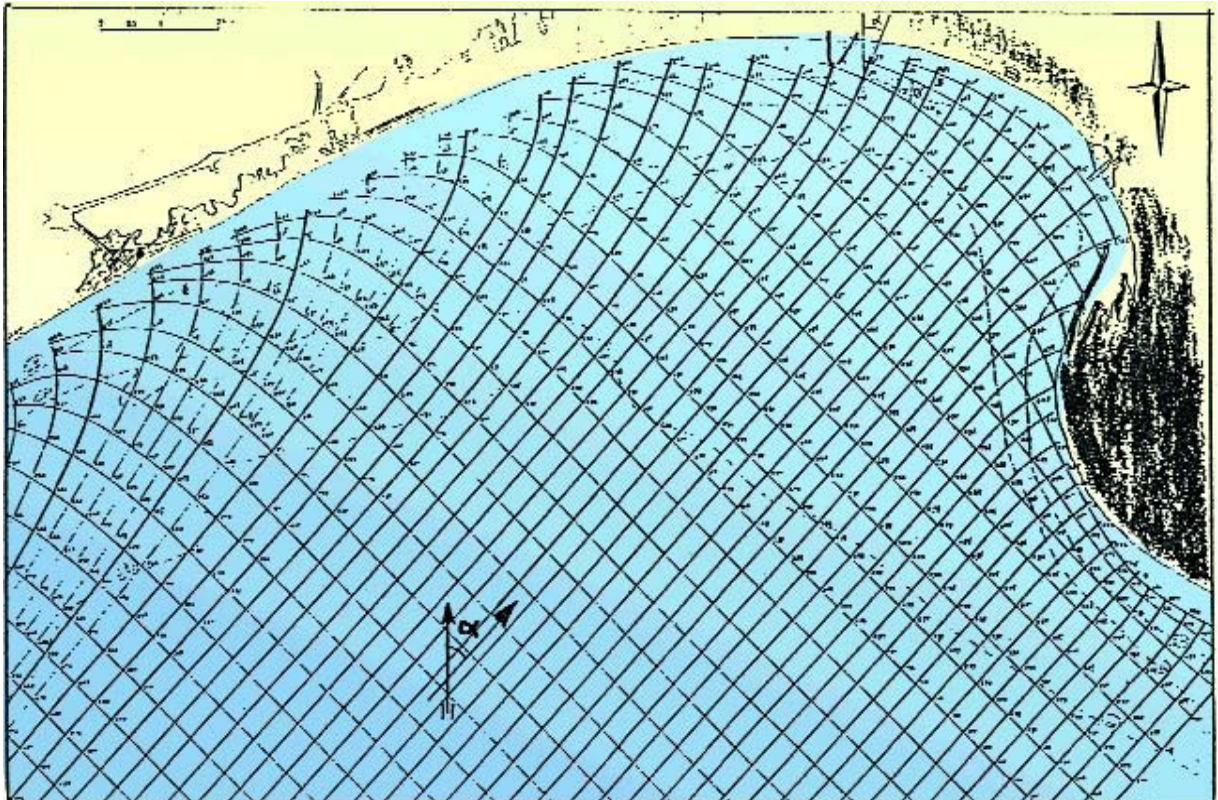
Το σχέδιο και η κατασκευή των εισαγωγών νερού σε αυτόν τον τύπο ακτής είναι στενά συνδεδεμένα με τη μελέτη της υπάρχουσας παράκτιας μεταφοράς, η οποία εξαρτάται στη συνέχεια από τη φύση και το μέγεθος των τοπικών ιζημάτων. Αυτή η μελέτη, μαζί με τη δομική μελέτη, πρέπει να αναλυθεί προσεκτικά προκειμένου να αποτραπούν τα καταστρεπτικά αποτελέσματα όπως το πλήρες και γρήγορο φράξιμο των εγκαταστάσεων εισαγωγής νερού.

Οποιαδήποτε μελέτη της τοπικής παράκτιας μεταφοράς είναι βασισμένη στον τύπο κυματισμού. Από αυτόν τον τύπο είναι δυνατό να σχεδιαστούν οι καμπύλες διάθλασης από τις διαφορετικές κατευθύνσεις στο ναυτικό χάρτη.

Αυτές οι καμπύλες (σχήμα 2.11 και 2.12) παρέχουν εκτιμήσεις των συντελεστών μείωσης/αύξησης με ένα σημαντικό εύρος διακύμανσης που όσο αυτές κατευθύνονται προς την ακτή να διαφοροποιούνται, και ιδιαίτερα όταν φθάνουν στην πιο ρηχή περιοχή σπάνε, στην άκρη της περιοχής της ακτής. Εκεί είναι όπου οι εργασίες πρέπει να γίνουν και όπου σχεδόν όλη η παράκτια κλίση πραγματοποιείται.



Σχήμα 2. 11- παράκτια μεταφορά ιζήματος από ρεύματα και κύματα.



$f(\alpha)$

Σχήμα 2.12- Εύρος κυματισμού και σχέδια χάραξης, καμπύλες μεταφοράς ιζήματος σε σχέση με τον κυματισμό

Η στερεά ροή ορίζεται ως η ποσότητα στερεού υλικού που διατηρείται σε αιώρηση στο νερό (από το κύμα ενέργεια) και περνώντας μέσω της παραλίας ανά μονάδα του χρόνου. Είναι μια ροή του υλικού που πηγαίνει μέσα και έξω στην παραλία. Για να βοηθήσει να καθορίσει το σχέδιο εισαγωγής νερού, ο τύπος της στερεάς ροής που παράγεται στην περιοχή σπασίματος του κύματος κατά μήκος της ακτής, είναι ως εξής:

$$Q = K' (L + h_s) g h^2 T f(\alpha)$$

Όπου ισχύουν:

Q : ποσότητα του υλικού που μεταφέρεται

K': συντελεστής του μεγέθους των μορίων της άμμου (d)

L_o: ίσο με το 1.56 T²

h_o: εύρος της διόγκωσης στην ανοικτή θάλασσα

T: περίοδος των μελετημένων διογκώσεων ή περίοδος κυμάτων

g: επιτάχυνση της δύναμης βαρύτητας, 9.81 m/s

h: εύρος στο πρώτο σπάσιμο διόγκωσης ή (h_o x c), με το c που είναι ένας συντελεστής που λαμβάνεται από το " διάθλαση καμπύλης" από διογκώνεται κατά την είσοδο της σπάζοντας περιοχής

α: γωνία μεταξύ της γενικής κατεύθυνσης των κυμάτων και της γραμμής ακτών στην είσοδο της σπάζοντας περιοχής

Εάν Q₁ είναι η ποσότητα άμμου που κινείται σε μια κατεύθυνση από όλο την πλάγια διόγκωση του τεταρτημόριου (1) και Q₂ η ποσότητα άμμου που κινείται στην άλλη κατεύθυνση από όλη την πλάγια διόγκωση του τεταρτημόριου (2), κατόπιν, η αναλογία Q₁/Q₂ (είτε μεγαλύτερος είτε μικρότερος από 1) θα δώσει την κατεύθυνση της επακόλουθης παράκτιας κλίσης ως εξής:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sum(K_i \frac{L_o}{h_o} g h^2 T f(\alpha))}{\sum(K_i \frac{L_i}{h_i} g h^2 T' f(\alpha))} = \frac{\sum(L_o \frac{h^2}{h_o} T f(\alpha))}{\sum(L_i \frac{h^2}{h_i} T' f(\alpha))}$$

Αυτό είναι, φυσικά, μια εκτίμηση της κυρίαρχης κυκλοφορίας ιζημάτων.

Υπολογισμός και σχέδιο των δομών ενάντια στις θαλάσσιες θύελλες

Ο υπολογισμός είναι βασισμένος στον τύπο Hudson που χρησιμοποιείται γενικά για να σχεδιάσει τα στοιχεία της κάλυψης βράχου που πρέπει να προστατεύσει τις δομές από την ισχυρή δράση κυμάτων. Ο τύπος είναι ο ακόλουθος:

$$P = \frac{d(H_c)^3 \operatorname{tg} \alpha}{K_{\Delta} \left(\frac{d}{d_o} - 1\right)^2}$$

Όπου ισχύει:

P: βάρος των βράχων, σε τόνους

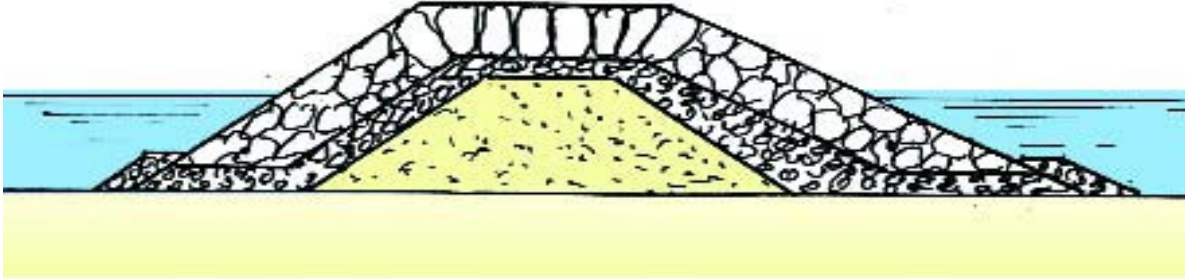
K_Δ: συντελεστής (ίσος σε 3.2 για τους βράχους)

d: συγκεκριμένη πυκνότητα των βράχων, σε t/m₃

d_o: συγκεκριμένη πυκνότητα νερού ή περίπου 1t/m₃

α: γωνία με τον οριζόντιο του εξωτερικού τοίχου του αναχώματος

H_c: συγκεκριμένη πυκνότητα νερού ή περίπου 1 t/m₃



Το σχήμα 2.13 παρουσιάζει τη θεωρητική διατομή ενός αναχώματος φτιαγμένου από βράχους στα ρηχά νερά. Είναι σε επίπεδο πιά υψηλό από ότι είναι συνήθως για Μεσογειακές καταστάσεις (3m). Σχεδιάζεται χρησιμοποιώντας τον ανωτέρω τύπο

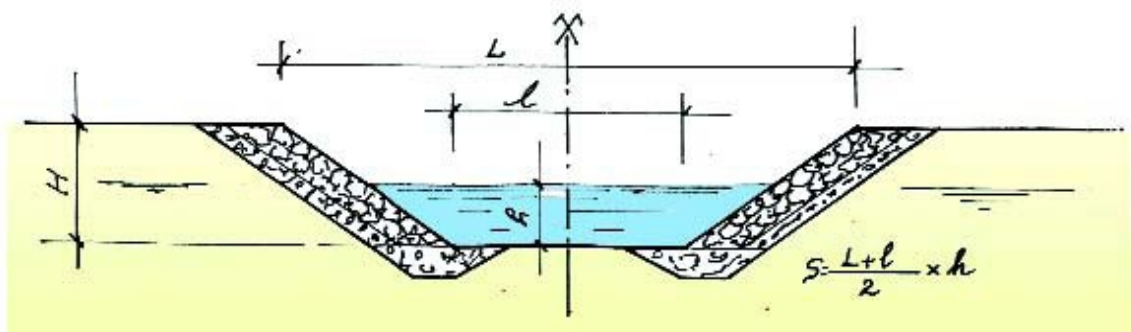
Γεωμετρία και δομή των εισαγωγών νερού της θάλασσας σε μια πετρώδη ακτή

Σε αυτήν την περίπτωση οι δομές εισαγωγής, οι οποίες όταν τοποθετούνται καλά δεν παρεμποδίζουν την παράκτια μεταφορά, σχεδιάζονται λαμβάνοντας υπόψη μόνο την αντίστασή τους στις θαλάσσιες θύελλες, και την ενέργεια των κυμάτων.

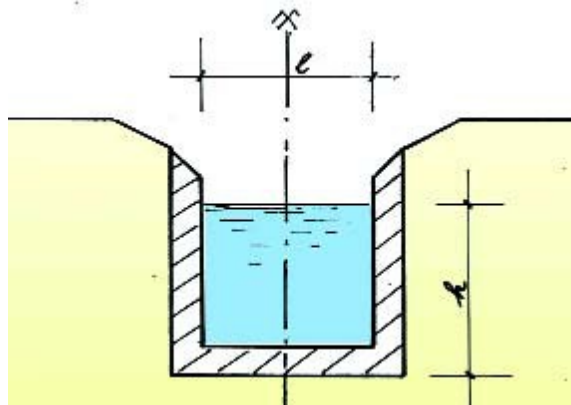
Υδραυλικό τμήμα των εισαγωγών νερού της θάλασσας

(α) ανοικτό κανάλι

Είναι μια δομή με ένα τραπεζοειδές τμήμα (δείτε το σχήμα 2.14). Εντούτοις, μπορεί επίσης να χτιστεί ως δομή στο ενισχυμένο σκυρόδεμα με ένα ορθογώνιο τμήμα (όπως υποδεικνύεται στο σχήμα 2.15).



Σχήμα 2.14- Διατομή ανοιχτού καναλιού



Σχήμα 2.15- Τετράγωνη διατομή κλειστού καναλιού

Ο τομέας της διατομής που χρησιμοποιείται εξαρτάται από τη μέγιστη ροή του νερού που απαιτείται, η οποία υπολογίζεται με την εφαρμογή του τύπου Bazin:

$$Q = US, U = C\sqrt{Ri}, C = 87\sqrt{R} \div \gamma\sqrt{R}$$

όπου ισχύει:

Q: ροή του νερού, σε m³/s

U: ταχύτητα νερού, σε m/s

S : υγρός τομέας της διατομής καναλιών, σε m²

R: υδραυλική ακτίνα = S ÷ P, σε m

P: υγρή περίμετρος, σε m

γ: συντελεστής τραχύτητας των εσωτερικών τοίχων αναχωμάτων

i: υδραυλική κλίση του καναλιού, σε m/m

Οι υπολογισμοί απλοποιούνται με τη χρησιμοποίηση του άβακα που βρίσκεται συνήθως στα σημαντικότερα εγχειρίδια στην υδραυλική.

(β) σωλήνωση

Σε αυτή την περίπτωση το νερό της θάλασσας μεταβιβάζεται από τη σωλήνωση στο αντλιοστάσιο είτε από τη βαρύτητα είτε από την αναρρόφηση. Το μέγεθος της σωλήνωσης υπολογίζεται με την εφαρμογή του τύπου Manning-Strickler, ως εξής:

$$Q = US \text{ and } U = (1 \div n) R^{2/3} i^{1/2}$$

όπου:

Q: ροή του νερού, σε m^3/s

U: ταχύτητα νερού, σε m/s

S: περιοχή διατομής σωληνώσεων, m^2

n: συντελεστής τραχύτητας των εσωτερικών τοίχων σωλήνων

R: υδραυλική ακτίνα = $S \div P$, σε m

P: υγρή περίμετρος, σε m

i: υδραυλική κλίση της σωλήνωσης, σε m/m

Ο άβακας για τους ευκολότερους υπολογισμούς και τα στοιχεία όσον αφορά τις επικεφαλής απώλειες για τους σωλήνες, τις γωνίες, τις βαλβίδες σφαιρών και τις βαλβίδες κιγκλιδωμάτων μπορούν να βρεθούν στα σημαντικότερα υδραυλικά εγχειρίδια ή δίνονται άμεσα από τους παραγωγούς σωλήνων και συναρμολογήσεων PVC.

2.5 ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΝΕΡΟΥ

Όταν παίρνονται αποφάσεις σχετικά με την κατασκευή της εισαγωγής θαλασσινού νερού ενός ιχθυογεννητικού σταθμού, δύο κύριες ομάδες παραγόντων πρέπει να ληφθούν υπόψη:

- τεχνικοί παράγοντες, οι οποίοι εξαρτώνται από τις συνθήκες των περιοχών και την απαραίτητη ροή του νερού
- οικονομικοί παράγοντες, οι οποίοι σχετίζονται με το κόστος των δομών που χτίζονται

Η τελική επιλογή μπορεί να καθοδηγηθεί από τις ακόλουθες εκτιμήσεις για τις εισαγωγές νερού και τα αντλιοστάσια:

Εισαγωγή νερού μέσω ενός ανοικτού καναλιού

Ένα ανοικτό κανάλι που παρέχει το νερό της θάλασσας με τη βαρύτητα άμεσα στα κύρια και δευτεροβάθμια αντλιοστάσια και το νερό που κινείται με αργή ταχύτητα έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- μεταφέρει μικρά αιωρούμενα ιζήματα δεδομένου ότι λειτουργεί ως αποτελεσματική λεκάνη εγκατάστασης,
- μπορεί να διατηρηθεί εύκολα χωρίς οποιαδήποτε διακοπή της ροής του νερού.

Εισαγωγή νερού που προστατεύεται από τα συγκλίνοντα αναχώματα

Από μια τεχνική σκοπιά, αυτό είναι προφανώς η καλύτερη λύση. Η παράκτια

μεταφορά ιζημάτων είναι μέτρια και δεδομένου ότι η εισαγωγή νερού είναι τοποθετημένη σε μια προστατευμένη ζώνη (ήρεμο νερό και χαμηλό φορτίο ιζημάτων), το νερό μπορεί να οδηγηθεί στο κύριο ή δευτεροβάθμιο αντλιοστάσιο είτε μέσω ενός ανοικτού καναλιού είτε μιας σωλήνωσης. Εντούτοις, λόγω των υψηλών δαπανών κατασκευής, αυτή η λύση μπορεί να εξεταστεί μόνο για τα πολύ μεγάλα ιχθυογεννητικούς σταθμούς ή για εκείνα που συνδέονται με τα μεγάλα, παράπλευρα σε λίμνη, εμπορικά αγροκτήματα.

Εισαγωγή νερού από ανοικτή θάλασσα με αγωγούς

Από οικονομική άποψη, αυτή η λύση είναι βεβαίως η ελκυστικότερη. Αλλά, καθώς χτίζεται χωρίς οποιαδήποτε προστασία και μέσα στην περιοχή σπασίματος κυμάτων, μπορεί να μεταφέρει άμμο, γεγονός που δημιουργεί προβλήματα στις αντλίες. Επιπλέον, πριν χρησιμοποιηθεί το νερό στον ιχθυογεννητικό σταθμό, χονδροειδή ιζήματα και αιωρούμενα στερεά πρέπει να αφαιρεθούν μέσω ενός συνόλου φίλτρων.

Εισαγωγή νερού με έναν καλυμμένο σωλήνα που προστατεύεται από έναν σωρό βράχων

Αυτή η λύση παρέχει νερό με λιγότερο ίζημα στο αντλιοστάσιο. Εντούτοις, απαιτείται ένα σύνολο φίλτρων για να συγκρατεί τα αιωρούμενα στερεά.

Εισαγωγή νερού μέσω αναρρόφησης ή με τη βαρύτητα

Είναι πάντα καλύτερο, όποτε είναι δυνατόν, να υπάρξει μια εισαγωγή νερού που λειτουργεί με τη βαρύτητα. Εάν είναι κατάλληλα σχεδιασμένη και εγκατεστημένη, μια σωλήνωση που λειτουργεί από τη βαρύτητα δεν έχει επιπτώσεις στη λειτουργία των αντλιών. Αντίθετα, μια σωλήνωση που απαιτεί την αναρρόφηση είναι συχνά μια πηγή προβλημάτων όπως για παράδειγμα η μηχανική φθορά των αντλιών.

2.6 ΚΥΡΙΟ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ

Το αντλιοστάσιο είναι η κατασκευή όπου οι αντλίες του εισαγόμενου νερού εγκαθίστανται. Όταν ο ιχθυογεννητικός σταθμός είναι κοντά στη θάλασσα ή η διαφορά μεταξύ του επιπέδου του εκκολαπτηρίου και η στάθμη της θάλασσας δεν υπερβαίνει τα 2 μέτρα, μια ενιαία μονάδα άντλησης είναι αρκετή. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, είναι καλύτερο να μαζευτεί το νερό της θάλασσας πρώτα σε μια δεξαμενή κοντά στο ιχθυογεννητικός σταθμός, από το οποίο θα αντλείται κατόπιν στα διαφορετικά τμήματα.

Τα φρεάτια χρησιμοποιούνται επίσης για να παρέχουν το νερό στον ιχθυογεννητικό σταθμό, αλλά μάλλον με τη βοήθεια δευτεροβάθμιου αντλιοστασίου, ανεξάρτητα από τον τύπο, τον αριθμό και τις διαστάσεις του.



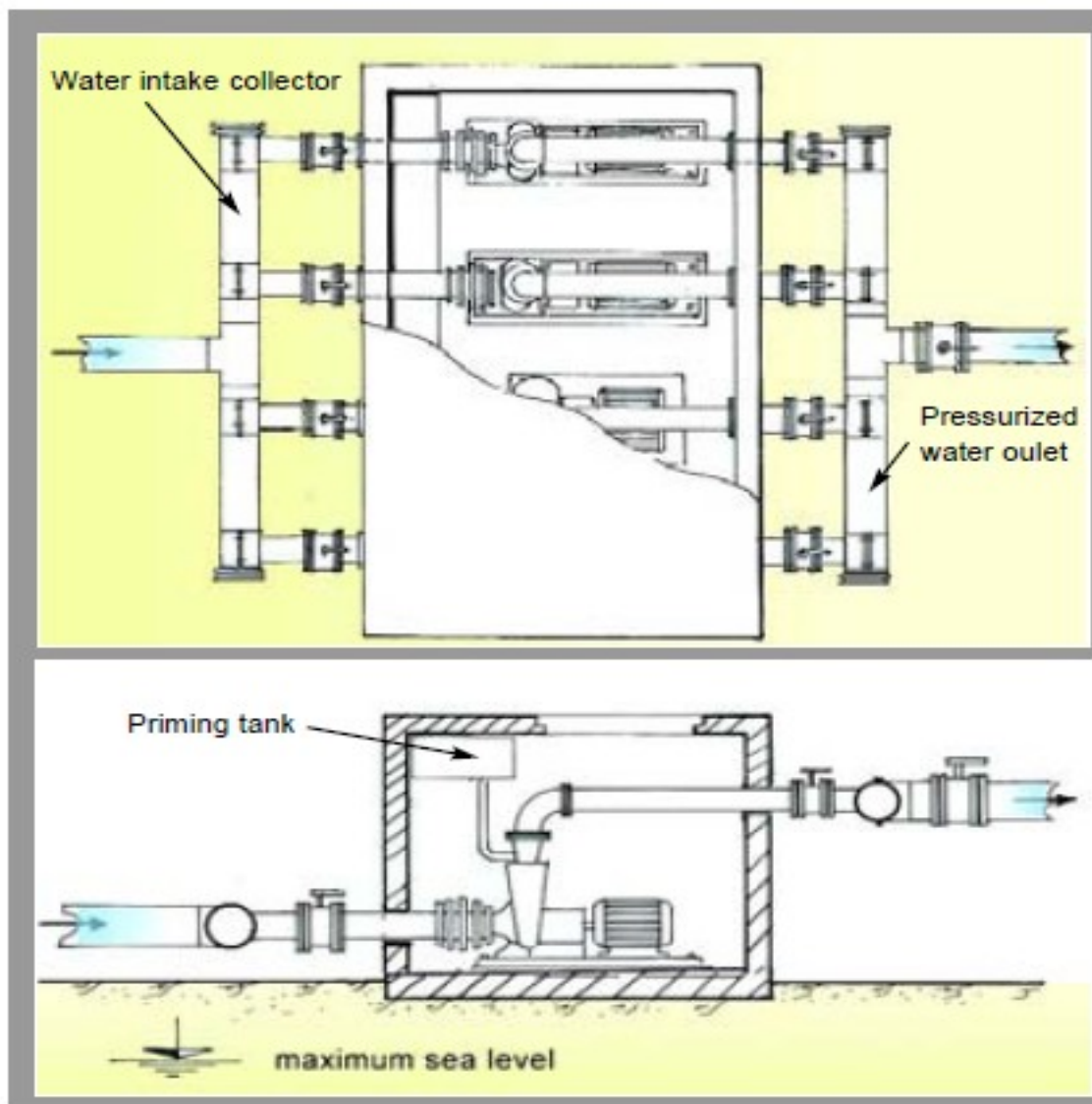
Σχήμα 2.16- Αεροφωτογραφία μιας καλλιέργειας που δείχνει το κύριο αντλιοστάσιο

Για να μεταφερθεί το νερό της θάλασσας από το αρχικό σημείο στη φύση στον ιχθυογεννητικό σταθμό, δύο τύποι αντλιοστασίων υπάρχουν:

- «dry» ή «στεγνό» αντλιοστάσιο, που χτίζεται ως δωμάτιο έξω από το νερό ή το υδατοστεγές στο οποίο οι αντλίες είναι εγκατεστημένες να λειτουργούν σε υπαίθριο χώρο
 - «flooded» ή «υγρό» αντλιοστάσιο, που χτίζεται ως δεξαμενή, στην οποία υποβρύχιες ή κάθετες αντλίες εγκαθίστανται.

Dry ή στεγνό αντλιοστάσιο

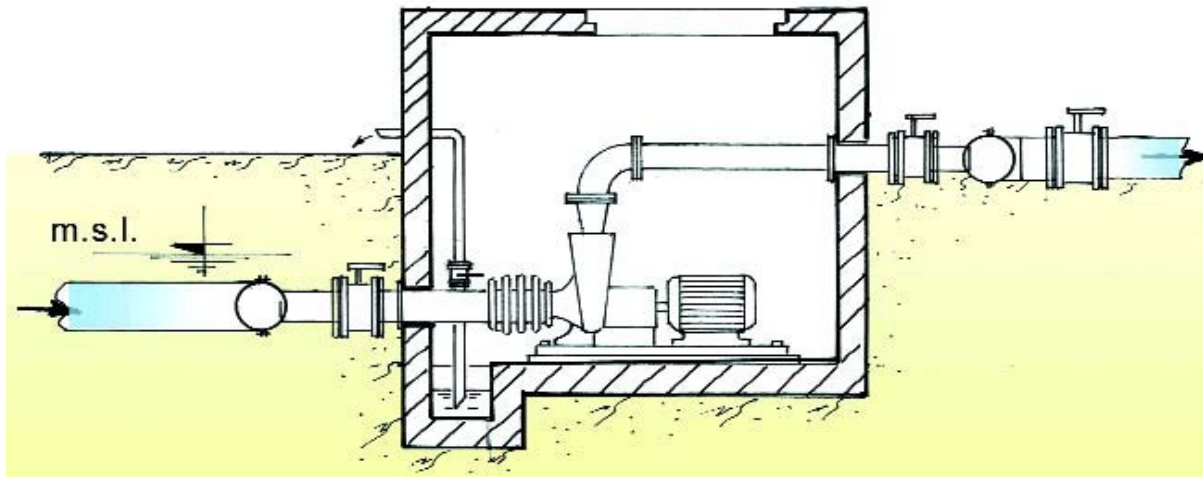
Αυτός ο τύπος αντλιοστασίου είναι συνήθως εξοπλισμένος με οριζόντιες φυγοκεντρικές αντλίες αλλά μερικές φορές οι κάθετες αξονικές αντλίες υιοθετούνται επίσης. Δεδομένου ότι αυτοί οι τύποι αντλιών λειτουργούν έξω από το νερό, το δωμάτιο όπου οι αντλίες πρόκειται να εγκατασταθούν πρέπει να βρίσκεται επάνω από την υψηλότερη στάθμη της θάλασσας. Για να εξαλείψει την ανάγκη για καπάκι στις αντλίες, το οποίο θα ήταν απαραίτητο όταν η σωλήνωση αναρρόφησης ανωτέρω τοποθετείται πάνω από τη στάθμη του ύδατος, αυτό θα ήταν επίσης δυνατό να εγκαταστήσει τις αντλίες σε ελαφρώς χαμηλότερο επίπεδο, κοντά στο επίπεδο της θάλασσας. Αυτή η επιλογή είναι, εντούτοις, μια επικίνδυνη λύση και απαιτεί το χαμηλότερο μέρος των εγκαταστάσεων του αντλιοστασίου να είναι υδατοστεγές.



Σχήμα 2.17- "Στεγνό" αντλιοστάσιο. Κάτοψη και πλάγια όψη.

Το νερό της θάλασσας εδώ μπορεί να αντληθεί με δύο τρόπους:

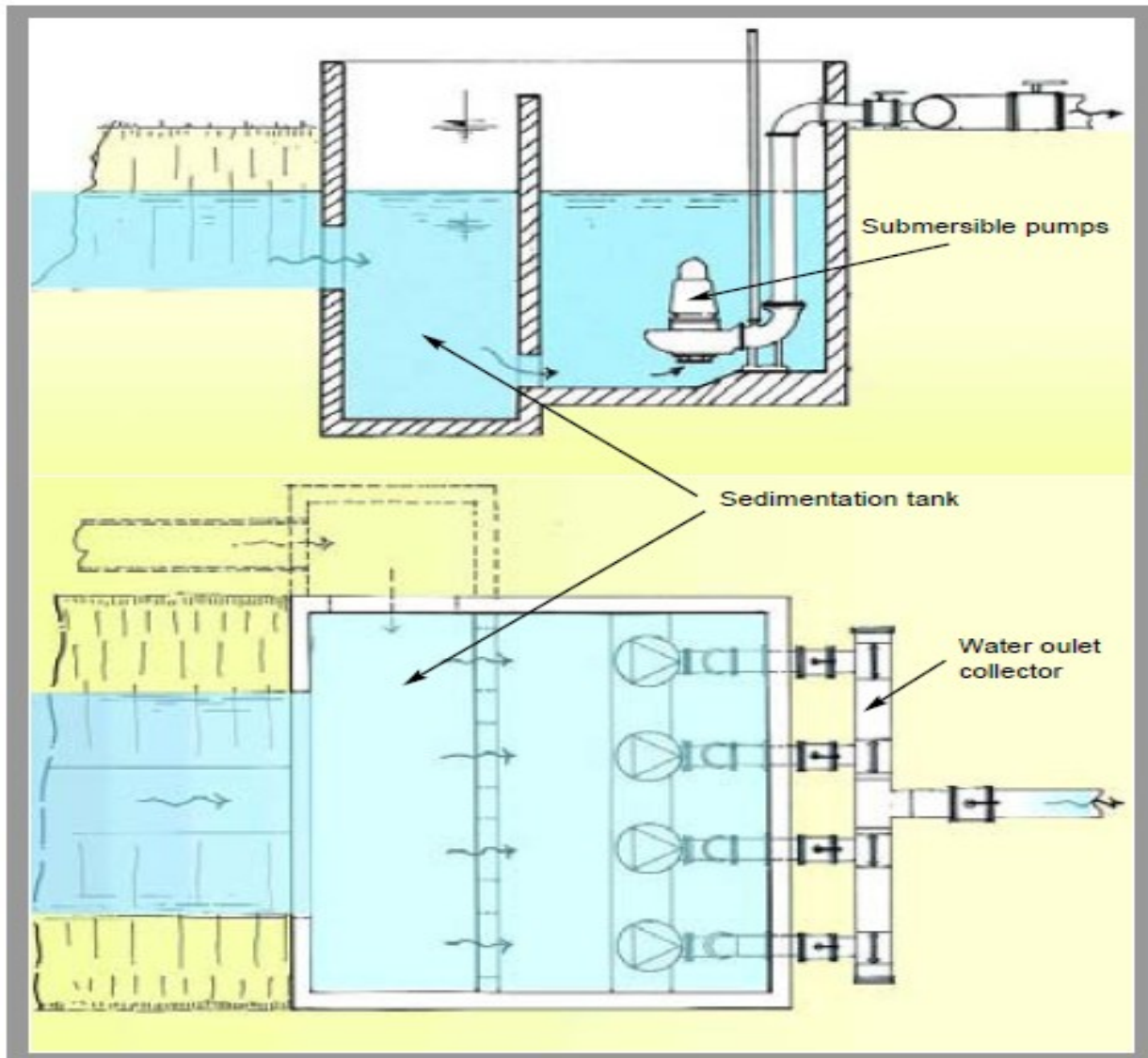
- όταν ένα ανοικτό κανάλι φέρνει το νερό θάλασσας στο αντλιοστάσιο, από ένα φρεάτιο που βρίσκεται στο τέλος του καναλιού εισαγωγής, ή
- άμεσα από τη θάλασσα μέσω ενός κιγκλιδώματος, που μπορεί να προστατευθεί από μια δομή που χτίζεται στους βράχων, ειδάλως, εγκαθίσταται στην ανοικτή θάλασσα χωρίς προστασία.



Σχήμα 2.18 - "Στεγνό" αντλιοστάσιο δίπλα στο επίπεδο της θάλασσας

Flooded ή υγρό αντλιοστάσιο

Αυτός ο τύπος κύριου αντλιοστασίου μπορεί να εξοπλιστεί είτε με υποβρύχια σύνολα αντλιών είτε με κάθετες αξονικές αντλίες. Αποτελείται από ένα φρεάτιο επικοινωνώντας άμεσα με τη θάλασσα μέσω ενός ανοικτού καναλιού ή μιας σωλήνωσης τροφοδοτώντας το φρεάτιο με τη βαρύτητα. Είναι σημαντικό να τοποθετηθεί η σωλήνωση ή το κανάλι κάτω από τη χαμηλότερη στάθμη της θάλασσας έτσι ώστε το κιγκλίδωμα και η γραμμή αναρρόφησης να μην είναι ποτέ κενά. Οι υποβρύχιες αντλίες εγκαθίστανται άμεσα σε αυτό το φρεάτιο, μαζί με τα συστήματα της ανύψωσης και της οπίσθιας ροής (back-flow). Οι κάθετες αξονικές αντλίες εγκαθίστανται άνω της στάθμης του ύδατος σε ένα πλαίσιο μετάλλων.



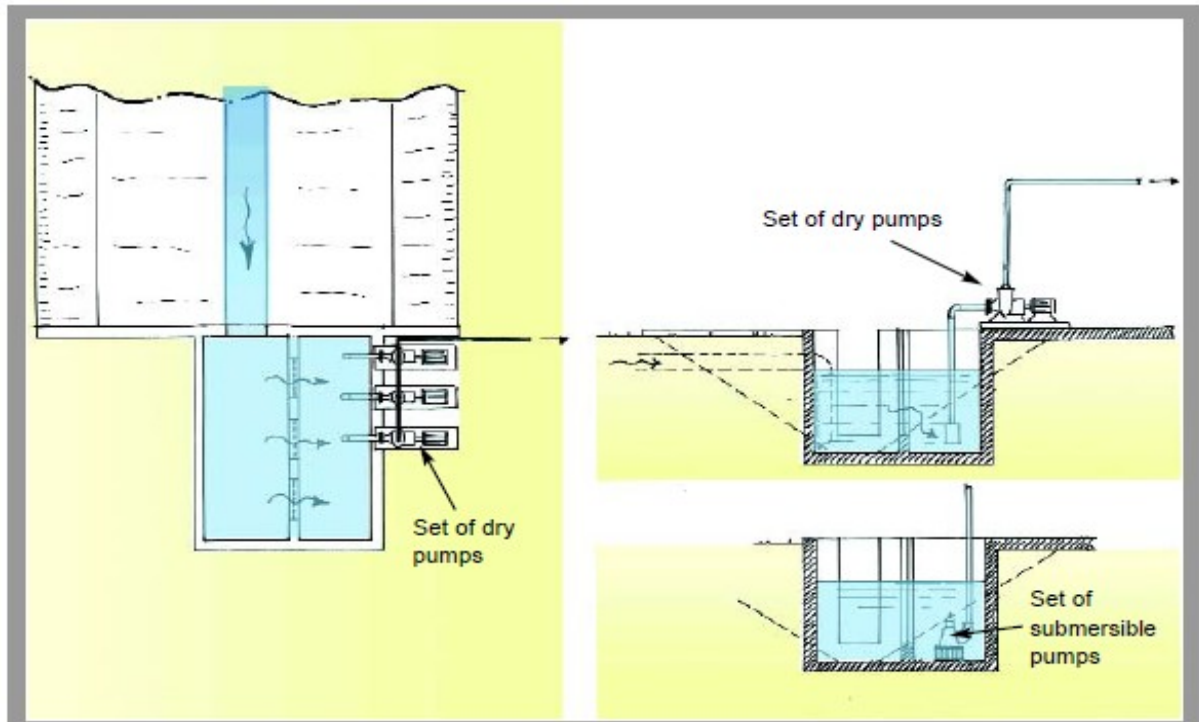
Σχήμα 2.19- "Υγρό" αντλιοστάσιο. Τομή και κάτοψη.

Σε ένα χωριστό κτήριο, κοντά στο αντλιοστάσιο, ο ακόλουθος εξοπλισμός εγκαθίσταται συνήθως:

- κέντρου ελέγχου των αντλιών του δευτεροβάθμιου σταθμού (κύριοι διακόπτες, έλεγχοι, και κυκλώματα προστασίας)
- σύνολο γεννητριών έκτακτης ανάγκης του ιχθυογεννητικού σταθμού μαζί με σημεία ελέγχου του.

Μερικές φορές, το αντλιοστάσιο μπορεί να εξοπλιστεί με έναν πύργο νερού, ο οποίος μπορεί να επιτρέψει τη διανομή του νερό από τη βαρύτητα. Αυτή η επιλογή είναι πολύ ενδιαφέρουσα προκειμένου να αποφευχθεί ο υπερκορεσμός του αζώτου, αλλά είναι πιο σύνθετο για να τρέξει δεδομένου ότι απαιτεί συχνό καθαρισμό για να διατηρήσει έναν μέγιστο έλεγχο των όρων υγιεινής. Εν πάση περιπτώσει, μια

χωριστή δεξαμενή ανά κύκλωμα πρέπει να προβλεφθεί στο υδραυλικό σχέδιο.



Σχήμα 2.20- Δευτερεύον αντλιοστάσιο. Τομή και κάτοψη

2.7 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΩΝ

Ο σχεδιασμός ενός αντλιοστασίου πρέπει να λάβει υπόψη τις ακόλουθες παραμέτρους:

- τύπος αντλιών που επιλέγονται (συνθήκες περιοχών, προτίμηση σχεδίου)
- μέγιστη ροή του νερού που απαιτείται για να καλύπτει τον ιχθυογεννητικό σταθμό οποιαδήποτε στιγμή
- διαφορετικές ροές του νερού που απαιτούνται κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου παραγωγής
- πρόγραμμα της χρησιμοποίησης των αντλιών το οποίο βοηθά στον καθορισμό του αριθμού αντλιών που εγκαθίστανται
- υδραυλικές συνθήκες κάτω από τις οποίες οι αντλίες λειτουργούν, όπως:
 - για τον κύριο σταθμό: χαμηλότερο επίπεδο άντλησης, δηλ. η χαμηλότερη στάθμη της θάλασσας όπως καταγράφεται μπροστά από το ιχθυογεννητικό σταθμό
 - για το δευτεροβάθμιο σταθμό: ροές που διανέμονται στους διαφορετικούς τομείς των ιχθυογεννητικών σταθμών και ο απαραίτητος εξοπλισμός για να λειτουργήσει κατάλληλα (που είναι μια λειτουργία του σχεδίου ιχθυογεννητικών σταθμών και του τύπου εξοπλισμού των εγκατεστημένων).

Βάσει αυτών των στοιχείων, είναι δυνατό να συνεχιστεί ο σχεδιασμός των αντλιοστασίων από:

- τον καθορισμό του αριθμού των αντλιών που απαιτούνται και τα χαρακτηριστικά τους
- τη διευκρίνιση των χαρακτηριστικών των κύριων και δευτερευόντων αντλιοστασίων.

Σχέδιο του κύριου αντλιοστασίου

Γενικά, ο αριθμός του συνόλου των αντλιών που θα εγκατασταθούν ποικίλλει από δύο έως τέσσερα ως συμβιβασμός μεταξύ της ασφάλειας (ελάχιστες δύο αντλίες) και της οικονομίας (μέγιστο τεσσάρων αντλιών για να κόψει τις τρέχουσες δαπάνες κοντά στη χρήση) ως εξής:

- δύο σύνολα με μια ροή $Q_u = Q_{max}$ μονάδων και την εγκατεστημένη ροή $Q_i = 2 Q_{max}$. Αυτή η λύση δεν επιτρέπει την προσαρμογή της ροής στις μεταβαλλόμενες ανάγκες στην παροχή νερού του εκκολαπτηρίου, αλλά μειώνει τις επενδύσεις
- τρία σύνολα με μια ροή μονάδων $Q_u = 1/2 Q_{max}$ και την εγκατεστημένη συνολική ροή $Q_i = 1.5 Q_{max}$. Αυτή η λύση επιτρέπει μια ορισμένη ευελιξία, αλλά απαιτεί περισσότερη οικονομική επένδυση
- τέσσερα σύνολα με δύο μεγέθη της μονάδας ροής: $Q_u = 1/2 Q_{max}$ για δύο σύνολα και $Q_u = 1/4 Q_{max}$ για τα δύο άλλα σύνολα. Κατόπιν η συνολική ροή $Q_i = 1.5 Q_{max}$, όπως στην προηγούμενη περίπτωση, αλλά με μια καλύτερη δυνατότητα της ροής στις πραγματικές ανάγκες. Φυσικά, αυτή η λύση απαιτεί ακόμα περισσότερη επένδυση από την προηγούμενη.
(όπου, το Q_u είναι η συνολική ροή μιας αντλίας. Το Q_{max} είναι η μέγιστη ροή που απαιτείται από τις διαδικασίες του εκκολαπτηρίου. Το Q_i είναι η μέγιστη ικανότητα ροής όταν τρέχουν όλες οι εγκατεστημένες αντλίες).

Σχέδιο του δευτερεύων αντλιοστασίου

Για κάθε τμήμα στο ιχθυογεννητικό σταθμό, τουλάχιστον δύο αντλίες πρέπει να εγκατασταθούν, μια για να είναι σε λειτουργία ενώ άλλη κρατιέται στην εφεδρεία. Αυτό είναι, φυσικά, η ελάχιστη αποδεκτή διαμόρφωση. Εάν περισσότερες αντλίες επιδιώκονται η ίδια εκτίμηση για την ισορροπία μεταξύ της επένδυσης και των τρεχουσών δαπανών που συζητούνται στην ανωτέρω παράγραφο πρέπει να ληφθεί υπόψη. Τα ανταλλακτικά πρέπει να είναι εύκολα διαθέσιμα για κάθε τύπο αντλίας, και πρέπει να αντικαθίστανται τακτικά όταν χρησιμοποιούνται.

2.8 ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ

Η τελική λύση πρέπει να διαμορφωθεί λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως, την

αξιοπιστία του εξοπλισμού και της εύκολης χρησιμοποίησης, χωρίς παραμέληση των οικονομικών πτυχών σχετικών με την επένδυση και το λειτουργικό κόστος του εξοπλισμού. Οι ακόλουθες εκτιμήσεις μπορούν να προσφέρουν κάποια βοήθεια:

Τύπος συνόλου αντλιών

Λόγω του τύπου του υγρού που μεταφέρεται (νερό της θάλασσας) και του αλμυρού περιβάλλοντος στον οποίο οι αντλίες λειτουργούν, ο τύπος αντλιών που δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα είναι οι υποβρύχιες αντλίες που σχεδιάζονται ενάντια στη θαλάσσια διάβρωση. Η αξιοπιστία τέτοιων αντλιών προέρχεται από το γεγονός ότι φτιάχνονται πολύ προσεκτικά για να λειτουργούν συνεχώς υποβρύχια. Λόγω της εύκολης εγκατάστασης και της συντήρησής τους, οι υποβρύχιες αντλίες προσφέρουν πραγματικά πλεονεκτήματα λόγω των πρακτικών μηχανισμών που χρησιμοποιούνται για τη συναρμολόγηση και την αποσυναρμολόγησή τους. Η μικρή πιθανότητα να παραχθεί υπερκορεσμός του αζώτου στην υδραντλία είναι ένα άλλο θετικό χαρακτηριστικό αυτού του τύπου αντλίας. Οι κάθετες και οριζόντιες αντλίες επίσης συχνά χρησιμοποιούνται δεδομένου ότι είναι φτηνότερες και είναι επίσης εύκολο να διατηρηθούν. Αυτές οι αντλίες είναι επίσης κατάλληλες για επαφή με το νερό της θάλασσας αλλά μερικές πρόσθετες προφυλάξεις πρέπει να ληφθούν:

- ο υπολογισμός του μεγέθους και των ανταλλακτικών των αντλιών πρέπει να είναι πολύ ακριβής. Αυτές οι αντλίες έχουν μια περιορισμένη σειρά διάταξης και η επίλυση της βέλτιστης καμπύλης λειτουργίας θα είχε επιπτώσεις στην αποδοτικότητά τους με τις αντίστοιχες επιπτώσεις στον ιχθυογεννητικό σταθμό.
- τα υλικά της δομής τους πρέπει να επιλεγούν προσεκτικά μεταξύ του θαλάσσιου χαλκού, του ανοξείδωτου AISI 316, του τιτανίου και του πλαστικού (σε περίπτωση αντλιών που χρησιμοποιούνται για τα κλειστά και ημι-κλειστά κυκλώματα, ο χαλκός δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί λόγω του κινδύνου ρύπανσης του νερού με τα μεταλλικά βαρέα ιόντα του)
- όλες οι ενώσεις πρέπει να ελέγχονται συχνά προκειμένου να αποφευχθεί ο υπερκορεσμός του αζώτου στην υδραντλία.

2.9 ΦΡΕΑΤΙΑ ΝΕΡΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό καλής ποιότητας, λόγω της σταθερότητας των φυσικο-χημικών του χαρακτηριστικών, είναι ένα προτέρημα που δεν πρέπει να λείπει από οποιοδήποτε ιχθυογεννητικός σταθμός. Ως φρεάτιο μπορεί να οριστεί μια δομή που χτίζεται στο έδαφος, ικανό να φθάσει στη στάθμη νερού και από όπου το νερό μπορεί να αντληθεί έξω. Η μορφή του είναι συνήθως κυλινδρική, αναπτυσσόμενη κατά μήκος ενός κάθετου άξονα, και αποτελείται από δύο μέρη: έναν εξωτερικό τοίχο, χτισμένο από συγκεκομμένα, πλαστικά ή άλλα υλικά κυλινδρικών στοιχείων, που

διαμορφώνουν το φρεάτιο-περίβλημα, και ένα εσωτερικό φίλτρο.

Τα στοιχεία που απαιτούνται για ένα κατάλληλο σχέδιο διαίρονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- τοπογραφικά στοιχεία,
- γεωτεχνικά στοιχεία,
- υδραυλικά στοιχεία.

Τα τοπογραφικά στοιχεία είναι σημαντικό να έχουν μια σωστή απόδοση του εδάφους από την άποψη της ανύψωσής του (υψομετρικές διαφορές), και να αξιολογήσουν τις παραλλαγές των επιπέδων της στάθμης του νερού.

Τα γεωτεχνικά στοιχεία είναι θεμελιώδη για την κατασκευή του φρεατίου και ασκούν επίσης επίδραση στις δαπάνες κατασκευής. Στην πραγματικότητα, δεδομένου ότι το περίβλημα του φρεατίου θα διαπεράσει τη στάθμη του νερού, είναι απαραίτητο να είναι γνωστά εκ των προτέρων τα χαρακτηριστικά του χώματος. Ειδικότερα, είναι απαραίτητο να ξέρουμε:

- την εδαφολογική σύσταση, για να καθοριστεί το μέγεθος και η διάταξη των φίλτρων άμμου.
 - τη διαπερατότητα του χώματος, το οποίο χαρακτηρίζεται από το συντελεστή διαπερατότητας, ένα θεμελιώδες στοιχείο που επηρεάζει τη ροή του φρεατίου. Η εδαφολογική σύσταση καθορίζεται στο εργαστήριο βάσει των δειγμάτων που λαμβάνονται με τη βοήθεια των τρυπανιών στα διάφορα βάθη της στάθμης νερού. Ο συντελεστής διαπερατότητας καθορίζεται από τις δοκιμές διείσδυσης που πραγματοποιούνται επί τόπου στα διαφορετικά βάθη των φερόντων στρωμάτων νερού. Αυτός είναι ο μόνος τρόπος να παρασχεθεί μια σωστή αξία για αυτόν τον συντελεστή, δεδομένου ότι τα εργαστηριακά τεστ στα δείγματα που λαμβάνονται από το σημείο είναι συνήθως αναξιόπιστα. Αυτό οφείλεται στη δυσκολία που υπάρχει στη μεταφορά των δειγμάτων άμμου από τα water-bearing στρώματα στο εργαστήριο, χωρίς επιρροή των χαρακτηριστικών τους.

Τα υδραυλικά στοιχεία που είναι ουσιαστικά για να υπολογιστούν τα φρεάτια είναι:

- το ανώτερο επίπεδο του φρεατίου, το οποίο είναι γενικά κοντά στη μέση στάθμη της θάλασσας, με τις μικρές παραλλαγές που δημιουργούνται από τις παραλλαγές της στάθμης της θάλασσας (που εναλλάσσονται και από τη φάση)
- η δύναμη της στάθμης του νερού, δηλ. το πάχος της άμμου, και της ενδεχόμενης θέσης, εάν υπάρχει:
 - το ανώτατο όριο της στάθμης νερού, που διαμορφώνεται από ένα στεγανό στρώμα
 - το κατώτατο σημείο της στάθμης νερού, που διαμορφώνεται επίσης από ένα στεγανό στρώμα
- η παραλλαγή των επιπέδων στη στάθμη νερού όπου πραγματοποιείται η

άντληση.

Για να αξιολογηθεί εάν ένα φρεάτιο είναι εφικτό ή όχι, δύο διαφορετικοί τύποι αναλύσεων απαιτούνται:

- η εκτίμηση της ροής φρεατίων βάσει των συλλεχθέντων γεωτεχνικών και υδραυλικών στοιχείων
- ο υπολογισμός της δομής των φρεατίων από την άποψη του δομικού υλικού εργασιών και φιλτραρίσματος.

Εκτίμηση ροής

Για αυτήν την εκτίμηση ο ακόλουθος τύπος χρησιμοποιείται:

$$Q = HK \frac{H_o^2 - H_p^2}{\ln\left(\frac{R_a}{r_p}\right)}$$

Όπου ισχύει:

Q: Ροή, σε m³/sec

K: Συντελεστές διαπερατότητας, σε m/sec

H_o: Ύψος της χρησιμοποιημένης στάθμης νερού

H_p: Ύψος του νερού του φρεατίου (σταθεροποιημένο επίπεδο για το δεδομένο Q)

R_a: Το εξωτερικό όριο κάτω την καμπύλη

r_p: ακτίνα φρεατίου

Από αυτόν τον τύπο μπορεί να βγει το συμπέρασμα ότι η ροή των φρεατίων είναι:

1. άμεσα ανάλογη προς

- το συντελεστή K

- σε έναν μεγαλύτερο βαθμό, στην παραλλαγή της στάθμης ύδατος στο φρεάτιο (H_o² - H_p²)

- σε έναν μικρότερο βαθμό, στην ακτίνα r_p (ln r_p).

2. αντιστρόφως ανάλογη προς:

- την ακτίνα της περιοχής όπου η δραστηριότητα φρεατίων γίνεται αισθητή (R_a) στη στάθμη νερού, αυτή η ακτίνα της δραστηριότητας είναι αντιστρόφως ανάλογης προς το K, το οποίο αυξάνει ακόμα τη σημασία του K στον υπολογισμό ροής.

Τέλος, και για να είναι σε θέση να εκτιμήσουν τη σημασία των διάφορων

παραμέτρων που επεμβαίνουν στον υπολογισμό της ικανότητας ροής των φρεατίων, δύο παραδείγματα δίνονται κατωτέρω:

Parameter	Example 1	Example 2
K (m/sec)	0.0001 or 10^{-4} (fine sand with limited permeability)	0.0001 or 10^{-3} (permeable sand)
Ho (m)	9.00	5.00
Hp (m)	1.00	1.00
	} Dh= 8.00	} Dh= 4.00
Ra (m)	50.00	50.00
rp (m)	2.00	1.00
Q (m ³ /sec)	$Hx \cdot 0.0001 \frac{(9^2 - 1^2)}{\ln\left(\frac{50}{2}\right)}$ $= \frac{0.025}{3.21} = 0.0078 \text{ m}^3/\text{sec}$ or 7.8l/sec	$Hx \cdot 0.001 \frac{(5^2 - 1^2)}{\ln\left(\frac{50}{2}\right)}$ $= \frac{0.075}{3.91} = 0.019 \text{ m}^3/\text{sec}$ or 19l/sec

Η ανάλυση αυτών των δύο παραδειγμάτων δίνει έμφαση στη σημασία του συντελεστή K, ανάλογα με το εάν εξετάζουμε λεπτή άμμο με περιορισμένη διαπερατότητα ή πιο διαπερατή χονδροειδή άμμο. Ακόμη και με ένα υδραυλικό φορτίο και μια διάμετρο φρεατίων που μειώνονται στο μισό, η ροή αυξάνεται αρκετά.

Q ₂ = 19 l/sec with	K = 1 x 10 ⁻³
	Dh ₂ = 4 m
	rp ₂ = 1 m
Q ₁ = 7.8 l/sec with	K = 1 x 10 ⁻⁴
	Dh ₁ = 8 m
	rp ₁ = 2 m

Μπορεί να είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν τα φρεάτια νερού της θάλασσας όταν

ένας ιχθυογεννητικός σταθμός πρόκειται να καθιερωθεί στα αμμώδη ή ανομοιογενή χώματα. Είναι εύκολο να χτιστούν και να εγγυηθούν μια σταθερή παροχή νερού. Περιοχές επαρκείς για κατασκευή φρεατίων διαμορφώνεται συνήθως από τα ιζήματα που πηγαίνουν από τη λεπτή άμμο που φράσσει και για τα οποία ο συντελεστής διαπερατότητας K ποικίλλει, σε m/sec, από 1×10^{-3} για τη χονδροειδή άμμο σε 1×10^{-9} για το βούρκο. Στην περίπτωση των πετρωδών ακτών, εκτός από μερικές πολύ ασυνήθιστες θέσεις, είναι καλύτερο να εξεταστεί κατά τον προγραμματισμό ένα τυποποιημένο αντλιοστάσιο, εξάγοντας το νερό άμεσα από τη θάλασσα.

Η δύναμη των παράκτιων σταθμών νερού είναι γενικά αδύνατη, συνήθως μόνο μερικά μέτρα. Αυτό υπονοεί ότι η ροή που θα μπορούσε να ληφθεί είναι μέτρια, όντας της τάξεως μερικών λίτρων ανά δευτερόλεπτο σε σχέση με τις δεκάδες των λίτρων ανά δευτερόλεπτο.

Σαν τελική εκτίμηση, είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί ότι σε περίπτωση μεγάλων φρεατίων πρέπει να αποφύγουμε την άντληση περισσότερων από 30 λίτρων ανά δευτερόλεπτο προκειμένου να μειωθεί η μετακίνηση των λεπτών μορίων γύρω από την περιοχή των φρεατίων και την κατάληξη της γρήγορης απόφραξης. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι τα φρεάτια είναι συχνά προσωρινές κατασκευές με έναν αναμενόμενο κύκλο ζωής 5-10 ετών. Επομένως οι θέσεις για τα νέα φρεάτια πρέπει να βρεθούν σε εύθετο χρόνο.

2.10 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΝΑΛΙΑ

Οι σωληνώσεις και τα κανάλια (ανοικτά κανάλια, υδρορροές) χρησιμοποιούνται για να φέρουν το νερό της θάλασσας στο και από το ιχθυογεννητικός σταθμός. Τα διαφορετικά υλικά χρησιμοποιούνται για τις σωληνώσεις, ανάλογα με τη χρήση τους και τους τομείς των ιχθυογεννητικών σταθμών όπου θα εγκατασταθούν. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τη υπαίθρια διοχέτευση με σωλήνες θα μπορούσαν να είναι προστατευμένα με χάλυβα, σκυρόδεμα και fibreglass, ενώ το πολυαιθυλένιο (PE) και το πολυβινυλικό χλωρίδιο (PVC) χρησιμοποιούνται για σωληνώσεις μέσα στον ιχθυογεννητικό σταθμό, όπου απαιτούνται μη τοξικά υλικά. Τα κανάλια και οι υδρορροές αποτελούνται συνήθως από ενισχυμένο συγκεκριμένο και προκατασκευασμένο σκυρόδεμα, τούβλα, PVC και μέταλλο.

Γενικά, για τις σωληνώσεις που πρέπει να λειτουργήσουν υπό πίεση, το PVC ή το PE είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται συχνότερα, ενώ για τα συστήματα ιχθυογεννητικών σταθμών στα οποία το νερό ρέει με τη βαρύτητα, τα ανοικτά κανάλια ή το PVC και οι σωλήνες PE είναι κοινά. Μέσα στο ιχθυογεννητικό σταθμό όλα τα κυκλώματα νερού χτίζονται κανονικά χρησιμοποιώντας σωλήνες PVC, το οποίο είναι το πιο εύκαμπτο και εύχρηστο υλικό από άποψη εγκατάστασης και επισκευών, και επίσης λόγω της ποικιλίας των υπαρχουσών συναρμολογήσεων PVC όπως οι βαλβίδες, οι γωνίες, οι γρήγορες ενώσεις, κ.α.

Τροφοδοσία του κύριου αντλιοστασίου

Οι σωληνώσεις που φέρουν το νερό στο κύριο αντλιοστάσιο, χρησιμοποιώντας είτε την αναρρόφηση είτε τη βαρύτητα, αποτελούνται γενικά από:

- καλυμμένους σωλήνες χάλυβα (μέσα και έξω), με ένα πρόσθετο κάλυμμα προστασίας για να περιοριστεί η διάβρωση
- συγκεκριμένοι σωλήνες με έναν πυρήνα μετάλλων
- σωλήνες PE που καλύπτονται με τσιμέντο ή που σταθεροποιούνται με τους τσιμεντένιους όγκους για να αντιμετωπιστεί η πλευστότητα.

Το όριο πίεσης εργασιών της σωλήνωσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 6 bars, αλλά είναι καλύτερο να χρησιμοποιηθεί η διοχέτευση με σωλήνες που θα μπορούσαν να λειτουργήσουν στην πίεση 10 ή 12 bars, αν και μπορεί να είναι ελαφρώς ακριβότερο. Είναι προτιμητέο να χρησιμοποιηθούν υπερμεγέθεις σωλήνες έτσι ώστε να μπορούν να σταθούν στις αυστηρές συνθήκες εργασίας στη θάλασσα. Όλα τα τμήματα και οι συναρμολογήσεις της σωλήνωσης μαζεύονται στην περιοχή, κατόπιν είναι στενά συγκεντρωμένοι αφού έχει προετοιμάσει τις τάφρους στον πυθμένα της θάλασσας και στο έδαφος. Αμέσως μετά, η σωλήνωση ωθείται στη θάλασσα στα επιπλέοντα σώματα και χαμηλώνουν την τάφρο. Αυτή η εργασία θεωρείται συχνά δευτεροβάθμιας σπουδαιότητας, αλλά είναι συχνά ένα στοιχείο κλειδί για την επιτυχία του εκκολαπτηρίου και της καλλιέργειας.

Συνδέοντας το κύριο και δευτερεύον αντλιοστάσιο (όταν είναι απαραίτητο)

Αυτή η υδραυλική σύνδεση γίνεται γενικά χρησιμοποιώντας τους ακόλουθους σωλήνες:

- Σωλήνες PE της σειράς N.P. 6 (μέσης πίεσης 6 bar) για χαμηλή πίεση ή της σειράς N.P. 10 (μέσης πίεσης 10 bar) για τη μέση πίεση
- Σωλήνες PVC της σειράς N.P. 6 ή N.P.10. Είναι συνήθως 6 μέτρα μήκους και ενώνονται είτε από τη διαλυτική συγκόλληση, είτε με τη χρησιμοποίηση των φλαντζών είτε των συναρμολογήσεων διαφόρων υλικών
- συγκεκριμένοι σωλήνες, γενικά 5 μέτρα μήκους που συναρμολογούνται μεταξύ τους με προσαρμοστές (αντάπτορες).

Διανομή του νερού στο ιχθυογεννητικός σταθμός

Το νερό διανέμεται μέσα στο ιχθυογεννητικό σταθμό από τα δίκτυα σωληνώσεων που είτε αναρτούνται εναέρια κάτω από τη στέγη είτε διατρέχουν το πάτωμα. Η πρώτη λύση είναι περισσότερο προτιμητέα γιατί περιορίζει τον κίνδυνο πιθανής ζημίας στους σωλήνες και ταυτόχρονα διευκολύνει τις μετακινήσεις σε όλες τις

περιοχές, ενώ η δεύτερη επιλογή είναι συχνά μια ευκολότερη και φτηνότερη λύση. Οι σωληνώσεις για την εσωτερική διανομή του νερού αποτελούνται κυρίως από PVC και είναι συνήθως μικρής διαμέτρου (31 με 200mm), ενωμένες με διαλυτή συγκόλληση ή με περασμένες κλωστές υποδοχείς, ή με γρήγορες ενώσεις. Στην περίπτωση των μακρών σωληνώσεων, οι γρήγορες ενώσεις είναι προτιμητέες δεδομένου ότι ένα σύστημα σωληνώσεων που μπορεί να αποσυναρμολογηθεί εύκολα μπορεί επίσης να καθαριστεί λεπτομερώς και να απολυμανθεί. Οι τυποποιημένοι σωλήνες είναι συνήθως διαθέσιμοι στα 6 μέτρα μήκους.

Απορροή νερού από τον ιχθυογεννητικό σταθμό

Το νερό βγαίνει από το ιχθυογεννητικός σταθμός μέσω ενός δικτύου δευτερευόντων καναλιών-υδρορροών που μεταβιβάζουν τα απόβλητα αποχέτευσης από τις διάφορες δεξαμενές σε κύριο κεντρικό κανάλι. Το εσωτερικό δίκτυο απορροής αποτελείται συνήθως από σκυρόδεμα, ή από ελαφρύ PVC, και μπορεί να καλυφθεί με:

- μετακινούμενες ενισχυμένες τσιμεντένιες σχάρες, οι οποίες είναι ουσιαστικές για τις υδρορροές PVC
- ξύλινες σανίδες, ή μεταλλικές πλάκες που καλύπτονται εξωτερικά για την προστασία ενάντια στη διάβρωση.

Ανακεφαλαιώνοντας, κάθε σωλήνας πρέπει να επιλεχτεί και να χρησιμοποιηθεί σύμφωνα με συγκεκριμένες ανάγκες. Ανοξειδωτο ατσάλι ή αντίστοιχοι σωλήνες πρέπει να χρησιμοποιηθούν όταν απαιτείται μια ισχυρή μηχανική αντίσταση. Οι σωλήνες PE πρέπει να προτιμούνται όταν η μηχανική αντίσταση δεν είναι ο μόνος παράγοντας που εξετάζεται, και ο σωλήνας πρόκειται να εκτεθεί στις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Τέλος, οι σωλήνες PVC χρησιμοποιούνται γενικά για τις εσωτερικές σωληνώσεις δεδομένου ότι αυτό το υλικό δεν είναι τοξικό και έχει έναν πολύ μικρό συντελεστή τραχύτητας ροής νερού, ο οποίος επιτρέπει τη χρήση των μικρότερων σωλήνων για την ακριβή διακλάδωση της ροής του νερού στις διάφορες εξόδους.

Η τελική επιλογή για τα υλικά πρέπει να βασιστεί σε μια έρευνα ακριβείας για να προσδιορίσει τους τοπικούς κατασκευαστές, για να αξιολογήσει την ποιότητα και το κόστος των διαθέσιμων υλικών και για να εντοπίσει τους πιθανούς αναδόχους με την τεχνογνωσία και τον εξοπλισμό απαραίτητους για να βάλουν μαζί τα υδραυλικά συστήματα.

2.11 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ, ΤΩΝ ΕΞΟΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Τέσσερις τύποι πληροφοριών είναι ουσιαστικοί για τη σωστή ταξινόμηση και το σχεδιασμό ενός δικτύου σωληνώσεων:

1. ο συντελεστής τραχύτητας του υλικού που επιλέγεται
2. η ροή του νερού που απαιτείται
3. η εσωτερική ταχύτητα του νερού
4. η προκαθορισμένη βασική απώλεια που πραγματοποιείται κατά μήκος των συναρμολογημένων γραμμών και από τον εξοπλισμό που παρεμβάλλεται

Σχέδιο μιας σωλήνωσης που λειτουργεί υπό πίεση

Το σχέδιο μιας κλειστής σωλήνωσης γίνεται χρησιμοποιώντας τον τύπο Manning-Strickler, (επίσης εφαρμόσιμο για τη μεταφορά νερού από τη βαρύτητα), ο οποίος είναι ο ακόλουθος:

$$Q = US = U(K R^{2/3} i^{1/2})$$

όπου ισχύει:

Q: ροή του νερού, σε m³/s

U: ταχύτητα νερού, σε m/s

S: υγρή περιοχή τμημάτων, σε m²

K: κύριος συντελεστής απώλειας, 1/n

n: συντελεστής τραχύτητας

R: μέση ακτίνα = S/P

P: υγρή περίμετρος σε m

i: υδραυλική κλίση σε m ανά m

Χρησιμοποιώντας αυτόν τον τύπο είναι εύκολο να υπολογιστούν οποιαδήποτε από τα στοιχεία του, για παράδειγμα:

- γνωρίζοντας το τμήμα και τη ροή, είναι δυνατά να καθορίσουμε την υδραυλική κλίση
- σε περίπτωση σταθερής κλίσης, είναι δυνατό να καθοριστεί το πόσο νερό μπορεί να περάσει μέσω του σωλήνα
- αντίστροφα, γνωρίζοντας τη ροή είναι δυνατό να καθοριστούν οι διαστάσεις του σωλήνα.

Μερικές φορές, για να απλοποιηθούν οι υπολογισμοί, ένας άβακας ή γραφικές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Ο κύριος συντελεστής απώλειας που εξετάζεται γενικά για τους ομαλούς σωλήνες είναι υπό πίεση $K = 95$ που αντιστοιχεί σε έναν συντελεστή τραχύτητας $n = 0.0105$. Για τους σωλήνες PVC, το K είναι περίπου 120 και $n = 0.0083$.

Για να υπολογιστεί το συνολικό κύριο φορτίο H σε m (το απαραίτητο ύψος για να μεταφέρει μια δεδομένη ροή), μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο:

$H = i L$, όπου το i είναι η υδραυλική κλίση (σε m/m) και L το μήκος (σε m) της

σωλήνωσης. Σε αυτό το ποσό των κύριων απωλειών, λόγω των συναρμολογήσεων των σωληνώσεων (κιγκλίδωμα, αγκώνες, βαλβίδες, κ.λπ.) πρέπει να προστεθεί. Οι διατάξεις σωληνώσεων εκφράζονται συχνά στο ισοδύναμο μήκος των σωλήνων L1, L2, L3, κ.λπ. Το μήκος της σωλήνωσης L καθορίζεται από το ποσό αυτών των ισοδύναμων μηκών, έτσι ώστε τελικά ο τύπος θα γίνει:

$$H = i (L + L_1 + L_2 + L_3 + \dots)$$

Παράδειγμα

- ροή που απαιτείται: 0.3 m³/s

- σωλήνωση: διάμετρος 400mm, μήκος 500m (ευθύς σωλήνας χωρίς συνδέσεις)

- Υδραυλική κλίση από τον άβακα όπως: $i = 0.01175 \text{ m/m}$

Κατά συνέπεια, το συνολικό απαραίτητο φορτίο: $H = 0.012 \times 500 = 6 \text{ m}$ ή 0.6 φραγμός

Σε πολλές περιπτώσεις, η επιλογή του μεγέθους ενός μικρού σωλήνα PVC/HDAD γίνεται με τη διαβούλευση ενός απλού γραφικού άβακα που παρέχεται από τον κατασκευαστή σωλήνων. Με αυτό τον τρόπο είναι εύκολο να καθοριστούν τα τμήματα σωλήνων, και δίνει επίσης συχνά την ευκαιρία να επιλεχτεί το σωστό εσωτερικό τμήμα και να αξιολογηθούν οι κύριες απώλειες (σε m/m).

Είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί ότι με αυτό τον τρόπο το μέγεθος σωληνώσεων είναι απολύτως εμπειρικό και ισχύει εύκολα στους σωλήνες που λειτουργούν υπό πίεση. Εντούτοις, όταν η πίεση που εφαρμόζεται προκαλείται μόνο από τη βαρύτητα, μια καλύτερη αξιολόγηση απαιτείται.

Έξοδοι υπερχείλισης

Για τους πίδακες υπερχείλισης με μια ελεύθερη πτώση νερού, οι υπολογισμοί ροής είναι βασισμένοι στον ακόλουθο τύπο:

$$q = m H_d \sqrt{2g H_d} = m H_d \sqrt{19.62 H_d}$$

όπου ισχύει:

q: ροή του νερού ανά μετρητή πίδακα, σε m³/s

m: συντελεστής (κοντά σε 0.45)

H_d: μανομετρικό ύψος της στήλης νερού επάνω από τον πίδακα, σε m

g : βαρύτητα, σε 9.81 m/s

Για πίδακα που είναι L μέτρα βαθύ , συνολική ροή $Q(\text{m}^3/\text{s}) = qL = mL H_d \sqrt{19.62 H_d}$.

Ξέροντας το πλάτος πίδακα (L, σε m) και τη ροή (Q, m³/s), είναι δυνατό να υπολογιστεί η διαφορά στο επίπεδο (Hd) μεταξύ του πίδακα και της στάθμης ύδατος προς τα πάνω όπως:

$$Hd = \sqrt[3]{Q \sqrt{1.993 L}}^2$$

Κανάλια και υδρορροές

Το δίκτυο υδρορροών ιχθυογεννητικών σταθμών αποτελείται από ορθογώνια κανάλια μικρού μεγέθους φτιαγμένα συνήθως από ενισχυμένο σκυρόδεμα, και είναι είτε χτισμένα επί τόπου είτε συγκεντρωμένα χρησιμοποιώντας τα προκατασκευασμένα τμήματα.

Γενικά, το κύριο κανάλι απορροής είναι μια τάφρος τραπεζοειδούς τμήματος, που δεν καλύπτεται, με μια ήπια κλίση και μεγάλου μεγέθους για την αναμενόμενη ροή.

Η ικανότητα ροής οποιουδήποτε τύπου καναλιού συσχετίζεται προφανώς με το τμήμα της και μπορεί να υπολογιστεί με τον τύπο Bazin:

$$Q = C \sqrt{Ri} = US$$

όπου ισχύει:

Q: ροή του νερού, σε m³/sec

U: ταχύτητα νερού, σε m/sec

C: συντελεστής Bazin = $(87 \sqrt{R}) \div (\gamma + \sqrt{R})$

R: υδραυλική ακτίνα (σε m) = S/P

S: υγρή περιοχή τμημάτων σε m²

P: υγρή περίμετρος, σε m

γ: συντελεστής τραχύτητας Bazin

i: υδραυλική κλίση, σε m/m

Σημείωση: Ο συντελεστής τραχύτητας Bazin ποικίλλει ως εξής:

συγκεκριμένη ομαλή επιφάνεια = 0.06

επιφάνεια στις πέτρες ή τα τούβλα = 0.16

επιφάνεια στην τεκτονική = 0.45

ανάχωμα = 0.85

συνηθισμένο ανάχωμα = 1.30

ανάχωμα βράχων = 1.75

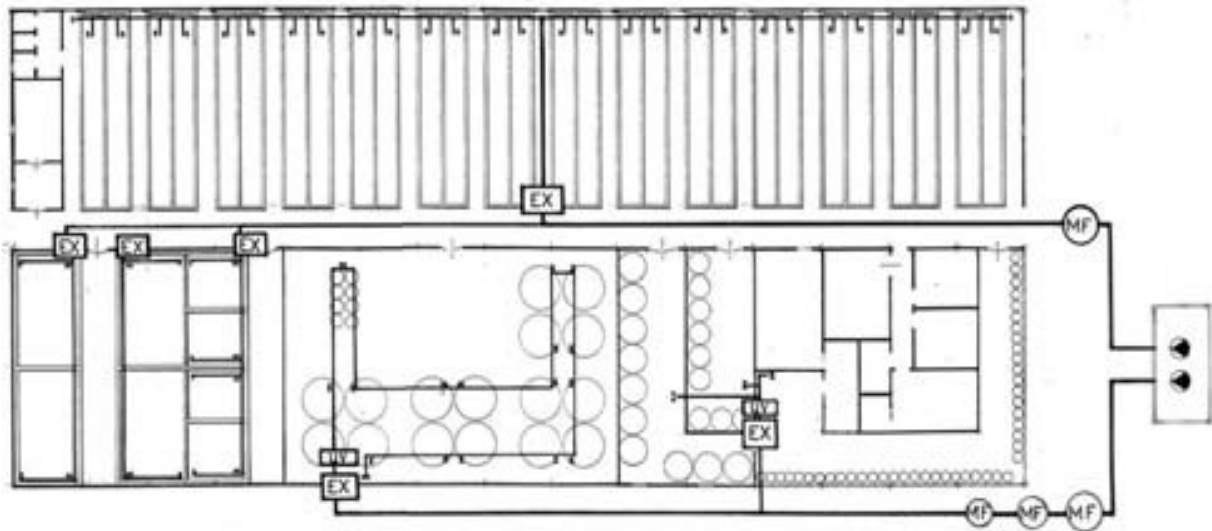
Ένας άβακας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει την υδραυλική κλίση που είναι απαραίτητη για μια δεδομένη ροή Q , με τη διατομή που επιλέγεται και το συντελεστή τραχύτητας γνωστό. Επιτρέπει επίσης να καθοριστεί η διαφορά στο επίπεδο μεταξύ του καναλιού προς τα πάνω και προς τα κάτω (Δh).

2.12 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΙΧΘΥΟΓΕΝΝΗΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ : ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Αναφερόμενο στους προαναφερθέντες τύπους και τις αρχές, αυτό το τμήμα δίνει μερικά παραδείγματα πρακτικών υπολογισμών για τους κολπίσκους και τις εξόδους σωλήνων για έναν τυπικό ιχθυογεννητικό σταθμό θαλασσινών ειδών.

Παράδειγμα: Σύστημα κολπίσκων νερού

Περιγραφή: Ας υποθέσουμε ότι το εσωτερικό δίκτυο αποτελείται από τρία διαφορετικά κυκλώματα: Α, Β και Γ.



Σχήμα 2.21 Κύκλωμα εκκολαπτηρίου

Κύκλωμα Α

Μήκος: 210 m

Εξοπλισμένο με μια αντλία Α: μέγιστη ροή $Q_A = 10 \text{ l/s} = 0.010 \text{ m}^3/\text{s}$

Ταχύτητα νερού: $U = 1.20 \text{ m/s}$

Σωλήνωση: άκαμπτοι PVC 10

Κατά συνέπεια το θεωρητικό τμήμα δίνεται ως $S = Q_A \div U = 0.010 \div 1.20 = 0.008 \text{ m}^2$

- Επιλεγμένη διάμετρος: N.D. $\varnothing 100 \text{ χιλ.}$, το οποίο σημαίνει 98.8/110 mm

Με ένα πραγματικό τμήμα 0.00785 m^2 [που υπολογίζονται ως $(98.8/2 \cdot 1/1000) 2\pi$] και

την πραγματική ταχύτητα ως $U = 0.010 \div 0.00785 = 1.275 \text{ m/s}$

- Εξοπλισμός κυκλωμάτων: θεωρώντας $Q = 10 \text{ lt/s}$
- φίλτρο F1, το οποίο δίνει μια κύρια απώλεια 10m
- φίλτρο F2, το οποίο δίνει μια κύρια απώλεια 20m
- UV αποστειρωτής, ο οποίος δίνει μια κύρια απώλεια 5m
- Δευτεροβάθμιοι σωλήνες διανομής νερού στις δεξαμενές, με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Μήκος: 50 m

- Ισοδύναμη ροή (που εξετάζει την ομοιογενή διανομή νερού στις δεξαμενές): $Q_e = Q_A \div \sqrt{3} = 10 \div 1.732 \approx 6 \text{ l/s}$

- Ταχύτητα νερού: 1.0 m/s

- Τύπος σωλήνων: άκαμπτοι PVC 10

- Επιλεγμένη διάμετρος: N.D. $\varnothing 80 \text{ mm}$ που σημαίνει τις 80.6/90 mm

Με ένα πραγματικό τμήμα: $S = 0.0395 \text{ m}^2$ και η πραγματική ταχύτητα: $U = Q_e \div S = 0.006 \div 0.0395 \approx 1.05 \text{ m/s}$

Κύκλωμα Β

Μήκος: 210 m

Κύκλωμα που εξοπλίζεται με μια αντλία Β με μέγιστη ροή: $Q_B = 50 \text{ l/s} = 0.050 \text{ m}^3/\text{s}$

Ταχύτητα νερού: $U = 1.20 \text{ m/s}$

Σωλήνωση: άκαμπτοι φραγμοί PVC 10

Κατά συνέπεια το θεωρητικό τμήμα δίνεται ως $S = Q_B \div U = 0.050 \div 1.20 \approx 0.04 \text{ m}^2$

- Επιλεγμένη διάμετρος: N.D. $\varnothing 250 \text{ mm}$ που σημαίνει 224.2/250 mm

- Πραγματικό τμήμα: $S = 0.0395 \text{ m}^2$

- Πραγματική ταχύτητα: $U = Q_B \div S = 0.050 \div 0.0395 \approx 1.265 \text{ M/S}$

- Εξοπλισμός κυκλωμάτων: εξέταση $Q = 50 \text{ l/s}$

- φίλτρο F1, το οποίο δίνει μια επικεφαλής απώλεια 15 m

- δευτεροβάθμιοι σωλήνες διανομής νερού στις δεξαμενές με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Μήκος: 50 m

- Ισοδύναμη ροή (που εξετάζει μια ομοιογενή διανομή νερού στις δεξαμενές):

$$Q_e = Q_B \div \sqrt{3} = 50 \div 1.732 \approx 29 \text{ l/s}$$

- Θεωρητική ταχύτητα: 1.0 m/s

- Τύπος σωλήνων: άκαμπτοι φραγμοί PVC 10

- Επιλεγμένη διάμετρος: N.D. $\varnothing 200 \text{ mm}$, το οποίο σημαίνει το 179/200 mm. Με ένα πραγματικό τμήμα: $S = 0.025 \text{ m}^2$ και η πραγματική ταχύτητα: $U = Q_e \div S = 0.029 \div 0.025 \approx 1.16 \text{ m/s}$

Κύκλωμα Γ

Υδραγωγείο θάλασσας που εφοδιάζει τις δεξαμενές υπό τις ακόλουθες συνθήκες:

- Ροή κολπίσκων που προέρχεται από το κύκλωμα Β: $3 \text{ l/s} = 0.003 \text{ m}^3/\text{s}$
- Μέγιστη ροή στις δεξαμενές μέσω του κυκλώματος Γ: $Q_c = 3 \text{ l/s} = 0.003 \text{ m}^3/\text{s}$
- Ικανότητα: μισή ώρα ροής, το οποίο σημαίνει: (3600×3)
- Μήκος: 4 m
- Μέγιστη ροή: $Q_c = 3 \text{ l/s}$
- Ταχύτητα νερού: $U = 1.20 \text{ m/s}$
- Σωλήνωση: άκαμπτοι φραγμοί PVC 10

Κατά συνέπεια το θεωρητικό τμήμα δίνεται ως $S = Q_c \div U = 0.003 \div 1.20 \approx 0.04 \text{ m}^2$

- Επιλεγμένη διάμετρος: N.D. $\varnothing 75 \text{ mm}$ που σημαίνει τις $63.2/75 \text{ mm}$

Με ένα πραγματικό τμήμα: 0.0031 m^2 και μια πραγματική ταχύτητα: $U = Q_c \div S = 0.003 \div 0.0031 \approx 1 \text{ M/S}$

- Διανομή νερού: θεωρείται $Q = 3 \text{ l/s}$
- Μήκος εξεταζόμενο: 50 m
- Μέγιστη ροή (που εξετάζει μια ομοιογενή διανομή νερού στις δεξαμενές): $Q_e = Q_c \div \sqrt{3} = 3 \div 1.732 \approx 1.75 \text{ l/s}$
- Θεωρητική ταχύτητα: 1.0 m/s
- Τύπος σωλήνων: άκαμπτοι PVC 10
- Επιλεγμένη διάμετρος: N.D. $\varnothing 75 \text{ mm}$ που σημαίνει $63.2/75 \text{ mm}$

Με ένα πραγματικό τμήμα: $S = 0.0031 \text{ m}^2$ και η πραγματική ταχύτητα: $U = Q_e \div S = 0.00175 \div 0.0031 \approx 0.565 \text{ m/s}$

Υπολογισμός

Για να οριστικοποιηθεί το σχέδιο του συστήματος κολπίσκων νερού, είναι απαραίτητο να αποφασιστεί το ποσό των κύριων απωλειών λόγω του εξοπλισμού που εγκαθίσταται στο κύκλωμα, την τριβή του νερού στις σωληνώσεις και την ενέργεια που χάνεται για να κινήσει το νερό για να λάβει τη ροή που απαιτείται.

Οι επικεφαλής απώλειες i υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τον τύπο Manning-Strickler: $Q = U S$

όπου:

$$U = K R^{2/3} i^{1/2} \text{ and} \\ i = U^2 \sqrt{K^2 R^{4/3}}$$

Προσθέτοντας αυτό το υδραυλικό φορτίο του συστήματος σωληνώσεων στο τελικό φορτίο που παραδίδει στο τέλος του κυκλώματος, επιτρέπει τον υπολογισμό της απαραίτητης υδραυλικής πίεσης (head) της αντλίας.

Χρησιμοποιήστε έναν άβακα για να καθορίσετε εύκολα το i γνωρίζοντας το U , το K και το R (ή τη διάμετρο \varnothing).

Κύκλωμα Α

(α) υπόλοιπο φορτίο απαραίτητο στο τέλος των γραμμών διανομής στα δευτεροβάθμια κυκλώματα: 5 m, το οποίο σημαίνει μια γραμμή φορτίου = (+4.00) + 5.00 = (+9.00) m

(β) κύριες απώλειες στο δευτεροβάθμιο κύκλωμα διανομής με (δείτε (α) ανωτέρω) όπου:

L: 50 m

Qe: 6 l/s

U: 1.05 m/s

K: 100 (n = 0.01)

εσωτερική $\varnothing \sim 80$ mm ή 0.08 m

R: $\varnothing \sqrt{4} = 0.02$ m

κατά συνέπεια $i = (1.05)^2 \div (100)^2 \sqrt[3]{(0.02)^4} \approx 0.02$ m/m

και $\Delta h = 0.02 \times 50 = 1$ m

που σημαίνει μια γραμμή φορτίων A3 = (+9.00) + 1.00 = (+10.00) m

(γ) επικεφαλής απώλειες για το αρχικό εσωτερικό κύκλωμα (δείτε (α) ανωτέρω), όπου:

L: 60 m

Q: 10 l/s

U: 1.275 m/s

K: 100 (n = 0.01)

εσωτερική $\varnothing \sim 100$ mm ή 0.10 m

R: $0.10 \div 4 = 0.025$ m

κατά συνέπεια $i = (1.275)^2 \div (100)^2 \sqrt[3]{(0.025)^4} \approx 0.022$ m/m

και $\Delta h = 0.022 \times 60 = 1.34$ m

Εάν οι τοπικές επικεφαλής απώλειες είναι:

φίλτρο F1 = 10 m

φίλτρο F2 = 20 m

UV λαμπτήρας = 5 m

για συνολικά 35 m, έχουμε συνολικές απώλειες = 1.34 m + 35 m = 36.34 m

που σημαίνει μια γραμμή φορτίων A2 = (+10.00) + 36.34 = (+46.34) m

(δ) επικεφαλής απώλειες για το αρχικό εξωτερικό κύκλωμα (δείτε (α) ανωτέρω), όπου:

L: 150 m

Q: 10 l/s

U: 1.275 m/s

K: 100 (n = 0.01)

εσωτερική $\varnothing \sim 100$ mm ή 0.10 m

R = $0.10 \div 4 = 0.025$ m

κατά συνέπεια $i = (1.275)^2 \div (100)^2 \sqrt[3]{(0.025)^4} \approx 0.022$ m/m

και $\Delta h = 0.022 \times 150 = 3.30$ m,

το οποίο σημαίνει μια κεντρική απώλεια στην έξοδο της αντλίας ίση με $(+46.34) + 3.30 = (+49.64) \text{ m}$

Κύκλωμα Β

(α) υπόλοιπο φορτίο απαραίτητο στο τέλος των γραμμών διανομής στο δευτεροβάθμιο κύκλωμα: 5m που σημαίνει μια γραμμή φορτίου = $(+4.00) + 5.00 = (+9.00) \text{ m}$

(β) κεντρικές απώλειες στο δευτεροβάθμιο κύκλωμα διανομής (δείτε (α) ανωτέρω), όπου:

L: 50 m

Qe: 29 l/s

U: 1.16 m/s

K = 100 ($n = 0.01$)

εσωτερική $\varnothing \sim 180 \text{ mm}$ ή 0.18 m

$R = (0.18) \div 4 = 0.045 \text{ m}$

κατά συνέπεια $i = (1.16)^2 \div (100)^2 \cdot 3 \sqrt{(0.045)^4} \approx 0.0084 \text{ m/m}$

και $\Delta h = 0.0084 \times 50 = 0.42 \text{ m}$

που σημαίνει ένα loadline B3 = $(+9.00) + 0.42 = (+9.42) \text{ m}$

(γ) απώλειες για το εσωτερικό αρχικό κύκλωμα (δείτε (α) ανωτέρω), όπου:

L: 60 m

Q: 50 l/s

U: 1.265 m/s

K = 100 ($n = 0.01$)

εσωτερική $\varnothing \sim 224 \text{ mm}$ ή 0.224 m

$R = 0.224 \div 4 = 0.056 \text{ m}$

κατά συνέπεια $i = (1.265)^2 \div (100)^2 \cdot 3 \sqrt{(0.056)^4} \approx 0.0075 \text{ m/m}$

και $\Delta h = 0.0075 \times 60 = 0.45 \text{ m}$

Εάν τοπικές απώλειες για το φίλτρο F1 = 15 m

τότε έχουμε συνολικέω απώλειες = $0.45 + 15 = 15.45 \text{ m}$

και η γραμμή φορτίων B2 είναι $(+9.42) + 15.45 = (+24.87) \text{ m}$

(δ) απώλειες στο εξωτερικό αρχικό κύκλωμα (δείτε (α) ανωτέρω), όπου:

L: 150 m

Q: 50 l/s

U: 1.265 m/s

K = 100 ($n = 0.01$)

εσωτερική $\varnothing \sim 224 \text{ mm}$ ή 0.224 m

$R = 0.224 \div 4 = 0.056 \text{ m}$

κατά συνέπεια $i = (1.265)^2 \div (100)^2 \cdot 3 \sqrt{(0.056)^4} \approx 0.0075 \text{ m/m}$

και $\Delta h = 0.0075 \times 150 = 1.125 \text{ m}$

Αυτό σημαίνει μια γραμμή φορτίων B1 στην έξοδο της αντλίας ίσης με $(+24.87) +$

$$1.125 = (+25.995) \text{ m}$$

Κύκλωμα Γ

(α) τροφοδοσία του σωλήνα στη δεξαμενή:

- φορτίο στο σωλήνα που τροφοδοτεί τη δεξαμενή: (+9.42) m

- φορτίο στην κορυφή της δεξαμενής όπου το νερό διανέμεται: (+5.50) m

- απώλειες στο σωλήνα διανομής στη δεξαμενή (δείτε (α) ανωτέρω), όπου:

$$L: 4 \text{ m}$$

$$Q: 3 \text{ l/s}$$

$$U: 1.0 \text{ m/s}$$

$$K = 100 \text{ (n} = 0.01)$$

εσωτερική $\varnothing \sim 53 \text{ mm}$ ή 0.053 m

$$R = 0.053 \div 4 = 0.01325 \text{ m}$$

$$\text{κατά συνέπεια } i = (1)^2 \div (100)^2 \cdot 3 \sqrt{(0.01325)^4} \approx 0.032 \text{ m/m}$$

$$\text{και } \Delta h = 0.032 \times 4 = 0.13 \text{ m}$$

που σημαίνει ένα φορτίο απαραίτητο να διανείμει 3 l/s στην κορυφή της δεξαμενής ίσης με $(+5.50) + 0.13 = (+5.63) \text{ m}$

(β) σωλήνας διανομής

- Ελάχιστο φορτίο στην αφετηρία του σωλήνα στη δεξαμενή (με τους πιο δυσμενείς όρους): (+4.25) m

-Οι επικεφαλής απώλειες στους σωλήνες διανομής (δείτε (α) ανωτέρω), όπου:

$$L: 50 \text{ m}$$

$$Q_e: 1.75 \text{ l/s}$$

$$U : 0.565 \text{ m/s}$$

$$K = 100 \text{ (n} = 0.01)$$

εσωτερική $\varnothing \sim 63.2 \text{ mm}$ ή 0.0632 m

$$R = 0.0632 \div 4 = 0.0159 \text{ m}$$

$$\text{κατά συνέπεια } i = (0.8)^2 \div (100)^2 \cdot 3 \sqrt{(0.0159)^4} \approx 0.008 \text{ m/m}$$

$$\text{και } \Delta h = 0.008 \times 50 = 0.40 \text{ m}$$

που σημαίνει μια γραμμή φορτίων στο τέλος του σωλήνα διανομής ίση με $(+4.25) - 0.40 = (+3.85) \text{ m}$

Κατά συνέπεια, το φορτίο που είναι διαθέσιμο στο τέλος αυτού του σωλήνα που τοποθετείται $(+3.50 \text{ m})$ είναι: $(3.85) - (3.50) = 0.35 \text{ m}$, ένα πολύ χαμηλό φορτίο που θα χρησιμοποιήσει τις μεγάλες βαλβίδες υποχρεωτικά.

Παράδειγμα: Σύστημα εξόδου νερού

Περιγραφή

Υπάρχουν διάφορες πιθανές λύσεις για να σχεδιάσουν το κύριο σύστημα εξόδου. Τρεις διαφορετικοί τρόποι παρέχονται ως παράδειγμα:

- σκαμμένος ως τάφρος στο έδαφος, του τριγωνικού τμήματος και με μια αναλογία κλίσεων 2:1
- χτισμένος σε συγκεκριμένο ή ενισχυμένο σκυρόδεμα, του ορθογώνιου τμήματος, ανοικτό
- θαμμένος, χρησιμοποιώντας έναν σωλήνα μεγάλων διαμέτρων στο ενισχυμένο συγκεκριμένο ή σε φυγοκέντριση σκυρόδεμα.

Σε όλες τις περιπτώσεις, υποθέστε ότι η κύρια υδρορροή πρέπει να επιτρέψει την αποξήρανση (στις καλές υδραυλικές συνθήκες) περίπου 60 l/s με ένα συνολικό μήκος 150 m.

Υπολογισμός

Ο υπολογισμός είναι βασισμένος στους διάφορους τύπους σύμφωνα με το είδος συστήματος που χρησιμοποιείται (ανοικτό ή κλειστό):

- Για μια ανοικτή χρήση καναλιών ο τύπος Bazin:

$$Q = U S$$

$$\text{όπου: } U = C \sqrt{Ri} \text{ και } C = (87 \sqrt{R}) (\gamma + \sqrt{R})$$

Σημείωση: Η τραχύτητα Bazin coefficient γ ποικίλλει ως εξής:

συγκεκριμένη ομαλή επιφάνεια = 0.06

επιφάνεια στις πέτρες ή τα τούβλα = 0.16

επιφάνεια στην τεκτονική = 0.45

ανάχωμα = 0.85

συνηθισμένο ανάχωμα = 1.30

βράχων = 1.75

Οι διαφορετικές τιμές για το C είναι λειτουργία του γ .

- Για μια κλειστή σωλήνωση: χρησιμοποιήστε τον τύπο Manning-Strickler:

$$Q = U S$$

$$\text{όπου } U = K R^{2/3} i^{1/2}$$

με $K = 90$ για μια ελεύθερη ροή στις συγκεκριμένες ή ενισχυμένες συγκεκριμένες σωληνώσεις και οι $K = 95$ για μια ροή υπό πίεση στις συγκεκριμένες ή ενισχυμένες συγκεκριμένες σωληνώσεις.

Αυτοί οι δύο τύποι εφαρμόζονται στα ακόλουθα παραδείγματα όπου οι σχετικοί υπολογισμοί παρουσιάζονται. Εντούτοις, ένας άβακας για κάθε τύπο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τους γρηγορότερους κατά προσέγγιση υπολογισμούς.

Κύρια υδρορροή ως τριγωνική τάφρος στο έδαφος (τύπος Bazin)

$$\gamma = 1.30$$

$$Q = 60 \text{ l/s ή } 0.06 \text{ m}^3/\text{s}$$

Τμήμα: τύπος I

- μήκος: 150 m

- κατώτατο πλάτος: μηδέν

- δευτερεύουσα κλίση: 2:1

- ύψος νερού (προς τα κάτω): 0.50 m

- υγρό τμήμα (προς τα κάτω): $S = 0.50 \text{ m}^2$

$$U = Q \div S = 0.06 \div 0.50 = 0.12 \text{ M/S}$$

Υγρή περίμετρος $\Pi = 2.24 \text{ m}$

$$\text{Επομένως: } P = S \div U = 0.50 \div 0.12 \approx 4.17 \text{ m}$$

$C = 23.1$

$$i = U^2 \div C^2 R = (0.12)^2 \div (23.1)^2 (0.22) = 0.000123 \text{ m/m}$$

$$\Delta h = 0.000123 \text{ m/m} \times 150 \text{ m} \sim 0.02 \text{ m}$$

που σημαίνει, ακολουθώντας το σχέδιο, τις ακόλουθες στάθμες ύδατος:

- προς τα κάτω: (+0.50 m)

- προς τα πάνω: $(+0.50) + 0.02 = (+0.52 \text{ m})$



Σχήμα 2.22 -Αεροφωτογραφία της ανακύκλωσης του νερού

Κύρια υδρορροή ως ορθογώνιο κανάλι σε συγκεκριμένο (τύπος Bazin)

$$\gamma = 0.06 \text{ m}$$

$$Q = 60 \text{ l/s ή } 0.06 \text{ m}^3/\text{s}$$

Τμήμα: τύπος II - μήκος: 150 m

- πλάτος: 0.30 m

- ύψος νερού (προς τα κάτω): 0.30 m

- υγρό τμήμα (προς τα κάτω): 0.09 m^2

$$U = Q \div S = 0.06 \div 0.09 = 0.67 \text{ m/s}$$

Υγρή περίμετρος $P = 0.90 \text{ m}$

Επομένως: $R = S \div P = 0.09 \div 0.90 \approx 0.10 \text{ m}$

$C = 73.1$

$i = U^2 \div C^2 P = (0.67)^2 \div (73.1)^2 (0.10) \approx 0.00084 \text{ m/m}$

$\Delta h = 0.00084 \text{ m/m} \times 150 \text{ m} \sim 0.125 \text{ m}$

που σημαίνει, ακολουθώντας το σχέδιο, τις ακόλουθες στάθμες ύδατος:

- προς τα κάτω: (+0.50 m)

- προς τα πάνω: $(+0.50) + 0.125 = (+0.625 \text{ m})$

Κύρια υδρορροή ως στρογγυλό συγκεκριμένο σωλήνα (τύπος Manning-Strickler)

$K = 90$, " ελεύθερης ροής "

$Q = 60 \text{ l/s}$ ή $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$

Τμήμα: τύπος III

$\varnothing D = 0.50 \text{ m}$ $S = \tau D^2 \div 4 = 3.14 (0.50)^2 \div 4 = 0.196 \text{ m}^2$

$P = \tau D = 3.14 * 0.50 = 1.57 \text{ m}$

$R = S/P = 0.196 \div 1.57$

Επομένως: $i = (0.30)^2 \div (90)^2 3 \sqrt{(0.125)^4} \approx 0.000178 \text{ m/m}$

$\Delta h = 0.000178 \text{ m} \times 150 \text{ m} = 0.03 \text{ m}$

που σημαίνει, επίπεδα μέσων σωληνώσεων ως εξής:

- προς τα κάτω: (+0.50 m)

- προς τα πάνω: $(+0.50) + 0.03 = (+0.53 \text{ m})$



Σχήμα 2.23- Διέξοδοι νερού



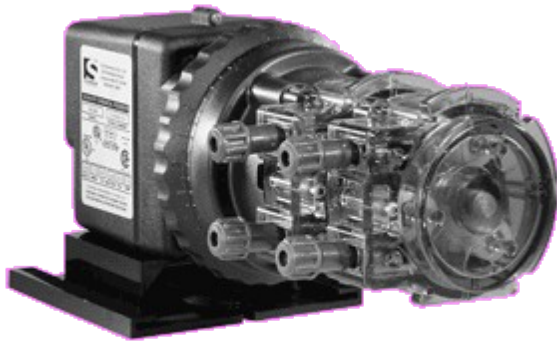
Σχήμα 2.24- Κεντρικό αντλιοστάσιο με αξονική αντλία με προωστήρα

2.13 ΑΝΤΛΙΕΣ

Για τους σκοπούς μας είναι δυνατό να καθοριστεί μια αντλία ως συσκευή ικανή να αυξήσει τη μηχανική ενέργεια ενός υγρού, ή αλλιώς, μια μηχανή ικανή να ωθήσει ένα ρευστό από ένα σημείο σε άλλο.

Οι αντλίες αποτελούνται συχνά από χυτοσίδηρο ή από ανοξείδωτο ατσάλι 304. Εντούτοις, στους ιχθυογενετικούς σταθμούς θαλασσινών ειδών, λόγω των προβλημάτων διάβρωσης που συνδέονται με τη χρήση του νερού της θάλασσας ως αντλημένο υγρό, αυτά τα δύο μέταλλα δεν είναι κατάλληλα και άλλα υλικά όπως ο χαλκός, το ανοξείδωτο ατσάλι 316 ή το πλαστικό είναι προτιμητέα. Όταν μόνο ο χυτοσίδηρος ή αντλίες ανοξείδωτου ατσαλιού 304 είναι διαθέσιμες, πρέπει να είναι καλά προστατευμένες εξωτερικά και εσωτερικά με ένα ατοξικό επίστρωμα. Για τα ημι-κλειστά κυκλώματα, στα οποία η ρύπανση από τα ιόντα μετάλλων πρέπει να αποφευχθεί, συστήνονται κυρίως οι πλαστικές αντλίες.

Οι αντλίες οδηγούνται γενικά από ηλεκτρικές δι/τριφασικές μηχανές ή, στις περιοχές όπου η ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι διαθέσιμη, από τις μηχανές πετρελαίου. Τα τελευταία χρόνια υιοθετούνται συνήθως στην περίπτωση της χαμηλής πίεσης άντλησης και των μεγάλων ροών του νερού και χρησιμοποιούνται μόνο εάν ο ιχθυογεννητικός σταθμός συνδέεται με ένα χερσαίο αγρόκτημα (growout).



Σχήμα 2.25 - Αντλίες

Τύποι ηλεκτρικών αντλιών

Αν και υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός συστημάτων άντλησης, είναι δυνατό να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες ως εξής:

- Αναπαραγωγικές αντλίες στροβίλων, όπου ένα περιστρεφόμενο στροφέιο που εξοπλίζεται με πτερωτές ή λεπίδες διαβιβάζει την κινητική ενέργεια στο νερό. Αυτό είναι ο τύπος που χρησιμοποιείται συνηθέστερα.
- Ανελκυστήρες νερού, όπως η βίδα του Αρχιμήδη και οι αερογέφυρες. Αυτοί οι τύποι αντλιών χρησιμοποιούνται σπάνια.
- Ογκομετρικές αντλίες μετατοπίσεων, όπου η μεταφορά νερού γίνεται μέσω διαδοχικών παραλλαγών της ικανότητας, η άντληση που γίνονται μέσω της εναλλασσόμενης πλήρωσης και εκκένωσης ενός εσωκλειόμενου όγκου. Αυτές οι ογκομετρικές αντλίες χρησιμοποιούνται μόνο στα πολύ μεγάλα ιχθυογεννητικούς σταθμούς και στις εγκαταστάσεις προπάχυνσης για τις διαδικασίες καθαρισμού ή για τη μεταφορά ζωντανής τροφής.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, εδώ θα εξεταστούν μόνο τις ηλεκτρικές αντλίες στροβίλων.

Αντλίες στροβίλων

Οι αντλίες στροβίλων είναι περιστρεφόμενες και έχουν συνήθως μια άκαμπτη σύνδεση στη μηχανή. Είναι απλές, σχετικά μικρές, ελαφριές και εύκολες να διατηρηθούν. Σύμφωνα με τον τύπο του στροφέιου που χρησιμοποιείται και του τρόπου που λειτουργεί, οι αντλίες στροβίλων που χρησιμοποιούνται στους ιθυογεννητικούς σταθμούς και τις φάρμες υδατοκαλλιέργειας μπορούν να είναι τριών τύπων:

- φυγοκεντρικές αντλίες
- αντλίες φυγοκεντρικών-προπελών

- αντλίες προπελών

Οι φυγοκεντρικές αντλίες σχεδιάζονται για τις μέσες ροές του νερού και για μεγάλα ύψη, ενώ οι αντλίες προπελών σηκώνουν τις πολύ μεγάλες ροές σε χαμηλό ύψος (μόνο μερικά μέτρα).

Ανάλογα με τα κριτήρια κατασκευής που έχουν υιοθετηθεί, οι αντλίες στροβίλων μπορούν επίσης να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες σύμφωνα με:

- τη θέση του άξονα: οριζόντιος, κάθετος ή άξονας κλίσης
- τον αριθμό στροφειών που υπάρχουν: μονός ή πολυβάθμιος
- με την παραχθείσα πίεση: χαμηλή, μέση ή υψηλή πίεση.

Όσον αφορά στη θέση του στροβίλου της αντλία σε σχέση με τη στάθμη του νερού στο φρεάτιο, οι αντλίες μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- αντλία επιφάνειας (surface), όταν λειτουργεί εντελώς έξω από το νερό
- ημι-βυθιζόμενη (immersed), όταν η αντλία είναι υποβρύχια αλλά η μηχανή είναι έξω από το νερό
- υποβρύχια (submersed) όταν και η αντλία και η μηχανή είναι υποβρύχιας.

Οι ιχθυογενετικοί σταθμοί είναι γενικά εξοπλισμένοι με τις φυγοκεντρικές αντλίες στροβίλων, με έναν οριζόντιο ή κάθετο άξονα. Είναι συνήθως μονο-σταδιακές και παράγουν χαμηλές ή μέσες πιέσεις. Μπορεί να είναι επιφανειακές, ημι-βυθιζόμενες ή υποβρύχιας αντλίες, ανάλογα με την περιοχή.



Σχήμα 2.26- Φυγοκεντρική αντλία

Ανάγκες σε πληροφορίες για το σχεδιασμό ενός συστήματος άντλησης

Σχετικά με το ρευστό:

- τύπος και προέλευση του ρευστού
- μέγιστες ροές που απαιτούνται
- συνθήκες εργασίας
- υδραυλικές συνθήκες στα σημεία εισαγωγής και παράδοσης νερού.

Πληροφορίες σχετικά με τις αντλίες:

• Η συνολική πίεση (TH) μιας αντλίας είναι η διαφορά πίεσης σε μέτρα της υγρής στήλης (MLC) μεταξύ της αναρρόφησης και των σημείων εκφόρτωσης. Συσχετίζεται με τρία στοιχεία:

-γεωμετρική πίεση (GH), σύμφωνα με τις υδραυλικές συνθήκες που καθορίζονται ανωτέρω

- απώλειες πίεσης στο σημείο αναρρόφησης (JSUC), ίσες με την πίεση (σε MLC) που είναι απαραίτητη να υπερνικήσει τις απώλειες πίεσης στο σωλήνα αναρρόφησης

- απώλειες πίεσης στο σημείο εκφόρτωσης (J DIS), ίσες με την πίεση (σε MLC) που είναι απαραίτητη για να ξεπεραστούν απώλειες πίεσης στο σωλήνα απαλλαγής, που εξαρτώνται επίσης από τη ρευστή ταχύτητα και από τις διαφορετικές συναρμολογήσεις που εγκαθίστανται στο κύκλωμα.

Εάν η αναρρόφηση και η απαλλαγή πραγματοποιούνται υπό ατμοσφαιρική πίεση, η συνολική πίεση υπολογίζεται όπως TH (σε MLC) = $GH + J\ SUC + J\ DIS$. Εάν οι πιέσεις (σε kg/cm^2) στα σημεία αναρρόφησης και εκφόρτωσης είναι διαφορετικές, για παράδειγμα P_1 στην αναρρόφηση και P_2 στην απαλλαγή, μπορείτε να αναφερθείτε σε ένα ομοιογενές σύστημα χρησιμοποιώντας αντ' αυτού:

- στην αναρρόφηση $(P_1 \div \gamma) \times 10$ (σε MLC), και
- στην απαλλαγή $(P_2 \div \gamma) \times 10$ (σε MLC), όπου γ είναι η πυκνότητα (σε kg/dm^3) του αντλημένου υγρού, το οποίο είναι κοντά στο 1 για το νερό της θάλασσας. Ο ανωτέρω τύπος γίνεται κατόπιν:

$$TH \text{ (in MLC)} = GH + JSUC + J DIS + 10 [(P_2 - P_1) \div \gamma]$$

- **Μέγιστο ύψος αναρρόφησης για τις φυγοκεντρικές αντλίες**

Θεωρητικά, εάν ένα κενό δημιουργείται μέσα σε μια κατακόρυφο σωλήνα βυθισμένη στο νερό εξαλείφοντας την ατμοσφαιρική πίεση στο ανώτερο όριό της, το νερό θα φθάσει σε ένα ύψος στο σωλήνα ίσο με την ατμοσφαιρική πίεση σε εκείνη την θέση, σε MLC. Στη στάθμη του ύδατος της θάλασσας, αυτό σημαίνει ένα ύψος 10.33 m. Γενικά, για ένα ύψος A (σε m), το ύψος που φτάνει το νερό μέσα στο σωλήνα μειώνεται σε $10.33 \text{ m} - 0.012 A$.

Στην πράξη, εντούτοις, το ύψος νερού από την αναρρόφηση που χρησιμοποιεί μια φυγοκεντρική αντλία είναι χαμηλότερο επειδή μέρος της διαθέσιμης πίεσης απαιτείται για να υπερνικήσει τις απώλειες πίεσης του σωλήνα αναρρόφησης και για να δώσει την επιθυμητή ταχύτητα στο ρευστό. Για να αποφύγει τη δημιουργία κοιλότητας αντλιών (σχηματισμός μέσα στο ρευστό αέριων φυσαλίδων), η απόλυτη πίεση στον κοιλίσκο αντλιών πρέπει μην μειωθεί ποτέ κάτω από την τιμή του ατμού πίεσης που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του ρευστού που αντλείται. Για να εξασφαλιστεί ότι η αντλία θα τρέξει ακίνδυνα, η πίεση στον κοιλίσκο αντλιών πρέπει να παραμείνει αρκετά πάνω από την πίεση ατμού του ρευστού. Η πίεση ατμού (σε MLC) για το νερό θάλασσας σε 20°C είναι περίπου 0.20 m. Αλλά μπορεί να φθάσει τουλάχιστον σε 1.3 μ σε 50°C στη στάθμη της θάλασσας.

Η απόδοση αναρρόφησης μιας αντλίας, λαμβάνοντας υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά της και τον τρόπο που εγκαθίσταται, καθορίζεται από την καθαρή θετική πίεση αναρρόφησης (NPSH). Δύο τύποι των NPSH υπάρχουν:

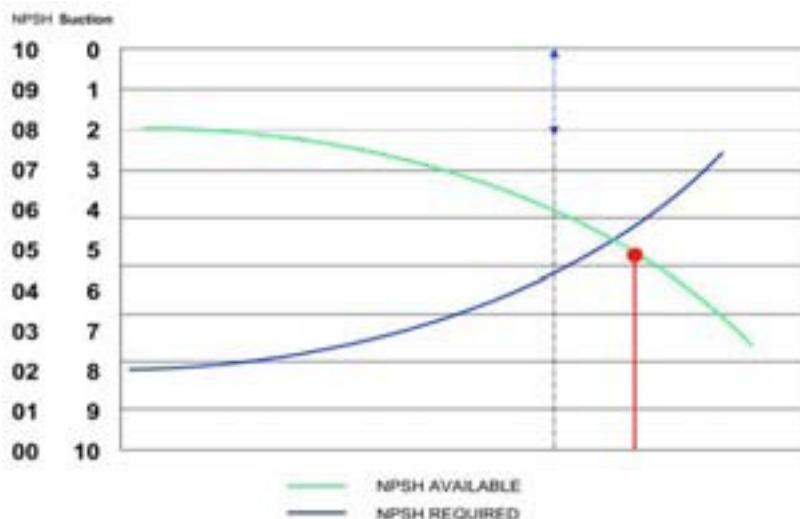
1. το διαθέσιμο NPSH, το οποίο είναι η τιμή της απόλυτης πίεσης που μετρείται στην εισαγωγή των αντλιών θεωρώντας τον τύπο, τα υλικά και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της εισαγωγής, όπως η διάμετρος σωλήνων, ο τύπος και άλλες συναρμολογήσεις
2. το απαραίτητο NPSH, το οποίο είναι ένα σύνολο τιμών που δίνονται από τον κατασκευαστή για κάθε τύπο αντλίας και για μια δεδομένη ταχύτητα της περιστροφής της μηχανής, και που παρουσιάζεται ως καμπύλη που αφορά NPSH την εκροή αντλιών.

Για μια εγκατάσταση αντλιών, είναι απαραίτητο το διαθέσιμο NPSH να είναι μεγαλύτερο από το απαραίτητο NPSH μερικά δεκατόμετρα. Η αξία του διαθέσιμου NPSH για την παροχή νερού κάτω από την κοιλότητα σε μια ελεύθερη λεκάνη νερού όπως η θάλασσα, είναι ίση με: $10 \text{ m} - (GH + J \text{ SUC})$.



Σχήμα 2.27- Τομή υποβρύχιας αντλίας

Το σχήμα 2.28 δίνει ένα παράδειγμα των διαθέσιμων και απαραίτητων καμπυλών NPSH. Το σημείο λειτουργίας της αντλίας πρέπει να τοποθετηθεί αριστερά της κάθετης γραμμής που περνά από τη διατομή των δύο καμπυλών, έτσι ώστε το διαθέσιμο NPSH να είναι μεγαλύτερο από το απαραίτητο NPSH.



Σχήμα 2.28- Παράδειγμα διαθέσιμων και απαραίτητων NPSH καμπυλών αντλίας

- Ταχύτητα περιστροφής των φυγοκεντρικών αντλιών:

Η ταχύτητα περιστροφής μιας φυγοκεντρικής αντλίας έχει επιπτώσεις στην πιθανή ροή του νερού (Q), τη συνολική πίεση (TH), και την κατανάλωση ενέργειας (P). Εάν αυτή η ταχύτητα περιστροφής ποικίλλει από V1 σε V2, εφαρμόζονται οι τρεις ακόλουθες σχέσεις:

1. $(Q_2 \sqrt{Q_1}) = (V_2 \sqrt{V_1})$
2. $(TH_2 \sqrt{TH_1}) = [(V_2)^2 \sqrt{(V_1)^3}]$
3. $(P_2 \sqrt{P_1}) = [(V_2)^3 \sqrt{(V_1)^3}]$

• Σημείο λειτουργίας μιας αντλίας

Τα δύο κύρια στοιχεία πληροφοριών που απαιτούνται για την αξιολόγηση του λειτουργούντος σημείου μιας αντλίας που συνδέεται με ένα δεδομένο σύστημα είναι η ροή και η συνολική πίεση που παράγεται από την αντλία. Για να προσδιοριστεί αυτό το σημείο λειτουργίας, πρέπει να προβάλετε σε μια γραφική παράσταση την καμπύλη QH της αντλίας, και τη χαρακτηριστική καμπύλη της σωλήνωσης, που λαμβάνεται με την προσθήκη των γεωμετρικών πιέσεων και των συνολικών απωλειών της πίεσης.

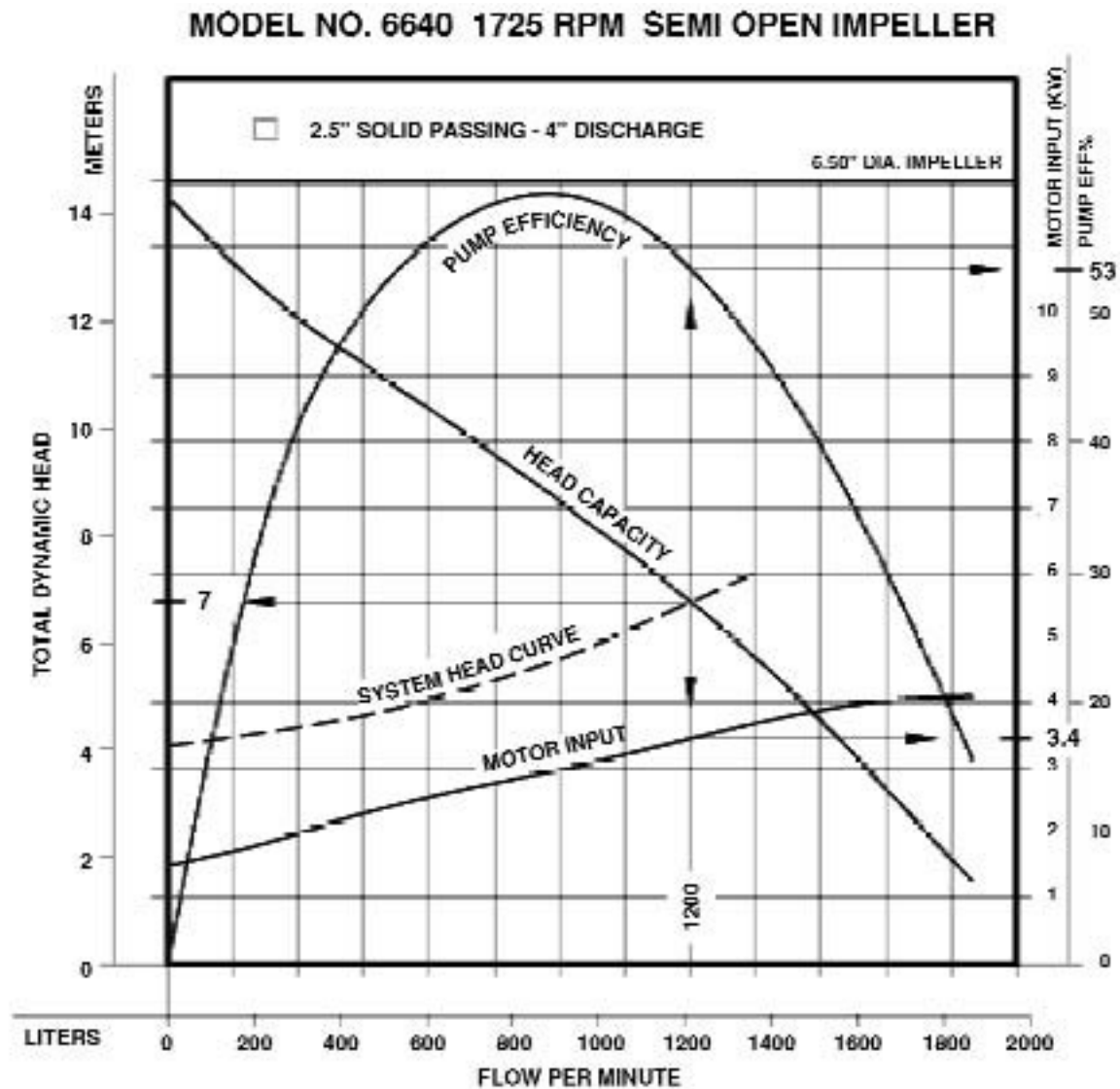
Το σημείο διατομής (S) αυτών των δύο καμπυλών καθορίζει το σημείο λειτουργίας της αντλίας.

Αυτό παρουσιάζει σαφώς επίσης ότι το σημείο λειτουργίας της αντλίας κινείται εάν η χαρακτηριστική καμπύλη της σωλήνωσης αλλάζει. Παραδείγματος χάριν, όταν η βαλβίδα του σωλήνα απαλλαγής είναι μερικώς κλειστή, οι απώλειες πίεσης αυξάνονται. Ομοίως, εάν η αντλία αλλάζει από ένα διαφορετικό σημείο, θα υπάρξει μια νέα καμπύλη QH και έτσι μια νέα θέση για το σημείο λειτουργίας S στη χαρακτηριστική καμπύλη της σωλήνωσης.

• Καμπύλες αντλιών:

Υπάρχουν τρεις σημαντικές και χαρακτηριστικές καμπύλες για μια αντλία:

1. Η καμπύλη εκροής στο ύψους ή η καμπύλη QH, η οποία παρουσιάζει τη σχέση μεταξύ της συνολικής που παράγεται από μια αντλία σε σχέση με τη ροή
2. Η καμπύλη αποδοτικότητας, η οποία αφορά την αποδοτικότητα της αντλίας στη ροή. Παρουσιάζει πάντα τιμή κορυφής (βέλτιστη αποδοτικότητα). Είναι καλύτερο να χρησιμοποιηθεί η αντλία γύρω από αυτήν την τιμή κορυφής, η οποία βοηθάει να καθοριστεί η σχέση QH. Η αποδοτικότητα των φυγοκεντρικών αντλιών δεν υπερβαίνει το 0.80, ενώ για τις αντλίες περωτών μπορεί να φθάσει τα 0.90
3. Η καμπύλη δύναμης φρένων ή η καμπύλη PQ, η οποία αφορά τη δύναμη φρένων της ροής.



Σχήμα 2.29- Τυπικές καμπύλες αντλιών (Πηγή : J. Fletcher, Zoeller Company)

- Ομαδοποιώντας τις φυγοκεντρικές αντλίες

Η ομαδοποίηση των φυγοκεντρικών αντλιών μπορεί να απαιτηθεί για δύο λόγους: για να αυξήσει τη διαθέσιμη ροή ή, για να παράξει μεγαλύτερη πίεση. Στην πρώτη περίπτωση, οι αντλίες πρέπει να ομαδοποιηθούν παράλληλα. Για να λάβετε μια μεγαλύτερη πίεση, ομαδοποιήστε τις αντλίες σε σειρά.

2.14 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ

Υπολογισμός του συστήματος άντλησης

Ο υπολογισμός του συστήματος άντλησης μπορεί να πραγματοποιηθεί μετά από τα στοιχεία που αναφέρονται στο προηγούμενο τμήμα των σωληνώσεων και χαρακτηριστικών αντλιών που έχουν συλλεχθεί. Τα βήματα που απαιτούνται είναι

τα ακόλουθα:

1. Καθορίστε τα χαρακτηριστικά του υδραυλικού συστήματος και υπολογίστε τα εξής:

(α) γεωμετρική πίεση και (GH): η διαφορά μεταξύ του ανώτατου ορίου της απαλλαγής και της στάθμης ύδατος στο φρεάτιο από όπου το νερό αντλείται.

(β) συνολικές απώλειες πίεσης (J TOT): θεωρήστε τη μέγιστη απαραίτητη ροή για το κύκλωμα. Περιλάβετε τις απώλειες σωλήνων, τις απώλειες λόγω των πρόσθετων συναρμολογήσεων (αγκώνες, διασταυρώσεις, βαλβίδες, κ.λπ.), και τις απώλειες λόγω όλων των εξοπλισμών που εγκαθίσταται στο υδραυλικό σύστημα. Αυτές οι μερικές απώλειες πίεσης πρέπει να μετρηθούν στα μέτρα της υγρής στήλης (MLC) και μπορεί να καθοριστούν με τη χρησιμοποίηση των γραφικών παραστάσεων ή με τις τεχνικές προδιαγραφές των κατασκευαστών. Όταν το νερό αντλείται από την αναρρόφηση είναι πολύ σημαντικό να εξακριβωθεί αν αυτή η επιλεγμένη διάμετρος της σωλήνωσης αναρρόφησης τηρεί τον όρο: (διαθέσιμο NPSH) > (απαραίτητο NPSH), όπως περιγράφεται ανωτέρω.

2. Μεταφέρετε τη χαρακτηριστική καμπύλη της σωλήνωσης (που καθορίζεται από $TH = GH + J \text{ TOT}$) επάνω σε μια γραφική παράσταση.

3. Μεταφέρετε τις τρεις χαρακτηριστικές καμπύλες της αντλίας (QH, Rdt, PQ) που εξηγείται ανωτέρω επάνω στην ίδια γραφική παράσταση.

4. Τέλος, καθορίστε το σημείο S στη διατομή της καμπύλης QH και της χαρακτηριστικής καμπύλης της σωλήνωσης. Αυτό δίνει το σημείο λειτουργίας της αντλίας, η οποία πρέπει να βρεθεί κοντά στο μέγιστο της καμπύλης αποδοτικότητας της αντλίας (Rdt).

Η συνολική ροή που είναι απαραίτητη λαμβάνεται με την αύξηση του αριθμού αντλιών, ως πολλαπλάσιο της ροής μιας ενιαίας αντλίας. Οποιαδήποτε τροποποίηση των προαναφερθεισών καμπυλών θα προκαλέσει μια αλλαγή στο σημείο λειτουργίας με κόστος στην αποδοτικότητα των αντλιών.

Δύναμη που απορροφάται

Η δύναμη (P στο CV) που απορροφάται από μια αντλία μπορεί να υπολογιστεί από τον ακόλουθο τύπο:

$$P = \frac{Q \times 3600 \times TH}{270 \times Rdt}$$

όπου ισχύει:

Q/: ροή, σε m³/s

ΤΗ: συνολική πίεση, σε m

Rdt: αποδοτικότητα αντλιών όπως δίνεται στις τεχνικές προδιαγραφές από τον κατασκευαστή.

2.15 ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ

Για να γίνει η σωστή επιλογή κατά την εγκατάσταση ενός συστήματος άντλησης, είναι πολύ σημαντικό να εξεταστούν τα τρία ακόλουθα σημεία:

1. Χρησιμοποιήστε τον εξοπλισμό που ταιριάζει καλύτερα στις τοπικές συνθήκες, και που είναι πιο αξιόπιστος και ευκολότερο να διατηρηθεί
2. Επιλέξτε τον εξοπλισμό που θα εγγυηθεί ένα συνεχή ανεφοδιασμό του νερού στον ιχθυογεννητικό σταθμό, σιγουρεύοντας ότι αυτός ο ανεφοδιασμός δεν είναι μικρών διαστάσεων, δεδομένου ότι η διαθεσιμότητα νερού είναι ουσιαστική για την ασφάλεια ομαλής λειτουργίας των ιχθυογεννητικών σταθμών
3. Αξιολογήστε το κόστος επένδυσης σε σχέση με τα δύο προηγούμενα σημεία. Προσέξτε τις προτάσεις που εμφανίζονται να είναι πολύ κατάλληλες αρχικά αλλά μπορεί να είναι πολύ ακριβές.

Μια τέτοια επιλογή πρέπει να γίνει για κάθε εγκατάσταση αλλά μπορεί να καθοδηγηθεί γενικά από τις ακόλουθες περαιτέρω εκτιμήσεις προερχόμενες από αποκτηθείσα εμπειρία.

Επιλογή της κατηγορίας αντλιών

Για ένα ιχθυογεννητικός σταθμός με μια απαίτηση ροής που ποικίλλει από μερικά λίτρα ανά δευτερόλεπτο μέχρι 100 l/s, και με μια μέγιστη συνολική πίεση 40 m, ως καλύτερη επιλογή εμφανίζεται να είναι μια φυγοκεντρική αντλία μονής σειράς στροβίλων.

Επιλογή του τύπου αντλιών

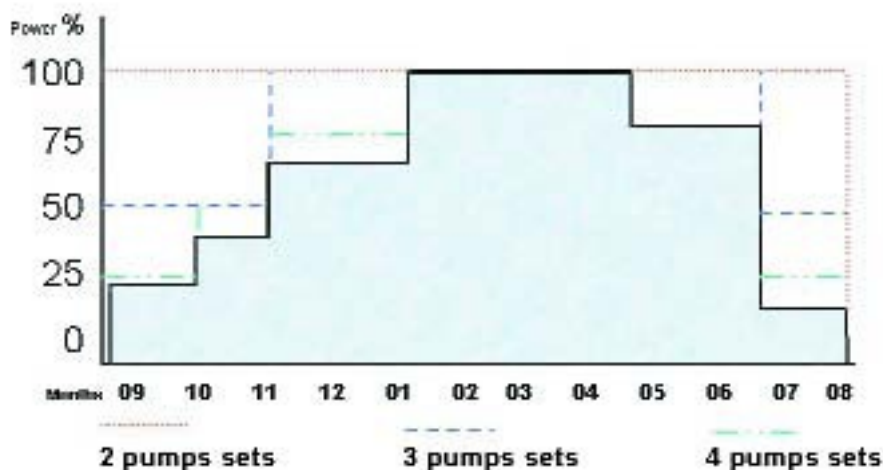
Όταν το νερό αντλείται άμεσα από τη θάλασσα από την αναρρόφηση και χωρίς τη χρήση ενός φρεατίου, οι μόνες αντλίες που προσαρμόζονται σε αυτήν την εργασία είναι οι οριζόντιες μονής σειράς φυγοκεντρικές αντλίες.

Όταν το νερό αντλείται από ένα φρεάτιο, η επιλογή πρέπει να γίνει μεταξύ μιας ξηρής, ημι-βυθιζόμενης και υποβρύχιας φυγοκεντρικής αντλίας. Η τελική επιλογή πρέπει να γίνει σύμφωνα με τις ανωτέρω εκτιμήσεις για τη λειτουργία και το κόστος παρά από αυστηρά τεχνική άποψη, ακόμα κι αν οι αντλίες εμφανίζεται να είναι καταλληλότερες για αυτό το είδος εγκατάστασης. Είναι πολύ ευκολότερο και γρηγορότερο να συναρμολογηθούν και να αποσυναρμολογηθούν.

Επιλογή του αριθμού των ομάδων αντλιών

Κύριο αντλιοστάσιο: εξετάστε ένα κύριο αντλιοστάσιο που πρέπει να παραδώσει μια απευθείας μεταβλητή ροή, που φθάνει σε μια μέγιστη τιμή Q_{max} :

1. ο ελάχιστος εξοπλισμός για αυτήν την εγκατάσταση είναι δύο σύνολα αντλιών, κάθε μία ικανή να δώσει μια ροή ίση με Q_{max} και να λειτουργεί εναλλακτικά για 12 ώρες κάθε μία. Το Q εγκατεστημένο είναι ίσο με $2 Q_{max}$. Αυτό αντιπροσωπεύει τη φτηνότερη λύση από την άποψη της επένδυσης, αλλά είναι το πιο αντιοικονομικό σύστημα από την άποψη των τρεχουσών δαπανών, δεδομένου ότι παραδίδει πάρα πολύ νερό κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης περιόδου και οι αντλίες υπολειτουργούν δεδομένου ότι μπορούν να λειτουργήσουν για 16 αντί για 12 ώρες
2. φαίνεται έτσι πιο ενδιαφέρον να εξοπλιστεί αυτός ο κύριος σταθμός με τρία σύνολα αντλιών ροής μονάδων ίσα με $Q_u = 0.5 Q_{max}$, έτσι σημαίνει ότι το συνολικό Q εγκατεστημένο είναι ίσο με $1.5 Q_{max}$
3. ακόμα καλύτερα, κάποιος θα μπορούσε να εγκαταστήσει μια ομάδα τεσσάρων συνόλων αντλιών ως εξής: 2 σύνολα με μια μονάδα ροής ίση με την κύρια ροή/2 ($Q_u = 0.5 Q_{max}$) και άλλα 2 σύνολα με μια ενωτική ροή ίση με την κύρια ροή/4 ($Q_u = 0.25 Q_{max}$). Σε αυτή την περίπτωση, το συνολικό Q εγκατεστημένο είναι ίσο με $1.5 Q_{max}$ όπως στην περίπτωση ανωτέρω. Οι τρέχουσες δαπάνες θα ήταν πιο μεταβλητές και επομένως προσαρμοσμένες καλύτερα στις διάφορες καταστάσεις για απαιτήσεις ροής.



Σχήμα 2.30 – Λειτουργούντα διαγράμματα αντλιοστασίου που εξοπλίζεται με 2,3 ή 4 σύνολα αντλιών

Αυτές οι τρεις πιθανές λύσεις αναλύονται περαιτέρω στο σχήμα 2.30 όπου παρουσιάζονται τα λειτουργούντα διαγράμματα του αντλιοστασίου που εξοπλίζεται με δύο, τρία ή τέσσερα σύνολα αντλιών.

Η μετάφραση τέτοιων υπολογισμών στις λειτουργικές δαπάνες, και ιδιαίτερα στα ετήσια κόστη ηλεκτρικής ενέργειας για την άντληση, είναι σημαντική πριν αποφασιστεί ποιος τύπος εγκατάστασης θα ήταν προτιμητέος.

Δευτερεύον αντλιοστάσιο: ο εξοπλισμός του δευτερεύον αντλιοστάσιο αποτελείται γενικά από δύο έως τέσσερις τύπους αντλιών με διαφορετικά χαρακτηριστικά, τα οποία ποικίλλουν σύμφωνα με τις μονάδες υπηρεσιών που παρέχονται στο νερό. Η ροή μονάδων ποικίλλει από μερικά λίτρα ανά δευτερόλεπτο σε περίπου 100 l/s, με μια μεταβλητή συνολική πίεση που κυμαίνεται από 10 ως 40 m.

Μια καλή επιλογή σε τέτοιες περιπτώσεις είναι να εγκατασταθούν διπλά σύνολα κάθε τύπου αντλίας. Προφανώς, θα είναι πάρα πολύ δαπανηρό να τριπλασιαστεί κάθε αντλία, όλες τους που έχουν ένα διαφορετικό QH. Θα ήταν λογικό να κρατήσει ένα καλό απόθεμα των διαθέσιμων ανταλλακτικών.

3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΥΠΟΛΟΙΠΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

ΙΧΘΥΟΓΕΝΝΗΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

3.1 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ

Οι δεξαμενές είναι κατασκευές που χρησιμοποιούνται σε έναν ιχθυογεννητικό σταθμό για την εκτροφή ψαριών ή την παραγωγή ζωντανής τροφής. Το fibreglass ή το σκυρόδεμα είναι τα πιο κοινά υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή δεξαμενών. Το fibreglass χρησιμοποιείται συνήθως για τις μικρές (0.5 έως 30 m³) κυλινδρικές ή κυλινδροκωνικές δεξαμενές ενώ το σκυρόδεμα προτιμάται συχνά για τις μεγαλύτερες (πάνω από 20 m³) τετραγωνικές ή ορθογώνιες δεξαμενές, οι οποίες βρίσκονται κυρίως στα τμήματα καλλιέργειας νυμφών προπάχυνσης, ή γεννητόρων (in Moretti A., et al 2005).

Οι ορθογώνιες και τετράγωνες δεξαμενές προτιμώνται συχνά επειδή μεγιστοποιούν τη χρησιμοποίηση του χώρου και, σε μερικές χώρες, επειδή είναι φτηνότερες για να φτιαχτούν. Στις ορθογώνιες δεξαμενές, το κατώτατο σημείο πρέπει να έχει μια μικρή κλίση (1 έως 2 τοις εκατό) προς την έξοδο. Στις τετράγωνες δεξαμενές, αυτή η κλίση πρέπει να είναι από όλες τις πλευρές προς το κέντρο. Τέτοιες δεξαμενές χτίζονται κανονικά από σκυρόδεμα. Τα πατώματα και οι τοίχοι εσωτερικά είναι είτε πλαστικοποιημένα είτε χρωματισμένα με μη τοξικά χρώματα.

Οι κυκλικές δεξαμενές είναι καλύτερες για την κυκλοφορία του νερού και συνήθως αυτοκαθαριζόμενες. Αλλά είναι συνήθως ακριβότερες και η αναλογία μεταξύ του κατειλημμένου χώρου πατωμάτων και του διαθέσιμου όγκου είναι λιγότερο συμφέρουσα. Το κατώτατο σημείο τους είναι συχνά ελαφρώς κωνικό ή στρογγυλεμένο με μια κεντρική έξοδο. Αποτελούνται συνήθως από fibreglass με τις εσωτερικές επιφάνειες ομαλά καλυμμένες με αδιάβροχο υλικό.



Fig. 58 - Plastic tanks

Σχήμα 3.1- Πλαστικές δεξαμενές

Και στις ορθογώνιες και στις κυκλικές δεξαμενές, ένα λευκό ή χρωματισμένο ελαφρά κατώτατο σημείο είναι προτιμητέο για να διευκολύνει τους συνηθισμένους ελέγχους και τον καθαρισμό, δεδομένου ότι οι προνύμφες και τα ιζήματα είναι ευκολότερο να παρατηρηθούν σε τέτοιο φόντο.

Εκτός από τα υλικά και τα κριτήρια δαπανών, που εξαρτώνται κυρίως από την τοπική διαθεσιμότητα και την τεχνολογία, τα δύο περισσότερα σημαντικά σημεία που εξετάζονται για μια καλή επιλογή των δεξαμενών παραγωγής είναι τα ακόλουθα:

- **Κυκλοφορία νερού.** Στις δεξαμενές, η ποιότητα νερού πρέπει θεωρητικά να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ομοιογενής, αποφεύγοντας τη στρωματοποίηση ή τη συσσώρευση των ιζημάτων στις γωνίες ή στο κατώτατο σημείο. Από αυτή την άποψη οι κυλινδρικές δεξαμενές είναι προτιμητέες επειδή η εσωτερική κυκλοφορία ολόκληρης της μάζας νερού λαμβάνεται με τον προσδιορισμό θέσης του κολπίσκου νερού όπως φαίνεται στο σχήμα 22. Στις ορθογώνιες δεξαμενές, αντίθετα, ένα κατάλληλο σχέδιο κυκλοφορίας νερού είναι δυσκολότερο να ληφθεί, και έτσι η στρωματοποίηση νερού δεν μπορεί να αποφευχθεί.

- **Συντήρηση.** Οι εσωτερικές διαστάσεις πρέπει να επιτρέπουν την εύκολη συντήρηση και τον καθαρισμό, καθώς επίσης μεγιστοποιώντας τον όγκο εκτροφής ανά τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειας του πυθμένα που χρησιμοποιείται. Ένα ακριβό στοιχείο του κόστους επένδυσης είναι η έκταση ανάπτυξης της καλλιέργειας, η οποία συσχετίζεται άμεσα με την επιφάνεια που καταλαμβάνεται από τις δεξαμενές εκτροφής. Από αυτήν την οπτική, η καλύτερη λύση θα ήταν να υπάρξουν οι δεξαμενές τουλάχιστον 2.5 m ψηλές αλλά, δυστυχώς, αυτό το είδος δεξαμενής δεν μπορεί να καθαριστεί κατάλληλα ή να ρυθμιστεί. Ένα μέσο ύψος 1.2 έως 1.3 m φαίνεται να είναι ο καλύτερος συμβιβασμός.

3.2 ΦΙΛΤΡΑ

Τα φίλτρα χρησιμοποιούνται για να αφαιρέσουν ή για να χωρίσουν τα υλικά όπως τα αιωρούμενα στερεά, την αμμωνία, τις χημικές ουσίες, κ.α., από τα υγρά ή τα αέρια. Στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς θαλασσίων ειδών, τρεις τύποι φίλτρων χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση του νερού της θάλασσας: μηχανικά, βιολογικά και χημικά φίλτρα.

Μηχανικά φίλτρα

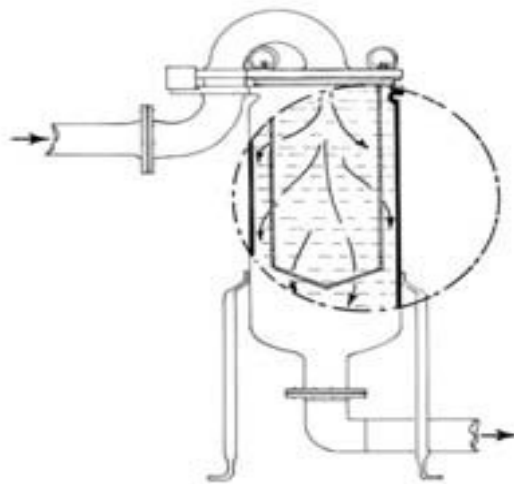
Τα μηχανικά φίλτρα χρησιμοποιούνται για να αφαιρέσουν τα αιωρούμενα στερεά από το νερό, χρησιμοποιώντας ένα πορώδες υλικό, μια μεμβράνη ή ένα κοκκώδες στρώμα άμμου. Για το σχεδιασμό ενός μηχανικού φίλτρου, είναι σημαντικό να

αναλύσουμε τα εξής:

- **Τύπος στερεών:** το είδος των αιωρούμενων στερεών που αφαιρούνται από το φίλτρο λαμβάνοντας υπόψη τόσο τη μέση διάσταση των μορίων προς απομάκρυνση όσο και τον τύπο τους. Αυτοί οι παράμετροι είναι σημαντικές επειδή είναι καθοριστικές στην επιλογή του συστήματος διήθησης. Θα είναι σημαντικό να καθοριστεί ο τύπος του υλικού που χρησιμοποιείται για τη διήθηση και ο τύπος καθαρισμού που είναι υιοθετημένος (λείανση, ακροφύσια ψεκασμού, μηχανικός ή χειρονακτικός καθαρισμός).
- **Ποσότητα στερεών:** η συγκέντρωσή τους είναι συνήθως μετροημένη σε χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο (mg/l). Αυτή η παράμετρος καθορίζει πόσο υλικό που είναι παρόν φιλτράρεται σε ένα λίτρο του νερού. Μαζί με τον τύπο στερεών, αυτό είναι η κύρια αιτία της φίλτρο-απόφραξης
- **Μέγεθος πλέγματος ή διήθησης:** μετριέται σε μικρά (μm) και δίνει την πραγματική απόδοση του φίλτρου. Μπορεί να ταξινομηθεί από τον κατασκευαστή σε δύο τύπους:

- απόλυτο, που σημαίνει ότι όλα τα στερεά με διαστάσεις ίσες ή μεγαλύτερες από το μέγεθος που δηλώνεται από τον κατασκευαστή διατηρούνται από το φίλτρο.

- σχετικός ή ονομαστικός, ακολουθούμενος από ένα ποσοστό που δίνει τη μέση ποσότητα (σε ποσοστό) διήθησης για ένα δεδομένο μέγεθος (σε mm) των στερεών που φιλτράρονται.



Σχήμα 3.2 - Μηχανικό φίλτρο

- **Ικανότητα ροής:** μετροημένη σε λίτρα ανά δευτερόλεπτο (l/s), καθορίζει τη μέγιστη ροή του νερού σύμφωνα με τον τύπο στερεού, ποσότητας και διάστασης, και για ένα σταθερό μέγεθος πλέγματος. Είναι επίσης ένα χαρακτηριστικό που δηλώνεται από τον κατασκευαστή.
- **Απώλεια πίεσης:** μετροημένη σε μέτρα (m), αντιπροσωπεύει την ενέργεια που απαιτείται για να περάσει το φίλτρο από μια επιθυμητή ροή του νερού. Υπολογίζεται κανονικά στη μέγιστη αποδεκτή απόφραξη από το φίλτρο σε

Λειτουργία.

Τύποι μηχανικών φίλτρων

Μια άλλη ταξινόμηση, χρήσιμη στην κατανόηση του τρόπου που τα μηχανικά φίλτρα λειτουργούν, είναι αυτή σχετική με την ενέργεια που απαιτείται για το νερό να περάσει μέσω του φίλτρου. Υπάρχουν δύο τύποι:

(α) φίλτρα βαρύτητας.

Όταν η μόνη ενέργεια διαθέσιμη για να περάσει το φίλτρο είναι η βαρύτητα, τα φίλτρα είναι συνήθως ανοικτά. Λειτουργούν με μια μειωμένη πίεση και το νερό φθάνει συχνά στο φίλτρο μέσω ενός ανοικτού καναλιού. Τέτοια φίλτρα χρησιμοποιούνται συχνά όταν πρέπει να φιλτραριστεί ένα μεγάλο ποσό νερού με μια σημαντική ποσότητα αιωρούμενων στερεών (με τα μόρια άνω των 20mm).

Αυτός ο τύπος φίλτρου έχει χαρακτηριστικά μια μεγάλη και μια ελάχιστη απώλεια πίεσης. Πραγματοποιεί μια απόλυτη διήθηση μόνο, και είναι γενικά εξοπλισμένο με ένα αυτόματο σύστημα καθαρισμού που αρχίζει αυτόματα ή με το χέρι, και το οποίο χρησιμοποιείται για να αποφευχθεί η φραγή του φίλτρου από τα στερεά.

Παραδείγματα τέτοιων φίλτρων βαρύτητας είναι: σχάρες (screens) ή πλέγματα (grids), φίλτρα τυμπάνου (drum), φίλτρα κυλίνδρων(wheel), και φίλτρα δίσκων (disc).

- σχάρες (screens) ή πλέγματα (grids): η παλαιότερη και απλούστερη μέθοδος, είναι ακόμα σε λειτουργία για να φιλτράρονται οι μεγάλοι όγκοι με τα πολύ μεγάλα πλέγματα ή τα κιγκλιδώματα. Λειτουργούν μόνο με μεγέθη πλέγματος μεγαλύτερα από 2-3mm και χρειάζονται, σε οποιαδήποτε περίπτωση, ένα μηχανισμό για να αφαιρέσει τα στερεά. Αυτός ο τύπος φίλτρου χρησιμοποιείται όταν τα μεγάλα ιζήματα είναι παρόντα στο νερό ως μονάδα προ-φίλτρων, και τοποθετείται πριν από τον χώρο παραγωγής.

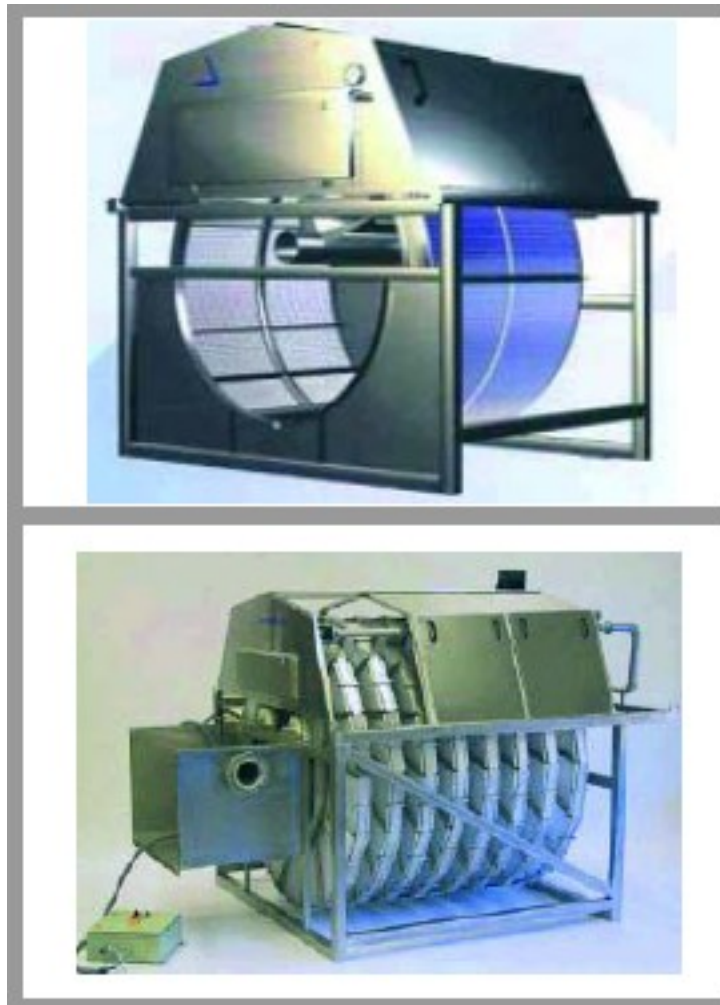
- φίλτρα τυμπάνου (drum): μια καλή τεχνική λύση, είναι πιθανώς ένα φίλτρο από τα αποδοτικότερα και περισσότερο χρησιμοποιημένα. Σε αυτά τα φίλτρα, το νερό περνάει μέσω ενός ανοξείδωτου τυμπάνου, ο πλευρικός τοίχος του οποίου είναι φτιαγμένος με πλαστικά ή μεταλλικά δίχτυα. Το φίλτρο είναι είτε σε συνεχή κίνηση (περιστροφή, είτε ενεργοποιείτε από την απόφραξη των αισθητήρων. Καθάρισμα του πραγματοποιείται με οπίσθια κίνηση του νερού (backwashing), σε λογικά χρονικά διαστήματα, χρησιμοποιώντας και φρέσκο και αλμυρό νερό.

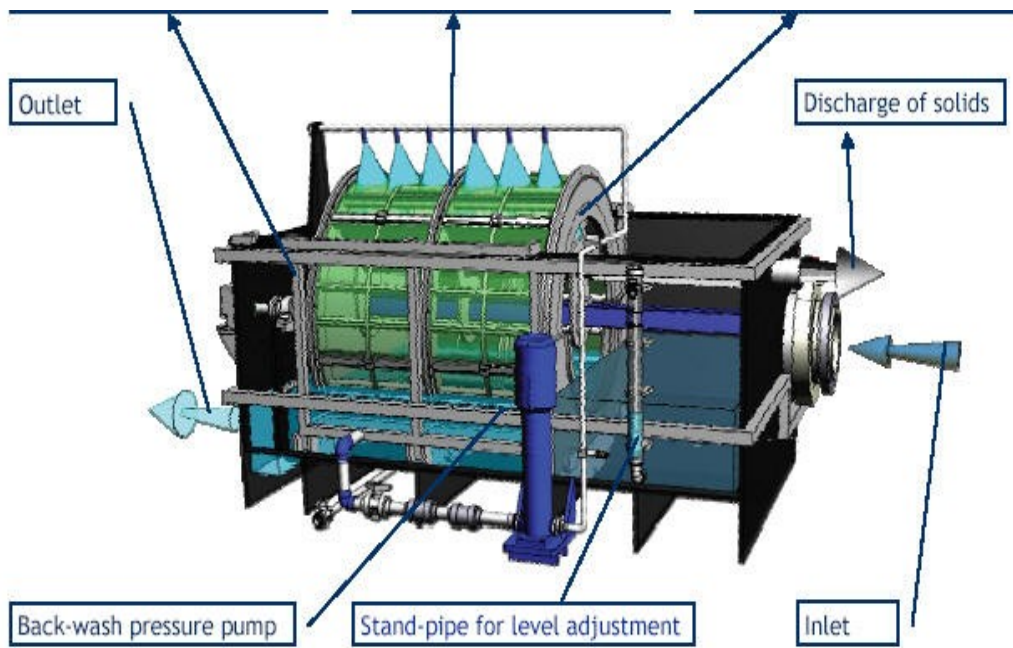
- φίλτρα κυλίνδρων(wheel): σε αυτά τα φίλτρα, το νερό περνάει μέσω δύο ή περισσότερων μεγάλων κυλίνδρων, όπου τοποθετείται το ύφασμα του φίλτρου. Προκειμένου να αποφευχθεί η φραγή, οι δύο ρόδες περιστρέφονται συνεχώς με σταθερή κίνηση, ενώ επιτελείται συχνά καθαρισμός του με οπίσθια κίνηση νερού.

- φίλτρα δίσκων (disc): αυτά τα φίλτρα είναι μια παραλλαγή του φίλτρου τυμπάνου του οποίου η επιφάνεια είναι κατά πολύ μεγαλύτερη με τη χρήση των δίσκων,

ώστε μια μονάδα με παρόμοια χαρακτηριστικά από την άποψη της ροής του νερού και το περιεχόμενο των στερεών απαιτεί λιγότερο χώρο για την εγκατάστασή της. Γενικώς, η κατασκευή αυτού του εξοπλισμού είναι ακριβότερη από τα προηγούμενα φίλτρα, και έτσι αυτό συστήνεται μόνο όταν ο διαθέσιμος χώρος είναι περιορισμένος. Αυτοί οι τελευταίοι τρεις τύποι φίλτρων χρησιμοποιούνται στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς κυρίως για:

- Φιλτράρισμα αποβλήτων απορροής στην έξοδο της μονάδας που μειώνει τις περιβαλλοντικές επιδράσεις
- Τα κλειστά κυκλώματα, για να μειώσουν το περιεχόμενο της οργανικής ύλης.





Σχήμα 3.3 - φίλτρο τυμπάνων (drum) και φίλτρο δίσκων (disc) (κατάλογοι Hydrotec)

β) φίλτρα πίεσης

Όταν μια αντλία ή μια δεξαμενή με μια συγκεκριμένη υδραυλική πίεση τοποθετείται πριν από ένα φίλτρο, έπειτα το φίλτρο λειτουργεί υπό πίεση. Τέτοια φίλτρα περιλαμβάνονται προκειμένου να ρυθμιστεί η πίεση νερού. Η υδραυλική πίεση μπορεί να είναι υψηλότερη απ' ό,τι με τα φίλτρα βαρύτητας (3 έως 15 m στο μέγιστο που φράζει). Χρησιμοποιούνται για να διαχειρισθούν μικρές και μεσαίες ποσότητες νερού με μέτρια φορτία αιωρούμενων στερεών. Το μέγεθος του πλέγματος φίλτρων ποικίλλει (1 mm ή περισσότερα). Για τις μέσες ποσότητες νερού, τέτοια φίλτρα είναι συχνά εξοπλισμένα με backwashing λειτουργίες, ενώ για τις μικρές ποσότητες νερού (η περίπτωση των μικρών φίλτρων σάκου) καθαρίζονται με το χέρι. Η διήθηση μπορεί να είναι είτε απόλυτη (φυσιολογικά για τα φίλτρα σάκου) είτε σχετική για όλους τους τύπους φίλτρων. Στην περίπτωση της απόλυτης διήθησης, 100% των ίσων μορίων ή μεγαλύτερων σε μέγεθος από τους πόρους του φίλτρου θα συλληφθούν. Στη σχετική διήθηση, μόνο ένα ποσοστό των μορίων θα συγκρατηθεί (κανονικά περισσότερο από 95%). Τα υπόλοιπα θα περάσουν μέσω του φίλτρου.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα φίλτρων πίεσης είναι: φορητά φίλτρα (cartridge), φίλτρα άμμου (sand) και φίλτρα σάκων (bag).

- φορητά φίλτρα (cartridge): μέχρι τώρα είναι τα πιο χρησιμοποιημένα φίλτρα για την πολύ λεπτή διήθηση (μέχρι 1μm) όταν η ροή του νερού είναι πολύ μικρή (μέγιστο 1 έως 2 l/s). Αυτή η λύση είναι αρκετά ακριβή επειδή ένας σωστός καθαρισμός του φίλτρου είναι αδύνατος χωρίς αλλαγή των χαρακτηριστικών διήθησης.
- φίλτρα άμμου (sand): πιθανώς τα πιο διαδεδομένα και τα πιο κοινά από το σύνολο των φίλτρων όταν η ποσότητα του νερού που αντιμετωπίζεται είναι μεγάλη και για σχετικά μεγάλου μεγέθους διήθηση (από 25 έως 120 μm). Χρησιμοποιούνται κυρίως για την πρώτη επεξεργασία του νερού. Αυτά τα φίλτρα είναι πολύ οικονομικά για διάφορους λόγους:
 - η άμμος είναι ένα φτηνό και εύκολο στη χρήση υλικό
 - με την αντικατάσταση της ατσάλινης ανοξείδωτης εξωτερικής τους θήκης με πλαστικό, το κόστος τους έχει μειωθεί
 - η συντήρηση είναι πολύ εύκολη.
- φίλτρα σάκων (bag): αυτά τα φίλτρα είναι μεσάζων μεταξύ των φορητών φίλτρων και των φίλτρων άμμου. Είναι εύκολα προσαρμόσιμα σε διάφορες συνθήκες όπως η μεγάλη ροή νερού και οι καλές αποδόσεις διήθησης (μέχρι 2 μm). Το ίδιο το φίλτρο αποτελείται είτε από μια ενιαία αίθουσα είτε από διάφορες αίθουσες όπου οι σάκοι διήθησης τοποθετούνται. Οι σάκοι αποτελούνται από διαφορετικά υλικά που ποικίλλουν από πλαστικό έως ανοξείδωτο ατσάλι 316.

Τα φίλτρα πίεσης χρησιμοποιούνται συχνά για διήθηση του νερού της θάλασσας σε

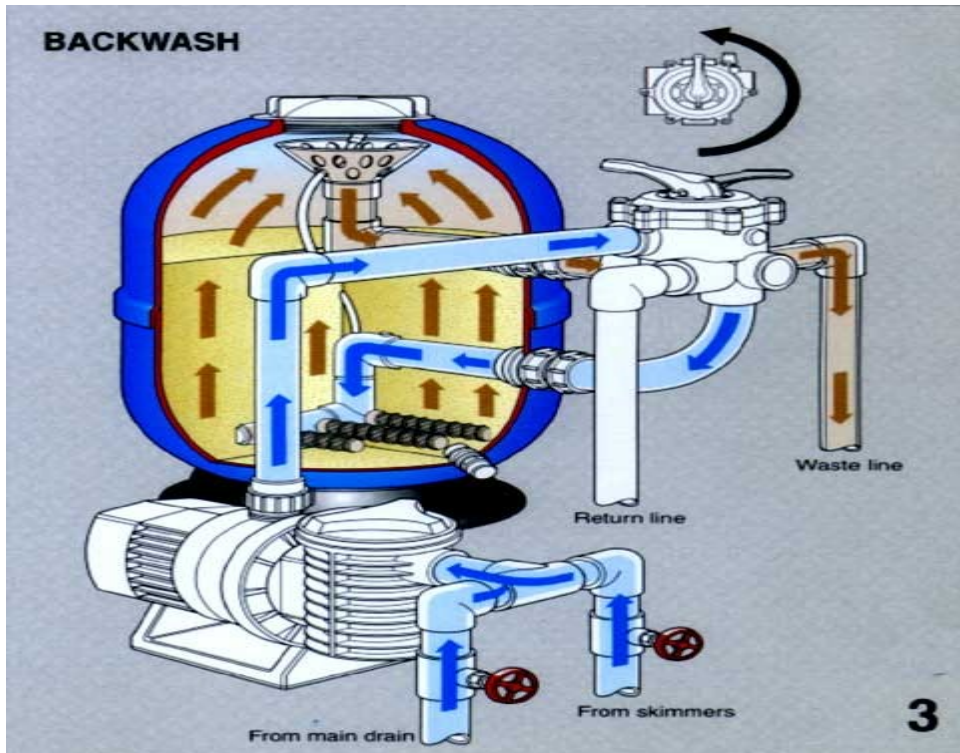
χερσαίες εγκαταστάσεις. Εγκαθίστανται κανονικά σε σειρά προκειμένου να αποφευχθεί η γρήγορη φραγή του μικρότερου εξ αυτών. Στην πραγματικότητα, όταν το νερό για την καλλιέργεια τροχοζώων rotifers πρόκειται να φιλτραρισθεί στα 5 μm, δεν πρέπει να εγκαταστήσουν ένα ενιαίο μηχανικό φίλτρο από αυτό το μέγεθος διήθησης άμεσα στη σωλήνωση γιατί θα φράξει πάρα πολύ εύκολα. Αντ' αυτού, μια σειρά τριών φίλτρων 100, 50 και 10 μm αντίστοιχα, πρέπει να εγκατασταθούν προς τα πάνω του φίλτρου 5 μm. Το σύστημα θα λειτουργήσει καλύτερα και η συνολική ανάγκη για τα στοιχεία θα είναι μειωμένη. Σαν αποτέλεσμα των μειώσεων του εξοπλισμού όπως οι αυξήσεις μεγέθους διήθησης, οι δαπάνες θα μειωθούν επίσης.

Βιολογικά φίλτρα

Στα εντατικά συστήματα καλλιέργειας η βιομάζα των ψαριών ανά μονάδα ροής νερού είναι υψηλή. Οι κύριοι περιοριστικοί παράγοντες είναι η περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο και η αμμωνία, με το τελευταίο στοιχείο όντας να αποτελεί την πιο επικίνδυνη χημική ένωση του μεταβολισμού που παράγεται από τα ψάρια. Αλλά το νερό σε αυτά τα συστήματα περιέχει επίσης αιωρούμενα στερεά (θηράματα που δεν καταναλώθηκαν, περιττώματα), διαλυμένα στερεά και άλλες οργανικές ενώσεις.



Σχήμα 3.4 - Φίλτρο άμμου με σταθερή πίεση



Σχήμα 3.5 - Φίλτρο άμμου, τομή

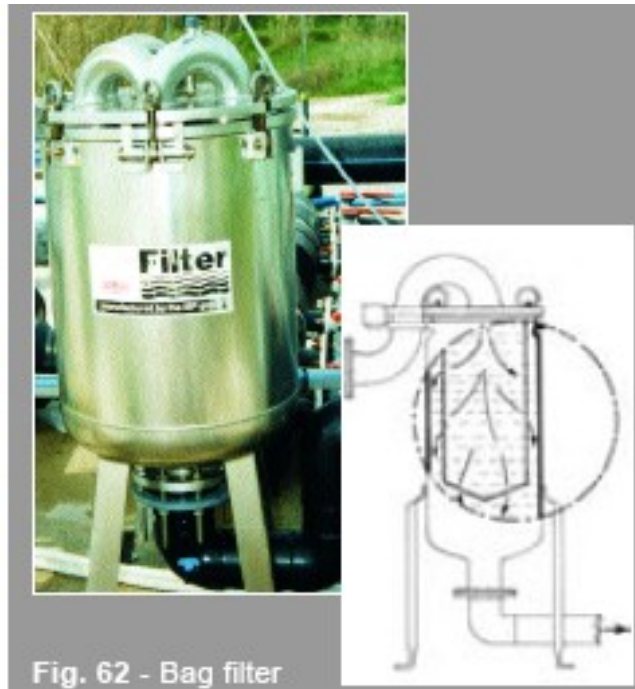


Σχήμα 3.6 - Φίλτρο πίεσης από ατσάλι (www.drynenaqua.com)



Σχήμα 3.7 - Φίλτρο πίεσης από λεπτό ατσάλι (www.drynenaqua.com)

Τα βιολογικά φίλτρα επιτρέπουν τη μερική επαναχρησιμοποίηση του θερμοσμένου νερού λόγω της ικανότητάς τους να μετασχηματίζουν την αμμωνία στα λιγότερο τοξικά νιτρώδη και τα νιτρικά άλατα. Η μερική επανακυκλοφορία νερού παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα, όπως μια μειωμένη κατανάλωση εξωτερικού νερού ανά μονάδα βιομάζας που εφοδιάζεται, μειωμένες δαπάνες θέρμανσης ή ψύξης και ένα μειωμένος αντίκτυπο στο περιβάλλον.



Σχήμα 3.8 - Φίλτρο σάκων (www.drynenaqua.com)

Οι κύριες διαφορές μεταξύ των βιοφίλτρων και των diluters είναι στην ποσότητα του νερού που εισάγεται στο σύστημα σε κάθε κύκλο ή/και ποσότητα αμμωνίας που παράγεται από το σύστημα. Στην περίπτωση μεγάλης καλλιεργήσιμης

βιομάζας και μεγάλης παραγωγής, είναι προτιμητέο να υιοθετηθούν τα βιοφίλτρα ενώ στην περίπτωση μικρής βιομάζας (π.χ. νυμφική εκτροφή μέχρι την 35^η ημέρα) είναι προτιμητέο να αραιωθεί νερό και αμμωνία, αντί της προσπάθειας να δουλέψει ένα βιοφίλτρο.

Το βιολογικό φίλτρο είναι, μέσα σε ένα σύστημα επανακυκλοφορίας, το πιο σύνθετο συστατικό, σε βαθμό που μπορεί να θεωρηθεί σχεδόν ως ένας ζωντανός οργανισμός, δεδομένου ότι απαιτεί σταθερές φυσικές και χημικές παραμέτρους, ή αλλιώς έναν μόνιμο ανεφοδιασμό πρώτων υλών του (αμμωνία) και επαρκή επίπεδα οξυγόνου.

Αλλά η επανακυκλοφορία νερού τείνει να συσσωρεύσει μεταβολικά απόβλητα και βακτηρίδια σε μια έκταση που μπορεί εύκολα να γίνει επικίνδυνη. Το ανακυκλούμενο νερό πρέπει να εξυγιανθεί με τη σταθερά αφαίρεση των μεταβολικών αποβλήτων και των βακτηριδίων από το σύστημα.

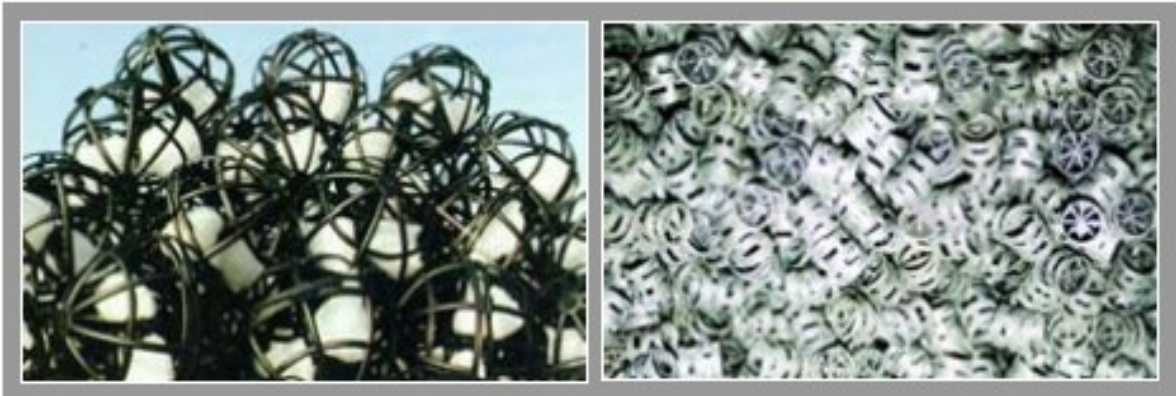
Ένα βιοφίλτρο αποτελείται συνήθως από ένα χονδροειδές υπόστρωμα μορίων, το οποίο είναι σε μια χωριστή κατασκευή και χαρακτηρίζεται με τη νιτροποίηση των βακτηριδίων στη σχετικά μεγάλη επιφάνειά του. Αυτοί οι μικροοργανισμοί μετατρέπουν την ιδιαίτερα τοξική αμμωνία στα λιγότερο τοξικά νιτρώδη και τα νιτρικά άλατα.

Η αποδοτικότητα της βακτηριακής νιτροποίησης συσχετίζεται με:

- τη ροή του νερού
- τη σχετική επιφάνεια των φίλτρων (m^2/m^3 του υποστρώματος)
- το χρόνο κατοικιών (χρόνος επαφών μεταξύ του νερού και της νιτροποίησης των βακτηριδίων)
- την περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο και pH (άμεσα σχετικές με την οξείδωση της αμμωνίας)
- τα μεταβολικά απόβλητα (ποιότητα/ποσότητα): συνολική βιομάζα ψαριών, χαρακτηριστικά τροφών και πρακτικές σίτισης.



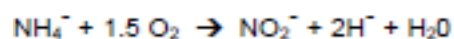
Σχήμα 3.9– Παλιό βιοφίλτρο



Σχήμα 3.10 -Διαφορετικοί τύποι υλικών πλήρωσης :βιο-δαχτυλίδια και βιο-σφαίρες

Η αποδοτικότητα ενός βιολογικού φίλτρου, που ορίζεται ως η αναλογία μεταξύ του οργανικού φορτίου που παράγεται από το καλλιεργούμενο ψάρι και το οργανικό φορτίο που απομακρύνεται από το φίλτρο, επηρεάζονται πολύ από τις τιμές, ή τις ξαφνικές διακυμάνσεις μέσα στις τιμές των: θερμοκρασία, αλατότητα, pH, οξυγόνο, αλκαλικότητα, υδραυλική ροή, ελαφριά ένταση και από τη συγκέντρωση της αμμωνίας και των νιτρικών αλάτων. Επιπλέον, είναι εξαιρετικά σημαντικό να τροφοδοτηθεί το φίλτρο με έναν κανονικό τρόπο που να αποφεύγει τις αιχμές της αμμωνίας και για να διαχειριστεί επομένως το ολόκληρο σύστημα σε σχέση με την απόδοση του φίλτρου.

Στην ουσία, για οποιοδήποτε τύπο φίλτρου που χρησιμοποιείται, η λειτουργία ενός βιολογικού φίλτρου είναι βασισμένη στη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την ανάπτυξη αυτότροφων και αερόβιων βακτηριακών αποικιών, που θα μπορούσαν να θέσουν τη διαδικασία της νιτροποίησης. Αυτό σημαίνει να οξειδωθεί η αμμωνία στα νιτρικά άλατα (*Nitrosomonas sp.*, εξίσωση 1) και έπειτα να μετατραπεί επίσης από την οξείδωση από τα νιτρικά άλατα στα νιτρικά άλατα (*Nitrobacter sp.*, εξίσωση 2).



Δεδομένου ότι τα νιτρικά άλατα είναι ασταθή και τοξικά για τα ψάρια η συγκέντρωσή τους δεν πρέπει να υπερβεί τα 0.5mg/l. Η αιμογλοβίνη σε επαφή με τα νιτρικά άλατα σχηματίζουν μια ένωση αποκαλούμενη μετααιμογλοβίνη.

Τα νιτρικά άλατα, λιγότερο τοξικά από την αμμωνία και τα νιτρικά άλατα μπορούν να συσσωρευτούν στο υδραυλικό σύστημα σε συγκεντρώσεις δύο φορές υψηλότερες (πρέπει να είναι επίσης πιθανός να φθάσει στις συγκεντρώσεις 100 mg/l). Κατόπιν, μπορούν να αποβληθούν μέσω μιας διαδικασίας διάλυσης, ειδικά μέσω μιας διαδικασίας διάσπασης νιτρικών.

Η αύξηση των αποικιών βακτηριδίων νιτροποίησης εξαρτάται, εκτός από τις βέλτιστες περιβαλλοντικές συνθήκες, και από τη διαθεσιμότητα της επιφάνειας στην οποία θα αυξηθεί. Αυτή η επιφάνεια ορίζεται ως η συγκεκριμένη περιοχή επιφάνειας, και είναι συνήθως υποδειγμένο ως m^2 (της επιφάνειας) σε m^3 (του όγκου του φιλτραρίσματος του υλικού) και είναι μία από τις θεμελιώδεις παραμέτρους στην αξιολόγηση της ποιότητας ενός βιολογικού φίλτρου. Η συνολική επιφάνεια φιλτραρίσματος καθορίζεται επίσης από την ανάγκη να αφεθεί ικανοποιητικός χώρος μεταξύ των μορίων του υποστρώματος για μια επαρκή κυκλοφορία νερού και για να μειώσει τον κίνδυνο φραγής. Αυτή η κενή αναλογία στο υπόστρωμα συσχετίζεται γενικά με τη συγκεκριμένη επιθυμητή περιοχή επιφάνειας. Στην πράξη ένα αποδοτικό φίλτρο έχει μια κενή αναλογία περίπου 90%.

Εντούτοις, πρέπει να σημειωθεί ότι από την άποψη της επιφάνειας ο στόχος του καλλιεργητή είναι να αφιερώσει όσο το δυνατόν περισσότερη επιφάνεια στις δεξαμενές εκτροφής. Έχοντας αυτό υπόψη το μέγεθος των βιολογικών φίλτρων έχει σταδιακά μειωθεί δημιουργώντας συμπαγείς δομές που απαιτούν λιγότερο χώρο.

Η επιλογή των υποστρωμάτων στα οποία τα βακτηρίδια θα μπορούσαν να διαμορφώσουν τις αποικίες έχει οδηγήσει σε μια μείωση του μεγέθους των βιολογικών φίλτρων. Από τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνταν αρχικά που ήταν αμμοχάλικο ή κοχύλια, που χρησιμοποιούνταν στα trickling και submerged φίλτρα, τώρα χρησιμοποιούνται αδρανή μαξιλάρια ινών, παρόμοια με εκείνα που χρησιμοποιούνται στα φίλτρα ή τα κλιματιστικά μηχανήματα, ή μικρά προκατασκευασμένα κομμάτια πλαστικού. Η συνεχής αναζήτηση των ιδανικών υποστρωμάτων είναι προσανατολισμένη προς τα υλικά που προσφέρουν τη μεγαλύτερη αναλογία επιφάνειας/όγκου, περιορισμένο βάρος, ισχυρή μηχανική αντίσταση και περιορισμένα χαρακτηριστικά απόφραξης καθώς επίσης να είναι φτηνά και εύκολα να διατηρηθούν.



Σχήμα 3.11 - Βιοφίλτρο πίεσης και εναλλάκτης θερμοτήτας (www.drynenaqua.com)

Υπάρχουν διάφορες τύποι βιολογικών φίλτρων. Αυτοί που χρησιμοποιούνται συχνότερα στην υδατοκαλλιέργεια είναι τα:

- βυθιζόμενα φίλτρα (submerged filters)
- φίλτρα αργής ροής ή ενσταλάξεως (trickling filters)
- περιστρεφόμενοι βιολογικοί αντιδραστήρες (rotating biological contractors)
- φίλτρα πίεσης (pressure filters)

(α) Βυθιζόμενα φίλτρα (submerged filters)

Τα βυθιζόμενα φίλτρα αποκαλούνται έτσι επειδή το υπόστρωμα που φιλτράρουν είναι συνεχώς κάτω από το νερό (σχήμα 63). Διασχίζονται συνήθως από μια κάθετη ροή του νερού (upflow ή downflow φίλτρο) ή, σπανιότερα από μια οριζόντια ροή. Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτών των φίλτρων συνίστανται στη δυνατότητα τροποποίησης της διάρκειας επαφής μεταξύ του νερού και των βακτηριδίων που αποικίζουν το υπόστρωμα, απλά με την αλλαγή της ταχύτητας της ροής του νερού. Ένας περιορισμός σε αυτήν την περίπτωση είναι το γεγονός ότι όλο το οξυγόνο που απαιτείται από τα βακτήρια νιτροποίησης παρέχεται μέσω του νερού. Οι πάρα πολύ αργές ροές θα οδηγούσαν στην ανεπαρκή παροχή οξυγόνου, που περιορίζει τη διαδικασία νιτροποίησης. Αργή ροή θα μπορούσε επίσης να ευνοήσει την απόφραξη και την εμφάνιση προνομιακών κατευθύνσεων μέσα στο φίλτρο. Σε αυτή την περίπτωση, αυτό δημιουργεί περιοχές στο φίλτρο με μια πάρα πολύ γρήγορη ροή του νερού και επίσης άλλες περιοχές όπου οργανικά ιζήματα συσσωρεύονται και αποσυντίθεται υπό αναερόβιες συνθήκες.

(β) φίλτρα αργής ροής ή ενσταλάξεως (trickling filters)

Σε ένα φίλτρο αργής ροής, ο όγκος νερού που το διασχίζει είναι ένα μέρος του όγκου του φίλτρου. Το νερό είναι κατανεμημένο στο υπόστρωμα μέσω των προβολών ύδατος έτσι ώστε να μπορεί να καλύψει όλη την επιφάνεια του φίλτρου και έτσι ευνοείται η δημιουργία ενός ομοιογενούς στρώματος της βακτηριακής ταινίας. Η βακτηριακή ταινία, η οποία δεν είναι συνεχώς βυθισμένη, εκτίθεται στον αέρα. Σε αυτόν τον τύπο φίλτρου, το νερό είναι καλά οξυγονωμένο, και κατά συνέπεια ευνοείται η διαδικασία της οξειδωσης της αμμωνίας και των νιτροδών αλάτων, η αφαίρεση των ανεπιθύμητων αερίων (CO_2 , H_2S , N_2), και η παρεμπόδιση των κινδύνων απόφραξης φίλτρων.



Σχήμα 3.12 - Φίλτρο αργής ροής ή ενσταλάξεως (trickling filter)

(γ) περιστρεφόμενοι βιολογικοί αντιδραστήρες (rotating biological contractors)

Το biodrum ή biodiscs φίλτρο χρησιμοποιεί την ίδια αρχή των φίλτρων αργής ροής. Η διαφορά είναι ότι κατά τη διάρκεια της περιστροφής του φίλτρου, η βακτηριακή ταινία που υπάρχει στο τύμπανο ή στο δίσκο καταδύεται στο νερό για το μισό του χρόνου της περιστροφής και επίσης εκτίθεται στον αέρα για το άλλο μισό. Η ταχύτητα της περιστροφής του τυμπάνου ή των δίσκων επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφευχθεί η μείωση οξυγόνου στη βακτηριακή ταινία ενώ είναι κάτω από το νερό, και αποτρέποντας συγχρόνως την υπερβολική αφυδάτωση ενώ εκτίθεται στον αέρα. Σε αυτούς τους δύο τύπους φίλτρου (biodrum και biodisc) το κύριο μειονέκτημα είναι ότι ο χρόνος της επαφής μεταξύ του νερού και της βακτηριακής ταινίας μπορεί να αυξηθεί μόνο με την αύξηση της επιφάνειας του φίλτρου και έτσι του μεγέθους της.

(δ) φίλτρα πίεσης (pressure filters)

Αυτά τα φίλτρα μπορούν να θεωρηθούν πρόσθετη μορφή βυθισμένων φίλτρων (σχήμα 65). Το φίλτρο περικλείεται σε μια κλειστή κατασκευή ή δεξαμενή, το οποίο διασχίζεται από κάτω έως επάνω από μια ροή του νερού υπό πίεση. Μέσα στη δεξαμενή βρίσκονται κομμάτια πλαστικού στα οποία η βακτηριακή επιφάνεια αυξάνεται. Αυτά τα πλαστικά κομμάτια είναι διατηρημένα σε σταθερή αναστολή από τη ροή του νερού. Κατά αυτόν τον τρόπο η βακτηριακή ταινία λαμβάνει ικανοποιητικό οξυγόνο και ο κίνδυνος να φράξει το φίλτρο λόγω των ιζημάτων στο νερό ελαχιστοποιείται. Ένας ιδιαίτερος τύπος αυτών των φίλτρων είναι της ρευστοποιημένης κλίνης (fluidized bed), στο οποίο το υπόστρωμα που φιλτράρεται γίνεται με πολύ μικρά μόρια (π.χ. άμμος) με μια πολύ μεγάλη αναλογία επιφάνειας/όγκου. Το φίλτρο αυτό διατηρείται σε σταθερή αναστολή από τη ροή

του νερού που, εντούτοις, πρέπει να ελεγχθεί για να αποφευχθεί ο κίνδυνος στραγγίσματος του υποστρώματος που διαμορφώνει τη ρευστοποιημένη κλίση. Επίσης σε αυτήν την περίπτωση ο κίνδυνος φραγής είναι ελάχιστος.

Όπως στο βυθιζόμενο φίλτρο, έτσι και στα φίλτρα πίεσης η παροχή οξυγόνου παρέχεται μέσω του νερού που διαπερνά το φίλτρο. Η ροή του νερού είναι συνήθως αρκετή για την εξασφάλιση βέλτιστων συνθηκών εάν το νερό που εισάγεται στο φίλτρο έχει επίπεδο οξυγόνου κοντά ή επάνω από τον κορεσμό.

Τα φίλτρα πίεσης χρησιμοποιούνται συχνά σε συνδυασμό με τα παραδοσιακότερα βιολογικά φίλτρα, όπως τα φίλτρα αργής ροής.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι, τα προβλήματα φραξίματος των βιοφίλτρων έχουν επιλυθεί σε μεγάλο μέρος με την προσθήκη των μηχανικών φίλτρων προ του βιολογικού φίλτρου. Μια αποδοτική μείωση της οργανικής ύλης συμβάλλει στη μείωση των ετερότροφων βακτηριδίων που, έχοντας ένα γρηγορότερο ποσοστό αύξησης από τα βακτηρίδια νιτροποίησης, θα μπορούσαν να ανταγωνιστούν επιτυχώς και για το οξυγόνο και για το υπόστρωμα.

Πώς να υπολογίσετε ένα βιολογικό φίλτρο

Για βυθιζόμενα φίλτρα και συγκεκριμένο εμβολιασμό Nitrosomonas και Nitrobacter

- Τυποποιημένη μείωση :

O J. Petit έχει καθιερώσει τον ακόλουθο τύπο:

$$NH_4^+ = K \times \frac{H}{U} \times 1,08^{(t-10)}$$

NH_4^+ : g/m³

K : σε g/m³/h

U : σε m/h

H : σε m

-είναι η μείωση χωρίς περιοριστικούς παράγοντες

-1.08 αντιπροσωπεύουν ένα μέσο ποσοστό αύξησης για τα βακτηρίδια.

Θεωρητικά η αύξηση Nitrosomonas είναι πιο αργή και θέτει την ταχύτητα ολόκληρου του συστήματος. Αυτός ο τύπος ισχύει όταν $NH_4^+ \geq 0.5$ g/m³. Στην πραγματικότητα αυτή η συγκέντρωση αμμωνίας δεν θα αντιπροσώπευε έναν περιοριστικό παράγοντα

- Καθορισμός του K

$$K = - \frac{1,28}{Y} \times B \times \mu_1 \times s \times a$$

με

$$\frac{1,28}{Y} \times B \times \mu_1$$

που εξαρτάται από την πίεση
και $s \times a$ που εξαρτάται από τον τύπο υποστρώματος

- 1.28:παράγοντας διορθώσεων για να επιτύχει τα αποτελέσματα σε mg/lt
- Y (%): απόδοση g MVS/gN (εύρος βακτηριδίων/g του αζώτου) (σύμφωνα με τους διάφορους συντάκτες, εύρος τιμών μεταξύ 6 και 17%)
- Βακτηρίδια B (g/m²) ανά m² (μέση αξία: 0.6)
- μ_1 : (mg/mg/h) ποσοστό αύξησης σε 10°C (mg των βακτηριδίων εμφάνιση/mg βακτηριδίων/h) (μέση αξία: 11.10⁻³)
- s (%): συντελεστής του κενού του υλικού (από 0.4 έως 0.9)
- a: μια (m²/m³) χρησιμοποιήσιμη επιφάνεια (από 100 έως 500) το a μπορεί να είναι διαφορετικό από τα στοιχεία που παρέχονται από προμηθευτή ως λειτουργία της αποτελεσματικής αποίκησης της επιφάνειας)

Οι τιμές που βρίσκονται στη κυριολεξία είναι υπολογισμένες με βάση τις μελέτες για τις φάρμες καλλιέργειας ή τις πειραματικές εγκαταστάσεις και παρέχουν τις ακόλουθες τιμές K:

- επεκταθείς άργιλος: 10-20 στο γλυκό νερό
($\alpha = 360$) 3-9 στο νερό της θάλασσας
- πλαστικό (τύπου βιόσφαιρες): 14 α 28-
($\alpha = 225$)

Διορθώσεις

Ο τύπος Petit παρήχθη για τις μονάδες πεστρόφων (φρέσκο και κρύο νερό).
Διάφορες παράμετροι έχουν μια επιρροή στον υπολογισμό του φίλτρου:

- NH₄⁺
- O₂
- pH
- Αλατότητα

(α) ο επίδραση της συγκέντρωση της NH₄⁺ στην εισαγωγή

Πραγματική μείωση =

$$\text{NH}_4^+ \times F_N$$

$$F_N = \frac{N}{N + 10^{(0.067Y - 1.150)}}$$

με N: συγκέντρωση στην εισαγωγή

Y: θερμοκρασία °C

Η συγκέντρωση της διαλυμένης αμμωνίας έχει μια επιρροή στη βακτηριακή αύξηση. Όταν αυτή η συγκέντρωση είναι χαμηλή, η βακτηριακή αύξηση θα είναι επίσης χαμηλή και ο παράγοντας διορθώσεων θα χαμηλώσει επίσης την αποτελεσματική μείωση. Αντίθετα εάν η συγκέντρωση είναι υψηλή, ο παράγοντας διορθώσεων θα ασκήσει ελάχιστη επίδραση.

(β) επίδραση των επιπέδων οξυγόνου

Πραγματική μείωση =

$$\text{NH}_4^+ \times F_{O_2}$$

$$F_{O_2} = \frac{DO}{K_{O_2} + DO}$$

DO είναι η συγκέντρωση οξυγόνου στο κέντρο του φίλτρου

Πρέπει να σημειωθεί ότι για την αντίδρασης της νιτροποίησης απαιτείται 4.3mg O₂ ανά 1 mg N-NH₄⁺.

K_{O₂} είναι ο συντελεστής κορεσμού οξυγόνου που αντιστοιχεί σε μια ταχύτητα αντίδρασης ίση με τη μισή από τη μέγιστη ταχύτητα της βακτηριακής αύξησης.

Σύμφωνα με τους διάφορους συντάκτες αυτές οι τιμές ποικίλλουν από 0.3 έως 0.5.

Επομένως ισχύει,

$$F_{O_2} = \frac{DO}{0.5 + DO}$$

Ο γενικός τύπος Petit ισχύει με μη περιορισμένα επίπεδα οξυγόνου. Με τον παράγοντα διορθώσεων, θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί ο τύπος όταν τα επίπεδα οξυγόνου δεν είναι στον κορεσμό. Εντούτοις, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η νιτροποίηση:

- Μειώνεται όταν η συγκέντρωση O₂ είναι λιγότερο από 60% του επιπέδου

κορεσμού

- Σταματά όταν η συγκέντρωση O_2 είναι λιγότερο από 45% του επιπέδου κορεσμού,
- Διακυβεύεται εάν η συγκέντρωση O_2 είναι άνω των 15mg/l.

(γ) επίδραση του pH

Η διακύμανση του pH έχει κάποια επιρροή επάνω στις κινητικές της νιτροποίησης. Στη βιβλιογραφία, διάφορα επίπεδα pH αναφέρονται. Το βέλτιστο pH δεν είναι το ίδιο για *Nitrosomonas* και *Nitrobacter*. Οι βέλτιστες τιμές ποικίλλουν από 7.5 έως 8.3. Η νιτροποίηση μειώνει επίσης την αλκαλικότητα στο νερό και αυτή η διαδικασία της οξύτητας είναι κυρίως λόγω:

- Της παραγωγή του CO_2
- Της παραγωγής HNO_3

Έως ότου το νερό έχει την ικανοποιητική ρυθμιστική ικανότητα, το pH παραμένει σχετικά σταθερό. Διαφορετικά τα H^+ ιόντα συσσωρεύονται σύμφωνα με η εξίσωση νιτροποίησης:



Το H^+ ιόν εξουδετερώνεται από τα διττανθρακικά άλατα που είναι παρόντα στο νερό σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:



Αυτή η μείωση στο επίπεδο των ιόντων των διττανθρακικών αλάτων που μετασχηματίζονται στο διοξείδιο του άνθρακα οδηγεί σε μείωση των επιπέδων του pH. Για να εξουδετερώσουν 1 mg του NH_3-N απαιτούνται συνολικά 7.13 mg HCO_3^- .
Πραγματική μείωση =

$$NH_4^+ \times F_{pH}$$

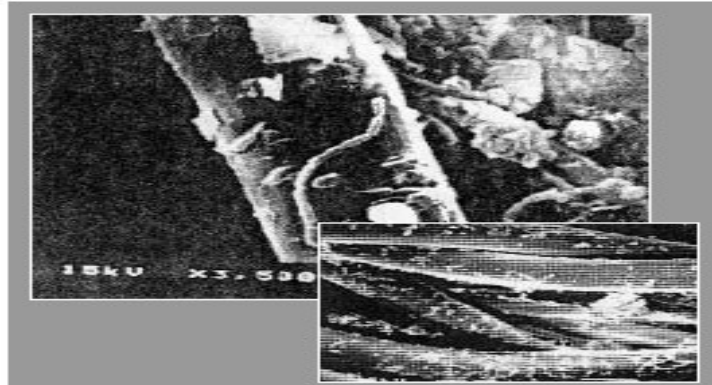
$$Με F_{pH} = 1 - 0.83 (7.2 - pH)$$

(δ) επίδραση της αλατότητας

Η αλατότητα μπορεί να εμποδίσει τη νιτροποίηση. Στην πραγματικότητα, στο νερό της θάλασσας η ποσότητα των νιτροδών και νιτρικών αλάτων που παράγονται είναι υψηλότερα απ' ότι στο γλυκό νερό και η οξειδωσή τους είναι πιο αργή. Επιπλέον, ο κορεσμός οξυγόνου επίσης μειώνεται όταν αυξάνεται η αλατότητα (με παρόμοια θερμοκρασία και πίεση). Η βιβλιογραφία δείχνει μια διαφορά 15% μεταξύ του γλυκού νερού και του νερού της θάλασσας $F_s = 1 - 0.15 = 0.85$

(ε) τελική μείωση

$$\text{NH}_4^+ = \text{NH}_4^+ \times F_N \times F_{O_2} \times F_{pH} \times F_s$$



Σχήμα 3.13- Βλεφαριδοφόρα βακτήρια

Χημικά φίλτρα

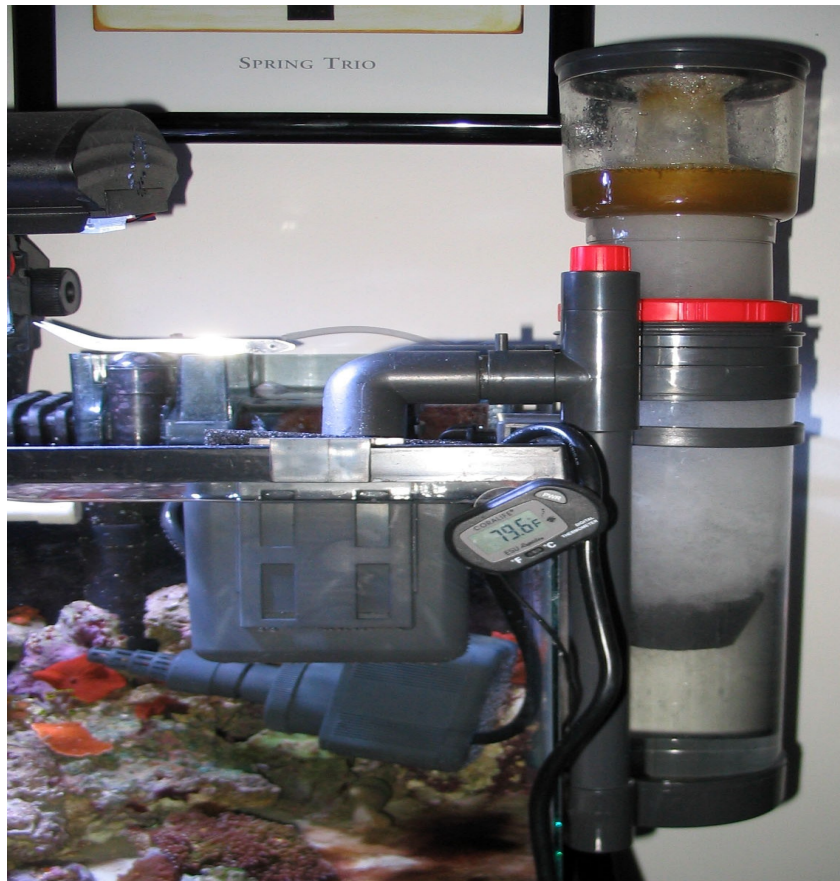
Τα χημικά φίλτρα χρησιμοποιούνται σπάνια στην υδατοκαλλιέργεια, εκτός από εργαστηριακές εφαρμογές ή δοκιμές. Αυτά τα φίλτρα απαιτούν αντιδραστήρια και χρησιμοποιούνται με μικρές ποσότητες νερού. Εντούτοις, με αυξανόμενη συχνότητα, λόγω της επέκτασης των κλειστών κυκλωμάτων, οι χημικές ή βιολογικές πρόσθετες ουσίες χρησιμοποιούνται για να διορθώσουν τις παραμέτρους του νερού, κυρίως το pH. Αυτά οι πρόσθετες ουσίες (σε σκόνη ή υγρή μορφή) προστίθενται στα κλειστά κυκλώματα με τη βοήθεια των βιομηχανικών διανομέων χορήγησης δόσεων, μετά από ειδοποίηση κατάλληλου αισθητήρα.

Πρωτεϊνικά φίλτρα

Τα πρωτεϊνικά φίλτρα χρησιμοποιούνται για να αφαιρέσουν τις οργανικές ενώσεις πριν αναλυθούν σε αζωτούχα απόβλητα. Τα πρωτεϊνικά φίλτρα είναι τα μόνα φίλτρα που αφαιρούν φυσικά τις οργανικές ενώσεις προτού αποσυντεθούν, ελαφρύνουν το φορτίο στο βιολογικό φίλτρο και βελτιώνουν την οξειδοαναγωγική ικανότητα του νερού. (www.wikipedia.com)



Σχήμα 3.14- Πρωτεϊνικό φίλτρο (www.wikipedia.com)



Σχήμα 3.15 - Πρωτεϊνικά φίλτρα (www.wikipedia.com)

3.3 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΚΑΙ ΛΙΜΝΕΣ ΙΖΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Ένας άλλος τρόπος να χωριστούν τα αιωρούμενα στερεά από το νερό συνίσταται στο φυσικό χωρισμό των στερεών βάσει της διαφοράς του βάρους τους. Επομένως, με αυτήν την μέθοδο, είναι πολύ δύσκολο να χωριστούν τα στερεά με ένα συγκεκριμένο βάρος παρόμοιο με αυτό του νερού και ο χωρισμός είναι αδύνατος για τα επιπλέοντα στερεά.

Δεξαμενές καθίζησης ή ιζηματοποίησης

Η απλούστερη δεξαμενή καθίζησης είναι ακριβώς μια μεγάλη δεξαμενή της οποίας ο αγωγός εκροής επιπλέει. Καθώς το νερό εισάγεται στη δεξαμενή η ταχύτητά του μειώνεται δραστικά και η ενέργεια του στερεού μειώνεται. Κάθε είδος στερεού (περιττώματα, τροφή, κ.α.) έχει την ταχύτητα καθίζησής του, όσο υψηλότερη η ταχύτητα, τόσο αποτελεσματικότερος είναι ο χωρισμός του στερεού από το νερό αποβλήτων αποχέτευσης.

Οι λίμνες καθίζησης χρησιμοποιούν την ίδια βασική αρχή αλλά αυξάνουν την αποδοτικότητα με την προσθήκη διάφορων ειδών εμποδίων προκειμένου να μειωθεί η ενέργεια των στερεών όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Η τακτοποίηση

χρησιμοποιείται πραγματικά για δύο κύριους λόγους:

- χωρισμός των μεγάλων ιζημάτων όπως η άμμος πριν από το κύριο αντλιοστάσιο,
- απομάκρυνση των οργανικών αποβλήτων από το νερό απορροής των ιχθυογεννητικών σταθμών όταν η εφαρμογή απλής μηχανικής είναι η μόνη που απαιτείται και όταν μια μεγάλη υπαίθρια περιοχή είναι διαθέσιμη.



Σχήμα 3.16 – Λίμνες καθίζησης

Στη δεξαμενή ιζηματοποίησης, τέσσερις διαφορετικές περιοχές μπορούν να

αναγνωριστούν:

- 1) Η περιοχή που εισάγονται τα απόβλητα απορροής, συνήθως με υψηλή αναταραχή
- 2) Η δεξαμενή ιζηματοποίησης, με την αργή ροή, όπου τα μόρια καθιζάνουν.
- 3) Η περιοχή όπου η λάσπη κατατίθεται.
- 4) Η περιοχή εκροής, η οποία είναι μια περιοχή μετάβασης μεταξύ της δεξαμενής ιζηματοποίησης και της εξόδου όπου η ταχύτητα και η αναταραχή ροής αυξάνονται πάλι.

Ο γενικός τύπος για τη διαδικασία ιζηματοποίησης για τα μόρια σε ένα στατικό υγρό, με το F ως δύναμη επιτάχυνσης που καθορίζει την ταχύτητα ιζηματοποίησης, είναι:

$$F_1 = (p_p - p_f) gV$$

όπου ισχύει:

F_1 : δύναμη επιτάχυνσης

p_p : πυκνότητα μορίων

p_f : υγρή πυκνότητα

g : επιτάχυνση βαρύτητας

V : όγκος μορίων

Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι επομένως, η διαφορά στην πυκνότητα μεταξύ του μορίου και του υγρού, η δύναμη της βαρύτητας και ο όγκος του μορίου. Σε μια ελασματική (ζικ ζακ) οριζόντια ροή, η ταχύτητα καθίζησης ενός μορίου βρίσκεται με την προσθήκη των διανυσμάτων που αντιπροσωπεύουν την κάθετη ταχύτητα ιζηματοποίησης (V_s) και την ταχύτητα της οριζόντιας ροής (V_h).



Σχήμα 3.17- Δεξαμενές ιζηματοποίησης από μπετό

Η επιτάχυνση F_1 γίνεται μικρή όταν μειώνεται ο όγκος του μορίου και όταν η

διαφορά μεταξύ της πυκνότητας και αυτής του ρευστού στο οποίο κινείται είναι μικρή. Η μονιμότητα στο νερό των οργανικών μορίων ευνοεί επίσης την ενυδάτωσή τους, μειώνοντας κατά συνέπεια τη διαφορά $p_p - p_f$. Σε αυτές τις συνθήκες, η αποδοτικότητα της καθίζησης μπορεί να αυξηθεί με τη μείωση της ταχύτητας της οριζόντιας ροής, η οποία για μια δεδομένη ποσότητα νερού που αντιμετωπίζεται, θα επιτευχθεί μόνο με την αύξηση της επιφάνειας ιζηματοποίησης. Αυτό είναι ο κύριος περιορισμός για τη χρησιμοποίηση των λιμνών καθίζησης στα κυκλώματα που πρέπει να μεταχειριστούν μεγάλες ποσότητες του νερού.

Κυλινδρικές και ελασματικές δεξαμενές καθίζησης

Τα διαφορετικά πρότυπα των χώρων καθίζησης έχουν σχεδιαστεί προκειμένου να μειωθεί ο χρόνος ιζηματοποίησης και επομένως το μέγεθος των λεκανών. Οι κυλινδροκωνικές δεξαμενές σχεδιάστηκαν για να κάνουν καλύτερη χρήση της δύναμης της βαρύτητας, με τη μείωση στο μηδέν της οριζόντιας ροής. Το νερό εισάγεται από το κατώτατο σημείο και βγαίνει από την υπερχειλίση.

Τα αιωρούμενα μόρια καθιζάνουν κάθετα, στην αντίθετη κατεύθυνση από τη ροή του νερού. Προφανώς, για να διατηρήσουν μια αργή ροή του νερού και για να περιορίσουν το μέγεθός του, οι κυλινδροκωνικές δεξαμενές μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για τις καταστάσεις στις οποίες πρέπει να αντιμετωπιστούν μέτριες ροές. Οι ελασματικές δεξαμενές καθίζησης βασίζουν την καλύτερη αποδοτικότητά τους στην παρουσία εμποδίων (διαφράγματα) μέσα στις δεξαμενές αυτές, τα οποία τοποθετούνται για να απορροφήσουν μέρος της ενέργειας των κινούμενων στερεών επιτρέποντας γρηγορότερη ιζηματοποίηση. Οι ελασματικές δεξαμενές ιζηματογένεσης απαιτούν, εντούτοις, σύνθετες διαδικασίες καθαρισμού που δεν δικαιολογούνται πάντα από την περιορισμένη μείωση του μεγέθους της δεξαμενής.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κυκλωνική δεξαμενή καθίζησης (Hydroclone). Αυτές είναι κυκλικές δεξαμενές με κωνικό κατώτατο σημείο που χρησιμοποιεί τη φυγοκεντρική δύναμη για να χωρίσει το ίζημα από το ρευστό. Η περιστροφή ολόκληρου του όγκου του νερού που αντιμετωπίζεται προκαλείται από την εφαπτόμενη είσοδο του νερού στη δεξαμενή. Η σπειροειδής ροή στη δεξαμενή διαμορφώνει μια ύφεση στο νερό, όπως ένα σύνολο κυλίνδρων του αέρα, σε περίπου δύο τρίτα της διαμέτρου της δεξαμενής. Το καθαρό νερό πηγαίνει προς τα πάνω στο εσωτερικό μέρος της σπείρας και τους αγωγούς στο ανώτερο μέρος της δεξαμενής. Τα στερεά που ιζηματοποιούνται ενάντια στον τοίχο και το μέρος του νερού φεύγουν από τη δεξαμενή μέσω του κατώτατου σημείου. Η αποδοτικότητα αυτών των δεξαμενών ιζηματοποίησης βελτιώνεται όταν αυξάνεται η διάμετρος. Εντούτοις, χρησιμοποιούνται σπάνια λόγω του υψηλού κόστους τους, η ανάγκη να λειτουργεί μια αντλία συνεχώς για να διατηρεί την κυκλική ροή του νερού, η περιορισμένη ευελιξία τους και το μέγεθός τους, το οποίο είναι μεγάλο όταν πρέπει να αντιμετωπιστούν μεγάλοι όγκοι του νερού.

Η χρήση των δεξαμενών καθίζησης στην υδατοκαλλιέργεια περιορίζεται από τις

μεγάλες περιοχές που απαιτούνται για την επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων νερού. Άλλα μειονεκτήματα είναι η μεταβλητότητα στην αποδοτικότητά τους και η ανάγκη να σταματάει η λειτουργία τους περιοδικά για να καθαρίζονται. Όπου είναι δυνατόν η ιζηματοποίηση έχει αντικατασταθεί από μηχανικά φίλτρα.

Λόγω των χημικών ουσιών (π.χ. χλώριο κ.α) που χρησιμοποιούνται στις υδατοκαλλιέργειες κρίνεται απαραίτητη η κατασκευή εγκαταστάσεων βιολογικού καθαρισμού για την αποφυγή ρύπανσης του υδάτινου περιβάλλοντος. Παρ' όλα αυτά σχεδόν κανένας ιχθυογεννητικός σταθμός στην Ελλάδα δεν έχει βιολογικό καθαρισμό, μιας και δεν υπάρχουν νόμοι που να το επιβάλλουν.

3.4 ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΤΕΣ ΝΕΡΟΥ

Οι πιο κοινές μέθοδοι επεξεργασίας για την αποστείρωση νερού είναι η χρήση UV και το όζον. Η επεξεργασία του νερού με χημικές ουσίες όπως η φορμαλδεΐδη ή το υποχλωριώδες άλας αποφεύγονται κανονικά στα κλειστά κυκλώματα για να αποφευχθούν οι επιπτώσεις στα ψάρια, τα μικροφύκη ή τα τροχώζα.

Ο αέρας που φυσάει ή το καθαρό οξυγόνο μεταξύ δύο ηλεκτροδίων με ένα ρεύμα υψηλής τάσης παράγει το όζον. Ο σπινθήρας παράγει το όζον, το οποίο είναι μια αλλοτροπική μορφή οξυγόνου. Αυτό το αέριο πρέπει να παραχθεί τοπικά και να χρησιμοποιηθεί αμέσως δεδομένου ότι είναι ιδιαίτερα ασταθές και επανέρχεται στο κανονικό μόριο οξυγόνου γρήγορα. Το όζον είναι ένα ισχυρό οξειδωτικό, του οποίου η αποδοτικότητα εξαρτάται από τη δόση και το χρόνο στον οποίο είναι σε επαφή με τις ουσίες ή τους οργανισμούς που πρέπει να οξειδώσει. Αναμιγμένο με το νερό, οξειδώνει την οργανική ύλη και αλληλεπιδρά με τα βακτηρίδια και τους ιούς. Το όζον λειτουργεί επίσης ως οξειδωτικό στις ενώσεις και στα ανόργανα στοιχεία όπως ο σίδηρος ή το μαγγάνιο, και παράγει αδιάλυτα οξειδία.

Η χρήση του ως αποστειρωτής πρέπει να αξιολογηθεί προσεκτικά λόγω της υψηλής τοξικότητας για τους εργαζομένους. Τα υπολείμματά του, ακόμη και σε χαμηλή συγκέντρωση, μπορούν να είναι επικίνδυνα για τα εκτρεφόμενα ψάρια. Η παρουσία όζοντος, ακόμη και σε μικρές ποσότητες στις δεξαμενές εκτροφής πρέπει να αποφευχθούν. Αν και είναι θεωρητικά πολύ ενδιαφέρουσα, η επεξεργασία όζοντος είναι ακριβή επειδή απαιτείται περίπλοκος εξοπλισμός για να μετρήσει τα υπόλοιπα επίπεδα που ρέουν έξω στο νερό. Δεδομένου ότι είναι επικίνδυνο για τους εργαζομένους λόγω των οξειδωτικών χαρακτηριστικών του, η UV επεξεργασία για αποστείρωση του νερού στους ιθυογεννητικούς σταθμούς είναι η πιο κοινή. Σε αυτό το σημείο θα ασχοληθούμε μόνο με την UV επεξεργασία.

UV λαμπτήρες

Ένας από τους περισσότερο αποτελεσματικούς τρόπους να μειωθεί δραστικά η βακτηριακή αύξηση μέσα σε ένα ημι-κλειστό σύστημα ή να αποβληθούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί από το ακατέργαστο νερό της θάλασσας είναι να χρησιμοποιηθούν οι UV αποστειρωτές. Το UV φως μπορεί να διαιεθεί σύμφωνα με

το μήκος κύματός του σε τρεις τύπους:

ακραία UV ακτινοβολία: 100 - 190 nm

μακρινή UV ακτινοβολία: 190 - 300 nm

κοντή UV ακτινοβολία: 300 - 380 nm

Το UV είναι υψηλής ενέργειας ακτινοβολία και έχει επιπτώσεις στους θαλάσσιους μικροοργανισμούς ξεκινώντας από 190nm μέχρι 380nm. Η σημαντικότερη επίδραση στα βακτηρίδια ή στους ιούς συνίσταται στην τροποποίηση των νουκλεϊνικών οξέων των μικροοργανισμών χάρη στην απορρόφηση της ενέργειας από τις αλυσίδες του και την κατά συνέπεια τροποποίηση. Η πολύ αποτελεσματική ζημία του DNA που παράγεται από τη UV ακτινοβολία είναι η παραγωγή ρυθμιστών θυμίνης (thymine dimers) που εμφανίζεται με τη σύνδεση δύο παρακείμενων μορίων θυμίνης. Αυτό σταματά την αντιγραφή του DNA και επομένως την αναπαραγωγή του μικροοργανισμού.

Μερικές φορές οι μικροοργανισμοί είναι σε θέση να αποκαταστήσουν μερικές από της ζημιές που προκαλούνται από το UV. Αυτή η ικανότητα καλείται επανενεργοποίηση και μπορεί να συμβεί σε ένα σκοτεινό περιβάλλον ή/και παρουσία φωτός. Για αυτό η επιλογή του UV είναι κρίσιμη για τους μηχανικούς που πρέπει να επιλέξουν τον κατάλληλο λαμπτήρα με τη σωστή ενέργεια.

Ο UV εξοπλισμός αποτελείται από έναν σωλήνα ή μια κυλινδρική αίθουσα που περιέχει ένα ή περισσότερους σωλήνας χαλαζία (διαπερατοί στο UV), παράγοντας την υπεριώδη ακτινοβολία. Το νερό που περνά το σωλήνα/την αίθουσα εκτίθεται στην UV-C ακτινοβολία που παράγεται από τους πρόσθετους λαμπτήρες. Οι αποτελεσματικότερες UV ακτινοβολίες είναι UV-C και UV-B με εύρος μήκους κύματος 200 ως 300nm. Η υψηλότερη βακτηριοκτόνος αποδοτικότητα λαμβάνεται σε 240 σε 275nm.

Οι συσκευές UV-αποστείρωσης αποτελούνται από διαφορετικά υλικά όπως το συγκεκριμένο πλαστικό ή το ανοξείδωτο ατσάλι. Η καταλληλότερη λύση από άποψη συντήρησης και κόστους είναι η χρήση των πλαστικών αιθουσών, οι οποίες είναι συνήθως φτηνότερες από το ανοξείδωτο ατσάλι, αλλά σαν μηχανική απόδοση και ασφάλεια είναι μακριά από εκείνες του ανοξείδωτου ατσαλιού, πολλοί τεχνικοί ιχθυογεννητικών σταθμών προτιμούν ακόμα τα τελευταία.

Οι UV συσκευές πρέπει να εξοπλιστούν με: ένα UV μετρητή για να δείξει την ένταση της ακτινοβολίας UV (σε ποσοστό), ένα UV συναγερμός για χαμηλές εντάσεις, ένα αισθητήρα νερού για να δείξει την παρουσία νερού και για να προστατεύσει τους λαμπτήρες από την υπερθέρμανση, καθώς επίσης και ένα μετρητή για να μετράει το χρόνο όταν ο UV-λαμπτήρας χρησιμοποιείται, μιας και οι λαμπτήρες πρέπει να αλλάζονται τακτικά.

Προκειμένου να βλαφθεί το DNA των μικροοργανισμών που είναι παρόν στο νερό μέσω της δράσης της υψηλής ενέργειας UV-C ακτινοβολίας, δύο τύποι UV λαμπτήρων χρησιμοποιούνται χαμηλοί/μέσοι και μεγάλης έντασης λαμπτήρες. Οι πρώτο περιέχουν ατμούς υδραργύρου χαμηλής πίεσης (μέγιστα 3 millibars) ενώ στους τελευταίους η πίεση των ατμών υδραργύρου φθάνουν από 1 έως 3 bars.



Σχήμα 3.18- Λαμπτήρας UV

Ποιον τύπο UV λαμπτήρων επιλέγουμε

Οι λαμπτήρες χαμηλής έντασης κυμαίνονται από 20 έως 80 Watt και το σημαντικότερο μήκος κύματος παραγωγής είναι 253.7nm, δίνοντας τη μέγιστη αποδοτικότητα στους 15°C. Οι λαμπτήρες μεγάλης έντασης κυμαίνονται από 1.5 έως 4 KW. Το φάσμα παραγωγής τους είναι ευρύτερο αλλά η UV-C αποδοτικότητά τους είναι χαμηλότερη. Από την άποψη της ηλεκτρικής κατανάλωσης, οι λαμπτήρες χαμηλής έντασης είναι οικονομικώς πιο αποδοτικοί από τους μεγάλης έντασης λαμπτήρες, αλλά υπάρχουν ορισμένα πλεονεκτήματα στην επιλογή του εξοπλισμού με τους λαμπτήρες μεγάλης έντασης:

- ο αριθμός λαμπτήρων που απαιτείται είναι λιγότερος, που σημαίνει ότι η συντήρηση και ο καθαρισμός είναι ευκολότερα και φτηνότερα
- το κόστος ανά λαμπτήρα είναι χαμηλότερο εάν συγκρίνουμε έναν λαμπτήρα μεγάλης έντασης με τον ισοδύναμο αριθμό λαμπτήρων χαμηλής έντασης
- οι απαιτήσεις χώρου είναι αρκετά λιγότερες και η εγκατάσταση είναι ευκολότερη.

Η καλύτερη λύση φαίνεται να είναι ο χαμηλός/εξοπλισμός μέσης-έντασης για τα

μικρά συστήματα ροής (με λιγότερο από 30 έως 100 m³/h) ή για τη διαλείπουσα χρήση. Αντίθετα, ο μέσος μεγάλης έντασης εξοπλισμός πρέπει να προτιμηθεί για τις μεγάλες ροές του νερού ή για το βρώμικο νερό.

Δεδομένου ότι αρκετά συχνά το νερό που κυκλοφορεί στο σύστημα δεν είναι τελείως καθαρό, (ημι-κλειστό σύστημα, μειωμένη διήθηση των ανασταλμένων στερεών, παρουσία κολλοειδών, κ.λπ.), θα ήταν πολύ χρήσιμο να υπάρξει μέσα στον αποστειρωτή κάποια συσκευή για να καθαρίσει τους εξωτερικούς τοίχους των λαμπτήρων χαλαζία όταν ανάβονται. Αυτό θα απέφευγε το χρόνο και την επεξεργασία και θα αύξανε την αποτελεσματικότητα των λαμπτήρων. Εντούτοις, ο χειρωνακτικός καθαρισμός παραμένει συχνά η αποτελεσματικότερη και κοινή λύση.

Η ένταση ή η δόση ακτινοβολίας εκφράζεται στο millijoule/cm², ένα millijoule (mJ) που αντιστοιχεί σε ένα milliwatt (mW) ανά δευτερόλεπτο. Εάν η παραγωγή λαμπτήρων είναι 10 mW/cm² και ο χρόνος παραμονής του νερού μέσα στην αίθουσα αποστείρωσης είναι τρία δευτερόλεπτα, η συνολική UV-C δόση που εφαρμόζεται είναι ίση με 30 mJ/cm².

Η δόση της UV-C ακτινοβολίας που απαιτείται για να σκοτώσει τουλάχιστον 90% του πληθυσμού παρόντος στο νερό, είναι γνωστή για πολλούς οργανισμούς. Αυτή η δόση καλείται D10 για τον οργανισμό επειδή η επιβίωσή της θα είναι κατ' ανώτατο όριο 10 τοις εκατό.

Ο σκοπός ενός UV αποστειρωτή είναι όχι πάντα να εξολοθρευθούν όλα τα βακτηρίδια παρόντα στο νερό, δεδομένου ότι η ενέργεια που απαιτείται για να επιτευχθεί αυτό θα ήταν υπερβολική. Στην πραγματικότητα, ο UV εξοπλισμός χρησιμοποιείται συνήθως στα κλειστά συστήματα επανακυκλοφορίας για να διατηρήσει τους βακτηριακούς πληθυσμούς κάτω από τα επικίνδυνα επίπεδα.

Εκτός από τη δύναμη ενός UV λαμπτήρα, είναι επίσης απαραίτητο να είναι γνωστός ο χρήσιμος κύκλος ζωής (συνήθως 2.500 - 10.000 ώρες). Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου η UV δόση του λαμπτήρα θα μειωθεί σταδιακά έως ότου φθάσει σε μια αξία κοντά σε 50-60% της αρχικής δόσης που θεωρείται το τέλος του κύκλου ζωής της. Συνήθως οι κατασκευαστές δείχνουν αυτό ως τιμή σε millijoule/cm² στο τέλος του κύκλου ζωής των λαμπτήρων.

Πρέπει να αναφερθεί ότι η δόση ορίζεται ως η ένταση μέχρι την ώρα της ακτινοβολίας:

$$D = E \times t$$

όπου ισχύει:

D: δόση, σε millijoule/cm²

E: ένταση ακτινοβολίας, σε milliWatt/cm²

t: χρόνος ακτινοβολίας

Η αποδοτικότητα της αποστείρωσης που χρησιμοποιεί τη UV ακτινοβολία ρυθμίζεται έντονα από τον τρόπο με τον οποίο αυτή η ακτινοβολία διαβιβάζεται στο νερό (μετάδοση). Η μετάδοση μπορεί να μειωθεί δραστικά από την παρουσία

αιωρούμενων στερεών.

Θεωρώντας ως 1 τη μέγιστη αξία της μετάδοσης (που σημαίνει ότι η δόση του λαμπτήρα περνά μέσω του υγρού και φθάνει στη αντίθετη πλευρά της αίθουσας ακτινοβολίας αμετάβλητη), σε κανονικές συνθήκες στο νερό επανακυκλοφορίας σε ένα ιχθυογεννητικός σταθμός που αυτός ο δείκτης μειώνεται σε 0.75-0.80. Για αυτόν τον λόγο όλος ο UV εξοπλισμός πρέπει να έχει ένα σύστημα διήθησης για να μειώσει προς τα πάνω τα αιωρούμενα στερεά.

Η αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας είναι επίσης στενά συνδεδεμένη με την πυκνότητα του νερού. Οι αποστειρωτές, στην πραγματικότητα, απαρτίζονται από μια αίθουσα ακτινοβολίας που περιέχει τους λαμπτήρες μέσα σε έναν ή περισσότερους σωλήνες χαλαζία. Κατά αυτόν τον τρόπο, το νερό κυκλοφορεί γύρω από το λαμπτήρα με ένα προκαθορισμένο πάχος. Ο αριθμός λαμπτήρων και σωλήνων καθορίζει τον όγκο του νερού που μπορεί να αντιμετωπιστεί από τον αποστειρωτή.

Η UV δόση επηρεάζεται επίσης από άλλους παράγοντες όπως η διακύμανση της ροής του νερού μέσα στην αίθουσα ακτινοβολίας ή η θερμοκρασία του νερού που αντιμετωπίζεται.

Επιλογή των UV αποστειρωτών

Για την κατάλληλη επιλογή των UV αποστειρωτών, οι ακόλουθες παράμετροι πρέπει να δοθούν στο UV προμηθευτή:

- θερμοκρασία ύδατος
- είδη και μέσος αριθμός μικροοργανισμών που ελέγχονται
- συντελεστής μετάδοσης του νερού (που μετρείται με ένα φωτόμετρο)
- μέγιστη ροή του νερού
- επίπεδο αποστείρωσης που επιδιώκεται έναντι D10.

Το μέγεθος κάθε αποστειρωτή πρέπει να υπολογιστεί χωριστά.

3.5 ΟΞΥΓΟΝΩΤΕΣ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΤΕΣ

Αυξάνοντας τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό

Ο μεταβολισμός των ψαριών είναι βασισμένος στην αναπνοή, μια φυσιολογική διαδικασία στην οποία η ενέργεια που απαιτείται από τον οργανισμό παράγεται μέσω της οξειδωσης της οργανικής ύλης. Τα ψάρια λαμβάνουν το οξυγόνο που απαιτείται για αυτήν την διαδικασία από το νερό.

Κατά συνέπεια το οξυγόνο που διαλύεται στο νερό των δεξαμενών εκτροφής χρησιμοποιείται συνεχώς από τα ψάρια. Δεδομένου ότι οι σύγχρονες πρακτικές ιχθυογεννητικών σταθμών χαρακτηρίζονται από τις υψηλές πυκνότητες ψαριών σε περιορισμένους όγκους νερού, η περιεκτικότητα σε οξυγόνο στο νερό πρέπει να

κρατηθεί υπό στενό έλεγχο και να ρυθμιστεί όσο το δυνατόν περισσότερο. Δεδομένου ότι η θερμοκρασία ύδατος σε ένα ιχθυογεννητικός σταθμός είναι συνήθως αρκετά σταθερή, το οξυγόνου απαιτείται λόγω της απαίτησης που δημιουργείται από το μεταβολισμό ψαριών.

Η κατανάλωση οξυγόνου στα ψάρια συσχετίζεται με πολλούς παράγοντες, όπως τα είδη, το μέγεθος σωμάτων, τη δραστηριότητα (υπόλοιπο, αναγκασμένη κολύμβηση, σίτιση), η θερμοκρασία, τη σίτιση και την ποιότητα του νερού. Γενικά, η κατανάλωση οξυγόνου για ένα δεδομένο είδος ψαριών φθάνει σε μια αιχμή κατά τη διάρκεια της σίτισης ή της πλήρους δραστηριότητας (κολύμβηση), και όταν το διαλυμένο οξυγόνο είναι υψηλό και όταν αυξάνεται η θερμοκρασία. Όταν το μέγεθος είναι μικρό (νύμφες) η κατανάλωση οξυγόνου είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τη βιομάζα. Παραδείγματος χάριν, ψάρι 4 g έχει μια κατανάλωση οξυγόνου 863 mg O₂/h/kg κατά τη διάρκεια της σίτισης. Γενικά, υπάρχουν τρεις τρόποι να καλύψουμε τις αυξανόμενες ανάγκες οξυγόνου των ψαριών:

α) με ανανέωση του νερού συχνότερα και εισαγωγή περισσότερου διαλυμένου οξυγόνου. Στο ένα ορισμένο βαθμό, η αυξανόμενη ανανέωση νερού είναι η πιο κοινή μέθοδος εμπλουτισμού οξυγόνου στις δεξαμενές εκτροφής. Η αύξηση των νυμφών συνδέονται με μια κανονική αύξηση της ανταλλαγής νερού στις δεξαμενές εκτροφής. Αυτή η αύξηση όχι μόνο παρέχει περισσότερο οξυγόνο στα ψάρια, αλλά αυτό βοηθά επίσης να αποβάλλονται τα υπολείμματα τροφών και τα μεταβολικά υποπροϊόντα. Ο περιοριστικός παράγοντας παραμένει το κόστος παροχής μιας μεγάλης ποσότητας νερού (εγκαταστάσεις εισαγωγής, αντλίες, αντλιοστάσιο, σύνολο γεννητριών ηλεκτρικής ενέργειας, διανομή εγκαταστάσεις, κ.α.) έναντι του κόστους εισαγωγής του οξυγόνου από άλλα μέσα.

β) με την προσθήκη του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στο νερό (αερισμός). Πριν από την εισαγωγή του υγρού οξυγόνου, αυτό ήταν η πιο κοινή μέθοδος. Αλλά το οξυγόνο του περιεχόμενου ατμοσφαιρικού αέρα είναι χαμηλό (21%) και απαιτείται μια σχετικά μεγάλη ποσότητα του αέρα για να προσθέσει μια μικρή ποσότητα οξυγόνου στο νερό. Υπάρχει επίσης ένα όριο στην ποσότητα οξυγόνου που μπορεί να διαλυθεί στο νερό της θάλασσας. Η θερμοκρασία και η ατμοσφαιρική πίεση καθορίζουν το κατώτατο όριο κορεσμού. Βάσει των κανονικών εύρων θερμοκρασίας και αλατότητας στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς, και της ατμοσφαιρικής πίεσης, η ποσότητα πρόσθετου οξυγόνου που μπορεί να προστεθεί από τον αερισμό είναι περιορισμένη και δεν μπορεί να πάει επάνω από τις τιμές κορεσμού.



Σχήμα 3.19 - Σύστημα αντλιών

γ) με την προσθήκη του καθαρού οξυγόνου στο νερό (οξυγόνωση). Αυτή η μέθοδος φέρνει το νερό εκτροφής σε επαφή με το καθαρό αέριο οξυγόνο. Δεδομένου ότι η περιεκτικότητα σε οξυγόνο είναι υψηλότερη στην αέρια φάση από ότι στο νερό, υπάρχει μια τάση για το οξυγόνο που διαλύει μετά από αυτήν την κλίση συγκέντρωσης. Εάν ολοκληρωθεί η διαδικασία πραγματοποιείται κάτω από ένα επίπεδο πίεσης πιο υψηλό από την ατμοσφαιρική πίεση και εάν χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο, το αποτέλεσμα είναι μία ακόμα υψηλότερη και γρηγορότερη διάλυση του οξυγόνου, στο νερό εκτροφής. Εάν αντί του καθαρού οξυγόνου, χρησιμοποιούταν αέρας υπό πίεση, θα είχαμε ένα πρόβλημα λόγω υπερκορεσμού του αζώτου, το οποίο θα γινόταν επικίνδυνο. Για το λόγο αυτό μόνο το καθαρό οξυγόνο χρησιμοποιείται για να οξυγονώσει το νερό υπό πίεση.

Αυτοί οι τρεις τρόποι μπορούν κανονικά να βρεθούν μέσα στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς θαλασσιών ειδών, είτε χωριστά είτε σε συνδυασμό.



Σχήμα 3.20 - Εγχυτήρας αέρα

Βελτίωση της μεταφοράς οξυγόνου στο νερό

Η μεταφορά αερίου στο νερό ρυθμίζεται από τη διαφορά μεταξύ των μερικών πιέσεων αερίου μέσα στην ατμόσφαιρα και στο νερό. Εάν μια πίεση η κλίση είναι παρούσα, το αέριο θα ακολουθήσει αυτή την κλίση. Επομένως εάν η μερική πίεση του οξυγόνου στον αέρα είναι υψηλότερη από αυτή στο νερό, οξυγόνο θα διαλυθεί στο τελευταίο. Δεδομένου ότι αυτή η διαδικασία τείνει να φθάσει σε μια ισορροπία, είναι σημαντικό να κρατήσει αυτήν την διαφορά πίεσης θετική, για να μεταφέρει το οξυγόνο συνεχώς στο νερό. Για να επιτευχθεί αυτό, και η υγρή φάση (ροή του νερού) και η αέρια φάση (ροή αερίου) πρέπει να ανανεώνονται συνεχώς. Επομένως είναι απαραίτητο να κρατηθεί μια συνεχής ροή στο νερό μέσα στην εγγύτητα της πηγής οξυγόνου.

Εκτός από τη θερμοκρασία και την αλατότητα ύδατος που θα θεωρήσουμε σταθερές, τρεις κύριοι παράγοντες ελέγχουν τη διάλυση οξυγόνου στο νερό: πίεση, επιφάνεια ανταλλαγής, και χρόνος επαφών.

- **Πίεση.** Υπό ατμοσφαιρική πίεση και μέσες παραμέτρους του νερού των ιχθυογεννητικών σταθμών (20°C και αλατότητα 30 ppt), η μέγιστη ποσότητα οξυγόνο που μπορεί να διαλυθεί στο νερό (σε επίπεδα κορεσμού) είναι 7.6 g/m³. Αυτή η τιμή μπορεί να αυξηθεί πολύ δεδομένου ότι η δύναμη διάλυσης κάθε αερίου αυξάνεται όσο αυξάνεται η πίεση. Αλλά κατά τη χρησιμοποίηση αέρα υπό πίεση, οδηγεί επίσης σε μια πολύ επικίνδυνη (για τα ψάρια) αύξηση στη συγκέντρωση αζώτου στο νερό. Εντούτοις, κατά τη χρησιμοποίηση του καθαρού οξυγόνου, αυτό το πρόβλημα δεν θα προκύψει μιας και θα ήταν το μόνο αέριο που ωφελείται από μια υψηλότερη μερική πίεση (δηλ. υψηλότερη συγκέντρωση, ο νόμος του Henry' s) και διαλύεται έπειτα στο νερό.

- **Επιφάνεια ανταλλαγής.** Η διάχυση αερίου στο νερό είναι επίσης μια λειτουργία του ποσού επαφής των επιφανειών μεταξύ των δύο φάσεων. Για έναν ορισμένο όγκο νερού, όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η επιφάνεια ανταλλαγής, τόσο υψηλότερη και γρηγορότερη θα ήταν η μεταφορά του αερίου. Παραδείγματος χάριν, μια μεγάλη φυσαλίδα αερίου έχει μια μικρότερη επιφάνεια από διάφορες λεπτές φυσαλίδες που περιέχουν τον ίδιο όγκο αερίου. Συσκευές που μεγιστοποιούν την επιφάνεια ανταλλαγής μεταξύ του αέρα/οξυγόνου και του νερού πρέπει να προτιμηθούν, όπως οι διασκορπιστές (diffusers) που παράγουν τις πολύ λεπτές φυσαλίδες και τα αεριοθούμενα αεροπλάνα ή τα ακροφύσια που ψεκάζουν ομοιόμορφα τα λεπτά σταγονίδια νερού σε μια ατμόσφαιρα καθαρού οξυγόνου.



Σχήμα 3.21- Υγρή δεξαμενή οξυγόνου και μπουκάλες οξυγόνου



Σχήμα 3.22- Γεννήτρια οξυγόνου

• **Χρόνος επαφής** . Η μεταφορά ενός αερίου στο νερό είναι επίσης μια λειτουργία του χρόνου. Παίρνει έναν ορισμένο χρόνο να επιτευχθεί η συνολική μεταφορά. Οι μέθοδοι και οι συσκευές που μεγιστοποιούν το χρόνο επαφών πρόκειται να προτιμηθούν, όπως οι αντίρροποι αναμίκτες και οι αναμίκτες με την ταχύτητα νερού χαμηλότερη από αυτός των φυσαλίδων αύξησης. Η μορφή των δεξαμενών μπορεί επίσης επηρεάσει τη διάχυση οξυγόνου καθώς οι λεπτές φυσαλίδες του οξυγόνου παίρνουν περισσότερο χρόνο να ανεβούν στην επιφάνεια μέσα στις βαθύτερες από ότι στις πιο ρηχές δεξαμενές.

Διασκορπιστές αέρα και οξυγόνου

Οι διασκορπιστές είναι συσκευές για να αναμίξουν τον αέρα ή το καθαρό οξυγόνο, ως φυσαλίδες των διάφορων μεγεθών, με το νερό εκτροφής. Οι διασκορπιστές μπορούν να γίνουν με τους απλούς διάτρητους σωλήνες PVC, με μια σειρά τρυπών κατάλληλης διαμέτρου (χαρακτηριστικά σωλήνες 3/4, 1 και 1 1/4 ιντσών διαμέτρων και τρύπες της διαμέτρου 2 έως 5 mm), ή με οποιοδήποτε πορώδες υλικό που πρέπει χονδροειδές πολύ να τελειοποιήσουν τις τρύπες (πορώδεις πέτρες, πορώδεις λαστιχένιες μάνικες, πορώδεις σωλήνες χάλυβα, πορώδες μαλακό ξύλο).

Το πορώδες υλικό ή ο διάτρητος σωλήνας συνδέεται με μια πηγή συμπιεσμένου αέρα ή καθαρού οξυγόνου, και τοποθετούνται στη δεξαμενή που αερίζεται/οξυγονώνεται. Δεδομένου ότι, όπως υποδεικνύεται ανωτέρω, η μεταφορά ενός αερίου στο νερό είναι επίσης μια λειτουργία του χρόνου επιφάνειας και των επαφών ανταλλαγής, οι αποδοτικότεροι διασκορπιστές θα είναι εκείνοι που παράγουν τις λεπτότερες φυσαλίδες που θα ανεβαίνουν αργά στο νερό.

Πορώδεις πέτρες που συνδέονται με συμπιεσμένη γραμμή αέρα τοποθετούνται συνήθως σε διάφορες δεξαμενές καλλιέργειας για την παραγωγή ζωντανής τροφής, επώαση των αυγών, νυμφικής εκτροφή και ανατροφής των μικρών ψαριών. Οι φυσαλίδες που παράγονται βοηθούν στη διατήρηση των ακόμα παθητικών νυμφών με λεκιθικό σάκο και οι πρωτο-ταϊζόμενες προνύμφες, στην επιφάνεια, και μέσα ομογενοποίησης του μέσου εκτροφής (τροχοζωα, μικροφύκη). Όταν μια πρόσθετη ποσότητα από το οξυγόνο απαιτείται, μια ή περισσότερες πορώδεις πέτρες μπορούν να είναι τοποθετημένες στις δεξαμενές εκτροφής, που συνδέονται με μια χωριστή γραμμή συμπιεσμένου οξυγόνου. Το πορώδες υλικό των διασκορπιστών πρέπει να καθαρίζεται περιοδικά, από τα μικρά μόρια (φύκη, υπολείμματα τροφών, περιττώματα) το νερό εκτροφής μπορεί εύκολα να φράξει τους πόρους και να μειώσει τη ροή αέρα/οξυγόνου.



Σχήμα 3.23 -Διασκορπιστές αέρα και κεραμικός διασκορπιστής

Εισαγωγή καθαρού οξυγόνου χρησιμοποιώντας μια υποβρύχια αντλία

Για να διαλυθεί το καθαρό οξυγόνο στο νερό εκτροφής, μια εύκολη και γρήγορα συγκεντρωμένη συσκευή θα ήταν ένα σωλήνας ανεφοδιασμού οξυγόνου που τοποθετείται κάτω από την εισαγωγή μιας υποβρύχιας αντλίας.

Οι προπέλες αντλιών παράγουν και αναμιγνύει έναν μεγάλο αριθμό πολύ λεπτών αέριων φυσαλίδων και η υψηλότερη πίεση που δημιουργείται κατά τη διάρκεια της αναρρόφησης επιτρέπει μια γρήγορη και άφθονη διάλυση του οξυγόνου στο νερό. Όταν αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται, η αντλία πρέπει να είναι από πλαστικό υλικό, δεδομένου ότι το οξυγόνο μπορεί να προκαλέσει τη διάβρωση στην τμήμα των προπελών των αντλιών χυτοσίδηρου. Αυτό το σύστημα έχει εξεταστεί για να έχει μια αποδοτικότητα 60 έως 80% για μεταφορά οξυγόνου.

Αυτή η συσκευή μπορεί να συγκεντρωθεί εύκολα στις καταστάσεις στις οποίες μια αντλία λειτουργεί συνεχώς για να παρέχει νερό εκτροφής (παραδείγματος χάριν, στην επανακυκλοφορία ή ροή μέσω των συστημάτων) ή στη γραμμή αποζημιώσεων που πηγαίνει στο βιοφίλτρο. Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι ότι ολόκληρος ο όγκος του νερού είναι εμπλουτισμένος με οξυγόνο, ότι καμία τροποποίηση του συστήματος διανομής νερού δεν απαιτείται (τουλάχιστον εάν ο σωλήνας στη δεξαμενή είναι χαμηλότερος από την επιφάνεια νερού) και ότι ο χρόνος απόκρισης είναι πολύ σύντομος (μόνο λίγα λεπτά απαιτούνται για να υπερκορεστούν 2 έως 4 m³ νερού).

Εισαγωγή οξυγόνου στο δίκτυο σωλήνων

Σαν απλοποίηση του συστήματος που περιγράφεται ανωτέρω, η εισαγωγή οξυγόνου μπορεί να πραγματοποιηθεί άμεσα στη σωλήνωση διανομής νερού, μετά από οποιαδήποτε συσκευή, όπως μια αντλία.

Εντούτοις, αυτό το σύστημα δημιουργεί τις σχετικά χονδροειδείς φυσαλίδες στους υδροσωλήνες. Αυτές οι φυσαλίδες, ακόμα και χρησιμοποιώντας έναν πορώδη διασκορπιστή, τείνουν να είναι ασταθείς και να γίνονται μεγαλύτερες, μειώνοντας κατά συνέπεια την επιφάνεια ανταλλαγής και το χρόνο επαφών. Η πλήρης διάλυση του οξυγόνου παρακωλύεται επίσης εάν το σημείο εγχύσεων είναι πάρα πολύ στενό στον κολπίσκο νερού μιας δεξαμενής, δεδομένου ότι το αέριο δεν θα έχει αρκετό χρόνο να διαλυθεί.

Αυτό το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σωληνώσεις που διανέμουν το νερό με τη βαρύτητα (που εκμεταλλεύεται την πίεση που παρέχεται από μια ανυψωμένη δεξαμενή διανομής), καθώς επίσης και με μια γραμμή διανομής νερού διατηρημένη σε σταθερή ατμοσφαιρική πίεση. Δεδομένου ότι κάθε δεξαμενή μπορεί να παρασχεθεί με οξυγόνο χωριστά, από την κατοχή των διαφορετικών σημείων εγχύσεων, αυτό το σύστημα αυξάνει την ευελιξία του συστήματος οξυγόνωσης. Για τον περαιτέρω καθαρισμό του συστήματος, η εισαγωγή οξυγόνου για

μεμονωμένες δεξαμενές μπορεί να αυτοματοποιηθεί χρησιμοποιώντας μια βαλβίδα σωληνοειδών στο σημείο εγχύσεων.

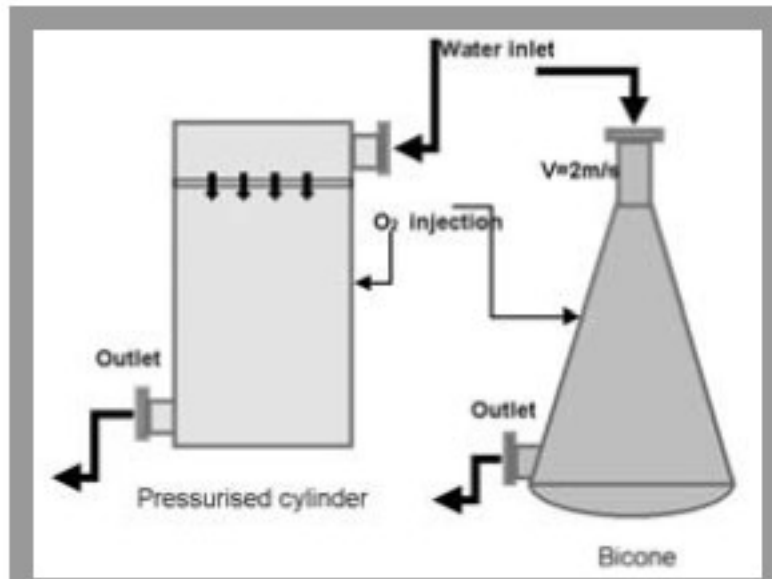
Αναμίκτες πίεσης

Σε αυτό το σύστημα ένα βαρέλι μίξης, με τη μορφή ενός κυλίνδρου ή ενός διπλού κώνου, συνδέεται με τη γραμμή διανομής νερού, μετά από την αντλία. Μέρος του νερού εκτροφής αντλείται στο βαρέλι και αναμιγνύεται με το καθαρό οξυγόνο. Το αέριο εγχέεται ακριβώς κάτω από ένα πρόσθετο διάτρητο δίσκο μέσω του οποίου το νερό πρέπει να περάσει ή εγχέεται στο χαμηλότερο μέρος του δικωνικού βαρελιού. Μια σχεδόν πλήρης διάλυση του οξυγόνου μπορεί να επιτευχθεί με αυτόν τον εξοπλισμό.

Αυτή η συσκευή πρέπει να εφοδιαστεί με νερό υπό πίεση (βέλτιστο επίπεδο από 1 έως 2 bars) και συνδέεται σε μια γραμμή συμπιεσμένου οξυγόνου. Ένα λεπτό γεμισμένο με οξυγόνο δοχείο τοποθετείται κάτω από ένα διατρυπημένο πιάτο. Εφόσον η διάμετρος του βαρελιού είναι μεγαλύτερη από αυτή της γραμμής διανομής, το νερό στην είσοδο του βαρελιού χάνει ταχύτητα, σταθεροποιώντας την αέρια φάση του. Το νερό υπό πίεση αναγκάζεται να περάσει μέσω του διάτρητου πιάτου και του δοχείου. Αυτά απορροφούν τις φυσαλίδες οξυγόνου από το δοχείο αερίου στο νερό κάτω από αυτό, διαμορφώνοντας ένα σύννεφο λεπτών φυσαλίδων. Όπως αυτές οι φυσαλίδες έχουν μια αυξανόμενη ταχύτητα μεγαλύτερη από την ταχύτητα του νερού μέσα στο βαρέλι μίξης, παραμένουν παγιδευμένες μέσα σε αυτό για αρκετό καιρό για να ολοκληρώσουν τη μεταφορά οξυγόνου στο νερό. Στο αλμυρό νερό, μερικές πολύ λεπτές φυσαλίδες μπορούν να αφήσουν το βαρέλι με το εξερχόμενο νερό, αλλά εξ αιτίας του μικρού μεγέθους τους γίνονται σχεδόν τελείως διαλυμένες στη γραμμή διανομής νερού (λόγω του μακροχρόνιου χρόνου επαφών και της μεγάλης επιφάνειας ανταλλαγής).

Η αποδοτικότητα μιας συσκευής αερισμού/οξυγόνωσης μετρείται ως ποσότητα οξυγόνου που διαλύεται σε σχέση με την ποσότητα οξυγόνου που χρησιμοποιείται. Οι αναμίκτες πίεσης αυτού του είδους έχουν μια αποδοτικότητα μεγαλύτερη από 80% υπό τις λειτουργούντες συνθήκες που αντιμετωπίζονται σε ένα ιχθυογεννητικός σταθμός.

Αυτός ο τύπος συσκευής χρησιμοποιείται για να υπεροξυγονώσει μέρος του νερού της εκτροφής ή το νερό των βιοφίλτρων. Η περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο μπορεί να φθάσει τουλάχιστον τέσσερις έως πέντε φορές το επίπεδο κορεσμού. Αυτό το υπεροξυγονωμένο νερό αναμιγνύεται έπειτα με το υπόλοιπο νερού της εκτροφής, είτε στην κύρια γραμμή διανομής (συγκεντρωμένη οξυγόνωση) ή σε κάθε δεξαμενή (μεμονωμένη οξυγόνωση). Το σύστημα μπορεί να αυτοματοποιηθεί με τη χρησιμοποίηση μίας σωληνοειδούς βαλβίδας συνδεδεμένη με έναν αισθητήρα οξυγόνου.



Σχήμα 3.24 – Διάταξη δημιουργίας υπεροξυγονομένου νερού

Υπολογισμός των απαιτήσεων οξυγόνου στις δεξαμενές

Στο νυμφικό τμήμα εκτροφής, το περιεχόμενο διαλυμένο οξυγόνο κρατιέται πάντα σε επίπεδο κορεσμού, αλλά αυτό δεν θα ήταν ικανοποιητικό και στα τμήματα εκτροφής νεαρών ιχθυδίων στα οποία η υψηλότερη βιομάζα και η διανομή των τεχνικών τροφών (μικρές γαρίδες ή pellets) θα αυξήσει τη ζήτηση οξυγόνου.

Ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος τύπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστούν οι ωριαίες απαιτήσεις οξυγόνου για κάθε μια δεξαμενή ή για ολόκληρο το σύστημα. Συσχετίζει το απαιτημένο οξυγόνο για το μεταβολισμό ενός χιλιόγραμμο τροφής (I_{ox}) στη μέγιστη παρούσα βιομάζα ψαριών και στο καθημερινό ποσοστό σίτισης ως εξής:

$$B \times DFR = DTF$$

όπου ισχύει:

B: μέγιστη βιομάζα ψαριών που είναι παρόν στη δεξαμενή/ σύστημα, σε Kg

DFR: καθημερινός ρυθμός σίτισης, σε ποσοστά

DTF: καθημερινή συνολική ποσότητα τροφών που διανέμεται, σε Kg

και επομένως

$$DO_n = (DTF \times I_{ox}) \div 24$$

όπου ισχύει:

I_{ox} : δείκτης οξειδωσης ίσος με 0.4 Kg O_2 ανά Kg τροφής

24: αριθμός ωρών ανά ημέρα

DO_n : ωριαία κατανάλωση οξυγόνου για μια ορισμένη βιομάζα ψαριών, σε Kg O_2

Φυσικά, αυτός ο τύπος θα δώσει μόνο το θεωρητικό ποσό κατανάλωσης οξυγόνου ανά ώρα ως μέσο όρο κατά τη διάρκεια της ημέρας και χωρίς εξέταση του τρόπου που διαλύεται στο νερό. Οι πραγματικές ανάγκες οξυγόνου θα πρέπει να αντιμετωπίσουν επίσης με την αποδοτικότητα της διάλυσης και τη μεταβολική φάση (φάση υπολοίπου ή σίτισης) του πληθυσμού ψαριών κατά τη διάρκεια του συγκεκριμένου χρόνου.



Σχήμα 3.25 – Δικόλινδρος οξυγονωτής

3.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Συστήματα ελέγχου

Όπως αναφέρθηκε ήδη, οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου μπορούν να ποικίλλουν γρήγορα και επικίνδυνα σε ένα ιχθυογεννητικός σταθμός. Οι υψηλοί δείκτες

ιχθυοπυκνότητας που βρίσκονται στους ιθυογεννητικούς σταθμούς και η ανάγκη να υιοθετηθεί μερικές φορές σύστημα κλειστού κυκλώματος για να διαχειριστούν καλύτερα την ποιότητα νερού, απαιτούν το σταθερό έλεγχο διαφόρων παραμέτρων της εκτροφής. Το επίπεδο οξυγόνου είναι το σημαντικότερο.

Στους ιθυογεννητικούς σταθμούς που χρησιμοποιούν την έγχυση οξυγόνου στις δεξαμενές και συστήματα σωληνώσεων, η διατήρηση του οξυγόνου σε βέλτιστα επίπεδα με τη ρύθμιση της παροχής οξυγόνου είναι σημαντική για να αποφευχθούν μη απαραίτητες υψηλές δαπάνες της λειτουργίας.

Σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί τα τελευταία είκοσι έτη στα συστήματα παρακολούθησης οξυγόνου και στην αυτοματοποίηση του αερισμού και της χρήσης οξυγόνου. Αυτή η πρόοδος έχει επιτρέψει τη βελτίωση στην αξιοπιστία των συστημάτων όπως επίσης στην οικονομία της λειτουργίας.



Σχήμα 3.26 - Βιομάζα νυμφών

Μετρώντας το διαλυμένο οξυγόνο

Οι μετρήσεις των επιπέδων του οξυγόνου στις ιχθυοφάρμες και τους ιθυογεννητικούς σταθμούς πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ιδιαίτερα αξιόπιστα όργανα που λειτουργούν ως ποτενσιόμετρα, που μετρούν τη διαφορά της δυνατότητας μεταξύ δύο ηλεκτροδίων. Αυτή η διαφορά επηρεάζεται από την ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που είναι παρόν στο νερό.

Η συσκευή διαθέτει συνήθως δύο ηλεκτρόδια, ένα ασημένιο (κανονικά η άνοδος) και το άλλο από λευκόχρυσο, ρόδιο ή άλλο πολύτιμο μέταλλο που λειτουργεί κανονικά ως κάθοδος. Μια διαφορά τάσης δημιουργείται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων, συνήθως με μια μπαταρία. Την αίθουσα στην οποία τα δύο ηλεκτρόδια τοποθετούνται γεμίζει με έναν ηλεκτρολύτη και κλείνει από τη μία πλευρά από ένα τεφλόν ή μεμβράνη πολυπροπυλενίου που είναι οξυγόνο-

διαπερατό. Το οξυγόνο που διαλύεται στο νερό περνά μέσω της μεμβράνης και αντιδρά με τον ηλεκτρολύτη, δημιουργώντας ένα ρεύμα με μια τάση της τάξεως των 500-800 millivolts που είναι ανάλογη προς τη συγκέντρωση του οξυγόνου. Αυτό το ρεύμα διαβάζεται από ένα μικροϋπολογιστή-βολτόμετρο και επιδεικνύεται άμεσα ως συγκέντρωση οξυγόνου σε mg/l.



Σχήμα 3.27 - Έλεγχος οξυγόνου- ένδειξη ροής οξυγόνου

Οι πιο πρόσφατοι μετρητές οξυγόνου μπορούν επίσης να αντισταθμίσουν αυτόματα τις διακυμάνσεις μέτρησης στη συγκέντρωση οξυγόνου λόγω των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας, και μπορούν να βαθμολογηθούν για τις αναγνώσεις σε διαφορετικές αλατότητες και αλκαλικότητες. Οι μετρήσεις οξυγόνου είναι κανονικά υποδειγμένες ως mg/l και ως ποσοστό των επιπέδων κορεσμού. Τα τελευταία χρόνια οι κατασκευαστές έχουν εξελιχθεί από τους μετρητές οξυγόνου για την εργαστηριακή χρήση στους ελέγχους τομέων που προστατεύονται από την πιθανή ζημία, είναι στεγανοί και έχουν περιορίσει τις απαιτήσεις συντήρησης.

Διαχείριση παροχής οξυγόνου

Η τοποθέτηση των αισθητήρων στα κρίσιμα σημεία του εκκολαπτηρίου (μεμονωμένες δεξαμενές, σημεία συλλογής, κ.λπ.) επιτρέπει έναν συνεχή έλεγχο σε πραγματικό χρόνο των τιμών του οξυγόνου. Με μια τέτοια διαμόρφωση του συστήματος ελέγχου οξυγόνου, είναι δυνατό να αυτοματοποιηθεί η διαχείριση οξυγόνου.

Η χρήση ψηφιακών συστημάτων παρακολούθησης καθώς επίσης και οι διάφοροι διακόπτες ρυθμίζουν την παροχή οξυγόνου, επιτρέπει πρόσθετες δυνατότητες. Οι

έλεγχοι διαβάζονται από έναν κεντρικό ελεγκτή και οι αναγνώσεις μεταφέρονται σε ένα PC από το οποίο, αποθηκεύοντας αυτές τις πληροφορίες, είναι προγραμματισμένο να διαχειριστείτε το σύστημα βάσει αρκετών μεταβλητών. Για παράδειγμα, επίπεδα οξυγόνου και ο ανεφοδιασμός μπορεί να συσχετιστεί με τις διακυμάνσεις της θερμοκρασία ή τους δείκτες πυκνότητας στις δεξαμενές.

Ο υπολογιστής θα μπορούσε να διαχειριστεί παράλληλα προγράμματα για τους αυτόματους τροφοδότες οι οποίοι συσχετίζονται με τις τιμές οξυγόνου. Κατά συνέπεια το σύστημα θα είναι σε θέση να ελέγξει τιμές διαλυμένου οξυγόνου πριν από, κατά τη διάρκεια και μετά από τη διανομή τροφών, και μέσω του ελέγχου της παροχής οξυγόνου, θα είναι σε θέση να κρατήσουν τους βέλτιστους όρους εκτροφής.

Σε περίπτωση ανώμαλων καταστάσεων στη παροχή οξυγόνου, το αυτόματο σύστημα διαχείρισης, εκτός από την προειδοποίηση του χειριστή με τους υγιείς ή ελαφριούς συναγερούς, θα είναι σε θέση να αποφασίσει αυτόνομα σχετικά με την αναστολή της διανομής τροφών.



Σχήμα 3.28 – Σύστημα ελέγχου οξυγόνου

3.7 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ

Η θερμοκρασία νερού των ιχθυογεννητικών σταθμών κανονικά δεν ακολουθεί το φυσικό κύκλο έξω από τον ιχθυογεννητικό σταθμό επειδή η θερμοκρασία είναι ένας από τους κύριους σοβαρούς παράγοντες που ρυθμίζουν τις νυμφικές περιόδους εκτροφής. Όταν το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας συγκεντρώνεται στη χειμερινή περίοδο, απαιτείται βελτίωση της θερμοκρασίας στο νερό των δεξαμενών ή στον ιχθυογεννητικό σταθμό συνολικά. Γενικά, τα συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι προσαρμογή των συσκευών θέρμανσης που

χρησιμοποιούνται για την κεντρική θέρμανση ή τη θέρμανση με αέρα. Όταν οι μεμονωμένες δεξαμενές θερμαίνονται ηλεκτρικές αντιστάσεις και αισθητήρες θερμοκρασίας υιοθετούνται για να φθάσουν στην επιθυμητή θερμοκρασία. Οι ακόλουθες φωτογραφίες παρουσιάζουν παραδείγματα των εναλλακτών θερμότητας, των αντλιών θερμότητας και των εμβαπτιζομένων αντιστάσεων και των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για την αύξηση της θερμοκρασίας και τον έλεγχο της στους ιθυογεννητικούς σταθμούς.

Σε περιπτώσεις όπου το νερό έχει υψηλότερη θερμοκρασία από την επιθυμητή χρησιμοποιούνται συστήματα ψύξης του νερού (chillers).



Fig. 81 - Heat exchanger



Fig 82 - Heat pumps



Fig. 83 - Tanks equipped with titanium heaters and thermostats



Fig. 84 - Internal view of tanks in Fig. 83: the heater and the thermostat probe



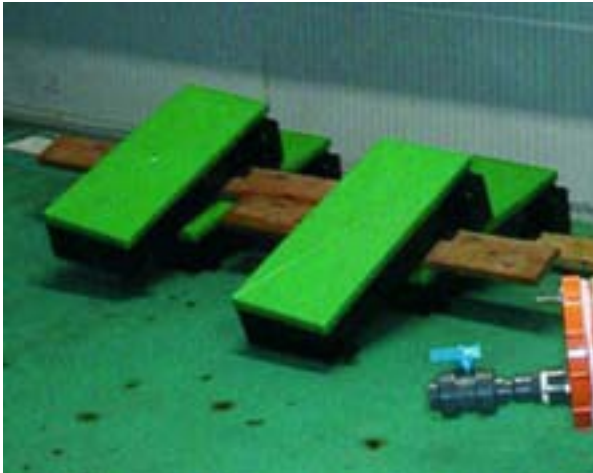
Σχήμα 3.29 - Εναλλάκτης θερμοκρασίας- αντλίες θερμότητας- δεξαμενές εφοδιασμένες με θερμοστάτες κι θερμαντήρες τιτανίου- αντλία θέρμανσης-ψύξης από τιτάνιο

3.8 ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

Για τους ιθυογεννητικούς σταθμούς μεγάλου και μέσου μεγέθους, προκειμένου να διατηρηθούν κατάλληλα οι μεγάλοι αριθμοί ψαριών και συγχρόνως για να μειώσει τις απαιτήσεις προσωπικού, κάποιος βοηθητικός εξοπλισμός μπορεί να εγκατασταθεί. Για παράδειγμα συστήματα τροφοδοσίας και διαλογείς ψαριών.



Σχήμα 3.30 - Αερο-οδηγούμενες ταϊστρες



Σχήμα 3.31- Παραδοσιακή ταϊστρα ζώνης

Ο εξοπλισμός σίτιση έχει αναπτυχθεί ραγδαία κατά τη διάρκεια των τελευταίων δέκα ετών, εμπλέκοντας τις μικρές απλές ταϊστρες μέχρι τα περιπλοκότερα αυτόματα συστήματα τροφοδοσίας που καθοδηγούνται από Η/Υ.

Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται κυρίως στα στάδια της προπάχυνσης σε πολλούς σταθμούς είναι η διαφορά του ρυθμού αύξησης μεταξύ των νύμφες ο οποίος μπορεί να οδηγήσει μέχρι τη θνησιμότητα λόγω του κανιβαλισμού.

Είναι η παλιά παροιμία "το μεγάλο ψάρι τρώει το μικρό", κατάσταση ανεπιθύμητη σε ένα ιχθυογεννητικό σταθμό. Επιπλέον, μεγάλες διαφορές στο μέγεθος υπονοεί τα διαφορετικά σχέδια κατανάλωσης και ένας πρόσθετος ανταγωνισμός για τα θηράματα των όποιων οι νικητές είναι τα μεγαλύτερα ψάρια. Η λύση είναι να μειωθούν οι απώλειες λόγω του κανιβαλισμού με προγράμματα διαλογών (ομαδοποίηση των ψαριών βάσει του ολικού μήκους τους). Όσο πιο πολλές διαλογές πραγματοποιούνται τόσο περισσότερο μειώνεται ο ανταγωνισμός για τα θηράματα. Οι διαλογείς (grader) που χρησιμοποιούνται για τον παραπάνω σκοπό χωρίζονται σε χειροκίνητους και σε αυτόματους



Σχήμα 3.32 – Μηχανικός διαλογέας (grader) Σχήμα 3.33 - Χειροκίνητος διαλογέας

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alabaster, J.S., and R. Lloyd. 1982. *Water Quality Criteria For Freshwater Fish*. 2nd edition. London: Butterworth Scientific.

APHA (American Public Health Association). 1995. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Washington, D.C : APHA

Boyd, Claude E, 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Birmingham, Ala.: Auburn University Press.

Encyclopedia of Food Science, Food Technology, and Nutrition. " Fish Farming". 1882-87

Mance, G. 1987. *Pollution Threat of Heavy Metals in Aquatic Environments*. London : Elsevier.

Moretti A., Pedini Fernandez- Criado M., Vetillart R. *Manual on hatchery production of seabass and gilthead seabream . Volume 2*. Rome , FAO ,2005 152 .p

Reish, D. J., T. J. Kawling, A. J. Mearns, P. S. Oshida, S. S. Rossi, F. G. Wilkes, and M. J. Ray.

1978. "Water Pollution: Marine and Estuarine Pollution." *Journal of the Water Pollution Control Federation* 50 : 1424-69

Ronald D. Z, John D. M, Macol M. S. 1999. *Source Water Quality for Aquaculture. A Guide For Assessment, Environmentally and Socially Sustainable Development, Rural Development*, The World Bank, Washington O D C.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

www.drydenaqua.com

www.fao.org

www.wikipedia.com