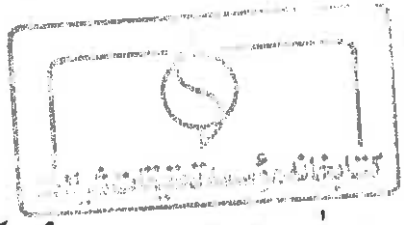
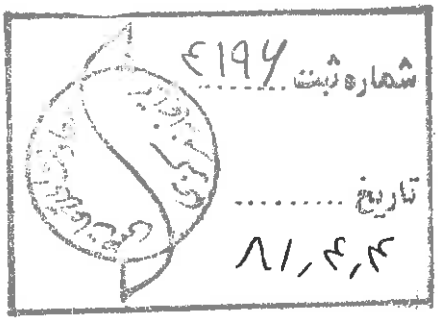
SH
۱۶۷
۱۵۹۳
۴۵ف
۲۰۰۱



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيمْ

۱۵۹۷

روشهای نوین در پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان



تألیف : علی فرزانفر

ویراستار : گل‌اندام آل‌علی

فرزانفر، علی، ۱۳۴۹ -
روشهای نوین در پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان / تالیف علی فرزانفر . - تهران : موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۱۳۸۰.
۱۰۷ ص.
ISBN 964 – 5856 - O4 – 3 ۱۲۰۰۰ریال
فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا.
ص.ع. به انگلیسی: A. Farzanfar . Modern methods in Rainbow trout culture.
کتابنامه : ص . ۱۰۵ - ۱۰۷ .
۱. قزل آلای رنگین کمان - - پرورش و تکثیر.
۲ . ماهیها - - پرورش و تکثیر. الف. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ب. عنوان.
۶۳۹ /۳۷۵۵ SH ۱۶۷ / ق ۱۱ ف ۴۵
کتابخانه ملی ایران ۸۰ م - ۲۸۲۹۰

نام کتاب: روشهای نوین در پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان
تألیف: علی فروزانفر
ویراستار: گل اندام آل علی
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
چاپ اول: ۱۳۸۰
ناشر: مؤسسه تحقیقات شیلات ایران - مدیریت اطلاعات علمی
تاریخ نشر: ۱۳۸۰
خدمات نشر: مؤسسه فرهنگی هنری بشیر علم و ادب
شابک: ۳ - ۰۴ -۵۸۵۶ - ۹۶۴
ISBN : 964 – 5856 – 04 – 3
قیمت: ۱۲۰۰۰ ریال

«بآسمه تعالی»

ایران ، سرزمین سرفرازان، پهنه دلیران و خانه مردان خداست. از آن زمان که نام این دشت را ایران نهادند خداوند جهان ، دست مهر بر آن کشید. قبای سبز کوهستان ، زردی کویر ، نیلی دریا ، جملگی حاصل رنگ آمیزی نقاش فلک بر این ملک بود. چه نیکو ترکیبی از الوان بر این لوح به یادبود است.

پس ای ایرانیان ، غبار را از این نقش پاک کنید. دست بدست هم بکوشیم تا ظرافت دست خالق را درک کنیم. ما در این میان رنگ آبی را می‌کاویم. در ژرفای خزر ، سواحل بلوچستان و در میان آبهای سردگهر ، بدنبال رموز خالق هستی ، سر از پا نمی‌شناسیم.

مؤسسه تحقیقات شیلات ایران ، این افتخار را دارد که به یاری خداوند منّان و دست گرم و توانای هموطنان عزیز ، وظیفه تفحص و پژوهش را در زمینه آب و آبزیان بعهده داشته ، با نشر علم ذکات آنرا این چنین پیش روی شما قرار داده است. البته بدیهی است که این منظومه نیز مانند مجموعه‌های دیگر خالی از لغزش و اشتباه نبوده ، لذا بدینوسیله از کلیه دانشمندان و اندیشمندان تقاضا می‌گردد تا با ایراد انتقادات و پیشنهادات خود ، ما را در بهبود هر چه بهتر و مناسبتر تهیه و طبع نشریات علمی کمک و یاری فرمائید.

مدیریت اطلاعات علمی

مؤسسه تحقیقات شیلات ایران

فهرست مطالب

دمه ۱

صل ۱ : پرورش ماهی در قفس ۳

معرفی انواع قفسهای مناسب برای پرورش ماهیان سرد آبی ۳

مکان‌یابی و نصب قفس در محیطهای آبی ۷

الف) شرایط فیزیکوشیمیایی آب ۷

ب) شرایط آب و هوایی ۱۱

ساختار قفس و چگونگی طراحی، ساخت و نصب قفسهای ماهیان سرد آبی در

آب شور و شیرین ۱۴

حلقه قفس و سیستمهای تقویت کننده ۱۹

سیستمهای مهار کننده قفس ۲۱

شناوری و نیروهای وارد بر قفس ۲۲

چگونگی ساخت یک نوع قفس شناور ۲۹

سیستمها و روشهای غذادهی در قفس‌های پرواربندی ۳۱

الف) احتیاجات غذایی ۳۲

ب) غذادهی ۳۵

روشهای غذادهی ۳۵

۱ ـ غذادهی دستی ۳۶

۲ ـ غذادهی با دستگاههای مکانیکی ۳۷

تراکم، رقم‌بندی و چگونگی حمل و نقل ماهیان سردآبی در قفس ۳۹

مشکلات موجود در استفاده از سیستم‌های پرورش آزاد ماهیان در قفس ۴۵

فصل ۲ : پرورش متراکم ماهی با کمک استفاده مجدد از آب ۴۹
فیلتراسیون زیستی ۴۹
۱ ـ معدنی شدن ۵۱
نیتریفیکاسیون ۵۱
چگونگی طراحی فیلتر زیستی ۵۵
انواع فیلترهای زیستی ۶۳
کنترل مواد جامد معلق در سیستمهای مدار بسته ۶۵
ته‌نشینی ذرات ۶۶
فیلترهای میکرواسکرین ۶۹
فیلترهای صفحه لرزان ۷۱
فیلترهای شنی ۷۱
فیلترهای شنی با جریان آب ثقلی ۷۲
ازن ۷۵
نور ماوراء بنفش ۷۶
لامپها ۷۹
طراحی سیستمهای گندزدا ماوراءبنفش ۸۱
چگونگی طراحی تصفیه آب با UV بطور مختصر ۸۳
گازهای محلول در سیستمهای مدار بسته ۸۴
ـ اکسیژن ۸۴
ـ دی اکسید کربن ۸۸

مدیریت تولید ۸۹
هدایت و کنترل ۹۲
سیستمهای هشدار دهنده اتوماتیک ۹۴
الف) سیستمهای هشدار دهنده با تلفن خودکار ۹۵
ب) سیستمهای هدایتگر \ هشدار دهنده و کنترل رایانه‌ای ۹۶
سل ۳ : پرورش ماهی قزل‌آلا در مزارع شالیزار برنج ۹۹
سابقه پرورش ماهی قزل‌آلا در مزارع شالیزاری ۹۹
کیفیت آب برای پرورش ماهی قزل‌آلا در مزارع برنج ۱۰۰
منابع تأمین کننده آب ۱۰۱
خصوصیات فیزیکی مزارع مناسب برای کشت توأم ماهی و برنج ۱۰۳
عملیات ذخیره‌دار کردن ۱۰۴
فهرست منابع ۱۰۵

مقدمه

غذا، انسان و توسعه، سه مقوله ای هستند که متضمن حیات در کره خاکی می باشند و توسعه پایدار بعنوان پلی مطمئن در پیوند این سه عنصر، آدمی را در دستیابی به اهداف خود یاری می نماید. رعایت صحیح و اصول بهره برداری با در نظر گرفتن شرایط زیست محیطی، از پیش فرض های غیر قابل اجتناب در توسعه دانش و رفاه بشری محسوب می گردد. لذا از بدو تاریخ صنعتی شدن، جامعه انسانی همواره در تلاش بوده است که با شیوه ای مناسب بتواند با مسئله افزایش جمعیت و محدودیت منابع برای دستیابی به غذا، روبرو شود. ریشه های درخت تنومند جامعه بشری، برای استواری خود به زمین و آب چشم دوخته اند. اما فقدان خاک مناسب و کافی برای کشت توجه انسان را تا حدّ زیادی به دریا معطوف داشته است. ولی اقیانوسها نیز همانند هر منبعی دیگر توانایی تولید و نگهداری آبزیان محدودی را دارند. بطوریکه بخش وسیعی از آبهای آزاد را کویرهای اقیانوسی نام نهاده اند. همچنین آلوده کردن آبها و مسائلی از قبیل صید بی رویه و عدم اجرای عملیات ارزیابی ذخایر و تعیین میزان صید مجاز و قوانین مربوط در بسیاری از کشورها، موجب بحرانی تر شدن وضع دریاها و اقیانوسها شده است.

آبهای شیرین نیز منبع مناسب دیگری جهت تولید ماهی محسوب می گردند و با وجودیکه سهم بسیار کوچکی از کل آب موجود در بیوسفر را بخود اختصاص داده اند، بدلیل تنوع زیاد اکوسیستمهای آبی طبیعی و مصنوعی در جهان و از جمله کشورمان، می توان با اتخاذ سیاستهای صحیح و بهره گیری بهینه از آبهای داخلی، به میزان فراوانی تولید آبزیان را بالا برد. ولی همانطوریکه اشاره شد، آبهای شیرین سهم کوچکی از فضای کره ما را اشغال کرده اند بعلاوه، دیگر از زمستانهای سرد و پربرف گذشته نیز خبری نیست و گرم شدن زمین به نوبه خود خشکسالی، قحطی و بی آبی را همراه آورده است. هم اینک بدلیل استفاده بیش از حد از آبهای زیرزمینی، سطح سفره های این منابع نیز بشدت روبه کاهش می باشد.

اکنون در هر ثانیه سه کودک در جهان متولد می شوند و از همان دم اول،

چشمان هر یک به دنبال آب و غذا، به هر سوی می نگرد. بحران در راه است، بایستی چاره ای اندیشید. از این پس، حساب قطره ها را باید داشت. از هر چکه ای کامی تر می شود و می توان با ماهی رقصان هر جوی آب گرسنه ای را سیر کرد.

بدین جهت در این مجموعه سعی بر آن شده است که با توجه به مسئله کمبود آب و مشکل تأمین پروتئین در کشور، جدیدترین روشهای متداول پرورش ماهی در قالب سه طرح مفید معرفی گردد. در فصل اول این کتاب به معرفی چگونگی پرورش ماهی قزل آلا در قفس اشاره شده است. روش اخیر که عمر آن در دنیا چند دهه نمی گذرد، شیوه مناسبی برای تولید ماهی در مخازن پشت سدها، خلیج ها و دریاچه های طبیعی و مصنوعی محسوب می گردد. لذا با توجه به وجود مناطق کوهستانی در ایران، معرفی علمی این فن، بسیار پرثمر خواهد بود. فصل دوم، در مناطق کم آب کشور برای تولیدکنندگان ماهی، قسمت جالب و بسیار مفید تلقی خواهد شد. زیرا در بکارگیری سیستمهای مداربسته پرورش ماهی، با حداکثر صرفه جویی در آب و زمین، تولید فراوانی قابل انتظار خواهد بود. هم اکنون این روش همگام با توسعه آن در کشورهای صنعتی، در میهنمان نیز در حال گسترش است و بطور کلی علمی بسیار جوان و نوپا محسوب می گردد. شالیکاران زحمت کش شمالی کشور نیز می توانند با مطالعه فصل آخر این کتاب، با یکی از جدیدترین روشهای پرورش ماهی آشنا شوند و از این پس ضمن تولید محصول برنجی پربارتر، به پرورش یک ماهی لذیذ نیز بپردازند.

در خاتمه لازم می دانم از کوشش و همکاری سرکار خانم هنگامهٔ خادم که زحمت تایپ و صفحه آرایی این مجموعه را کشیده اند سپاسگزاری نمایم. همچنین سرکار خانم گل اندام آل علی نیز در ویراستاری کتابی که پیش روی دارید مرا یاری نموده اند که از ایشان نیز کمال تشکر را دارم. در پایان از زحمات کلیه اساتید و دوستانم که موجب تشویق من در انجام این کار شده اند قدردانی می گردد. ضمناً از کلیه دانشمندان و صاحبنظران تقاضا می شود که با ارائه نقطه نظرات خود مرا در رفع نقایص و اشتباهات احتمالی در این کتاب یاری نمایند.

فصل اول
پرورش ماهی در قفس

اگر بخواهیم تعریف مناسبی از پرورش ماهی در قفس[1] داشته باشیم، می توانیم آنرا روشی برای کشت ماهی انگشت قد[2] تا بازاری[3] در محفظه های محصور شناور در یک آبگیر، کانال، رودخانه، دریاچه یا اقیانوس بدانیم (Webster, 1996). روش مزبور یکی از جدیدترین شیوه های پرورش متراکم ماهی است که هم اکنون در بسیاری از نقاط دنیا متداول شده است. پرورش ماهی در قفس به دلایل ذیل توسعه و کاربرد زیادی یافته است (Beveridge,1996).

۱_ همواره ماهی تازه در اختیار است.

۲_ سردخانه مورد نیاز نیست.

۳_ از لحاظ خطر شیوع بیماری مشکلات کمتری وجود دارد.

٤_ می توان بکمک قفس از آبهای ذخیره پشت سدها استفاده بیشتری نمود.

٥_ اغلب ماهیان گرانقیمت را با هزینه کم در آن می توان پرورش داد.

٦_ برداشت در این روش آسانتر است.

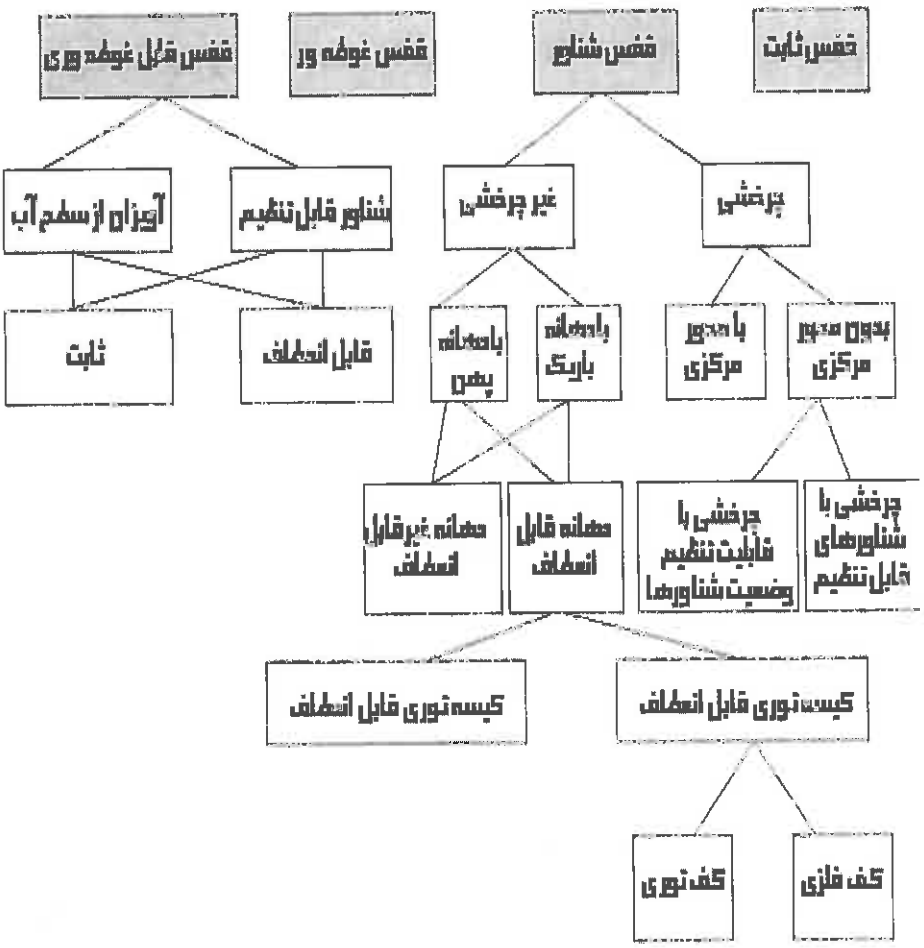
اولین سیستمهای این روش پرورش ماهی، در دهه ۱۹۵۰ در آمریکا با استفاده از مواد مصنوعی طراحی و راه اندازی شد (Masser, 1988).

معرفی انواع قفسهای مناسب برای پرورش ماهیان سرد آبی

بطور کلی چهار نوع قفس در صنعت آبزی پروری استفاده می شود که عبارتند از: قفسهای ثابت، شناور، قابل غوطه وری و غوطه ور که دونوع اخیر تقریباً در پرورش آزاد ماهیان کاربرد ندارند، زیرا این ماهیان اغلب تمایل دارند که غذای

(1)Cage Culture
(2)Finger Ling
(3)Marketable Size

خود را در سطح آب یافته، مورد تغذیه قرار دهند از اینرو در این مجموعه از شرح آنان صرفه نظر می شود (شکل۱).



شکل ۱ : سیستم طبقه بندی قفسهای پرورش آبزیان (Beveridge, 1996)

قفسهای ثابتی که اغلب در مناطق حاره مورد استفاده قرار می گیرند، از یک کیسه توری تشکیل شده است که توسط تیرکهایی آن را به کف آبگیر یا رودخانه

محکم می کنند. اینگونه قفسها برای مناطقی با عمق کم، بستر هموار و آبهایی با تلاطم کم مناسب می باشند (شکل۲).

شکل ۲ : قفسهای ثابت جهت پرورش ماهیان گرمسیری در آسیای جنوب شرقی

(Cage Aquaculture, 1996)

قفسهای شناور نسبت به سایر انواع قفس کاربرد بیشتری دارند و می توان آنها را از نظر شکل و اندازه به روشهای گوناگون طراحی نمود. همانطوریکه در شکل ۱ نیز مشخص است قفسهای شناور به دو گروه چرخشی و غیر چرخشی تقسیم می شوند. قفسهای شناور چرخشی قفسهایی هستند که در آنها بخشهایی از سیستم مانند شناورها حول محوری مرکزی قابلیت حرکت دارند یا میزان شناوری کل چارچوب در آنها قابل تنظیم باشد. علت اصلی طراحی چنین قفسهایی، کنترل فولینگ ها[1] (Hodson, 1977) و مواد زائد در چشمه های تور و کاهش هزینه های مربوطه است.

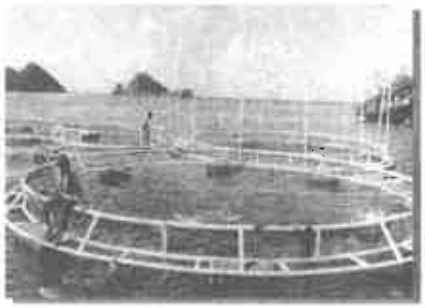
قفسهای شناور غیر چرخشی نیز با توجه به پهنای دهانه آنها می توانند بعنوان سکویی مناسب برای کار مورد توجه و استفاده قرار گیرند. بطوریکه هرچه

(1)Fouling

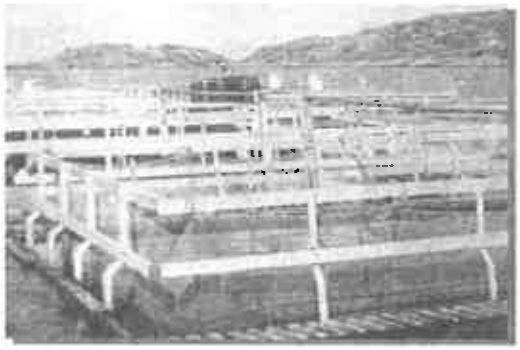
دهانه قفس پهن تر باشد انجام کار بر روی آن سهل تر ولی هزینه ساخت بیشتری را همراه خواهد داشت. همچنین قابلیت انعطاف دهانه قفس به نوع مواد بکار رفته در ساخت آن بستگی دارد. اگر از موادی مانند طناب و بند بهره گرفته شود، قفسهایی با دهانه قابل انعطاف و اگر از فایبرگلاس و استیل استفاده شود، قفسهایی با دهانه غیرقابل انعطاف ساخته می شود (شکل۳).

a)

b)



c)



شکل ۳ : انواع قفس های شناور(Cage Aquaculture, 1996)

a) قفس شناور با دهانه پهن

b) قفس شناور با دهانه پهن، قابل انعطاف

c) قفس شناور با دهانه پهن، غیر قابل انعطاف

مکان یابی و نصب قفس در محیطهای آبی

پیش از هرگونه اقدامی جهت برپایی قفس، شناخت کامل از اکوسیستم آبی مورد نظر امری بسیار ضروری است. زیرا انتخاب نادرست محل استقرار قفس، موجب بروز خسارات مادی و زیست محیطی فراوانی خواهد شد. بمنظور انتخاب محل مناسب جهت بر پایی قفس، مطالعات فیزیکی و شیمیایی آب، شرایط آب و هوایی، توپوگرافی و همچنین بایستی وضعیت اجتماعی، اقتصادی و امنیتی محل را بررسی نمود. البته شاید ارائه یک الگوی جامع بعنوان شرایط ایده آل جهت راه اندازی هرنوع قفسی در اکوسیستمهای آبی گوناگون عملی نباشد، ولی بطور کلی در نظر گرفتن شرایط ذیل در این رابطه مؤثر خواهد بود:

الف) شرایط فیزیکوشیمیایی آب

۱- دما:

تغییرات شدید درجه حرارت در رشد، تولید مثل و سلامت ماهیان سرد آبی می تواند تأثیرات سوء بسیار زیادی داشته باشد. دما خود به تنهایی مهمترین عامل کنترل کننده زیست جانوران خونسرد محسوب می گردد. همه موجودات آبزی در محدوده ای از نوسانات درجه حرارت دارای حداکثر میزان رشد می باشد و در دامنه حرارتی وسیعتر نیز قادر به تحمل دما می باشند (Masser, 1988). بطوریکه با کاهش درجه حرارت محیط از دمای اپتیم، تغذیه ماهی کمتر می شود و با افزایش دمای محیط، ماهی از نظر تنفس با مشکلات بیشتری روبرو خواهد شد (Webster, 1996) . درخصوص آزاد ماهیان، مناسبترین دما برای رشد بین ۱۶-۱۴ درجه سانتی گراد است (Sedgwick, 1988).

۲- شوری:

شوری مقیاسی برای سنجش میزان مواد جامد محلول موجود در آب است که بصورت قسمت درهزار(PPT) بیان می گردد. بدیهی است که میزان شوری آب

اثرات مستقیمی بر رشد نژادهای آزاد ماهیان مهاجر به دریا دارد. بطوریکه گونه ها و نژادهایی که به دریا مهاجرت می کنند، اغلب عمر خود را در شوری آب ۳۵-۳۳ درهزار سپری می کنند. مناسبترین درجه شوری برای رشد ماهیان سرد آبی مانند قزل آلای رنگین کمان در حدود ٦-۳ درهزار تعیین شده است (Oyvind, 1995).

۳- اکسیژن:

میزان اکسیژن محلول درآبهای راکد تحت تأثیر محیط و شرایط فیزیکوشیمیایی وبیولوژیک آب است. البته با توجه به نیاز بالای اکسیژنی ماهیان سردآبی که حداقل ۷ میلی گرم در لیتر اندازه گیری شده است، عمدتاً می توان آبهای سرد و تمیزی را که میزان آلودگی آنها کم و تراکم پلانکتونی پایینی داشته باشند، برای پرورش این ماهیان در نظر گرفت. زیرا همواره افزایش بار آلودگی با کاهش میزان اکسیژن محلول همراه است و همچنین تراکم بالای فیتوپلانکتونها در آب موجب بهم خوردن تعادل گازی و pH در طی شبانه روز می شود که خود سبب بروز مشکلات فراوانی در امر پرورش این ماهیان خواهد بود.

مقادیر مربوط به دو عامل از سه عامل شوری، دما و اکسیژن محلول که از مهمترین عوامل فیزیکوشیمیایی برای پرورش در محیطهای آبی می باشند، می توان با استفاده از فرمول ذیل، عامل سوم را محاسبه و پیش بینی نمود (Sedgwick, 1988):

$$\text{میزان اکسیژن محلول در آب (میلی گرم/ لیتر)} = \frac{۴۷۵ - (۲/۸۳ - ۰/۰۱۱\,t)\ S}{۱/۳۸\ \ (۳۳/۵ + t)}$$

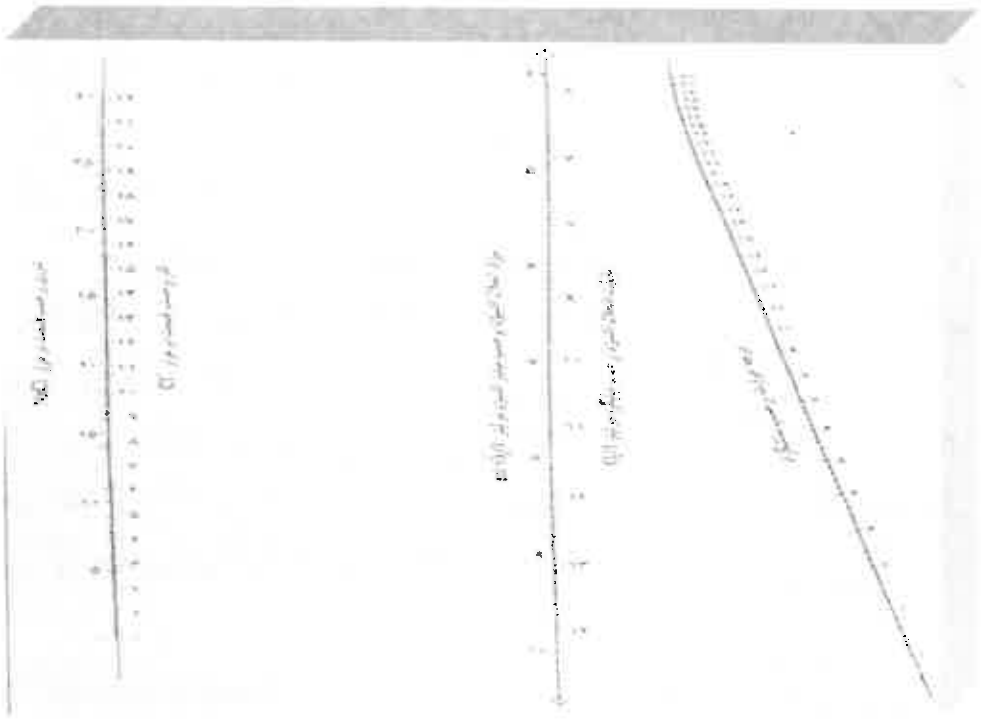
t = دما (درجه سانتی گراد)

S = شوری (قسمت در هزار ppt)

همچنین با کمک نمودار زیر نیز مقادیر مربوط به، عامل مورد نظر را محاسبه نمود (فرزانفر، ۱۳۷۲).

نمودار ۱ : رابطه بین مقادیر مختلف شوری، دما و مقادیر اشباع اکسیژن

(مجله آبزیان، شماره ۱۰، ۱۳۷۲، ص ۱۷)



(با کشیدن یک خط راست بین دو پارامتر در این دیاگرام و امتداد آن تا برخورد به پارامتر دیگر مقدار پارامتر دلخواه بدست می آید)

۴- pH :

اسیدیته با واحد pH مشخص می گردد و عبارت است از منفی لگاریتم غلظت یون هیدروژن در آب .

$$pH = -\log[H^+]$$

این تعریف بیانگر این مطلب است که با افزایش یون H^+ , pH آب کاهش (اسیدیته افزایش) می یابد. pH برابر هفت خنثی تعریف شده است. منبع یونهای هیدروژن اسیدهای محلول در آب می باشد:

$$H^+ + cl^- = Hcl$$
$$H^+ + Hso_4^- = H_2so_4$$
$$H^+ + so_4^{2-} = Hso_4$$

سمیت بعضی از مواد با اسیدیته آب تغییر می کند. بعنوان مثال آمونیوم در pH بین ۵/۷ – ٤/۷ سمیت بسیار بالایی برای ماهی قزل آلا دارد. خاصیت سمی نیتریت با کاهش pH افزایش می یابد و کلر محلول در آب نیز با افزایش pH خاصیت سمی کمتری نشان می دهد. مناسب ترین pH برای آزاد ماهیان ۸/۲ – ٦/۷ می باشد. آبی که کمی pH بالاتری دارد نسبت به آبهای اسیدی، برتری بیشتری نشان می دهد (فرزانفر، ۱۳۷۲).

اگر مکانهای پرورشی اسیدی شوند تا حدی می توانند در رفع این مشکل مفید واقع گردند که بهترین راه، استفاده از سنگ آهک، هیدروکسیدکلسیم و مواد معدنی سیلیکاتی است (Masser, 1977).

۵- آمونیاک و نیتریت:

آمونیاک اولین محصول نیتروژنی حاصل از هضم مواد پروتئینی در ماهی است. به جز آمونیاک، ترکیبات نیتروژندار دیگری نیز مانند آمونیم (NH_4^+) ، نیتریت (NO_2) و نیترات (NO_3) نیز در اثر فعالیتهای متابولیک ماهی پدید می آید. هر نوع ترکیب نیتروژنی که به طریقی وارد منابع آبی گردد، فعالیت برخی باکتریها آنها را تبدیل به آمونیاک می کنند که هر دوی این ترکیبات برای آزاد ماهیان بسیار سمی هستند (Masser, 1997).

درجه تحمل آزاد ماهیان نسبت به آمونیاک برای ماهیان کوچک از صفر تا ٤٪ میلیگرم در لیتر و برای ماهیان بزرگ از صفر تا ۲٪ میلیگرم در لیتر اندازه گیری و مشخص شده است (فرزانفر، ۱۳۷۲).

میزان سمیت این مواد در آب چنانچه با عوامل دیگری نظیر آلودگی و کمبود اکسیژن نیز همراه شود بسیار زیادتر خواهد بود. جهت کنترل غلظت آمونیاک در آب، نگهداری ماهیان در تراکم نرمال در قفس توصیه می گردد. ضمناً استفاده از اکوسیستمهای آبی با جریان آبی مناسب در کاهش غلظت مواد نیتروژنی می تواند بسیار مفید باشد (Masser, 1977) .

۶- کدورت:

کدورت آب می تواند ناشی از وجود مواد آلی یا معدنی معلق در آب باشد که در اثر فرسایش خاک، ضایعات معادن، نخاله های ساختمانی یا تراکم رشد پلانکتونی بوجود می آید. همچنین پلانکتونها از نظر دسته بندی جزء مواد آلی معلق محسوب می شوند که می توانند در کدورت آب تا حدود زیادی مؤثر باشند (آذری، ۱۳۷٤).

ب)شرایط آب و هوایی

۱_ جریان آب و هوا:

جریان مناسب آب ضمن رساندن اکسیژن به آبزیان درون قفس، موجب دور کردن گازهای سمی و مواد دفعی نیز می شود. از اینرو، براساس استقرار قفس در آبهای جاری یا راکد، نوع و میزان جریان آبی متفاوت است.

در خصوص پرورش متراکم ماهی در قفس های دریایی، مناسب ترین محل برای احداث پرورشگاه مکانهایی هستند که دارای جریان روزانه تحتانی و فوقانی آب باشند. جریان آبی روزانه نسبت به جریان هفتگی و ماهانه از اولویت و امتیازات بیشتری برخوردار است.

در سواحل آزاد، خلیج ها یا در مناطقی که بین چند جزیره ساحلی واقع شده اند، اغلب میزان سرعت تعویض آب نسبت به مکانهای دیگر بیشتر می باشد (Beveridge, 1996).

سرعت تعویض آب در محل خلیج ها را می توان بکمک روابط زیر محاسبه و پیش بینی نمود:

$V = A.D$ حجم (متر مکعب) = V

مساحت (متر مربع) = A $T = \frac{V}{F}$

عمق (متر) = D $F = \frac{A \times H}{12.5}$

زمان تعویض آب (ساعت) = T $T = \frac{12.5 \times D}{H}$

F = میزان دبی ورودی آب درساعت براساس جریان امواج

H = ارتفاع موج (متر)

گرد بادها، طوفانها و بادهای بسیار شدید از عواملی هستند که در هنگام ساخت و برپایی قفس باید به آنها بسیار توجه داشت زیرا ساختارهای معدودی در مقابل جریانهای شدید آب و هوایی قدرت تحمل و مقاومت دارند. ارتفاع موج با میزان سرعت باد افزایش می یابد و انرژی موج نیز با مربع اندازه ارتفاع موج، رابطه مستقیم دارد.

درخصوص امواج دوقلو هم ارتفاع، میزان انرژی چهار برابر می شود که بیانگر انرژی بسیار عظیم و ویرانگر امواج در هنگام طوفان خواهد بود لذا نامناسب ترین نقاط جهت برپایی قفس، مناطقی هستند که دارای امواج بلند با بیشترین قدرت تخریب باشند (Beveridge, 1986).

صرف نظر از مسئله اثرات مخرب امواج بزرگ، جریان شدید آب موجب افزایش کاتابولیسم و اتلاف انرژی در ماهی می شود و پس از مدتی سبب بروز اختلاف وزن زیاد در میان ماهیان یک قفس می گردد.

سرعت آب بین ۰/۵ – ۰/۱ متر بر ثانیه مناسب تشخیص داده شده است. لذا محل هایی که آب دارای سرعتی بیش از ۰/۵ متر بر ثانیه است، برای احداث قفس توصیه نمی شوند (شیرازی و آذری، ۱۳۷۹).

۲- شرایط محل استقرار قفس

الف)محفوظ بودن :

یکی از عواملی را که در بر پایی قفس بایستی در نظر گرفت، محفوظ بودن آن در برابر جریانهای شدید آب و هوایی، طوفانها و امواج بلند است. همچنانکه بادهای شدید موجب تشکیل امواجی با ارتفاع زیاد می شوند، موجب از بین رفتن تورهای خارج از آب نیز می گردند.

بطوریکه قبلاً نیز اشاره شد، انرژی امواج برابر با مربع ارتفاع آنها می باشد. لذا نصب قفس ها در مسیر بادهای غالب نقش بسزایی در دوام قفس ها دارد. از اینرو توصیه می گردد قبل از احداث قفس، مسیر بادهای غالب منطقه از ادارات هواشناسی سؤال شود (Beveridge, 1996).

ب)عمق آب :

به دلیل رسوب مواد زاید در زیر قفس و تجمع این مواد، گازها و مواد سمی حاصل موجب پیدایش شرایط نامطلوب برای ماهیان می گردد. از اینرو بهتر است ماهیان درون قفس حداقل ۵-٤ متر بالاتر از سطح رسوبات نگهداری شوند.

در خصوص قفسهای ثابت، عمق محل استقرار قفسها بایستی به حدی باشد که میزان آن از طول نی ها و یا تیرکهای قفس بیشتر نباشد.

ج) بستر :

جنس بستر، عامل بسیار مهمی است که با توجه به نوع آن می توان چگونگی ثابت کردن قفس در آب را تعیین نمود. بسترهای شنی برای بر پایی قفس مناسب تر از بسترهای گلی و صخره ای هستند. اینگونه بسترها نشان دهنده حرکت ملایم آب می باشند (آذری، ۱۳۷۹). همچنین بسترهای با پوشش گیاهی انبوه، مکان مناسبی برای قفس های شناور نمی باشند (Masser, 1997).

د) شرایط اقتصادی، اجتماعی و امکانات محلی :

دسترسی به جاده، آب، برق، تلفن و نزدیک بودن محل برپایی قفس به بازار فروش از امتیازات ویژه ای هستند که در هنگام راه اندازی کارگاه بایستی مورد توجه قرار گیرد. همچنین در رعایت قوانین مربوط به استفاده از آب و کسب مجوزهای لازم در این خصوص از سازمانهای ذیربط (سازمان آب، سازمان حفاظت محیط زیست، شیلات و ...) از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. بعلاوه، بهتر است محل برپایی قفس دور از مناطق تفریحی، توریستی و زیستگاههای پرندگان و دیگر حیوانات آبزی باشد (Masser, 1997).

ساختار قفس و چگونگی طراحی، ساخت و نصب قفسهای ماهیان سرد آبی در آب شور و شیرین

(قسمتهای مختلف تشکیل دهنده یک قفس اغلب عبارتند از: چارچوب، تور، غذا دهنده ها، سرپوش محافظ و شناورها. از نظر شکل ظاهری، قفسها ممکن است گرد، چهار گوش یا چند ضلعی باشند. چارچوب اغلب از مواد مختلفی مانند چوب (چوبهای قرمز یا چوب درخت سرو مناسب تر هستند)، آهن، استیل، آلومینیم، فایبر گلاس یا PVC ساخته می شود. البته باید سطح چارچوبهای چوبی، آهنی و استیل (بجز گالوانیزه) با مواد ضد آب پوشانده شوند (Masser, 1997).)

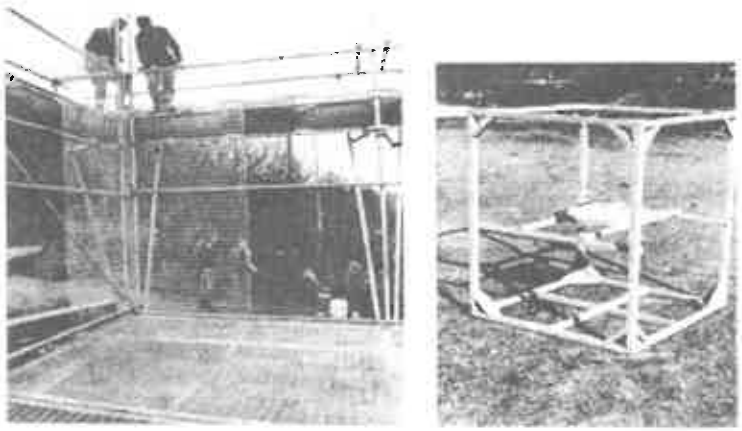
چنانچه تور در قفسها از مواد محکم و غیر قابل انعطاف ساخته شود، محدودیتهایی را از نظر اندازه، شکل و نحوه طراحی قفس ایجاد می کند. اغلب تورهای غیر قابل انعطاف نیاز به نوعی تقویت کننده در چارچوب دارند. بعلاوه، بمنظور اتصال بخشهای مختلف تور و چارچوب از بستهای گوناگونی استفاده می شود که بایستی در هنگام انتخاب نوع آن علاوه براستحکام به مسائلی از جمله عدم تولید پیل الکتروشیمیایی[1] توسط این بستها اطمینان حاصل کرد. از این نظر، مواد پلاستیکی یا طنابهای نایلونی جهت اتصال تور و چارچوب مفید است ولی نسبت به بستهای فلزی، بازدهی مناسبی در قفسهایی بسیار بزرگ از خود نشان نمی دهند. اگر قرار است در ساختمان قفس از بستهای فلزی استفاده شود، بهتر است از فلزاتی با پتانسیل الکتریکی مشابه بهره برداری گردد. بستهایی از جنس برنز- آلومینیم - نیکل با پتانسیل الکتریکی (E_o=-0.16 ـ -0.22[۷]) برای صفحات فلزی مسی - نیکل با پتانسیل الکتریکی (E_o=-0.15 ـ -0.30[۲]) به نسبت ۱۰÷۹۰ مناسب می باشد و پتانسیل الکتریکی بسیار مشابهی دارند (Woods Hole Engineering Associates, 1984).

بنابراین، بدلیل محدودیتهایی که استفاده از فلزات در ساختار اصلی قفس بوجود می آورند، کاربرد موادی از جنس فایبرگلاس به لحاظ سبکی وزن، استحکام، مقاومت در مقابل تغییرات اقلیمی و گستردگی تنوع شکل و اندازه توصیه می گردد.

همانطوریکه در شکل ٥ مشخص می گردد قاب قفس معمولاً از کشیده شدن یک صفحه مسی - نیکلی ۱۰÷۹۰ به دور قسمتهای مختلف چارچوب ساخته شده است که عرضی در حدود ۳۰ سانتی متر و طولی متفاوت دارد. در اینگونه قفس ها، قاب ها را به یکدیگر متصل می کنند تا محیط محصوری بشکل چند ضلعی را پدید آورند. برای تقویت نقاطی که تجمع بار در آن زیاد است، استفاده از فولاد گالوانیزه با پوشش مقاوم در برابر الکتریسته ساکن بسیار مناسب است بخصوص درگوشه ها و محل لولاها (شکل ٤).

---

(1)Galvanic Cell

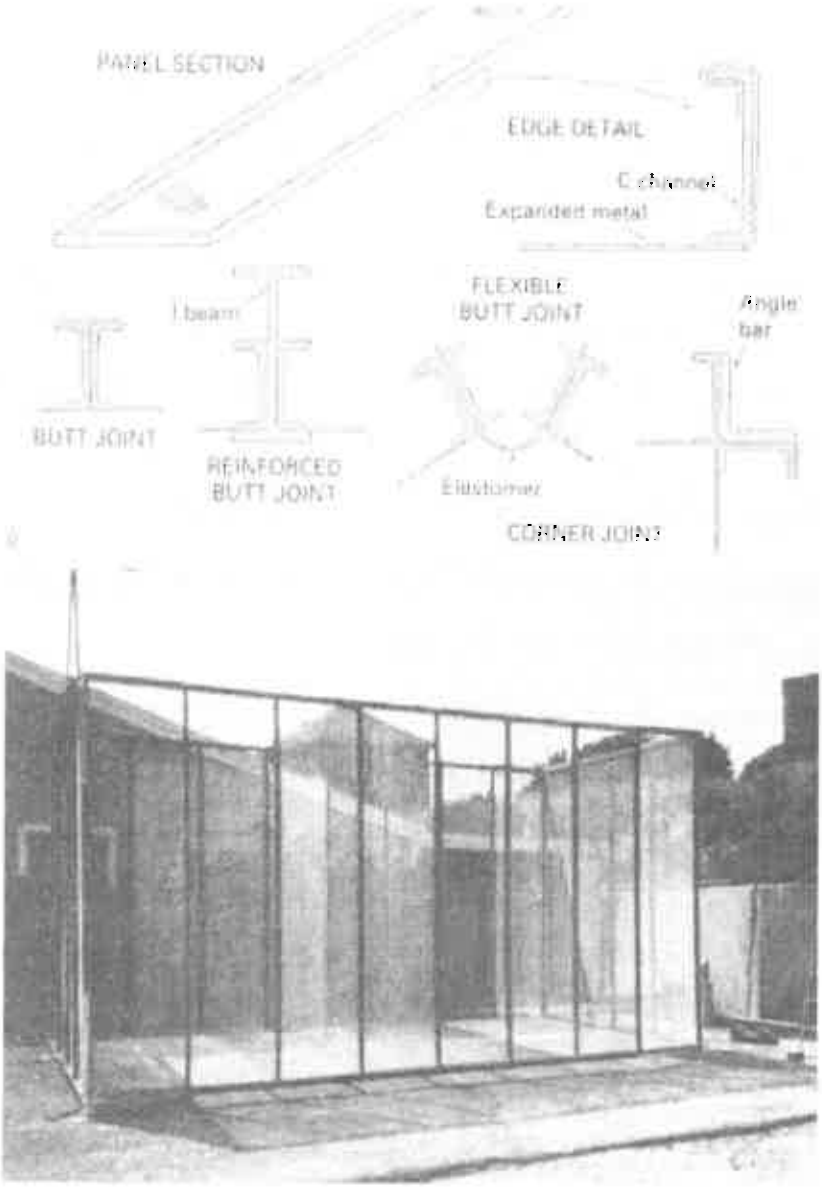


شکل ۴ : نمونه ای از چارچوب قفس های غیرقابل انعطاف

الف) دار بست گالوانیزه قفس با ابعاد متر ۳/۶×۶×۶ برای پرورش ماهی آزاد اقیانوس اطلس.

ب) چارچوب قفس چوبی با ابعاد متر ۱/۳×۱×۱ با اضلاع تقویت شده در گوشه ها بمنظور پرورش ماهی تیلا پیا.

ج) قفسی آزمایشی به حجم ۳ متر مکعب جهت استفاده در دریا، ساخته شده از حلقه های توری فایبرگلاس و چشمه های تور استیل با پوشش وینیل(Beveridge , 1996)



شکل ۵ الف: جزئیات ساختار قابهای مسی ـ نیکلی ۱۰÷۹۰ با تور مربوطه و نمونه هایی از طریق اتصال آنها به یکدیگر بمنظور ساخت قفسهایی با اشکال و اندازه های گوناگون (Woods Hole Engineering Associates, 1984)

ب: یک قفس با ابعاد متر ۶/۳×۳/۲×۳/۲ ساخته شده از قاب های توری مسی ـ نیکلی ۱۰÷۹۰ (Beveridge, 1996).

بمنظور جلوگیری از پرش ماهیها به بیرون از قفس، معمولاً در قسمت فوقانی قفس، در خارج از آب یک کیسه توری از جنس مواد مصنوعی در نظر گرفته می شود. در هر حال، تور مذکور در اثر عوامل طبیعی از قبیل باد، آب دریا و نور خورشید بتدریج از بین خواهد رفت و نیاز به تعمیر و نگهداری دارند.

نصب و برش تور در قفس های بزرگ، معمولاً کاری مشکل است. اغلب سبدهای فابریک که از تورهای بی گره در ساخت آنها استفاده شده است، به اشکال چهار گوش و یا الماسی شکل وجود دارند. در نوع اول، با اندازه چشمه های کوچک (شش میلی متری) معمولاً نصب تور آسانتر و با هزینه کمتری روبرو می باشد. ولی در سبدهای توری که الماسی شکل هستند، برش تور و نصب آن بر روی چارچوب کاری ساده نمی باشد و باید پیش از انجام هر نوع عملیات برش بر روی تور، میزان آویزان شدن سبد در آب محاسبه و تعیین گردد. بر حسب شکل قفس، قفسهای الماسی به اشکال مختلفی بصورت افقی یا عمودی در آب باز می شوند. سبدهای توری قفس ها معمولاً با نسبت ۰/۳ (r) در آب آویزان می شوند و معمولاً میزان باز بودن دهانه افقی چشمه ها معادل ۷۰٪ اندازه آن است. لذا در عمل به منظور محاسبه طول تور از فرمول زیر استفاده می شود:

$$L_S = \frac{L_d}{1-r}$$

L_S = میزان گسترش تور (متر)

L_d = طول دلخواه تور (متر)

از اینرو برای قفسی با ابعاد ۳×٤ متر، طول تور مورد نظر ١٤ متر خواهد بود. با فرض آنکه r =0/3 باشد، میزان گسترش تور متر $L_S = \frac{١٤}{٠/٧} = ٢٠$ خواهد بود. به منظور تخمین میزان گسترش عمق تور از فرمول زیر بکار می رود:

$$D_S = \frac{D_d}{2r - r^2}$$

D_d = عمق دلخواه (متر)

D_S = عمق گسترش تور (متر)

از دیگر عواملی که در میزان گسترش تور باید در نظر داشت، تعداد چشمه های

تور (n_m) می باشد که تعداد آن از معادله زیر محاسبه خواهد شد (Beveridge, 1996):

$$N_m = \frac{D_d}{(2r - r^2)\ L}$$

L = میزان گسترش چشمه تور (متر)

پس از انجام محاسبات، برای ابعاد قاب های تحتانی و جانبی قفس، میزان برشهای روی تور بسیار کمتر می شود و دورریزی تور به حداقل می رسد (Beveridge, 1996).

تورهای مصنوعی تنها براساس ابعاد یک طرف قفس برش داده نمی شوند و در این خصوص محاسبه تعداد چشمه های تور (براساس اندازه چشمه)، ضروری است. همچنین میزان گسترش تور به اندازه ابعاد قفس و نسبت آویزان بودن تور بستگی دارد

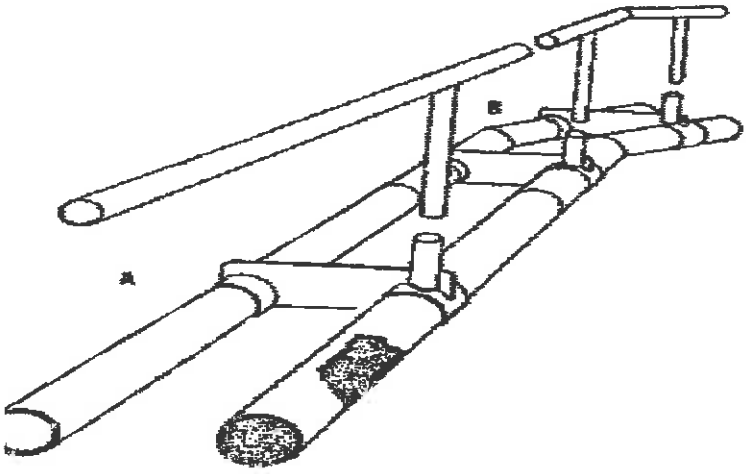
(Proceedings of the International workshop on Pen & Cage Culture of Fish,1979).

حلقه قفس و سیستمهای تقویت کننده

وظیفه قسمت بالایی قفس که بصورت حلقه ای گرد یا چند ضلعی می باشد، تقویت و تثبیت سبد در داخل آب است. حلقه و سیستمهای نگهدارنده اغلب مانند سکویی در قفس مورد استفاده قرار می گیرند (Beveridge, 1996).

حلقه در قفس های شناور باید قادر به تحمل وزن کیسه، وزن کارگران و وزن تجهیزات (کیسه های غذا، رقم بند، پمپ و هواده) باشد و بیشتر این بار را روی آب، شناورها تحمل می کنند. برای محاسبه میزان شناوری قفس بایستی فرض شود که هر گوشهٔ قفس، بخشی از وزن قفس و همچنین وزن کارگران و تجهیزات آنها را تحمل کند. بر این اساس، نیروی شناوری قفس تعیین می شود. یک بشکه ۲۲۰ لیتری وزنی معادل ۱۸۰-۲۰۰ کیلو گرم را تحمل می نماید. ولی این میزان حداکثر قدرت تحمل است و بایستی در محاسبه نیروی شناوری قفس وزن قابل تحمل را ۵۰ درصد

این مقدار در نظر گرفت. برای ساخت حلقه شناور، از موادی مانند چوب، فلز و پلاستیک استفاده می شود. استفاده از چوب این مزیت را دارد که این ماده دارای قدرت شناوری کمی است و معمولاً به شناور کمکی نیاز ندارد. حلقه های فلزی و پلاستیکی، استحکام و طول عمر بیشتری دارند ولی گرانتر می باشند (شیرازی و آذری، ۱۳۷۹). نوعی از قفس های معروف که جهت پرورش ماهیان آزاد ساخته و بکار گرفته می شود (شکل ٦)، دارای دو سری لوله های موازی است که با صفحات پلاستیکی داخل یکدیگر فرورفته، جفت می شوند و به اشکال چند ضلعی یا چهار گوش تبدیل می شوند. داخل این لوله ها از مواد پلی اورتان[1] پرشده است . بخش فوقانی لوله ها بعنوان حفاظ کارکنان روی قفس طراحی شده است که کمک زیادی به جلوگیری از پرش آزاد ماهیان به بیرون از قفس می نماید (Sedgwick, 1988) .



شکل ۶: قفس مخصوص پرورش آزاد ماهیان اقیانوس اطلس.

بخش های مستقیم (A) که اگر با زاویه ۱۳۵ د رجه بهم متصل شوند، حلقه هشت ضلعی و اگر تحت زاویه ۹۰ درجه بهم متصل گردند، حلقه چهار ضلعی پدید می آید.

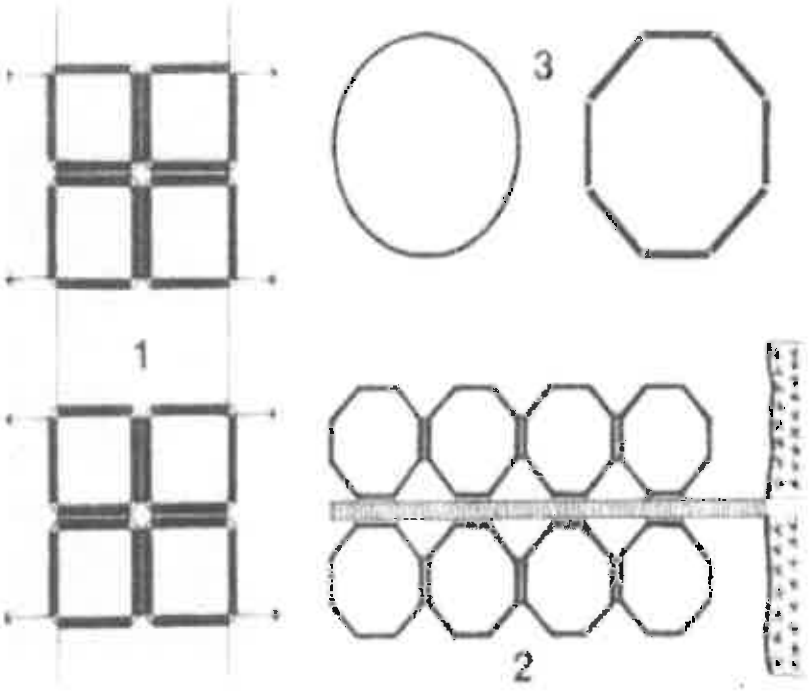
(1)Polyurethane

سیستمهای مهار کننده قفس

براساس نیروهای وارد شده بر قفس که برحسب نوع شرایط آب و هوایی متفاوت می باشد، نوع، اندازه، ضخامت و طول لنگر و دیگر عناصر مهار کننده قفس، ارزیابی و انتخاب می شوند. قفس ها را معمولاً به دو صورت تک نقطه ای و چند نقطه ای مهار می نمایند. در نوع اول قفس فقط از یک نقطه به کف آب یا ساحل اتصال پیدا می کند و در نوع دوم از چند نقطه مختلف این کار صورت می گیرد (شیرازی و آذری، ۱۳۷۹). اگر چند قفس در منطقه ای کنار هم باشند، می توان مجموعه آنها را به یکدیگر با لنگر به کف آب متصل کرد (شکل ۷).

(الف

ج)



ب)

شکل ۷ الف : قفس های دریایی راهرو به ساحل ب: قفس های چند ضلعی و اتصال آنها بوسیله ج: قفس های گرد و چند ضلعی با لنگرهای مجزا (Sedgwick, 1988).

شناوری و نیروهای وارد بر قفس

هنگامیکه قفس بر روی آب شناور است امواج، باد و جریانهای آبی نیروهایی را بطور افقی بر قفس وارد می کنند که برای مقابله با آن، لنگرهای اتصال قفس در برابر این نیروها ایستادگی می کنند. شناورها نیز در قفس نقش مقاومت در مقابل نیروهای عمودی مانند جاذبه زمین را دارند. براساس تجزیه و تحلیل های انجام یافته، مشخص شده است که نیروی مقاومی که حلقه اغلب قفس ها نسبت به نیروهای افقی نشان می دهند بسیار کمتر از نیروی عمودیست که لنگر قفس ها تحمل می کنند (Cairns & Linfoot, 1990).

در هنگام طراحی شناورها در قفس باید به چند نوع نیروی ایستایی عمودی و افقی گوناگون توجه داشت. نیروهای عمودی که در اثر جاذبه زمین به حلقه وارد می شوند به قسمتهای مختلف قفس مانند سبد، تقویت کننده ها، راهروهای روی حلقه، دستگیره و نرده ها و... و برخی لوازم و تجهیزات اضافی (نظیر پمپ ها، هواده ها، ظروف غذا، رقم بند ماهی و خود پرسنل فنی و کارگران و...) نیرو وارد می سازند. یخ نیز در زمره بارهای ایستایی است که بصورت افقی به حلقه قفس فشار وارد می آورد. بایستی چنین بارهایی را در هنگام طراحی سیستم شناوری در قفس ها مدّ نظر داشت (شکل a ۸).

بمنظور محاسبه وزن قفس در آب، تعیین چگالی مواد بکار رفته در قفس ضروری است. برای آنکه قفس روی آب شناور بماند، بایستی نیروی بارهای ایستایی در آب با قدرت شناورها به حالت تعادل برسند. میزان شناوری حلقه نیز به نیروی رو به بالای قسمتهای مختلفی از قفس بستگی دارد که بطور کلی یا جزئی در زیر آب فرورفته و معادل وزن آنان آب جایگزین شده است.

میزان نیروی شناوری را می توان با استفاده از اطلاعات مربوط به چگالی مواد بکار رفته در حلقه قفس، محاسبه کرد:

$$F_B = V_W \ Q_W \ _ \ V_M \ Q_M$$

دراین فرمول :

F_B = قدرت شناور (کیلوگرم)

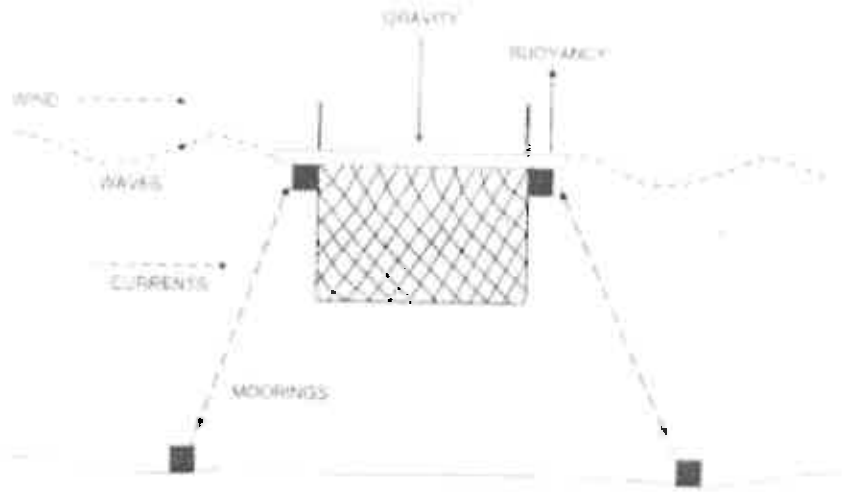
V_M, V_w = حجم آب و مواد شناور (مترمکعب)

Q_W, Q_M = چگالی آب و مواد شناور (kg/m^3)

بعنوان مثال، چنانچه یک متر مکعب نی بامبو تقریباً ۶۰۰ کیلوگرم و یک متر مکعب آب ۲۰ درجه سانتی گراد، ۱۰۰۰ کیلوگرم وزن داشته باشد قدرت شناوریی که یک متر مکعب بامبو می تواند ایجاد نماید برابر است با:

$F_B = (۱\times۱۰۰۰) - (۱\times۶۰۰) = ۴۰۰$ کیلوگرم

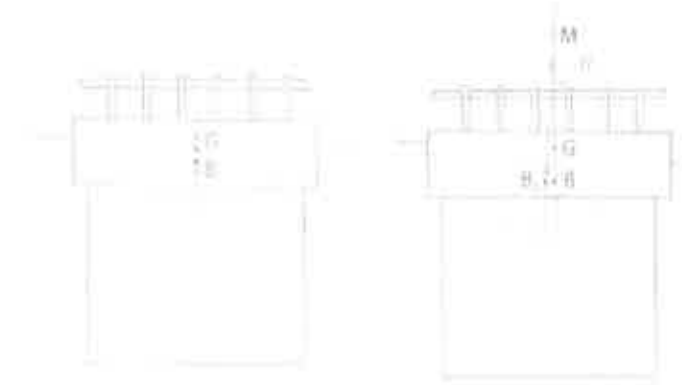
یک متر مکعب بامبو می تواند ۴۰۰ کیلوگرم بار را شناور نگهدارد.



شکل a ۸ : نیروهای اصلی وارد بر قفس (خطوط منقطع= نیروهای دینامیک، خطوط غیر منقطع= نیروهای ایستایی) (Beveridge, 1996) .

زمانی به سیستمی متعادل و پایدار اطلاق می گردد که در آن کلیه نیروهای وارده با یکدیگر بحال تعادل رسیده و موجب ثبات و استواری سیستم گردند. بدلیل شکل خاص قفس و نزدیک بودن خطوط وزنی آن در سطح آب، اغلب قفس های

شناور، مرکز ثقل کوچکی دارند. لذا مادامیکه موج از میان قفس عبور می کند، حلقه با موج زاویه می سازد ولی موقعیت مرکز ثقل قفس (G) به همان صورت باقی می ماند و مرکز تعادل شناوری قفس (مرکز ثقل آب جایگزین شده) به نقطه ای جدید (B) تغیر مکان می یابد (شکل ۸ b).



شکل ۸ b : موقعیت مرکز ثقل قفس (G) و مرکز تعادل شناوری جدید (B)

از تقاطع خط عمودی B_1 با خط عمودی از مرکز تعادل شناوری، نقطه میان مرکزی یا متاسنتر (M) بدست می آید. از اینرو اندازه برآیند نیروهایی که می تواند موجب برگشت حلقه قفس به حالت تعادل شود را می توان از رابطه زیر محاسبه کرد (Beveridge, 1996).

$$F=W \times G \times M \times SinQ$$

W = جرم قفس (کیلوگرم)

حال اگر بدون آنکه به جرم کلی (W) افزایش قابل توجهی داده شود، میزان شناوری حلقه قفس زیاد گردد (که ممکن است بدلیل کاربرد موادی با چگالی پایین نظیر پلی اورتان و پلی استیرن اتفاق افتد)، مرکز ثقل قفس بالا می آید. در نتیجه این عمل، فاصله بین متاسنتر و مرکز ثقل (ارتفاع متاسنتر) افزایش پیدا می یابد و بدنبال آن سبب بالا بردن ضریب اطمینان شناوری قفس بر روی آب می گردد. اما براساس

مطالعات انجام یافته بر روی حرکت کشتی ها، مشخص شده است که افزایش ارتفاع متاسنتریک موجب افزایش فشار بر ساختار جسم شناور می شود و در نتیجه حرکات و تکانها بر عرشه بیشتر محسوس خواهد شد. از اینرو ازدیاد بیش از حد شناوری در قفس نه تنها موجب بروز تکانهای بیشتر روی حلقه و بدنبال آن ایجاد خطر برای پرسنل روی قفس خواهد شد بلکه موجب افزایش حرکات شدید سبد و ایجاد استرس در آبزیان داخل آن می گردد (Stokoe, 1973) .

اگر استقرار قفس در آب، در مناطقی انجام گیرد که باد و امواج زیادی دارد، بهتر است قفس هایی با ابعاد کوچکتر ساخته شوند. همانطوریکه قبلاً نیز اشاره شد، نیروهای عمودی دینامیک که بر حلقه ای شناور وارد می شوند، بطور عمده از باد تولید می گردند.

برآیند نیروهایی که بر حلقه بطور افقی وارد می شوند را می توان با بردار شش نیروی مستقل تعیین نمود. سه نیروی خطی در سه جهت از گوشه راست و سه نیرو در اطراف همان سه محور، موجب تشکیل گشتاوری در محور TX و انحنای صفحات افقی و عمودی می گردند (شکل ۹).

شکل ۹ : برآیند نیروهای وارد بر حلقه و گشتاور نیروهای واردم

نیروهای حاصل از باد، بر بخشی از اسکلت اصلی قفس، بخشهای خارج آب نظیر شناورها، پیاده روهای روی حلقه، نرده ها، حفاظ ها، تیرک ها و غیره فشار وارد می سازد. از اینرو پیش از طراحی و استقرار قفس، بایستی اطلاعاتی مانند حداکثر سرعت باد و سرعت متوسط باد در منطقه را در پنج سال گذشته از اداره هواشناسی محلی سؤال نمود تا براساس این اطلاعات بتوان حداکثر نیروی باد را محاسبه و تعیین نمود. به منظور تعیین نیروی باد می توان از معادله زیر استفاده نمود (Beveridge, 1996).

$$F_A = ٪\,٩٦٥ \times A \times V^{٢}$$

در این فرمول :

A = مساحت (مترمربع m^2)

V = سرعت باد ($^m/_s$)

علاوه بر باد، نیروی مربوط به امواج و جریانهای آبی نیز از دیگر عوامل تأثیرگذار بر قفس ها می باشند که نباید از نظر دور داشت. به منظور محاسبه نیروی وارده از امواج به حلقه، بایستی از سرعت جریانهای آبی عمودی و افقی در آب آگاهی کامل داشت. از اینروجمع آوری اطلاعاتی در خصوص میزان ارتفاع امواج و عمق آب ضروری است. سرعت نقطه ای اجزاء تشکیل دهنده موج افقی (μ) و عمودی (ϖ) در زیر محاسبه می گردد:

$$\mu = \frac{\pi H.Cos(h)[٢\pi(٢+h)/L]}{t.Sin(h)(٢\pi h/L)}Cos\theta$$

$$\omega = \frac{\pi H.Sin(h)[٢\pi(٢+h)/h]}{t.Sin(h)[٢\pi h/L]}Sin\theta$$

در این دو فرمول:

H = ارتفاع موج (متر)

t = پرید موج (ثانیه)

L = طول موج (متر)

h = عمق آب (متر)

Z = انحراف معیار سطح (متر)

θ = زاویه نسبی تشکیل یافته بین موج و بدنه قفس

این فرمولها برای امواجی که در آنها نسبت $۰/۰ ٤ < \frac{h}{L} < ۰/۵$ برقرار است، کاربرد دارد.

براساس تحقیقات آقای میلن (سال ۱۹۷۰)، در مناطقی که اقدام به پرورش ماهی می گردد بندرت از میزان 2m/s فراتر خواهد رفت. لذا می توان از این مقدار برای دستیابی به اهداف گوناگونی در طراحی قفس استفاده کرد. از اینرو چنانچه بخواهیم نیروی وارده بر تور و چشمه های آن را در اثر جریانات آبی محاسبه کنیم، می توان ازمعادلات فوق استفاده کرد. در بیشتر مواقع، حداکثر نیروی افقی امواج به سطح حلقه وارد می شود. این نیرو که در اثر بر خورد جریانهای آبی بر سطح تورهای ثابت و قاب های مشبک ایجاد می گردد با معادله زیر محاسبه می شود:

$$F = K\rho \chi \mu^2 A$$ موج

دراین فرمول:

F = نیرو (نیوتن) (N)

ρ = چگالی آب (kg/m^3)

A = مساحت سطح حلقه (m^2)

K = ضریب ثابت (بدون واحد)

میزان نیرو به جنس، شکل، ساختار قفس و خصوصیات امواج بستگی دارد. چنانچه مقدار μ را همان2m/s فرض کنیم و $k=1$ باشد، مقدارF تقریباً کمتر از $400kg/m^2$ خواهد شد. بعلاوه، با توجه به فرمول فوق می توان گفت هر چه مساحت حلقه قفس کوچکتر در نظر گرفته شود، میزان نیروی وارد به آن نیز کمتر خواهد بود. حداکثر سرعت نقطه ای عمودی اجزاء تشکیل دهنده موج، تقریباً ۸۳٪ حداکثر سرعت نقطه ای افقی موج μ می باشد (Beveridge, 1996).

براساس تحقیقات انجام یافته مشخص شده است که بر اثر حرکت افقی امواج، نیروهای دیگری بصورت پیچشی، ضربدری و قوسی بر حلقه قفس وارد می شوند. البته نیروهای پیچشی و ضربدری بر قفس های با حلقه چهار گوش، تأثیر کمتری دارند ولی نیروهای قوسی که بصورت موازی با امواج پشت سر هم به اینگونه قفس ها وارد می گردند، بشدت قفس را حرکت می دهند. معمولاً هنگامی این نیرو به حداکثر میزان خود می رسد که طول امواج کمی بیشتر از ابعاد قفس باشد. در خصوص کلیه نیروهای وارد بر قفس مشخص شده است که اغلب نقاط اتصال قفس بیش از سایر قسمتها در معرض بر خورد و فشار نیروهای پیچشی و ضربدری قرار می گیرند. بندرت نیروهای افقی وارد بر قفس از 100 N تجاوز می نماید و این در حالیست که حلقه های ساخته شده از لوله های گالوانیزه قادر به تحمل 275 N نیرو هستند.

اگر بخواهیم به جمع بندی کلی در خصوص نیروهای وارد بر قفس بپردازیم، بیان این مطلب روشن است که نیروهای عمودی امواج که بر قفس برخورد می نمایند، شدت و تأثیر بیشتری نسبت به بقیه نیروها دارند. نیروی قوسی شکل این دسته از نیروها فشار زیادی به اسکلت و چارچوب قفس وارد می سازند و نیروهای پیچشی و ضربدری نیز به اتصالات و گوشه های اضلاع حلقه فشار می آورند. نیروهای قوسی شکل هنگامی به حداکثر میزان خود می رسند که طول امواج با ابعاد قفس یکسان گردد.

دوایر نیروهای وارد به قسمتهای مختلف قفس که بصورت متناوب و دائم به آنان فشار وارد می سازند، نسبت به برخورد با یک موج بسیار بزرگ، اثرات مخرب بیشتری نشان می دهند. در این خصوص مکانهای نزدیک ساحل که دارای امواج کوچکتر و تناوب موج بیشتری هستند، بسیار بیشتر از مناطق دور از ساحل موجب تخریب قفس ها می گردند.

چگونگی ساخت یک نوع قفس شناور

با توجه به امکانات موجود در ایران چگونگی انجام مراحل ساخت قفس شناور غیر چرخشی با دهانه پهن و کیسه توری قابل انعطاف با کف توری و به ابعاد ۳×۷×۷ متر با حجم تقریبی ۱۵۰ متر مکعب، بشرح ذیل توضیح داده می شود:

به منظور ساخت قفسی با مشخصات فوق ادوات زیر ضروری می باشند (آذری، ۱۳۷٤) .

۱- ادوات مورد نیاز جهت ساخت سبد: کیسه های توری با چشمه های ۰/٦ ، ۰/۸ و ۳ سانتی متر، نخ کتان، گویچه های سربی، طنابهای پلاستیکی با قطر ۱٤ و ۱۸ میلی متر، وزنه های سیمانی ٤- ۲ کیلوگرمی.

۲- ادوات و تجهیزات مورد نیاز جهت ساخت چارچوب و حلقه : لوله های گالوانیزه ۲ اینچ با روپوش پلاستیکی، بست داربستی، اتصال لوله نمره ۲، لوله بر، گیره و آچار، بشکه های ۲۲۰ لیتری پلی اتیلن، تسمه های پلاستیکی، نوارتفلون، تخته ومیخ.

۳- ادوات و تجهیزات مورد نیاز جهت ساخت مهار کننده قفس : لنگرهای فلزی، وزنه های بتونی و طناب با نمره ۳۰- ۲۰ میلی متر.

پس از تهیه ابزار و ادوات مذکور، اولین اقدام ساخت کیسه توری است. ابتدا براساس ابعاد مورد نیاز یعنی ۳×۷×۷ متر و بر پایه فرمول : $Ls = \frac{Ld}{1-r}$ و رابطه : $Ds = \frac{Dd}{2r-r^2}$، میزان گسترش و ارتفاع واقعی تور در آب و ابعاد مناسب تور محاسبه و برش داده می شود.

(Proceedings of The International Workshop on Pen & Cage Culture of Fish, 1979)

بدین ترتیب خواهیم داشت:

$$L_d = ۷ \times ۷ = ۴۹ \sim ۵۰ \ m^2$$

$$L_S = \frac{L_d}{۱-r} \Rightarrow L_S = \frac{۵۰}{۱-۰/۳} \Rightarrow L_S = ۷۱/۴ \ m^2$$

$$\sqrt{۷۱/۴} = ۸/۴۵ m \sim ۸/۵$$

یعنی طول و عرض ۸/۵ متر و بمنظور محاسبه ارتفاع واقعی تور بر آب، اندازه مناسب برش تور بصورت زیر خواهد بود :

$$S = \frac{D_d}{۲r - r^2} \Rightarrow D_S = \frac{۳}{۲ \times ۰/۳ - ۰/۳^2} \Rightarrow D_S = \frac{۳}{۰/۵۱} \Rightarrow ۵/۸۸ \text{ متر} \sim ۶ \text{ متر}$$

به منظور جلوگیری از پرش ماهیان به بیرون از آب یک متر به ارتفاع محاسبه شده تور اضافه می کنیم و بدین ترتیب ابعاد مورد نیاز جهت برش ۷ × ۸/۵ × ۸/۵ متر خواهد بود. پس از انجام عملیات برش، تور بشکل یک پشه بند وارونه بهم دوخته می شود، بطوریکه لبه فوقانی آن باز باشد. به منظور حفظ شکل کیسه در برابر جریان آب و جلوگیری از جمع شدن آن ، تعدادی گویچه سربی به لبه تحتانی و کف تور (روی طناب) متصل می گردد.

پس از تهیه کیسه تور، نوبت به ساخت اسکلت قفس می رسد. اگر برای ساخت قفس از لوله های گالوانیزه استفاده گردد (با استاندارد طول ۶ متر)، بایستی با توجه به ابعاد قفس، بوسیله رابطهای اتصال، طول لوله را اضافه یا در برخی نقاط برش داد. بمنظور قرار دادن بشکه های ۲۲۰ لیتری، لوله هایی به موازات این بشکه ها به فاصله ۵۰ سانتی متر از یکدیگر قرار داده و با لوله های ۶۰ سانتیمتری و با بست داربستی به فاصله های معین، دو لوله موازی را بهم متصل می سازند. جهت نصب حلقه فوقانی تور، لوله هایی به طول ۹۰- ۸۰ سانتیمتری را عمود بر لوله های فلزی در چهار گوشه و دو لوله دیگر را در هر ضلع به فواصل مساوی متصل می نمایند. سپس لوله هایی به موازات لوله های پارالل بر روی لوله های عمودی متصل کرده تا

حلقه فوقانی تکمیل گردد. این حلقه علاوه بر نگهداری قسمت فوقانی کیسه تور، بعنوان دستگیره و نرده جهت کنترل افرادی که روی قفس مشغول کار خواهند شد، مورد استفاده قرار می گیرد. پس از تکمیل حلقه قفس براساس پلان و نقشه های از قبل تهیه شده، نوبت به نصب بشکه های شناور می گردد (آذری،۱۳۷٤). هر قفس با ابعاد ذکر شده و با در نظر گرفتن یک نفر پرسنل جهت سرکشی، حدود ۸۰۰ کیلوگرم وزن دارد.

همچنین چنانچه تور این قفس با ابعاد ۷ × ۸/۵ × ۸/۵ در خارج از آب ۱۲۰ کیلوگرم وزن داشته باشد و در هنگام غوطه وری ۱۵ برابر به وزن آن اضافه گردد، وزن سبد تور حدود ۱۸۰۰ کیلوگرم بالغ می گردد. با محاسبه وزن قفس و سبد در آب، کل وزنی که باید بشکه های پلاستیکی قادر به شناورسازی آنها باشند، حدود ۲٦۰۰ کیلوگرم خواهد بود. حال با فرض آنکه قدرت شناوری هر بشکه حدود ۲۲۰ کیلوگرم باشد، تقریباً ۱۲ عدد بشکه برای شناوری این قفس در آب مناسب بنظر می رسد که می توان آنها را در هر ضلع حلقه بطورمساوی نصب نمود (Beveridge, 1996).

سیستمها و روشهای غذا دهی در قفس های پروار بندی

بمنظور دستیابی به یک نرخ رشد ایده آل در سیستمهای پرورش ماهی در قفس، استفاده از رژیمهای غذایی کامل در برگیرنده کلیه اسیدهای ضروری، اسیدهای چرب، ویتامین ها و مواد معدنی بسیار ضروری است. شناوری غذا نیز امری بسیار مهم بشمار می رود. زیرا غذاهایی که در سطح آب غوطه ور نشوند، آزاد ماهیان آنها را مصرف نکرده و بر کف سبد افتاده یا در روی بستر انباشته می شوند. تجمع و فساد اینگونه مواد غذایی موجب کاهش کیفیت آب و بروز مشکلات متعددی می گردد (Webster, 1996).

از اینرو بایستی به تهیه غذای مناسب براساس احتیاجات غذایی و رفتارهای

تغذیه ای این ماهیان در کلیه مراحل پرورش توجه خاصی معطوف شود. بعلاوه، بکارگیری روشهای مناسب و ویژه غذادهی در روی قفس، موجب افزایش بازدهی ودر نهایت سودآوری بیشتر برای پرورش دهنده خواهد بود.

الف) احتیاجات غذایی

۱- پروتئین:

معمولاً غذاهایی که برای آزاد ماهیان تهیه می شود، چنانچه غنی از پروتئین های حیوانی باشند، مرغوب محسوب می گردند. غذاهایی که ۳۵- ۲۸ درصد پروتئین دارند غذاهای با کیفیت پایین یا متوسط و به آنهایی که بین ٤٥- ٤٠ درصد پروتئین داشته باشند غذاهای درجه یک و ممتاز گفته می شود. میزان کلی پروتئین موجود در غذای آزاد ماهیان علاوه بر منشأ حیوانی، تا حدودی از منابع پروتئینی گیاهی نیز تأمین می گردد (Sedgwick, 1990) .

هنگامیکه پروتئینها را محلولهای اسیدی یا قلیایی هیدرولیز می کنند، حدود بیست نوع اسید آمینه بدست می آید. این ترکیبات نتیجه هضم نهاییپروتئین ها می باشند. برخی از اسیدهای آمینه را بدن موجودات زنده می سازد و نیازی به مصرف آنها در جیره غذایی نمی باشد. ولی تعدادی نیز حتماً باید از طریق مواد غذایی وارد بدن شده به مصرف سوخت و ساز برسند. به اسیدهای آمینه اخیر اصطلاحاً اسید آمینه ضروری[1] (EAA) اطلاق می گردد.

میزان اسیدهای آمینه مورد نیاز برای دو نوع از آزاد ماهیان در جدول شماره ۱ مشخص شده است (Shepherd & Bromage, 1992) .

(1)Essential Amino Acids

جدول ۱ : نیازهای دو گونه از آزاد ماهیان پرورشی به اسیدهای آمینه گوناگون بر حسب درصد پروتئینی (Intensive Fish Farming, 1992)

نوع اسید آمینه / گونه	آرژنین	هیستیدین	ایزولوسیون	لوسین	لیزین	متیونین و سیستین	فنیل آلانین وتیروزین	ترئونین	تریپتوفان	والین
قزل آلای رنگین کمان	٤	١/٨	٢/٨	٥	٦	٣/٣	٦	٤/١	٠/٦	٣/٦
ماهی آزاد چینوک	٦	١/٨	٢/٢	٣/٩	٥	٤	٥/١	٢/٢	٠/٥	٣/٢

با توجه به جدول فوق، وجود اسیدهای آمینه ضروری در جیره غذایی آزاد ماهیان امری بسیار مهم و حیاتی برای تغذیه این جانوران محسوب می گردد.

مواد پروتئینی در مرحله اول برای رشد ماهی بکار می روند. اضافی این مواد در تولید انرژی مصرف شده به چربی تبدیل می گردند. در اکثر جانوران چربی و مواد قندی برای تهیه انرژی مصرف می شوند. بهر حال اگر غذای مصرفی به اندازه کافی مواد قندی و چربی نداشته باشد، پروتئینها برای تولید انرژی سوخته می شوند. البته در بدن آزاد ماهیان اسیدهای آمینه بایستی به میزان معینی تولید و بلافاصله مصرف گردند. از غذاهای حیوانی، گوشت تازه و ماهی بهترین منبع پروتئینی برای غذای ماهی می باشند (عمادی، ١٣٦٠).

از غذاهای گیاهی، بعضی دانه ها و تخم گیاهان بخصوص سویا و ماش سرشار از ترکیبات پروتئینی هستند. البته باید نکته را در نظر داشت که نرخ هضم پذیری پروتئینها در جانوران متفاوت است و بسیاری از موادی که حاوی میزان بالای پروتئین هستند، هضم نشده و دفع می گردند. علت این امر، وجود انواعی از ترکیبات پروتئینی است که در بدن جانوران نقش ساختمانی ایفا می کنند. اینگونه پروتئینها ساختاری میله ای شکل دارند. مثالهایی از پروتئینهای تشکیل دهنده اسکلت سلولی،

کراتین است که در مو و پر یافت می شود و کلاژن که در تاندون ها و استخوان وجود دارد. از اینرو، با وجود پودر پر که دارای ۸۵ درصد پروتئین می باشد، ولی تا حد امکان از کاربرد آن در جیره غذایی بایستی اجتناب کرد. به منظور تعیین نرخ ضریب تبدیل و هضم پذیری یک پروتئین از فرمول زیر استفاده می شود (Bromage, Shepherd, 1992).

$$\text{نرخ ضریب تبدیل پروتئین (PER)}^{1} = \frac{\text{میزان وزن زنده به دست آمده (بر حسب گرم)}}{\text{میزان پروتئین تغذیه شده (برحسب گرم)}}$$

۲- هیدراتهای کربن :

ماهیان سرد آبی نسبت به هیدراتهای کربن قدرت هضم پذیری کمی دارند. از اینرو از خوراندن بیش از ۹۰ درصد هیدرات کربن قابل جذب به ماهی قزل آلا باید خودداری نمود. معمولاً به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن ماهی، خوراندن بیش از ٤/٥ گرم هیدرات کربن در روز به ماهی توصیه نمی شود. مصرف بیش از اندازه این ترکیبات به مدت طولانی، موجب بروز عوارضی از جمله از دست دادن وزن در آزاد ماهیان خواهد شد. بعلاوه، کبد اینگونه ماهیان بعلت تجمع بیش از حد گلیکوژن، از اندازه طبیعی خود بزرگتر می شود و ظاهری رنگ پریده پیدا می کند (Sedgwick, 1990).

۳- چربیها :

میزان هضم پذیری چربیها بستگی به نقطه ذوب آنها دارد. در معده ماهیها چربیهایی که نقطه ذوب پایینی داشته باشند، بهتر هضم می شوند. برخی از اسیدهای چرب نظیر اسید لینولئیک، اسید لینولنیک و اسید آراشیدونیک جزو اسیدهای چرب ضروری طبقه بندی می شوند. این ترکیبات نسبت به اسیدهای چرب دیگر

(1) PER=Protein Efficiency Ratio

غیراشباع تر می باشند. بجز لیپیدها، فسفولیپیدها نیز از چربیهای مهمی هستند که بایستی در رژیم غذایی آزاد ماهیان در نظر گرفته شوند. بطور کلی میزان چربی موجود در غذای آزاد ماهیان نبایستی از ۸ – ۵ درصد تجاور نماید. بدلیل دژنراسیون کبد و کلیه، مصرف بیش از حد چربی باعث کاهش وزن ماهیها خواهد شد (EIFAC Technical Paper No.12., 1979) و (Sedgwick, 1990).

ب) غذادهی

غذادهی به ماهیها در قفس به چندین روش اجرا می شود که از آنجمله می توان به روش های نموداری، درصدی برحسب وزن بدن و یا غذاپذیری ماهی اشاره کرد. البته استفاده از روش دوم یعنی برحسب درصد وزن بدنی مناسبتر تشخیص داده شده است. بهر حال، روش مناسب در غذادهی می تواند مانع از هدر رفتن غذا و فقدان آلودگی آب و شیوع بیماریهای مختلف شود و از نظر اقتصادی نیز سبب صرفه جویی قابل توجهی گردد. بطور کلی، در نظر گرفتن عوامل متعددی نظیر درجه حرارت آب، اندازه ماهی و تعداد ماهیان موجود در قفس می تواند در محاسبه تعیین میزان غذای مورد نیاز روزانه یا هفتگی، تا حدود زیادی به پرورش دهندگان کمک نماید (Webster, 1996).

در خصوص تهیه جداولی برای پیش بینی غذای خشک مصرفی (پلیت) ماهیان برحسب دمای آب، اندازه یا وزن ماهی تهیه می شوند، بایستی عوامل دیگری نظیر میزان کدورت آب، مواد معلق، استرس و عوامل متعدد محیطی را نیز در نظر داشت (جدول ۲).

روشهای غذادهی

بمنظور غذادهی به ماهی شیوه های گوناگونی اتخاذ می شود که از آنجمله می توان به موارد ذیل اشاره کرد :

جدول ۲ : مقدار غذادهی به ماهی قزل آلای رنگین کمان
(درصد وزن ماهی زنده)

دمای آب	اندازه ماهی برحسب سانتی متر										
	۲/۵ الی ۳/۵	۳/۵ الی ۵	۵ الی ۷/۵	۷/۵ الی ۱۰	۱۰ الی ۱۲/۵	۱۲/۵ الی ۱۵	۱۵ الی ۱۷/۵	۱۷/۵ الی ۲۰	۲۰ الی ۲۲/۵	۲۲/۵ الی ۲۰	بیش از ۵
٤	۲/٦	۲/٤	۲/۱	۱/۸	۱/٥	۱/۳	۱/۱	۰/۹	۰/۸	۰/۷	۰/٦
٦	۳	۲/۸	۲/٥	۲/۱	۱/۷	۱/٥	۱/۳	۱/۱	۱	۰/۹	۰/۸
۸	۳/٥	۳/۳	۲/۹	۲/٤	۱/۹	۱/۷	۱/٥	۱/۳	۱/۲	۱/۱	۱
۱۰	٤/۱	۳/۹	۳/٤	۲/۸	۲/۲	۲	۱/۷	۱/٥	۱/٤	۱/۳	۱/۲
۱۲	٤/۸	٤/٦	٤	۳/۲	۲/٥	۲/۳	۲	۱/۷	۱/٦	۱/٥	۱/٤
۱٤	٥/٦	٥/٤	٤/٦	۳/۷	۲/۹	۲/٦	۲/۳	۲	۱/۸	۱/۷	۱/٦
۱٦	٦/٥	٦/۳	٥/۳	٤/۳	۳/٥	۳	۲/٦	۲/۳	۲/۱	۲	۱/۹
۱۸	٤/٦	٤/٤	۳/۷	۳	۲/٤	۲/۲	۱/۹	۱/٦	۱/٥	۱/٤	۱/۳
۲۰	۲/۸	۲/٦	۲/۳	۲	۱/٦	۱/٤	۱/۲	۱	۰/۹	۰/۸	۰/۷
تعدادبار غذادهی درروز	ده بار	هشت بار		شش بار		چهاربار		سه بار		دوبار	

۱- غذادهی دستی :

در بسیاری از کارگاههای کوچک پرورش ماهی در قفس، معمولاً پرورش دهندگان، آسانترین و ارزانترین روش برای غذادهی، یعنی غذادهی دستی را انتخاب می کنند. چنانچه پرورش دهنده ای در نظر داشته باشد که از غذاهای منجمد استفاده نماید، ابتدا بایستی آنرا از حالت انجماد خارج سازد و در صورت لزوم غذا را چرخ کرده سپس بصورت دستی روی سطح آب پخش کند (Beveridge,1996).

تحقیقات انجام یافته در کشور ژاپن نشان داده است که استفاده از غذای منجمد می تواند منجر به کاهش تراکم جمعیت میکروارگانیسمها و کنترل بسیاری از آلودگیهای میکروبی گردد.

غذادهی دستی دارای مزایا و مشکلات متعددی است. یکی از مزایای استفاده از این روش، میزان اشتهای ماهی می باشد. همچنین بایستی پرورش دهنده از چگونگی سلامت ماهی اطلاع داشته باشد زیرا چنانچه ماهیان تحت استرس قرار گرفته یا دچار بیماری شده باشند، معمولاً بی اشتها می شوند و میلی به غذا ندارند. البته استفاده از این روش با مشکلات زیادی نیز همراه خواهد بود. کار برد این روش در مزارع بزرگ با مشکلات بسیاری همراه است. بعلاوه، معمولاً هنگامیکه غذادهی دستی انجام می پذیرد تا زمانیکه ماهیها تمایلی به خوردن غذا داشته باشند، به ماهیان غذا داده می شود. از اینرو، معمولاً ماهیها با مشکلات مربوط به پرخوری و همچنین پایین آمدن ضریب تبدیل غذا مواجه می شوند (Beveridge, 1996).

۲_ غذادهی با دستگاههای مکانیکی :

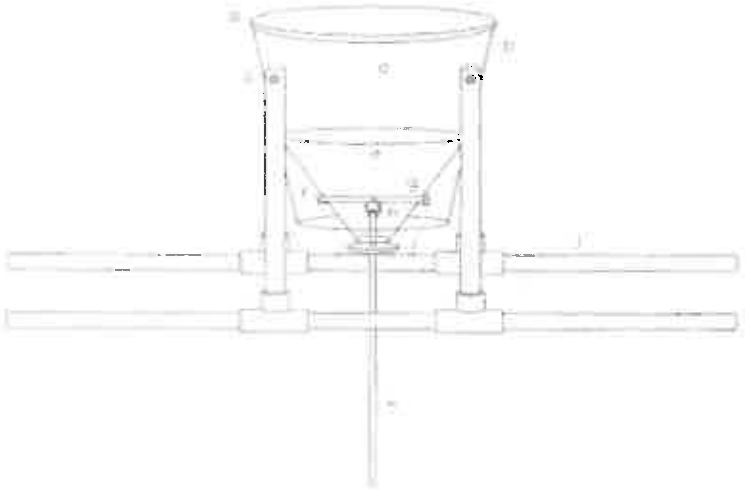
غذادهی مکانیکی به دو روش، سیستم مکانیکی غذادهی تقاضایی[1] و سیستم غذادهی خود کار صورت می گیرد.

الف) سیستم مکانیکی غذادهی تقاضایی (Demand Feeders) :

در این روش، غذای ماهی در مخزنی انباشته می شود و پاندولی نیز از مخزن به درون آب آویزان شده است. این سیستم بشکلی طراحی گردیده است که به محض تکان خوردن پاندول، غذا از مخزن نگهدارنده بر روی سطح آب می ریزد (شکل ۱۰). ماهیان موجود درقفس پس از مدتی با ویژگی پاندول آشنا می شوند و در صورت نیاز به غذا آنرا تکان می دهند (Beveridge, 1996).

---

(1)Demand Feeders



شکل ۱۰ : شکل شماتیک دستگاه غذاده تقاضایی (Demand Feeders)

(a) دستگاه غذاده (b) ساختار تقویت کننده پلاستیکی

(c) سرپوش (d) بشکه پلاستیکی (e) مخزن غذا

(f) حلقه (g) میله رابط (h) پاندول

از مهمترین مزایای استفاده از این سیستم، می توان به مواردی مانند رشد بیشتر، افزایش تولید، بالابردن ضریب تبدیل غذا و جلوگیری از آلوده شدن آب، کاهش شیوع بیماریها و کاهش تنوع اندازه در ماهیان اشاره کرد. دستیابی به این نتایج بیشتر بعلت در دسترس بودن به موقع غذا برای ماهی است. زیرا در این سیستم تنها زمانی غذا در دسترس ماهی قرار خواهد گرفت که ماهی نیاز به غذا داشته باشد.

ب) سیستم مکانیکی غذا دهی خود کار :

دستگاه غذاده خودکار اغلب بصورت اتوماتیک میزان مشخصی از غذا را در دوره های زمانی معینی در آب می ریزند. پرورش دهنده تنظیم میزان آزاد سازی غذا و زمان رهاسازی را کنترل می کند. استفاده از نیروی الکتریسته بخصوص باطریهای ۱۲ ولت در اغلب سیستمهای خودکار متداول است.

در کارگاههایی که از مجموعه چندین قفس متصل بهم تشکیل شده اند، گیرنده ای الکتریکی حساس به نور (Photo Cell) ، میزان و زمان رهاسازی غذا را برحسب شدت نور تنظیم می کند (Beveridge, 1996) .

برخی از سیستمهای خودکار به کمک کمپرسور هوا کار می کنند (شکل ۱۱). اگر در هر کارگاه، فشار هوا از حد معینی تجاوز نماید، سوپاپ فشار باز می شود و موجب پرتاب شدن مقدار معینی از غذا بر روی آب می گردد. استفاده از این دستگاهها در قفسهای شناور اغلب مرسوم نمی باشد (Sedgwick, 1990) .

شکل ۱۱ : دستگاه غذاده تفنگی یا خودکار
(اقتباس از کتاب Trout Farming Hand book)

تراکم، رقم بندی و چگونگی حمل و نقل ماهیان سرد آبی در قفس

۱- تراکم :

اغلب در بیشتر نقاط جهان، قایق بچه ماهیان را به قفس حمل می کند. پس از رسیدن قایق به محل قفسها، آب و ماهی داخل مخزن را پمپ به داخل آب می ریزد. معمولاً میزان تراکم نگهداری ماهی در قفس بین ۱۵ - ۱۰ کیلوگرم ماهی در هر مترمکعب در هنگام برداشت، تعیین می شود. البته اگر آب جریان مناسبی داشته باشد

و چشمه تورها نیز مرتباً تمیز گردند، تراکم تا حد ۲۰ کیلوگرم ماهی در مترمکعب نیز خطری جدی ایجاد نمی کند. از اینرو با توجه به میزان تراکم مناسب ماهی در مترمکعب در هنگام ماهی دار کردن قفس ها بایستی به نکاتی از قبیل وزن ماهیان، زمان رهاسازی و برداشت و همچنین تعداد تلفات احتمالی توجه داشت. بعلاوه، پس از سپری شدن مدتی از زمان ماهی دار کردن قفس ها و بزرگتر شدن ماهیها، آنها قدرت پرش پیدا می کنند و در بسیاری از مواقع در کارگاههایی که از اتصال چندین قفس پدید آمده اند، از یک قفس به قفس مجاور پریده و باعث بروز مشکلات متعددی از جمله بهم خوردن نسبت تراکم ماهیان در واحد حجم می شوند (Edwards, 1978).

بجز مسئله تراکم که حد بالای آن عاملی استرس زا می باشد، موارد دیگری نیز باید در هنگام جابجایی ماهیها مد نظر واقع شود.

۲- رقم بندی :

همزمان با بالارفتن وزن توده زنده در قفس، تفاوت اندازه نیز در میان ماهیان یک قفس بیشتر می شود. این امر اغلب موجب بروز مسائل متعددی می گردد که از آنجمله می توان به افزایش رفتار همنوع خواری،[1] کاهش رشد، هدر رفتن غذا، تعویق افتادن زمان صید و بسیاری از مشکلات مدیریتی اشاره کرد. ساده ترین روش رقم بندی از راه چشم می باشد. ولی در کارگاههای پرورش ماهی ناگزیر به استفاده از روشهای مکانیکی می باشد. رقم بندهای دستی، برای جداسازی ماهیان کوچک مناسبتر هستند. در اینگونه وسایل با توجه به فواصل مربوط به لوله های موازی، عملیات رقم بندی اجرا می شود (شکل ۱۲). رقم بندهای اتوماتیک، اغلب برای جداسازی ماهیان بزرگتر از انگشت قد[1] استفاده می شوند.

---

(1)Canibalism
(2)Fingerling

شکل ۱۲ : اجرای عملیات رقم بندی ماهیان بصورت دستی.
(اقتباس از کتاب Cage Aquaculture, 1996)

این نوع رقم بندها معمولاً دارای مخزنی برای ریختن ماهی هستند که به دو صفحه مسطح شیبدار متصل می باشد. این صفحات بشکلی طراحی شده اند که فاصله بین آنها از بالا، در جائیکه مخزن قرار گرفته، بطرف انتهای سطوح شیبدار است و براساس تطابق جثه ماهی و عرض شکاف، ابتدا ماهیهای کوچکتر و سپس ماهیهای بزرگتر، رقم بندی و توسط لوله های هدایت کننده به قفس خاصی منتقل می گردند (Sedgwick, 1990).

اغلب این ماشینها قابلیت لازم برای رقم بندی ماهیان بین ۵۰۰ – ۵۰ گرمی را به چهار تا پنج گروه مختلف دارند (Beveridge, 1996).

۴- حمل و نقل :

پس از انتخاب ماهیان انگشت قد سالم (که بهتر است به کمک کارشناسان شیلاتی و اخذ تعهدنامه از فروشندگان بچه ماهی صورت گیرد)، چگونگی تحویل و

شمارش ماهی، از موارد بسیار مهمی است که بی توجهی به آن ممکن است سبب بروز ضررهای مادی و اقتصادی فراوان به خریداران یا فروشندگان بچه ماهی شود.

به منظور تهیه و شمارش بچه ماهی، معمولاً از دو روش حجمی یا وزنی استفاده می شود. در روش اول، ابتدا در ظرفی مندرج، میزان مشخصی آب اضافه، سپس تعداد معینی بچه ماهی را شمارش کرده و در آن می ریزند. مقدار حجم اضافه شده در ظرف مندرج، بیانگر تعداد بچه ماهیان اضافه شده می باشد که می توان در حجم کم آنرا آزمایش کرد و تعداد ماهیان را شمارش نمود. در روش دوم، مقدار معینی از آب را در ظرفی وزن، سپس تعداد معینی ماهی را به آن اضافه می کنند و اضافه وزن حاصل در ظرف بیانگر تعداد ماهیان افزوده شده است. بدیهی است از تقسیم این عدد بر تعداد ماهیهای اضافه شده، متوسط وزن بچه ماهیان خریداری شده بدست خواهد آمد. در دو روش مذکور، مسئله مهمی که همواره در خرید بچه ماهی مشکل آفرین می باشد آنستکه با وجود چندین بار عملیات شمارش بصورت حجمی یا وزنی، چنانچه کلیه بچه ماهیها را دستگاههای شمارش کننده ماهی شمارش کنند، اغلب اختلاف فاحشی مشاهده می شود. علت این امر بیشتر به علت همراه بودن آب با ماهی در هنگام صید و جابجایی از آب به مخازن حمل است. وزن آب همراه را پس از چندین بار توزین و شمارش عددی، می توان بصورت ضریبی مشخص نمود و در عملیات اعمال نمود.

پس از این مرحله، فعالیت در خصوص جابجایی ماهیان انگشت قد از کارگاه تکثیر تا قفسهای شناور شروع می شود که معمولاً در دو فاز حمل و نقل زمینی (از محل خریداری بچه ماهیان تا ساحل دریا یا دریاچه) و آبی (از ساحل تا محل استقرار قفسها) اجرا می شود. در مرحله نخست که حمل و نقل جاده ای خوانده می شود، معمولاً از مخازن فایبرگلاس استفاده می شود که در پشت کامیون یا تریلرهای مخصوص نصب می گردند (شکل ۱۳). به منظور حمل ماهی در مسافتهای طولانی، استفاده از مخازنی که دارای پوشش پلی اورتان باشند، مناسب هستند. زیرا

به دلیل بُعد مسافت، کاربرد مواد عایق می تواند تا حد زیادی از بالا رفتن دمای آب جلوگیری نماید. در دنیا معمولاً استفاده از مخازن ۲۵۰۰ – ۱۵۰۰ لیتری برای این منظور متداول است. برای حمل ماهیان کوچک در فواصل کوتاه، حد اکثر از تراکم ۳۰ – ۲۰ گیلوگرم ماهی در مترمکعب استفاده می شود. استفاده از کپسولهای اکسیژن و بکارگیری مواد عایق می تواند تا حد زیادی از بالا رفتن درجه حرارت آب جلوگیری نماید. پایین نگهداشتن درجه حرارت آب در حدود $5^{\circ}c$ موجب کاهش متابولیسم و تنفس در ماهیان می شود. بعلاوه، در چنین دمایی آب حاوی اکسیژن محلول بیشتری خواهد بود.

شکل ۱۳ : تریلر حامل مخازن حمل ماهی زنده .

(اقتباس از کتاب Salmon & Trout Farming In Norway)

حمل بچه ماهیان زنده به سوی قفسهای شناور را معمولاً با قایقهای مخصوص انجام می دهند. قایقهای حمل ماهی زنده از نظر اندازه و طراحی، شباهت فراوانی به قایقهای ترالر ساحلی[1] دارند. تنها تفاوت عمده این نوع قایقها با ترالرها آنستکه در مخازن این شناورها، بجای ماهی تنها، از مخلوط ماهی زنده و آب استفاده می شود. هنگامیکه قایقها به منظور تخلیه ماهی نزدیک قفس ها توقف می نمایند، ابتدا پمپ های دیزلی، آب تمیز دریا یا دریاچه را بداخل مخزن پمپ می کنند تا بتدریج

(1)Inshore Trawler

ماهیان با شرایط فیزیکو شیمیایی آب بیرون، تطابق پیدا نمایند (Edwards, 1978).

به منظور حمل مقادیر بسیار زیاد آزاد ماهیان انگشت قد، شناورهای بسیار تخصصی و پیشرفته ای طراحی و ساخته شده اند که برخی با داشتن ٤٠ متر طول توانایی جابجایی بیش از ٥٠ تن ماهی زنده را دارند. این نوع شناورها برای حمل و نقل بچه ماهیان برای مسافتهای طولانی تعبیه شده اند (شکل ١٤).

از اینرو، به منظور اکسیژن رسانی و در جریان انداختن آب، بسیاری از شناورها مجهز به تجهیزات مربوط به هوادهی و پمپ های بزرگی برای جابجایی آب هستند. برخی نیز آب دریا را بعنوان آب تازه وارد مخازن نگهداری ماهی می کنند و پساب حاصل در کف مخازن را بیرون می ریزند. البته شیوه اخیر با وجودیکه از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه می باشد ولی بدلیل آنکه در این روش احتمال ورود عوامل بیماریزا و آلودگی های آبی از محیط اطراف شناور، بداخل زیاد است، توصیه نمی گردد (Beveridge, 1996).

شکل ١٤ : شناور مجهز و ویژه حمل آزاد ماهیان کوچک.[1] محدوده شمال غربی کشور نروژ. (اقتباس از کتاب Cage Aquaculture , 1996)

(1)Smolt

مشکلات موجود در استفاده از سیستم پرورش آزاد ماهیان در قفس

عوامل متعددی در بروز مشکلات مختلف در استفاده از سیستم پرورش آبزیان در قفس وجود دارد که می توان به علل بروز آنها بشرح زیر اشاره نمود :

۱- جریانهای آبی :

اغلب راه اندازی و نصب قفس در آبهایی که دارای جریانی بیش از ٦٠ سانتی متر بر ثانیه باشند توصیه نمی گردد. زیرا در اینگونه محیطهای آبی علاوه بر فشاری که بر روی حلقه قفس و تور وارد می آید، در اثر سرعت آب همواره مقدار زیادی غذا نیز از دسترس ماهی خارج می شود و باعث بروز خسارات مادی و زیست محیطی فراوانی می گردد. بعلاوه چنانچه ماهی بطور دائم در حال مقابله با جریان شدید آب باشد، میزان زیادی از انرژی خود را بدین ترتیب از دست می دهد، و بسختی افزایش وزن می یابد. براساس تحقیقات و بررسیهای انجام شده، مناسب ترین سرعت جریان آب حدود ۲۰ سانتیمتر بر ثانیه می باشد. در این سرعت انرژی زیادی صرف شنا و مقاومت در مقابل جریان آب نمی گردد (Beveridge, 1990) .

۲- فولنیگ ها[1] :

فولنیگ ها عواملی زیستی یا غیر زیستی هستند که معمولاً بر روی قفسها تجمع می نمایند. این رسوبات موجب بروز مشکلات زیادی بخصوص مسدود شدن چشمه تورها می گردند. فولنیگ های زیستی دراثر رشد جلبکها[2] و خزه شکلان[3] در قسمتهای مختلف قفس پدید می آیند. این موجودات سبب کم شدن میزان عبور جریان آب در قفس می شوند و کیفیت آب را کا هش می دهند(Hadson *et al.*, 1997) .

---

(1)Fouling
(2)Algae

میزان تجمع فولینگ ها تا حد زیادی به جنس مواد بکار رفته، اندازه چشمه تورها و یا گره دار یا بی گره بودن تورها بستگی دارد. در برخی از مناطق نظیر سواحل "تاسمانیا"[۶] در استرالیا، مسئله تجمع فولینگ های زیستی به حدی شدید است که در طول تابستان هر پنج الی هشت روز یکبار، پرورش دهندگان بایستی قفسها را پاک کنند (Hadson & Burke, 1994).

عملیات پاکسازی فولینگ های زیستی کاری دشوار و پر زحمت است که اغلب موجب آسیب رساندن به تورها و ایجاد استرس در ماهیها می شود (Masser, 1988).

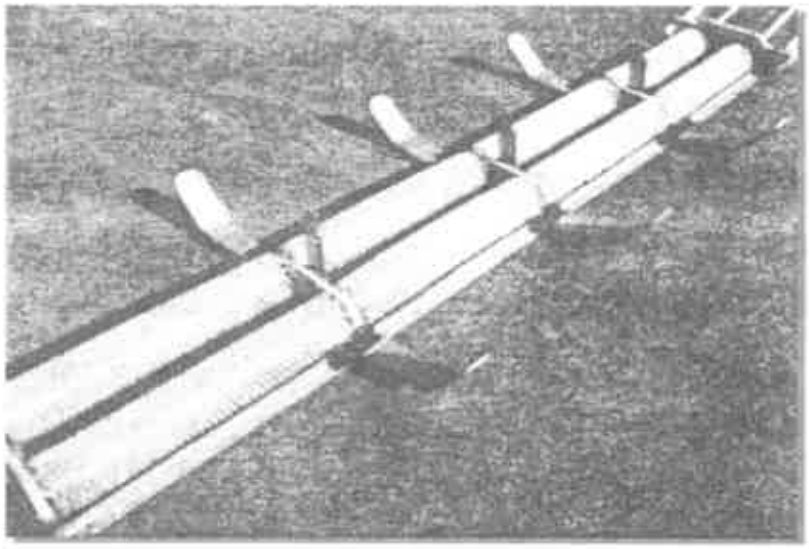
از اینرو در سال ۱۹۹۷، "هارسون" و همکارانش موفق به ساخت نوعی تمیز کننده خودکار شدند که مجهز به چهارجفت برس استوانه ای به طول ۸۰۰ میلیمتر بود که با انتقال نیرو توسط یک جعبه دنده کوچک به دور محور طولی خود گردش می نمایند (شکل ۱۵). از نتایج حاصل از بررسیهای این محققین در خصوص استفاده از این دستگاه مشخص گردید که پس از استفاده از این دستگاه، تراکم توده زنده مربوط به فولینگ های زیستی بر روی تور قفسها در عمقهای مختلف بشدت پایین آمده است و اختلاف معنی داری نیز در میزان تراکم جمعیت این موجودات مشاهده نشد (Hodson *et al.*, 1997).

۳- اجسام شناور :

چشمه های مربوط به تور قفس های شناور ثابت، آسیب پذیری زیادی نسبت به اجسام شناور دارند. قطعات چوبی شناور و سرگردان در آب و سایر اجسام شناور بزرگ از جمله خطراتی هستند که پرورش دهندگان در هر جایی با آن مواجهند. برای مقابله با خسارات ناشی از اجسام شناور، از روشهای گوناگونی استفاده می شود. یکی از بهترین راههای مقابله با این اجسام، ساختن حصار و ایجاد سنگرهای موقت با تورهای سیمی یا نی می باشد (آذری، ۱۳۷٤).

---

(۶)Tasmania



شکل ۱۵ : برسهای تمیز کننده گردان. اتصالات قابل انعطاف هر جفت برس، تغییر حالت تور در آب و عملیات پاک سازی را به نحو مطلوبی امکان پذیر می سازد.

۴- فضولات و مواد زائد :

معمولاً پس از مدتی که از راه اندازی کارگاههای پرورش ماهی در قفس می گذرد، در اثر تجمع مدفوع، فضولات و مواد زائد ناشی از تغذیه ماهیان، مقادیر زیادی از این مواد بر روی کف بستر دریا یا دریاچه رسوب می کنند و در اثر انجام فعالیتهای بیولوژیک و میکروارگانیسمها، بتدریج گازها و مواد سمی مانند سولفید هیدروژن و متان از داخل رسوبات در آب متصاعد و وارد می گردد (Beveridge, 1996).

۵ - نور :

آفتاب سوختگی[1] از عوارض موضعی است که در اثر برخورد مستقیم نور خورشید و اشعه ماوراء بنفش بر پوست ماهیان انگشت قد اغلب پدید می آید. البته

(1)Sun Burn

بروز این مشکل اغلب در آبهای شفاف و کم عمق و در عرض های جغرافیایی بالا یا مناطق بسیار مرتفع مشاهده می شود. از اینرو ایجاد پوشش و سایه بان بر روی قفسهایی که در چنین مناطقی قرار دارند، ضروری است (Shepherd & Bromage, 1992).

این عارضه موجب ظاهر شدن زخمهای موضعی خاکستری رنگ در سر و در طول فاصله باله پشتی ماهی می شود و در بسیاری از حالات پس از مدتی نکروزه می گردند. جراحات شدید اغلب مورد هجوم پاتوژنهای فرصت طلب محیط قرار می گیرند (آذری، ١٣٧٤).

۶- جانوران درنده و صیاد:

حیوانات زیادی همواره بدنبال فرصت مناسبی هستند تا به ماهیهای قزل آلا در قفس ها حمله کنند. از مهمترین این جانوران می توان به ماهیهای گوشتخوار بزرگتر، مارهای دریایی، پرندگان ماهیخوار، لاک پشت ها و پستاندارانی نظیر شنگ اشاره کرد. اینگونه درندگان اغلب با کشتن یا زخمی کردن ماهیها، پاره نمودن تورها و بدنبال آن ایجاد استرس در ماهیها و انتقال بسیاری از بیماریهای خطر ناک، موجب بروز مشکلات متعددی در این زمینه می گردند (Beveridge, 1996) .

در این رابطه، هجوم موش های آبی در دریاچه اوان واقع در استان قزوین باعث وارد ساختن خسارات زیادی به تورها، زخمی نمودن و فرار تعداد زیادی ماهی شده (آذری، ١٣٧٤). بهرحال نصب تورهایی فلزی بر روی قفس ها تا حد زیادی از حمله این حیوانات جلوگیری می کند (Edwads, 1978).

فصل دوم

پرورش متراکم ماهی با کمک استفاده مجدد از آب[1]

هدف از این سیستم برپایه پرورش ماهی در تراکم بالا، صرفه جویی در مصرف آب، زمین، سرمایه و به حداقل رساندن مدت زمان دوره پرورش می باشد. چنانچه نظری اجمالی بر قسمتهای تشکیل دهنده این سیستم داشته باشیم، بخشهای کلی آنرا می توانیم به چند بخش کلی طبقه بندی کنیم که عبارتند از: مخازن نگهداری ماهی، فیلترهای گوناگون (نظیر فیلترهای زیستی، فیلترهای مکانیکی، فیلترهای از بین برنده میکروارگانیسمهای مزاحم)، بخشهای مربوط به تنظیم عوامل شیمیایی و فیزیکی آب، سیستمهای تنظیم کننده گازهای زیستی و عوامل فیزیکی_شیمیایی آب، پمپ های آب و هوا و لوله های اتصال دهنده و غیره (شکل١٦) (Sedgwick, 1990).

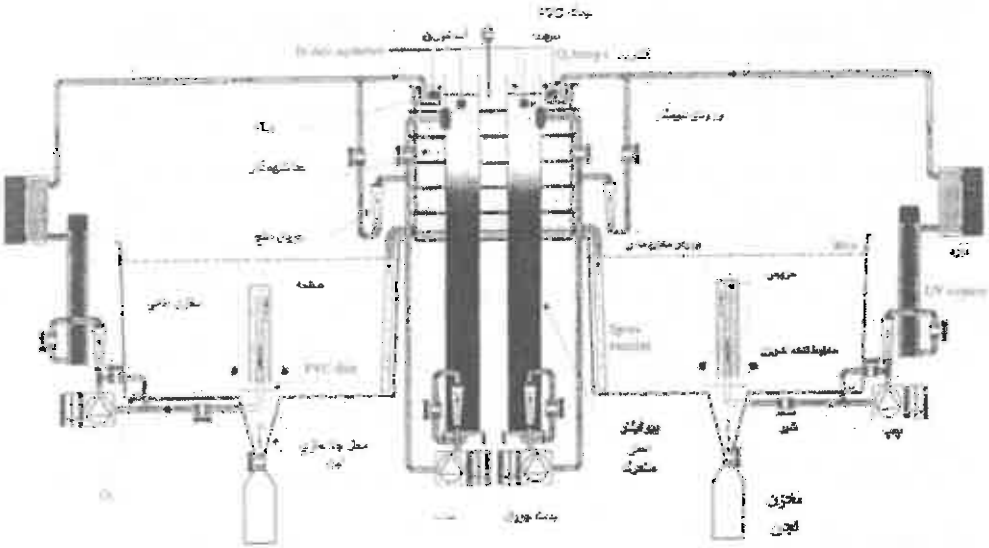
در چنین سیستمی ظرفیت نگهداری ماهی در واحد سطح نسبت به روشهای سنتی حدود ده برابر افزایش و میزان مصرف آب حداقل ده برابر کاهش می یابد. بعلاوه، در مساحت زمین استفاده شده نیز حدود٦٥ –٦٠ درصد صرفه جوئی خواهد شد (Ryzhkov, 1999).

فیلتراسیون زیستی[2]:

عمل فیلتراسیون زیستی شامل واکنشهای بیوشیمیایی متعددی است که بایستی در سیستم مدار بسته پرورش آبزیان صورت گیرد. این عملیات در بر گیرنده مراحل مربوط به معدنی شدن[3]، نیتریفیکاسیون[4] و دسمیلاسیون[5] ترکیبات نیتروژن دار می باشد که این عملیات از طریق باکتریهای معلق در آب و چسبیده به

(1) Recirculating Aquaculture Systems.
(2) Biological Filtration.
(3) Mineralization.
(4) Nitrification.
(5) Dissimilation.

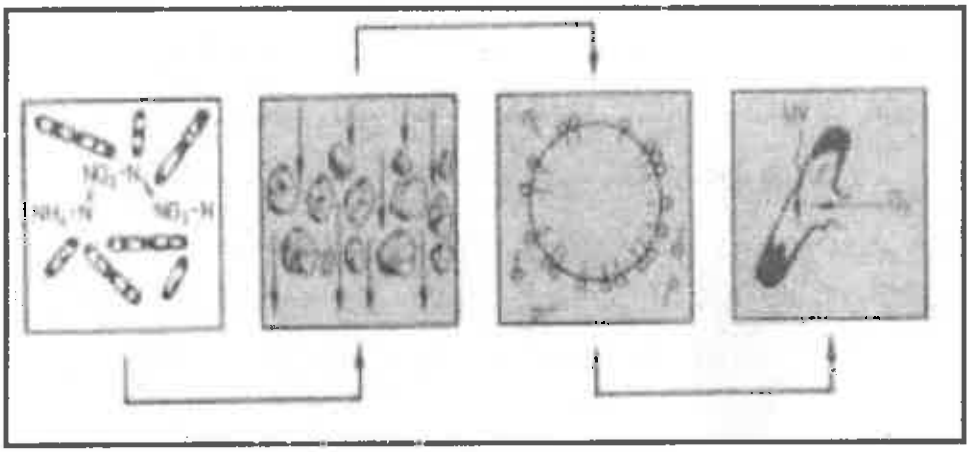
بستر فیلترها انجام می پذیرد(Spotte, 1979) .



شکل ۱۶ : دیاگرام سیستم پرورش ماهی با سیستم مدار بسته

در اثر نیتریفیکاسیون و معدنی شدن برخی از ترکیبات نیتروژن دار خطرناک، به مواد نیتروژن دار بی ضرر تبدیل می شوند. اما میزان کلی عنصر نیتروژن در آب ثابت می ماند (Heinen *et al.*, 1996).

فیلتراسیون زیستی، اولین فرآیند از عملیات چهار مرحله ای تصفیه آب در سیستمهای مدار بسته است. سه مرحله دیگر شامل فیلتراسیون مکانیکی، جذبهای فیزیکی و ضد عفونی کردن می باشند (شکل ۱۷) (Spotte, 1979).



شکل ۱۷ : چهار مرحله تصفیه آب در سیستمهای مدار بسته پرورش آبزیان. از چپ به راست : فیلتراسیون زیستی، فیلتراسیون مکانیکی، جذب فیزیکی و ضد عفونی کردن.

۱- معدنی شدن:

باکتریهای هتروتروف[۱] و اتوتروف[۲] گروههای اصلی میکروارگانیسمها در سیستمهای مدار بسته می باشند. گونه های هتروتروف ترکیبات نیتروژن داری را که در اثر فعالیت های متابولیسمی جانوران تولید می شوند مصرف می کنند و آنها را تبدیل به ترکیبات نیتروژن دار ساده تری نظیر آمونیاک می نمایند. معدنی شدن اولین مرحله فیلتراسیون زیستی می باشد. فرآیند معدنی شدن معمولاً با تغییر شکل پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک و تبدیل آنها به بازهای آلی نیتروژن دار آغاز می گردد (Spotte, 1979).

۲- نیتریفیکاسیون :

به فرآیند اکسیداسیون زیستی آمونیاک و تبدیل آن به نیتریت و نیترات،

---

(1)Hetrotrophic Bacteria.
(2)Autotrophic Bacteria.

نیتریفیکاسیون اطلاق می گردد. این فرآیند را اغلب باکتریهای اتوتروف انجام می دهند. اینگونه باکتریها برخلاف باکتریهای هتروتروف، توانایی مصرف کربن معدنی (نظیرCo_2) را بعنوان منبع تأمین کننده کربن در سلول دارند(Spotte, 1979).

نیتریفیکاسیون زیستی را توسط دو گروه عمده از باکتریها انجام می دهند. نیتروسموناس ها [۱] و نیتروباکتر ها [۲] که از باکتریهای اتوتروف محسوب می گردند، انرژی مورد نیاز خود را از ترکیبات غیرآلی بدست می آورند. فرآیند نیتریفیکاسیون در طی دو مرحله زیر با دخالت باکتریهای مذکور انجام می پذیرد:

$$NH^+_4 + 3/2O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} 2\,H^+ + NO^-_2$$

$$NO^-_2 + 1/2O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} NO^-_3$$

در واکنش نخست، با دخالت باکتریهای نیتروسموناس اولین مرحله معدنی شدن، یعنی تبدیل آمونیاک به نیتریت انجام می شود و در واکنش دوم نیتروباکترها، نیتریت را به نیترات تبدیل می کنند. این واکنشها، فرآیندهایی انرژی خواه می باشند. در این دو واکنش، نیتروسموس ها و نیتروباکترها اکسیژن را بعنوان عنصر گیرنده الکترون استفاده می کنند. از اینرو، محیط واجد اکسیژن از شرایط ضروری جهت ادامه فرآیند نیتریفیکاسیون محسوب می شود (Timmoas & Losordo, 1994).

ادامه فرآیند نیتریفیکاسیون معمولاً تحت تأثیر شش عامل مهم می باشد که عبارتند از: (Spotte, 1979)

۱_ وجود ترکیبات سمی در آب

۲_ دما

۳_ pH

٤_ غلظت اکسیژن محلول

(1)Nitrosomonas.
(2)Nitrobacter.

۵- شوری

٦_مساحت فیلترهای زیستی

اینک به شرح مختصری در خصوص هر یک می پردازیم:

۱- ترکیبات سمی :

بسیاری از ترکیبات شیمیایی تحت شرایط معینی، مانع از تکثیر و رشد باکتریها در فیلترها یا سبب ختلال در ادامه روند مسیرهای متابولیسمی میکروارگانیسمها می گردند. بهرحال، این عوامل موجب می شوند تا باکتریها در واکنشهای اکسیداسیون مربوط به فرآیند نیتریفیکاسیون تأثیر کمتری داشته باشند (جدول ۳).

جدول ۳ : تأثیر ترکیبات ضد باکتریایی و ضد انگلی بر فرآیند نیتریفیکاسیون در آب شیرین (اقتباس از کتاب Fish &Invertebrate Culture.,1979)

نام ترکیب	غلظت (میلی گرم درلیتر)	درصد باز دارندگی
اکسی تتراسایکلین	۵۰	–
سولفا مرازین	۵۰	–
اریترومایسین	۵۰	۱۰۰
سولفانیلامید	۲۵	٦۵
کلروتتراسایکلین	۱۰	۷٦
فرمالین	۱۵	۲۷
فرمالدئید	۱۰	۲۷
مالاشیت گرین	۰/۱	–
فرمالدئید + مالاشیت گرین	۲۵+۰/۱	–
متیلن بلو	۵	۱۰۰
سولفات مس	۱	–

۲ - درجه حرارت :

بسیاری از باکتریها در دامنه حرارتی زیاد زنده می مانند ولی فعالیتهای آنها در دماهای معینی کند یا متوقف می گردد. در اثر کاهش شدید درجه حرارت، فعالیت باکتریها متوقف می شود. معمولاً به این دامنه حرارتی، زمان سکون[1] اطلاق می شود. ولی با افزایش درجه حرارت میزان فعالیتهای بیوشیمیایی افزایش می یابد، از اینرو زمان سکون در این حالت مشاهده نمی شود. بالا رفتن دما در حدود ٤ درجه سانتیگراد موجب ازدیاد نرخ اکسیداسیون نیتریت به میزان ٥٠ - ١٢ درصد می گردد.

۳- اسیدیته pH :

pH مناسب جهت اکسیداسیون آمونیاک حدود ۷/۸ و برای نیتریت حدود۷/۱ است. مناسبترین pH برای انجام نیتریفیکاسیون بین ۷/۸-۷/۱ می باشد. در اثر تداوم نیتریفیکاسیون و تولید نیترات در سیستمهای مدار بسته، معمولاً pH کاهش می یابد (Kaiser & Schmitz, 1988). از اینرو مقرون به صرفه ترین روش برای مقابله با تغییرات pH در چنین سیستمهایی، طراحی های صحیح بمنظور تعویض مناسب آب برای خارج ساختن No3 از محیط آبی می باشد.

۴- اکسیژن محلول :

اکسیژن محلول در آب را میکروارگانیسمهای موجود در بستر فیلترها مصرف می کنند. میزان این اکسیژن مصرفی در واحد BOD (Biological Oxygen Demand) تعیین می گردد. بخشی از مقدار BOD اندازه گیری شده در بستر یک فیلتر، به میزان نیتریفیکاسیون و قسمت عمده دیگر به شدت فعالیت باکتریهای هتروتروف بستگی دارد. باکتریهای هوازی و بی هوازی هر دو در فیلترهای زیستی وجود دارند. هرگاه میزان اکسیژن محلول در آب افزایش یابد، باکتریهای هوازی گونه های غالب را

(1)Time Lag

تشکیل می دهند و هر زمان که اکسیژن محلول در آب کاهش یابد، جمعیت گونه های غیرهوازی بیشتر می شود.

۵- شوری :

بسیاری از گونه های باکتری در آبهای شور یا شیرین زیست می نمایند. بسیاری از گونه هایی که در آب شور زندگی می کنند، قابلیت تطابق با آب شیرین را نیز دارند. گونه های مختلف باکتریها در شوریهای معینی، قابلیت رشد و تکثیر را پیدا می کنند. چنانچه شوری در آب بتدریج افزایش یا کاهش یابد، میزان نیتریفیکاسیون نیز تغییر می کند.

۶- مساحت سطح :

میزان نیتریفیکاسیون روی سطح فیلترها در حدود ۱۰۰ برابر بیشتر از انجام این فرآیند در داخل آب است. از اینرو، اهمیت وسعت سطح فیلترها بعنوان محلی برای رشد و تکثیر میکروارگانیسمهای نیتروفیکانت بیشتر مشخص می شود. همچنین توجه به این نکته که برای هر حجم آب در سیستم بایستی مساحت معینی فیلتر زیستی در نظر گرفته شود، از آنجائیکه اینگونه فیلترها علاوه بر هزینه بالا، فضای زیادی نیز اشغال می نمایند، لذا طراحی صحیح فیلتر با در نظر گرفتن حداقل مساحت و حداکثر سطح تماس، از اهمیت خاصی برخوردار است.

چگونگی طراحی فیلتر زیستی

با در نظر گرفتن میزان مواد زائد حاصل از کل آبزیان موجود در کارگاه و قدرت پاکسازی فیلترها، بایستی در خصوص ابعاد و چگونگی طراحی آنها تصمیم گیری نمود. طراحی فیلترهای زیستی کاری بسیار ظریف و دشوار می باشد. زیرا عوامل متعددی از قبیل نرخ تغذیه، زمان تغذیه و بسیاری عوامل دیگر، در میزان تولید موادزائد روزانه دخیل هستند که بایستی فیلترهارا از محیط خارج نمود (Chuster &

Stelz, 1998). از اینرو، جزئیات مراحل طراحی فیلتر زیستی مناسب شامل موارد زیر خواهد بود (Timmons, Losordo, 1994) :

١_ تعیین مواد زائد تولیدی

٢_ تعیین حد تحمل ماهیان نسبت به عوامل ذیل:

الف- آمونیاک

ب- نیتریت

ج- نیترات

د- مواد جامع معلق

٣_ محاسبه میزان اکسیژن مصرفی ماهیها

٤_ محاسبه ظرفیت نگهداری ماهی در سیستم

٥_ محاسبه میزان شدت جریان آب در سیستم

٦_ محاسبه غلظت آمونیاک تولیدی در سیستم

٧_ محاسبه غلظت آمونیاکی که دوباره در سیستم گردش پیدا می نماید

٨_ محاسبه ضریب پاکسازی آمونیاک با فیلتر

٩_ تعیین مقدار کلی آمونیاک موجود در فیلترها

١٠_ محاسبه زمان مورد نیاز برای نگهداری آب در فیلتر

١١_ تعیین حجم فیلتر و مساحت سطح مخصوص فیلتر

١٢_ محاسبه ابعاد فیلتر

١٣_ بررسی میزان اکسیژن رسانی به فیلترها

١٤_ تجدید نظر در طراحی (در صورت نیاز به اکسیژن فراوانتر)

مثال[1] :

فیلتری طراحی نمائید تا قادر باشد میزان آمونیاک تولید شده از ١٠ تن ماهی قزل آلا را در یک سیستم مدار بسته با گردش آب ٩٠ درصد، تصفیه نماید. با فرض

(١) نوع فیلتردرنظرگرفته شده دراین مثال ازنوع بیودرام BioDrum است

آنکه وزن متوسط هر ماهی در حداکثر میزان رشد خود، یک کیلوگرم (طول ۴۳ سانتیمتر)، در نظر گرفته شود. همچنین اطلاعات زیر مفروض است :

۱ـ دمای آب در سیستم : ۵۴° F برابر ۱۲° c

۲ـ اطلاعات مربوط به فیلتر:

جنس : حلقه های پلاستیکی

مساحت سطح مخصوص : ۱۶۰ m^2

وزن : ۱۸/۵ kg/m^3

۳ـ میزان تغذیه ماهی : ۲ درصد وزن بدن در هر روز، غذای پلیت مخصوص قزل آلا

۴ـ حداقل میزان اکسیژنی که از فیلتر خارج می شود: ۵ mg/l

راه حل :

۱ـ میزان آمونیاک تولید شده (AP)[1]:

میزان تغذیه در روز ۲۸۹٪ = AP

کیلوگرم در روز ۵/۸ = (وزن بدن در روز ۲٪) (۱۰/۰۰۰kg) (۲۸۹٪) = AP

۲ـ میزان پاکسازی آمونیاک با فیلتر[2]:

میزان پاکسازی آمونیاک در ۱۲ درجه سانتیگراد = ۰/۶ گرم بر مترمربع در روز

۳ـ میزان مساحت سطح مخصوص لازم (SSA) برای عبور آب از سیستم در طی یک مرحله

$$SSA=\frac{\text{میزان آمونیاک تولیدی}}{\text{میزان پاکسازی آمونیاک به ازاء مترمربع در روز}}$$

$$SSA=\frac{\text{۵۸۰۰ گرم/ روز}}{\text{۰/۶۰ گرم/ روز در مترمربع}}=۹۶۶۷$$

۴ـ محاسبه میزان اکسیژن مصرفی ماهی[3]:

---

(1)Liao & Mayo(1974)
(2)Speece(1973)
(3)Liao(1971)

$$O_C = K_2\ T^a w^b$$

دراین فرمول خواهیم داشت

Oc = میزان اکسیژن مصرفی

K_2 = ضریب ثابت

T = درجه حرارت (برحسب فارنهایت)

a,b = مقادیر شیب ها

w = اندازه ماهی

مقادیر مربوط به K_2, a و b از جداول مربوط به مقاله[۱] (Water Requirements of Salmonids) استخراج شده است. این پارامترها با توجه به اندازه ماهی و نوع گونه متغیر می باشد. با توجه به این مقادیر میزان اکسیژن مصرفی بصورت زیر محاسبه می گردند :

$$O_C = ۳/۰۵ \times ۱۰^{-٤} \times (٥٦)^{۱/۸٥٥} \times (۲/۲)^{-۰/۱۳۸}$$

$$O_C = (۳/۰۵ \times ۱۰^{-٤})\ (۱۷٤۹)\ (۰/۹) = ۰/٤۸$$

پوند اکسیژن از ۱۰۰ پوند ماهی در هر روز

۵_ ظرفیت نگهداری[۲] با فرمول زیر قابل محاسبه است[۳]

$$L_C = \frac{۰/۱۴\,(C_e - C_m)}{O_C}$$

دراین فرمول :

L_C = ظرفیت نگهداری (کیلوگرم ماهی/ لیتردردقیقه)

C_e = غلظت اکسیژن محلول در دمای T و عرض جغرافیایی E_1 (میلیگرم در لیتر)

C_m = حداقل غلظت اکسیژن قابل ورود به فیلتر (میلیگرم در لیتر)

Oc = نرخ ورود اکسیژن (کیلوگرم اکسیژن/۱۰۰ کیلوگرم ماهی)

---

(1)Liao, P.B. (1971)
(2)Liao *et al.* (1972)
(3)Carrying Capacity

چنانچه میزان غلظت اشباعی اکسیژن ۱۰ میلیگرم/ لیتر فرض شود[1] و حداقل غلظت اکسیژن قابل ورود به فیلتر، ۵ میلی گرم در لیتر باشد (مفروض در مسئله)، خواهیم داشت :

$$L_C = \frac{\text{۰/۱۴ میلی‌گرم / لیتر (۵-۱۰)}}{\text{۰/۴۷۸ کیلوگرم اکسیژن / ۱۰۰ کیلوگرم ماهی در روز}} = \text{۱/۴۶ کیلوگرم ماهی / لیتر در دقیقه}$$

(ضریب ثابت ۰/۱٤ برای سیستم در نظر گرفته شده است)

ازاینرو میزان شدت جریان آب ورودی بصورت زیر محاسبه می شود :

$$Q = \frac{\text{۱۰۰۰۰ کیلوگرم}}{\text{۱/۴۶ لیتر در دقیقه}} = \text{۶۸۴۹ لیتر در دقیقه / کیلوگرم ماهی}$$

٦ـ میزان غلظت اولیه آمونیاک در هنگام تخلیه سیستم:

$$C_i = \frac{\text{آمونیاک تولید شده در روز}}{\text{میزان جریان آب در روز}}$$

$$C_i = \frac{\text{۵/۸ کیلوگرم آمونیاک در روز}}{\text{(۶۸۴۹ کیلوگرم آب/دقیقه) (۶۰ دقیقه در ساعت) (۲۴ ساعت در روز)}} = \text{۰/۵۹ میلی گرم در لیتر}$$

غلظت آمونیاک قابل ورود به سیستم (C_2)، ۰/۷۵ میلی گرم بر لیتر در نظر گرفته شده است. براساس میزان سمیت آمونیاک برای ماهی :

$$C = \frac{C_2}{C_i} = \frac{۰/۷۵}{۰/۵۹} = ۱/۲۷$$

۷ـ برای تعیین بازدهی فیلتر نیاز به محاسبه میزان پاکسازی آمونیاک بشرح زیر می باشد.

$$E = \frac{۱ + C \times R - C}{C \times R}$$

---

(1)Wheaton (1977)

دراین فرمول:

R = درصد گردش آب

E = درصد کاهش متابولیست در اثر یکبار عبور از فیلتر

C = غلظت متابولیست در هر واحد پرورشی تقسیم بر غلظت این مواد در خروجی سیستم (عامل غلظت آمونیاک)

$$E=\frac{۱+۱/۲۷(۰/۹)-۱/۲۷}{۱/۲۷(۰/۹)}=۰/۷۶$$

۸ـ مقدار کلی آمونیاک تولیدی در فیلترها

WA = میزان آمونیاک بار شده روی فیلتر با یک مرحله عبور

WA = (۵ / ۸ روز/ کیلوگرم آمونیاک) (۱ / ۲۷) = ۷ / ۳۷ روز/ کیلوگرم آمونیاک

۹ـ برای محاسبه زمان نگهداری فیلتر نیاز به محاسبه مقدار E می باشد[1]:

$$t_m=\frac{E}{۹/۸T-۲۱/۷}$$

دراین فرمول :

t_m = زمان نگهداری فیلتر برحسب ساعت

T = درجه حرارت آب برحسب، درجه سانتیگراد

t_m = ۰ / ۴۸ دقیقه یا $t_m=\frac{۰/۷۶}{(۹/۸)(۱۲)-۲۱/۷}=۰/۰۰۷۹$ ساعت

۱۰ـ حجم فیلتر مورد نیاز:

$$Vol=\frac{Qt_m}{\text{میزان خروجی}}$$

$$Vol=\frac{(۰/۴۸)(\text{لیتر در دقیقه } ۶۸۴۹)}{۰/۹}=\text{لیتر } ۳۶۵۳$$

۱۱ـ مساحت سطح مخصوص محاسبه شده :

SSA = (Vol) (حجم واحد/ مساحت سطح)

SSA = ۳٦٥ L (مترمکعب بر ۱۰۰۰ لیتر)(مترمربع برمترمکعب ۱٦۰)= ٥٤٨ مترمربع

(1)Liao *et al.*(1972).

مترمربع ٥٤٨= (مترمربع برمترمکعب ١٦٠)(مترمکعب بر ١٠٠٠ لیتر) SSA = ٣٦٥ L

١٢_ محاسبه ابعاد فیلتر :

با در نظر گرفتن عمق ٢ متر برای فیلتر

(عرض)(طول) متر ٢ = مترمکعب٣/ ٦٥٣ => (عرض)(طول)(عمق) =Vol

(عرض)(طول) = مترمربع ٨٢٦ /١ =>

طول و عرض به ترتیب ١/٨ متر و ١/٠١ متر فرض شود.

١٣ – میزان اکسیژن ورودی به فیلتر:

به منظور تبدیل آمونیاک به نیترات به ازاء هر گرم NH_3 -N، ٨/١٤ گرم اکسیژن مورد نیاز است. از اینرو، با توجه به اطلاعات موجود در هر روز، بایستی ٥/٨ کیلوگرم آمونیاک تبدیل گردد. لذا میزان اکسیژن مورد نیاز در فیلتر بصورت زیر محاسبه می گردد :

O_2 = (اکسیژن/ کیلوگرم NH_3 ٤/١٨) × (کیلوگرم آمونیاک/ روز ٥/٨)

O_2 = ٢٤/٢٤ Kgo_2 /day

اکسیژن قابل دسترس در فیلترها نیز بشکل زیر تعیین می گردد :

O_A= (میزان تبدیل اکسیژن در میان فیلترها) × (میزان شدت جریان آب)

O_A =(٦٨٤٩دقیقه/لیتر) × (لیتر١٠/میلی گرم/لیتر٥- میلی گرم/دقیقه/گرم اکسیژن٣٤/٢٤ =

ویا روز/ کیلوگرم اکسیژن ٤٩/٣

از اینرو، با استفاده از شدت جریان آبی با دبی ٦٤٤٩ لیتر در دقیقه، اکسیژن کافی برای فیلترها فراهم می گردد. ایجاد چنین شرایطی در حالی امکانپذیر است که میزان اکسیژن در آب ورودی و خروجی حداقل به ترتیب کمتر از١٠میلیگرم در لیتر و٥ میلیگرم در لیتر نباشد.

انواع فیلترهای زیستی

فیلترهای زیستی که عملیات نیتریفیکاسیون را انجام می دهند، انواع متعددی دارند که از جمله می توان به فیلترهای غوطه ور[۱]، قطره ای[۲]، بیودرام[۳]، بیودیسک[٤]، بستر متحرک[٥] و دانه تسبیحی[٦] اشاره کرد.

۱- فیلترهای غوطه ور:

در این فیلترها، قلوه سنگها و قطعات پلاستیکی کوچک، فاز ثابت و آب بعنوان فاز متحرک از آنها عبور می کنند. ویژگی خاص فیلترهای غوطه ور آنستکه بطور کلی محل اصلی انجام فرآیند نیتریفیکاسیون و منطقه رشد و تکثیر باکتریهای نیتریفیکانت، در زیر آب قرار دارد. مسیر ورود و خروج جریان آب در فیلتر، ممکن است از بالا به پایین یا بالعکس باشد (مظهری، ۱۳۷۱). بدلیل قرار داشتن محل رشد و تکثیر باکتریها در زیر آب، اکسیژن مورد نیاز این میکروارگانیسمها بایستی ازطریق جریان آب تأمین گردد (Timmoas & Losordo, 1994).

۲_ فیلترهای قطره ای :

فیلترهای قطره ای شباهت زیادی به فیلترهای غوطه ور دارند. تنها تفاوت این سیستم با مورد قبل آنستکه در فیلترهای قطره ای محل رشد و تکثیر باکتریهای نیتریفیکانت کاملاً در زیر آب قرار ندارد و تنها این منطقه مرطوب می باشد. از اینرو بمنظور اکسیژن رسانی به باکتریها می توان بنحوی از جریان هوا نیز استفاده کرد (مظهری، ۱۳۷۱).

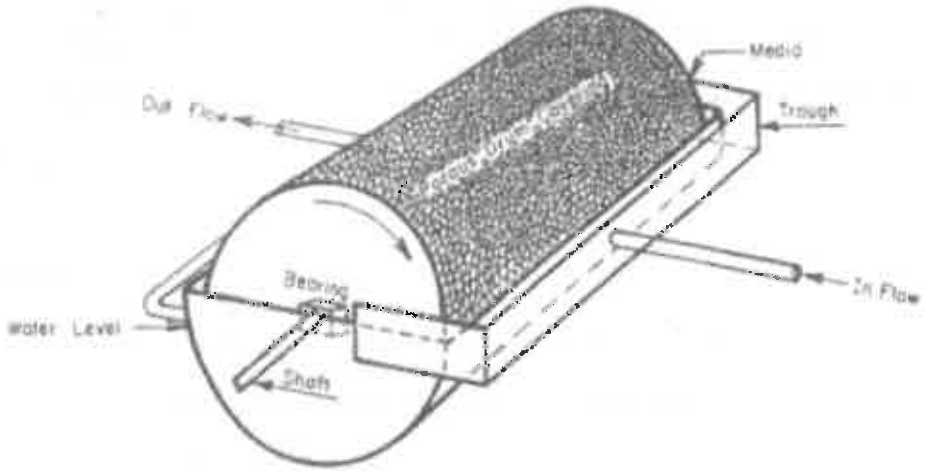
---

(1)Submerged.
(2)Trickling.
(3)Biodrum.
(4)Biodisks.
(5)Fluidized Beds.
(6)Bead Filters.

۳_ بیودرام :

این فیلتر از استوانه ای تشکیل شده است که نیمی از آن در داخل آب قرار می گیرد (شکل ۱۸). باکتریها بر روی سطح این استوانه رشد می کنند. پساب در کانال زیر استوانه در جریان است و به دلیل حرکت دورانی آن، بر روی شیارهای موجود قرار می گیرد و باکتریها آنها را تصفیه می کنند. سرعت چرخش استوانه باید طوری در زیر آب تنظیم شود که باکتریها به مدت طولانی در زیر آب نمانند تا از کمبود اکسیژن از بین بروند و اگر سرعت دوران استوانه بیش از حد باشد، موجب جدا شدن باکتریها از روی سطح می شود (مظهری، ۱۳۷۱).

معمولاً به دلیل جریان دائم آب به داخل و خارج از بیودرام ها، اینگونه فیلترها بندرت مسدود می شوند. براساس بررسیهای بعمل آمده، اغلب در بیودرام ها بجای اکسیژن میزان کم آمونیاک و نیتریت، عامل محدود کننده در انجام نیتریفیکاسیون می باشد. از اینرو، در هنگامیکه غلظت این ترکیبات پایین باشد، بایستی سرعت چرخش بیودرام تنظیم شود (Timmoas & Losordo, 1994).



شکل ۱۸ : شکل شماتیک یک بیودرام

۴- بیودیسک ها :

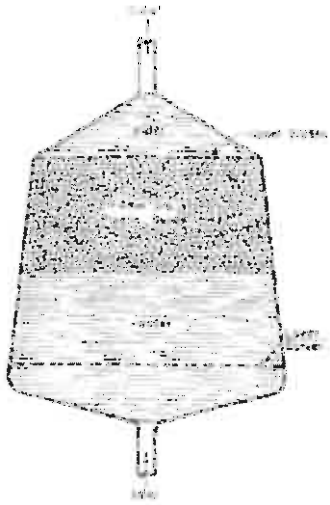
بیودیسک ها از صفحات مدور متعددی که در فواصل معینی از یکدیگر قرار دارند، تشکیل شده اند. به منظور افزایش مساحت سطح مخصوص و کارایی فیلترها، فاصله بین صفحات بایستی به حداقل میزان خود برسد. زیرا در این دامنه قابلیت ایجاد یک لایه کلونی باکتریایی در هر دو سوی دیسک ها بوجود آمده است، در ضمن آب نیز در میان دیسک ها گردش می کند. سرعت گردش بیودیسک ها نیز بایستی تقریباً با بیودرام ها یکسان باشد (Timmoas & Losordo, 1994).

۵- فیلترهای بستر متحرک :

در این روش مقدار زیادی شن و ماسه بطور معلق در داخل استوانه ای قرار می گیرد. پساب با جریان کافی از زیر استوانه وارد و از بالا خارج می شود (شکل ۱۹). برای معلق نگهداشتن شنها در داخل استوانه، فشار زیاد پساب ضروری است. باکتریها به دلیل ریزبودن، روی دانه های شن که سطح وسیعی را اشغال کرده، رشد می کنند و به تصفیه آب می پردازند (مظهری، ۱۳۷۱). در این فیلتر، باکتریها اکسیژن مورد نیاز خود را از طریق آب تأمین می نمایند از اینرو بایستی جریان آب فشار لازم را داشته و از اکسیژن نیز غنی باشد (Timmoas & Losordo, 1994).

۶- فیلتر دانه تسبیحی :

فیلترهای دانه تسبیحی بخصوص از نمای خارجی به فیلترهای بستر متحرک شباهت زیادی دارند. مهمترین تفاوت این فیلترها با فیلترهای نوع قبل اینستکه در فیلترهای دانه تسبیحی، محل رشد باکتریها بر روی قطعات کوچک و سبک پلاستیکی قرار گرفته است.



شکل ۱۹ : شکل شماتیک از یک فیلتر بستر متحرک.

کنترل مواد جامد معلق در سیستمهای مدار بسته

کاهش ذرات جامد معلق در آب، همواره یکی از اهداف مهم و اساسی در سیستمهای مدار بسته پرورش آبزیان بوده است. تراکم بالای مواد آلی معلق در آب، اغلب موجب بروز تأثیرات شدیدی در فراوانی بیوفولینگ ها، سطوح اکسیژن و ظهور بیماریهای مختلف می گردد. معمولاً مواد جامد معلق شامل مدفوع و خورده های غذا می باشند که در ابعاد گوناگون در آب غوطه ور می گردند. مواد جامد با ابعاد کمتر ۱۰۰ میکرومتر بیشترین فراوانی را نسبت به بقیه ذرات بخود اختصاص می دهند.

کل ذرات جامد معلق TSS[1] عملاً براساس میزان اجرام بزرگتر از یک میکرومتر درحجم معینی از آب تعیین و اندازه گیری می شود. از نظر شیمیایی مواد جامد معلق را می توان به دو دسته آلی و معدنی تقسیم کرد. مواد آلی که عمدتاً تحت عنوان مواد جامد معلق فرّار VSS[2] خوانده می شوند، موجب افزایش میزان

(1)Total Suspended Solids
(2)Volatile Suspended Solids

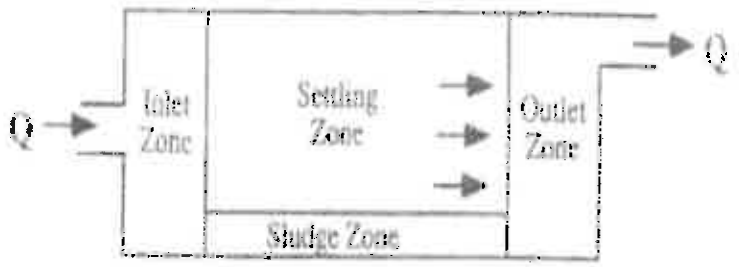
مصرف اکسیژن می شوند و مشکلات متعددی نیز در رابطه با ازدیاد فولینگها بوجود می آورند. ترکیبات معدنی اغلب در تشکیل لجن دخالت دارند. از نظر فیزیکی، مواد معلق به دو دسته ذرات جامد ثابت با ابعاد بزرگتر از ۱۰۰ میکرومتر و ذرات غیر ثابت با ابعاد کمتر از ۱۰۰ میکرومتر تقسیم می شوند. با کوچکتر شدن ابعاد ذرات، میزان تصفیه و جداسازی این ذرات در آب بتدریج کاهش می یابد. ذرات بسیار کوچک و غیر ثابت معلق در سیستمهای مدار بسته، معمولاً موجب بروز مشکلات زیادی می شوند. براساس مطالعات انجام گرفته بر روی ماهی قزل آلای رنگین کمان[۱]، تجمع ذرات معلق به ابعاد ۱۰ – ۵ میکرومتر منجر به فعالیت آبششها در این ماهیان می گردد.

ته نشینی ذرات

یکی از ساده ترین روشهای جداسازی این مواد معلق، رسوبگذاری براساس خاصیت جاذبه و وزن ذرات معلق است. مصرف کم انرژی، هزینه های پائین در نصب و اداره فیلترهای مربوطه و بی نیازی به مهارت و تخصصهای فنی سطح بالا، از امتیازات ویژه استفاده از این شیوه است. به منظور انجام ادامه فرآیند رسوبگذاری، براساس نوع عملیات، چهار منطقه تعیین می گردد (شکل ۲۰). در منطقه اول که قسمت ورودی[۲]خوانده می شود، آب و کلیه مواد معلق موجود در آن در تمامی سطوح سیستم رسوبگذاری، یکنواخت پخش می گردد. رسوبات معمولاً در بخش نشست[۳]ته نشین و از ستون آبی جدا می شوند و بتدریج در کف بستر لجن تشکیل می دهند. در مرحله بعد، بتدریج آب حاوی ذرات معلق کمتر از منطقه رسوبگذاری عبور می کند و وارد منطقه خروج[٤]می گردد.

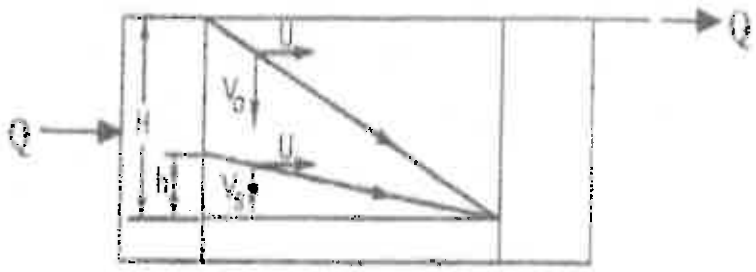
---

(1)*Oncorhynchus mykiss*
(2)Intel Zone
(3)Setting Zone
(4)Outlet Zone



شکل ۲۰ : چهار بخش اصلی در فیلتری رسوبگیر

به علت نیروی جاذبه، ذرات معلق در جهت محورهای عمودی به سمت نواحی پائینی ستون آبی کشیده می شوند. چنین وضعیتی تا هنگامیکه نیروی جاذبه با نیروهای مخالف به حالت تعادل برسند، ادامه دارد. در چنین وضعیتی، با یکنواخت شدن سرعت ذرات، کلیه عناصر معلق به حالت سکون درآمده، حرکت آنها متوقف می شود. به این سرعت معمولاً سرعت آستانه پایان (V_S) اطلاق می گردد. مسیرهای نشست و رسوب هر یک از ذرات معلق معمولاً براساس برآیند بردارهای افقی مربوط به سرعت حرکت ذرات در جریان آب (U) و بردارهای عمودی حاصل از جاذبه زمین تعیین می گردند (شکل ۲۱). کلیه ذرات با سرعت یکسان در مسیرهای موازی حرکت می کنند.



شکل ۲۱ : مسیرهای نشست ذرات در یک رسوبگیر

در شرایط کاملاً ایده آل و فرضی، ذره ای شناور که از قسمت فوقانی بخش ورودی وارد فیلتر می شود، در کف بستر و در محل اتصال دیواره بخش خروجی منطقه رسوبگذاری، ته نشین می گردد. میزان رسوب گذاری با توجه به ابعاد و حجم بخش رسوب گیر، بیانگر زمان پرشدن فیلتر است که آنرا معمولاً با نماد V_o نمایش می دهند. پارامتر کلیدی برای طراحی فیلتر رسوبگیر، جریان حجمی آب برحسب واحد سطح (بعبارت دیگر میزان سر ریز رسوبگیر) می باشد. با این تعریف، بدیهی است که متوسط سرعت پرتاب و جهش آب در رسوبگیر با میزان دبی آب (برحسب مترمکعب در روز) در واحد سطح اندازه گیری می شود. از اینرو زمان پرشدن فیلتر با معادله $V_o=\frac{Q}{A}$ قابل محاسبه خواهد بود. بعلاوه، میزان سرریز بطور مستقیم بستگی به سرعت رسوب ذرات در آب دارد. چنانچه هر ذره ای که سرعت ته نشینی (V_S) آن بزرگتر از میزان سرریز (V_o) باشد، آنگاه آن ذره از حالت معلق خارج خواهد شد. ولی اگر $V_S<V_o$ باشد، در این حالت با توجه به نرخ V_S/V_o، ذرات دیگر نیز از حالت معلق خارج شده، رسوب می کنند. بروز چنین وضعیتی تا حد زیادی به موقعیت عمودی هر ذره در بخش ورودی رسوبگیر بستگی دارد. نرخ ته نشینی ذرات با معادله زیر محاسبه می گردد:

$$F_x=\frac{v_S}{v_o}=\frac{v_S}{Q/A}$$

آنالیز نرخ رسوبگذاری ذرات سوسپانسیون با منحنی صعودی توزیع نمایش داده می شود. چنانچه میزان ته نشینی ذرات در حالت سوسپانسیون را نماد f_o در نظر بگیریم، هنگامیکه $V_S<V_o$ باشد، آنگاه میزان ته نشینی کامل ذرات معلق در سوسپانسیون $1-f_o$ خواهد بود. بدین ترتیب، میزان ذراتی که از حالت سوسپانسیون خارج خواهند شد، به کمک انتگرال زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$\int_0^{fo}\frac{V_S}{V_o}df$$

کل ذرات خارج شده از سیستم سوسپانسیون در رسوبگری ایده آل، براساس مجموع حاصل از نرخ ته نشینی ذرات (بزرگتر یا کوچکتر از V_o) و میزان سرریز مخزن قابل محاسبه خواهد بود:

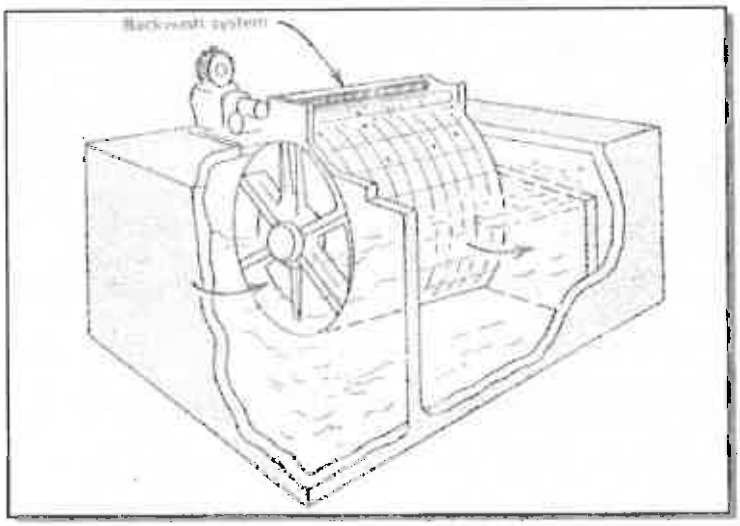
$$F=(1-f_o)+\frac{1}{V_o}\int_o^{fo} V_S\, df$$

فیلترهای میکرواسکرین

به منظور زدودن ذرات جامد معلق آب در صنعت پرورش آبزیان، معمولاً از فیلترهای میکرواسکرین استفاده می شود. این فیلترها دارای صفحه ای مشبک بوده که در آن با توجه به اندازه چشمه فیلتر، ذرات جامد معلق جدا می شوند. با این وجود، پدیده های دیگری نیز در امر جداسازی ذرات معلق دخیل می باشند. بعنوان مثال، احتمال دارد ذرات کوچک متعددی بر روی صفحه مشبک به یکدیگر متصل شوند. در این حالت بایستی آبی با شدت جریان کافی تولید شود تا بتواند منجر به خرد کردن ذرات درشت به قطعات ریزتر شود و سپس در اثر فشار آب، این ذرات از میان چشمه های فیلتر عبور داده شوند. از اینرو، اندازه هر یک از این چشمه ها بایستی در حدی باشد که قادر به جداسازی ذرات با ابعاد مختلف باشد. از نظر تئوری، در صورتیکه اندازه صفحه مشبک به حدکافی باشد، می توان هر ذره جامدی را با آن جدا نمود. بجز ذرات جامد معلق که عامل مهمی در مسدود شدن منافذ چشمه ها می باشند، مواد آلی نظیر بیوفلینگ ها نیز از دیگر عناصری هستند که باعث بروز این مشکل می گردند. از اینرو، شستشوی دائم صفحه فیلتر امری اجتناب ناپذیر می باشد. بطور کلی، صفحه مشبک در فیلترهای میکرواسکرین از دو نوع ثابت و گردان هستند. فیلترهای با صفحه مشبک ثابت، معمولاً بطور عمود در مسیر جریان آب قرار می گیرند و آب در حین عبور از میان چشمه های آن، موجب جدا شدن ذرات جامد معلق می شود و در نهایت اینگونه صفحات از ساده ترین و ابتدایی ترین انواع فیلترهای میکرواسکرین محسوب می شوند. در این فیلترها، به دلیل انسداد

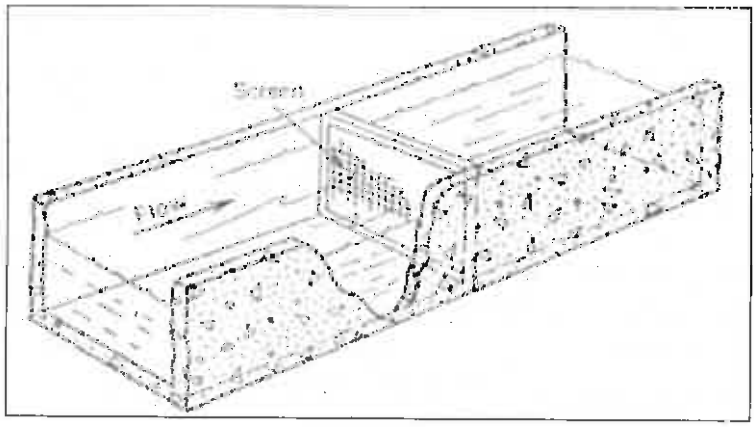
چشمه های فیلتر، عملیات شستشوی از پشت[1] بایستی بطور دائم انجام پذیرد. لذا تعویض صفحه مشبک بطور متناوب امری ضروری خواهد بود (شکل ۲۲).

فیلترهای با صفحه مشبک گردان، با هدف کاهش میزان انسداد چشمه های فیلتر طراحی شده اند. فیلترهای میکرواسکرین گردان، معمولاً دارای موتوری الکتریکی است که موجب چرخاندن استوانه ای می گردد که بطور افقی در محفظه ای چند ضلعی قرار دارد. پیرامون این استوانه، لایه ای از صفحات مشبک وجود دارد. آب جهت فیلتراسیون به بخش داخلی استوانه جریان پیدا می کند و با عبور از روی صفحات مشبک موجب تجمع مواد جامد در سطح داخلی فیلتر می گردد. به منظور جدا نمودن ذرات تجمع یافته بر روی سطح استوانه، قطرات آب را بصورت فواره بشدت بر سطح فیلتر می پاشند (شکل ۲۳).



شکل ۲۲ : صفحه مشبک ایستا در عرض کانال فیلتر

(1)Back Washing



شکل ۲۳ : دوران جریان آب بر روی صفحه گردان مشبک به همراه سیستم شستشو از پشت

فیلترهای صفحه لرزان

اینگونه فیلترها نیز برای جداسازی مواد معلق از آب استفاده می شوند. فیلترهای مذکور، معمولاً به دو شکل طراحی می شوند که برای اجرای عملیات تصفیه از آب با جریان مستقیم و یا چرخشی کاربرد دارند. فیلترهایی که با جریان مستقیم آب کار می کنند، آب در سطح لایه نازکی از سرتاسر صفحه ای مشبک پخش می شود. لرزشی که لرزاننده ای الکتریکی ایجاد می کند، به کمک چند فنر به صفحه مشبک منتقل می شود. ذرات جامد معلق الک شده، از محیط آب خارج می گردند. فیلترهایی که با جریان چرخشی آب کار می کنند، معمولاً دارای صفحات مدوری هستند که موجب هدایت آب به مرکز شبکه می شوند (Wheaton, 1977).

فیلترهای شنی

فیلترهای شنی دارای لایه ای شن و یا مواد مخصوص دیگری است که با عبور آب از میان خلل و فرج آن، جداسازی مواد جامد معلق در آب را فراهم می سازد. این عمل یک فرآیندی مکانیکی است که طی آن مواد جامد بزرگتر در میان

فضاهای میان ذرات شن وماسه باقی می مانند. حداکثر اندازه ذرات معلق جدا شده در این فیلترها به ابعاد دانه های شن و ماسه بستگی دارد. اندازه این دانه ها معمولاً در حدود ۲–۰/۲ میلیمتر است (Wheaton, 1977). با قرار دادن لایه ای مواد مختلف در ابعاد بزرگ به کوچک، می توان فرآیند جداسازی را تا حد میکرون انجام داد. معمولاً پس از مدتی که اینگونه فیلترها فرآیند جداسازی را انجام می دهند، لا به لای کلیه خلل و فرج فیلتر پر می شود و نیازمند عملیات شستشوی می باشد . بدیهی است آبی که برای این کار استفاده می شود، بایستی نسبت به آب ورودی به کارگاه، از کیفیت بهتری برخوردار باشد.

در اینگونه فیلترها براساس فشار حاصل از پمپها یا فشار اتمسفر، آب از بالا به پائین یا بر عکس، از میان لایه های شن یا مواد مشابه عبور می کند. فیلترهایی که در آنها جریان آب سقوطی و از بالا به پائین می باشد، برای کارگاههای بزرگی مناسبند که مواد آلی سبک بخش عمده از ترکیبات موجود در فاضلاب آنها را تشکیل می دهد.

کاربرد این نوع فیلترها درسیستمهای مدار بسته با مشکلات زیادی همراه می باشد. مسئله اشغال فضای وسیعی توسط فیلترهای شنی، رسوب فولینگهای زیستی در میان ذرات شن و ماسه و افزایش میزان چسبندگی میان آنها که سبب کاهش نفوذ جریان آب خواهد شد، مشکلات عمده ای می باشند که پرورش دهندگان در استفاده از این نوع فیلترها با آنها مواجه اند (Timmonas, Losordo, 1994).

فیلترهای شنی با جریان آب ثقلی

شکل ۲٤ نشانگر مقطع عرضی فیلتری با جریان ثقلی آب است. آب به همراه مواد جامد معلق از قسمت بالایی فیلتر وارد و از میان بخش ثابت فیلتر که حاوی ذرات شن، ماسه، سنگریزه و قلوه سنگ است عبور می نماید. در این فیلترها جاذبه زمین نیروی لازم را برای عبور آب از بخشهای مختلف فیلتر فراهم می سازد.

میزان جریان عبور کرده از فاز جامد در فیلترهای شنی بر اساس معادله زیر محاسبه می گردد:

$$V = \frac{Kh}{d}$$

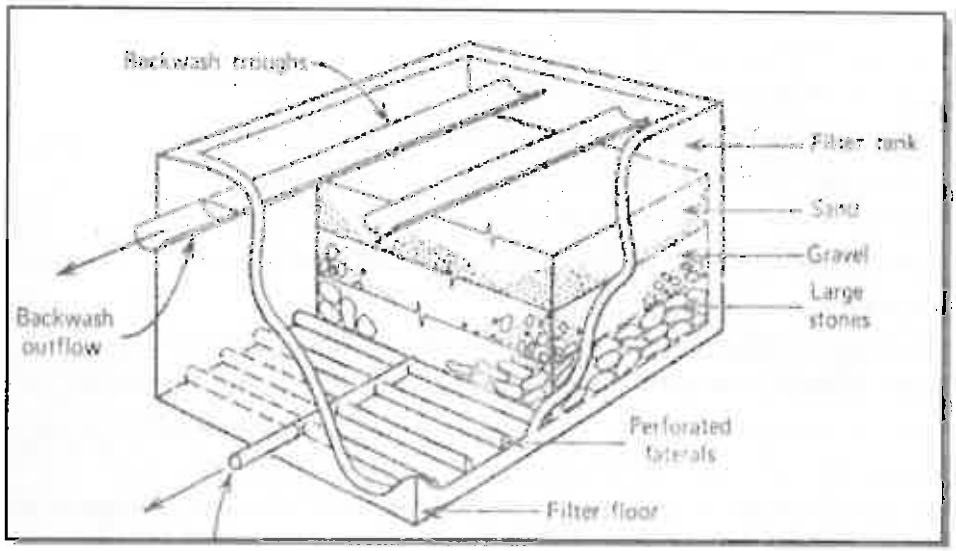
دراین فرمول:

V = سرعت جریان آب عبور کرده از میان فیلتر شنی (متربرثانیه)

K = ثابت نفوذپذیری (متربرثانیه درهرمترمربع ازمساحت سطح)

h = ارتفاع بستر فیلتر (متر)

d = عمق فیلتر (متر)



شکل ۲۴ : مقطع عرضی یک فیلتر با جریان ثقلی آب

همچنین با توجه به رابطه زیر در خصوص میزان دبی آب در فیلتر خواهیم داشت:

$$Q = A \times V$$

دراین فرمول:

Q = دبی آب (مترمکعب بر ثانیه)

A = مساحت سطح فوقانی فیلتر (مترمربع)

V = سرعت متوسط عبور جریان آب از فیلتر (متر برثانیه)

حال با جایگزینی مقدار V در فرمول اخیر، دبی ورودی در فیلتر با معادله زیر محاسبه می شود:

$$Q=AK\frac{h}{d}$$

در خصوص رابطه فوق موارد ذیل مفروض است:

۱ـ جریان بصورت خطی از فیلتر عبور نماید

۲ـ فیلتر اشباع شده باشد

۳ـ خصوصیات سیال (بخصوص ویسکوزیته و چگالی) نبایستی تغییرات زیادی در حین عبور از فیلتر داشته باشد.

در خصوص فرض اول: آب بایستی بطور طبیعی و به شکل ثقلی در فیلتر جریان پیدا نماید، فرض دوم: به آسانی قابل دستیابی باشد. در رابطه با فرض سوم، با توجه به اینکه در سیستمهای مدار بسته تغییرات قابل توجهی در درجه حرارت آب رخ نمی دهد، لذا مقادیر مورد اشاره در این فرض نیز تغییرات کمی می یابد (Wheaton, 1977).

در فیلترهای شنی همانطوریکه قبلاً نیز اشاره شد، از قسمت فوقانی فیلتر بطرف بخشهای تحتانی آن، معمولاً چند لایه مواد مختلف (از قبیل قلوه سنگ، سنگریزه، شن و ماسه) از ابعاد بزرگ به کوچک رویهم طبقه بندی شده اند. چنین ترتیبی در وضعیت قرارگیری لایه های فاز جامد، موجب بروز محدودیتهایی در عمق و مساحت سطح فیلتر می گردد. همچنین، این امر موجب بروز مشکلاتی در امر جداسازی مواد جامد معلق می شود.

بعنوان مثال، به دلیل آنکه لایه ها از قطعات بزرگ به کوچک طبقه بندی شده اند، بایستی از لحاظ چگالی نیز این رابطه به ترتیبی حفظ شود که قطعات درشتر که در بخش فوقانی قرار گرفته اند، چگالی کمتری نسبت به لایه های زیرین داشته باشند. زیرا در هنگام اجرای عملیات شستشوی فیلتر Back Washing، به دلیل آنکه کل فیلتر در زیر آب قرار می گیرد، بایستی سرعت نشست لایه ها با چگالی آنها

رابطه مستقیم داشته باشند تا ترتیب قرارگیری آنها پس از چند بار عملیات شستشو کاملاً حفظ شود.

در خصوص کاربرد مواد مختلف در لایه های فیلترهای ثقلی، چنانچه قطعات نازک و صاف سنگ گارنت (با وزن مخصوص ٤/٢) در پائین ترین لایه، یک لایه ای ماسه (با وزن مخصوص ٢/٦٥) در لایه رویی و یک لایه ذغال سنگ (با وزن مخصوص ١/٦) با دانه های درشت تر در بالاترین لایه قرار گیرد، حتی پس از انجام عملیات شستشوی Back Washing ترتیب لایه ها بهم نخواهد خورد. البته عمق فیلترهای شنی متداول در کارگاههای پرورش آبزیان اغلب بین ۹۰–۳۰ سانتیمتر می باشد. تحت شرایط خاصی می توان از فیلترهای شنی مذکور بعنوان فیلتر زیستی نیز در سیستمهای مدار بسته استفاده نمود[۱]. تحقیقات نشان داده است که استفاده از کربن فعال در فیلتر های شنی در کارگاههای پرورش ماهی می تواند تا حد زیادی در کاهش ویروسها در آب نقش مؤثری داشته باشد (Cookson, Wheeler, 1967).

اُزن

از سال ۱۷۸۲، توسط "فیلیپ" و "هانل"، اُزن را بعنوان عاملی ضد عفونی کننده شناختند. اجرای عملیات گندزدایی آب با این ماده در سطحی گسترده، اولین بار در سال ۱۸۹۳ در شهر نیس فرانسه انجام شد. اُزن مولکولی متشکل از سه اتم اکسیژن است و هنگامیکه مولکولهای اکسیژن به میزان زیادی برانگیخته شوند، بصورت اتمی تغییر شکل می یابند.

معمولاً برای برانگیخته ساختن اتم اکسیژن، O_2 خالص را تحت شرایط خاصی از میدان مغناطیسی با ولتاژ بالا عبور می دهند و سپس به منظور تهیه اُزن، گاز اکسیژن یا هوای معمولی را از میان اتمهای برانگیخته شده عبور می دهند (Wheaton, 1977).

---

(۱)ر.ک کتاب Aquaculture Engineering ص ٥٥٥

در مقایسه با کلر، در مدت زمان و سرعتی مساوی، قدرت گندزدایی ازن دو برابر بیشتر است و توانایی از بین بردن باکتریها و ویروسها را دارد. البته شایان ذکر است با وجودیکه در سیستمهای مدار بسته پرورش ماهیان سرد آبی استفاده از کلر بهیچ عنوان توصیه نمی گردد، ولی کاربرد سیستمهای مولد أزن نیز معمولاً با صرف هزینه های زیادی همراه می باشد (Spotte, 1979).

نور ماوراء بنفش (UV)[1]

از دیر باز نور خورشید بعنوان عاملی ضد عفونی کننده مطرح بوده است. همانطوریکه می دانیم نور خورشید دارای امواج مختلف با طول موجهای گوناگونی می باشد که تنها امواجی با طول موج های بین ۷۰۰–۴۰۰ نانومتر برای ما مرئی بوده، امواج دیگر با طول موجهای بیشتر یا کمتر برای انسان بطور مستقیم قابل درک نمی باشد. نور از امواج الکترومغناطیس است و انرژی امواج الکترومغناطیس با طول موج آنها نسبت معکوس دارد. این انرژی را با توجه به رابطه زیر می توان محاسبه نمود:

$$E = h_p \frac{C}{\lambda}$$

در این رابطه:

E = انرژی یک ذره کوانتم

h_p = ثابت پلانک ($۶/۶۲ \times ۱۰^{-۲۷}$ Erg)

C = سرعت نور (سانتیمتر/ ثانیه ۳×۱۰^{۱۰})

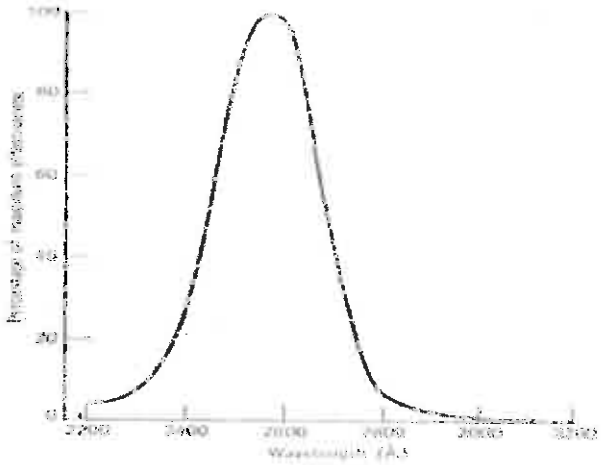
λ = طول موج طیف نوری (برحسب ثانیه)

براساس این معادله، امواج با طول موج کمتر، انرژی بیشتری دارند. بطوریکه امواج ماوراء بنفش با طول موجی بین ۴۰۰–۱۵۰ آنگستروم، دارای انرژیی در حدود ۹۵ کیلوکالری برمول فوتون یا بیشتر می باشند و قادرند پیوندهای کووالان C-C

(1)Ultra Violet Light

(برای شکستن پیوند کووالان بین این دو اتم که پیوند بسیار مهم زیستی است، ۸۳ کیلوکالری برمول انرژی لازم است) را در مولکولهای زیستی بشکنند. بنابر این، استفاده از انرژی این امواج می تواند در از بین بردن میکروارگانیسمهای بیماریزا نقش مؤثری داشته باشد.

در سال ۱۹٦۰، براساس مطالعات "فیلیپس" و "هانل" امواج ماوراءبنفش در طول موج A ۲٦۰۰، بالاترین تاثیر کشندگی را برروی باکتریها، قارچها، ویروسها و دیگر میکروارگانیسمهای کوچک دارند (نمودار ۲).



نمودار ۲ : میزان تاثیر امواج ماوراء بنفش در از بین بردن میکروارگانیسمها

همانطوریکه از جدول شماره ٤ مشخص است برای از بین بردن گونه های گوناگون میکروارگانیسمها، بایستی اشعه ماوراء بنفش با سطح انرژیهای مختلف استفاده شود.

جدول ۴ : انرژی اشعه ماوراء بنفش در سطوح مختلف برای از بین بردن ۱۰۰٪ از میکروارگانیسمها ($\mu W \ S/cm^2$)

میکروارگانیسم	انرژی UV ($\mu W \ S/cm^2$)
• اسپورهای کپک	
Penicillium roqueforti	۲۶۴۰۰
Aspergillus niger	۳۳۰۰۰۰
• مخمرها	
Brewer's yeast	۶۶۰۰
Baker's yeast	۸۸۰۰
Common yeast cake	۱۳۲۰۰
• باکتریها	
Streptococcus hemolytics	۵۵۰۰
Staphylococcus aureus	۶۶۰۰
Escherichia coli	۷۰۰۰
Proteus vulgaris	۷۵۰۰
Bacillus subtillis	۱۱۰۰۰
Bacillus subtillis spores	۲۲۰۰۰
• ویروس	
Bacteriophage (E. Coli)	۶۶۰۰
Influenza Virus	۳۴۰۰
• تخم نماتودها	۴۰۰۰۰

یادآور می شود که آب، انرژی امواج نوری را تا حد زیادی جذب می کند. اما این ماده نسبت به عبور امواج ماوراء بنفشی که منجر به از بین رفتن باکتریها می شود۲۶۰۰ آنگستروم، قابلیت نفوذ فراوانی دارد. میزان قدرت عبور امواج نورانی از آب براساس معادله تجربی زیر محاسبه می شود:

$$\frac{TR}{۱-RF} = \bar{\ell}^{ad}$$

دراین فرمول:

TR = درصدعبورامواج نورانی

ℓ = براساس لگاریتم طبیعی نپر

a = ضریب جذب امواج (cm^{-1})

d = عمق آب (سانتیمتر)

RF = سطح انعکاس (برای آب ۲٪ درنظرگرفته می شود)

معمولاً محاسبه سطح انعکاس برای هر نوع نمونه آبی، بسیار دشوار می باشد، لذا اغلب دستیابی به آن بطور تجربی امکان پذیر است. عوامل زیادی از قبیل نمکها، مواد آلی، پلانکتونها و ذرات رس در کاهش میزان عبور آب مؤثر می باشند. در نتیجه جذب اشعه ماوراء بنفش در آب دریا بیشتر از آب شیرین است.

لامپها

لامپها، معمولاً مولد اشعهٔ ماوراء بنفش هستند و تقریباً همه آنها این اشعه را از بخار جیوه ساتع می کنند. جریان الکتریسته عبوری از داخل لامپ، موجب برانگیخته شدن اتمهای جیوه و تولید انرژی می شود. در هنگام برگشتِ این اتمهای برانگیخته شده به سطح انرژی اولیه، مقداری انرژی بصورت نور ساتع می گردد. از آنجائیکه اتمها در سطوح مختلف برانگیختگی قرار می گیرند، امواج ساتع شده از آنان نیز دارای طول موجهای گوناگونی می باشد.

سه نوع لامپ با فشار کم بخار جیوه معمولاً مورد استفاده قرار می گیرد که عبارتند از: لامپهای کاتدی گرم، لامپهای کاتدی سرد و لامپهای پر تراکم. لامپهای کاتدی گرم با ولتاژ پائین کار می کنند. اینگونه لامپها حاوی گاز آرگون می باشد و الکترود آن نیز از جنس فلز تنگستن می باشد که دارای پوششی از جنس اکسید کلسیم، باریم یا استرانسیم هستند. لامپهای کاتدی گرم در دمای پائین محیط،

مشکلاتی را ایجاد می کنند. بطوریکه در دمای صفر درجه سانتیگراد، ۱۰ درصد بازده این لامپ نسبت به دمای ۳۸ درجه سانتیگراد کاهش می یابد. لامپهای کاتدی سرد دارای قدرت تابشی مشابه نوع قبل هستند. این لامپها نیز مزایا و مشکلات خاص خود را دارند. در لامپهای اخیر، به دلیل ضرورت کاربرد ولتاژ بالا در هنگام روشن کردن لامپها و در طول مدت استفاده در دمای پائین مشکلی در بازدهی لامپ ایجاد نمی شود. اینگونه لامپها مجهز به الکترود نیکلی می باشند و نیازی به گرم کردن اولیه ندارد. لامپهای اخیر حاوی گازهای آرگون و نئون به انضمام بخار جیوه می باشند. لامپهای پر تراکم، نوع دیگری از لامپهای ضد عفونی کننده هستند که از لحاظ ساختاری ترکیبی از دو نوع لامپ کاتدی سرد و گرم می باشند. این لامپها، به کمک ولتاژ بالا موجب روشن کردن کاتدهای سرد می شود و پس از راه اندازی با کاتدهای گرم کار می کنند. برخی از مشخصات سه نوع لامپ یاد شده در جدول شماره ۵ درج شده است.

جدول ۵ : مشخصات لامپهای مخصوص عملیات گندزدایی: لامپهای دارای کاتد گرم، کاتد سرد و لامپهای پر تراکم با فشار پائین بخار جیوه (Aquaculture Engineering, 1977)

نوع	کاتد گرم	کاتد سرد	پرتراکم
وات مجاز	۳۰	۱۷	۳۹
طول کلی (cm)	۷۶/۲	۸۸/۳	۷۶/۲
قطر لامپ (cm)	۲/۵٤	۱/٦	۱/۹
ولتاژ عملیاتی	۱۰۳ -۱۰۸	٤۱۰	۱۳۰
شدت جریان عملیاتی (آمپر)	۰/۳٤	٪۵	۰/٤۲
عمر مفید (ساعت)	۷۵۰۰	۱۷۵۰۰	۷۵۰۰
میزان شدت UV تولید شده دریک متر از لامپ ($\mu W\ S/cm^2$)	۷۲ -۸۰	٤٦	۱۲۰
بازده UV (وات مربوط به طول موج ۲۵۳۷ آنگستروم)	۷/۲ -۸/٤	۵/۲	۱۳/۸

طراحی سیستمهای گندزدا ماوراء بنفش

دو روش معمولاً برای سیستمهای مجهز به UV جهت عملیات میکروب زدایی استفاده می شوند که عبارتند از: سیستمهای گندزدا با لامپهای UV آویزان و خارج از آب و سیستمهای گندزدا با لامپهای غوطه ور.

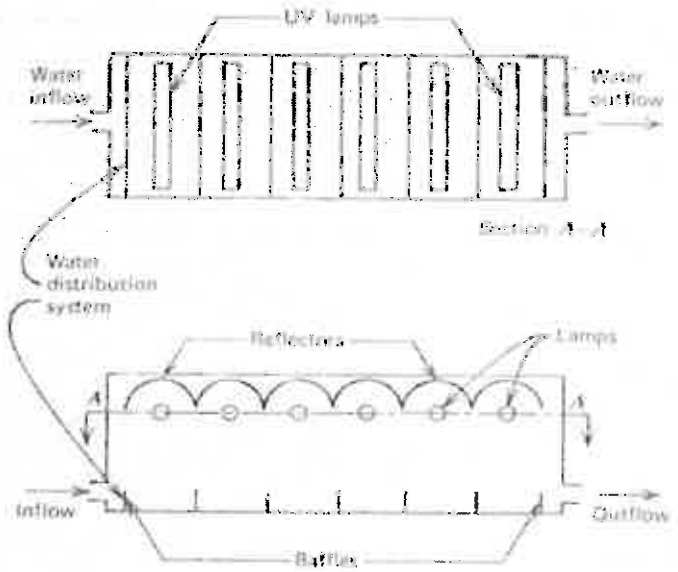
الف) سیستمهای گندزدا مجهز به لامپهای UV آویخته

طرح شماتیک سیستمهای مزبور در شکل شماره ۲۷ نشان داده شده است. در این سیستم لامپهای ماوراء بنفش، در فاصله ۲۰-۱۰ سانتیمتری خارج از آب آویزان شده است و آب از زیر آن جریان می یابد. نزدیک نمودن بیش از حد لامپها به آب به دلیل پرش قطرات ریز منجر به بروز مشکلات زیادی در نگهداری لامپها

می شود. بیشترین مزیت کاربرد این سیستم آنستکه لامپها در محیط خارج از آب استفاده می شوند و بازدهی لامپها با تغییرات مربوط به درجه حرارت در آب، تحت تأثیر واقع نمی شود. از مزایای دیگر استفاده از سیستم مذکور، سهولت در امر نظافت و پاکیزگی لامپهاست.

عوامل متعددی از قبیل عمق آب، کیفیت آب، فاصله لامپ تا سطح آب، فواصل لامپها و میزان جریان آب مواردی هستند که بایستی در طراحی این سیستم در نظر گرفته شوند. عمق و کیفیت از جمله عواملی می باشند که با ضریب جذب نور در آب رابطه دارند. این ضریب با کیفیت آب بخصوص میزان کدورت آن تعیین می شود. اینگونه سیستمها معمولاً به شکلی طراحی می شوند که در آبی با کدورت ۲٤۰ ppm از مواد معلق، نیز قدرت گندزدایی داشته باشند. در چنین کدورتی، دبی آب نبایستی از ٥ لیتر در دقیقه تجاوز نماید. در کدورت کمتر، بعنوان مثال ۷ ppm و با دبی ۱٥ لیتر در دقیقه، این سیستم قابلیت میکروب زدایی خوبی خواهد داشت. یادآور می شود که فاصله لامپها از آب، در بازدهی این سیستمها نقش مهمی دارد. اگر لامپها به همراه منعکس کننده ها[1] بکار گرفته شوند، رعایت فاصله ۲٥ سانتیمتر از سطح آب برای حصول نتیجه ای رضایت بخش پیشنهاد می گردد. ولی چنانچه سیستم به اینگونه وسایل مجهز نباشد، فاصله ۱٥ سانتیمتری از سطح آب برای نصب لامپها توصیه می شود. بعلاوه، در چنین حالتی در نظرگرفتن همین فاصله برای فواصل بین لامپها نیز مناسب بنظر می رسد (Wheaton, 1977) .

(1)Reflectors



شکل ۲۷ : سیستم ضد عفونی کننده آب با اشعه ماوراء بنفش به کمک منعکس کننده ها (اقتباس از کتاب Aquaclture Engineering)

ب)سیستمهای گند زدا مجهز به لامپهای UV غوطه ور در آب

در اینگونه سیستمها، لامپهای UV کاملاً در آب غوطه ور می باشند. در این سیستم آب از یک سو وارد محفظه ای استوانه ای می شود و از طرف دیگر خارج می گردد. در میان این محفظه، یک لامپ UV داخل حباب شیشه ای قرار می گیرد. این حباب مانع از نفوذ و تماس آب با لامپ می شود و به عبور نور از داخل حباب به خارج کمک می نماید. در این سیستم بجز نور اندکی که حباب لامپ منعکس می کند، بقیه امواج در آب نفوذ می کنند.

چگونگی طراحی تصفیه آب با UV بطور مختصر:

طراحی یک سیستم تصفیه آبUV را می توان بصورت زیر خلاصه نمود:

۱ـ تعیین میزان اشعه UV مورد نیاز برای از بین بردن میکروارگانیسمهای مورد نظر

۲ـ تنظیم و کاهش کدورت آب

۳ـ تعیین میزان دبی آب مورد نیاز

٤ـ استفاده اطلاعات مربوط به ساخت لامپها و تطابق آن با شرایط فیزیکی آب و تعیین تعداد لامپهای مورد نیاز برای اجرای عملیات گندزدایی.

گازهای محلول در سیستمهای مدار بسته

اکسیژن

به منظور رشد مناسب ماهیها در سیستمهای مدار بسته پرورش آبزیان، نباید میزان اکسیژن محلول در آب از ٦ میلیگرم در لیتر کمتر شود. بعلاوه بهتر است که غلظت دی اکسیدکربن محلول در آب نیز در حدود ۲۵ میلیگرم در لیتر حفظ گردد. برای تأمین اکسیژن و گازهای حیاتی در آب معمولاً از دو شیوه هوادهی و تأمین اکسیژن از هوا و همچنین روش تزریق اکسیژن خالص در آب استفاده می شود.

الف) هوادهی

۱ـ هوادهی به روش انتشار:

تجربه ثابت کرده است که اگر تنها به آب ورودی مخازن نگهداری ماهی در سیستمهای مدار بسته هوا تزریق گردد، اکسیژن کافی برای ماهیها فراهم نمی شود. زیرا آب ورودی به علت جاری بودن، فرصت کافی برای انحلال اکسیژن را ندارد. از اینرو، قسمت عمدهٔ عملیات هوادهی در سیستمهای مدار بسته، معمولاً در مخازن نگهداری ماهی اجرا می شود. مناسبترین و مؤثرترین شیوه اکسیژن دهی، کاربرد سیستمهای هوادهی است زیرا در اثر به تلاطم انداختن آب، اکسیژن را از طریق اتمسفر وارد آب می کنند. ولی معمولاً این نوع از سیستمهای هواده آب را بسیار متلاطم می کنند و مشکلات متعددی ایجاد می نمایند. از اینرو مناسبترین روش برای

هوادهی در مخازن نگهداری ماهی، هوادهی به روش انتشار است. به منظور اکسیژن دهی به روش مذکور، بکارگیری دستگاههای دمنده ای که با فشار کم کار می نمایند، مناسب می باشند. به کمک این سیستمها، هوا بصورت حبابهای بسیار ریز از نزدیک کف بستر مخازن نگهداری ماهی به داخل آب تزریق می گردد (Losordo *et al.*, 1999).

مطالعات انجام یافته نشان داده اند که سیستمهای اخیر در شرایط استاندارد، (دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، اکسیژن محلول برحسب میلیگرم در لیتر، آب فاقد آلودگی) قادر به انتقال ۱/۳ ساعت/ کیلو اکسیژن به آب می باشند. به منظور دستیابی به یک نرخ رشد قابل قبول در ماهیها، غلظت اکسیژن محلول در آب بایستی در حدود ۵ میلیگرم در لیتر یا بیشتر حفظ شود. در یک سیستم پرورش ماهی مدار بسته که بسیار خوب طراحی شده باشد و مواد معلق موجود در آن به سهولت از محیط آبی خارج شود، نرخ اکسیژن مصرفی تقریباً ۵۰ درصد میزان تغذیه تخمین زده می شود (یعنی ۰/۵ کیلوگرم اکسیژن به ازاء یک کیلوگرم غذا O_2/kg). بعنوان مثال در سیستمی که طی ۱۸ ساعت ٤/۵ کیلوگرم غذا مصرف شده باشد (۱۰ پوند)، میزان اکسیژن مصرفی در حدود ۰/۱۲۵ کیلوگرم در ساعت تخمین زده می شود. اگر از سیستمهای دمنده برای تأمین اکسیژن در مخازن نگهداری ماهی استفاده شود، نگهداری بیش از ٤۰–۳۰ کیلوگرم ماهی در مترمکعب توصیه نمی شود (Stelz, Schuster, 1998).

۲_ هوادهی با سیستمهای ستونی:

معمولاً محل مناسب برای هوادهی و همچنین گاز زدایی از آب (خارج کردن دی اکسید کربن و گازهای سمی)، قبل از ورودی مخازن نگهداری ماهی در نظر گرفته می شود. ولی همانطوریکه قبلاً اشاره شد، کاربرد این روش، نیازهای اکسیژنی را تأمین نخواهد کرد. اگر در سیستمهای مدار بسته، از فیلترهای بیولوژیک غوطه ور استفاده شود، معمولاً غلظت اکسیژن محلول بسیار کاهش و میزان دی اکسید کربن

افزایش می یابد. سیستمهای ستونی هواده مؤثرترین و ساده ترین نوع دستگاههای دمنده در آب می باشند. این هواده ها معمولاً برای سیستمهای مدار بسته ای که مجهز به فیلترهای بیولوژیک قطره ای می باشند، مناسب بنظر می رسد (Losordo *et al.*, 1999).

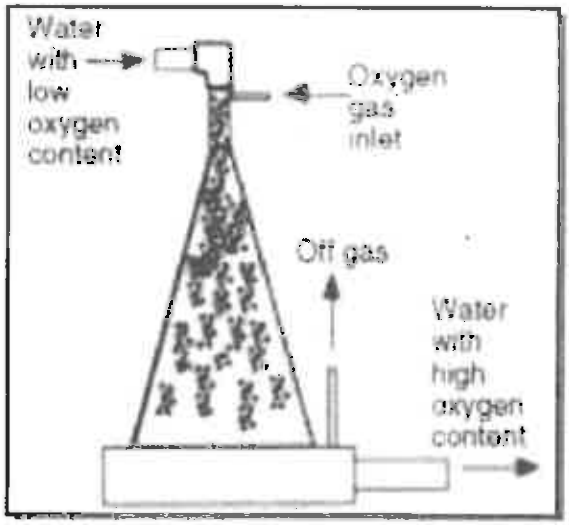
ب) اکسیژن دهی

هنگامیکه در مخازن نگهداری ماهی، تراکم ماهی زیاد باشد، به دلیل فقدان اکسیژن کافی، تنها اجرای عملیات هوادهی کافی نخواهد بود و تزریق اکسیژن خالص ضروری است. منبع تأمین کننده اکسیژن در سیستمهای مدار بسته معمولاً سیلندرهای اکسیژن، اکسیژن مایع یا دستگاههای اکسیژن ساز می باشند که غالباً از دو نوع اخیر استفاده می شود (White, 1996).

۱) کنتاکتورهای حباب ساز جریان پایین (DFBC)[1]

اگر سیستم دمنده اکسیژن به شکل مناسبی طراحی شده باشد، قادر خواهد بود بیش از ۹۰ درصد اکسیژن مورد نیاز در مخازن نگهداری ماهی را تأمین نماید. کنتاکتورهای حباب ساز با جریان پایین مجهز به استوانه ای مخروطی می باشند. این مخروط حاوی آب است که از بخش فوقانی آن اکسیژن وارد می گردد (شکل ۲۶). وقتی آب و حبابهای اکسیژن بطرف پایین مخروط جریان پیدا می کند، سرعت جریان آب نیز تا رسیدن به سرعت بالا رفتن حبابها، کاهش می یابد. این فرآیند موجب افزایش زمان تماس آب و حبابها می شود و تقریباً ۱۰۰ درصد گاز تزریق شده به آب جذب گردد. غلظت اکسیژن محلولی که از سیستم DFBC خارج می شود، با فشار تقریبی bar ۱، می تواند به بیش از ۲۵ میلیگرم در لیتر افزایش یابد (Losordo *et al.*, 1999).

(1)Down Flow Bubble Contactor



شکل ۲۶ : کنتاکتورهای حباب ساز با جریان پایین. اقتباس از مقاله

(Recirculating Aquaculture Tank Production System. 1999)

۲ - لوله های U شکل اکسیژن ساز[1]

آب اکسیژن تحت فشار زیاد را به میزان بیشتری جذب می کند. سیستمهای U شکل اکسیژن ساز، دستگاههایی هستند که با صرف انرژی سبب انحلال بیشتر اکسیژن در جریان آب می گردند. لوله های U شکل شامل یک لوپ تماس است که معمولاً به لوله ای ۱۰ متری تحت فشار یک اتمسفر متصل می باشد. لوپ تماس در قسمت زیرین مخزن نگهداری ماهی قرار دارد که موجب صرفه جویی در مصرف انرژی می گردد. اکسیژن و آب، در ابتدای مدخل لوله U شکل مخلوط می شوند و اکسیژن محلول بطرف انتهای ستون آبی جریان پیدا می کند. فشار اضافی که ستون آب ایجاد می کند، نرخ جذب اکسیژن آب را افزایش می دهد. از مهمترین مزایای استفاده از این سیستم، بی نیازی به انرژی زیاد برای اکسیژن دهی در جریانهای آبی بزرگ و کمک به نچسبیدن ذرات جامد معلق به یکدیگر است. همچنین مراحل راه

---

(1)U-tube Diffuser

اندازی و نصب آن هزینهٔ اندکی را در بر خواهد داشت (Losordo *et al.*, 1999).

۳) سیستم اکسیژن دهی با سرریز کوتاه

در این سیستم، بین منبع آب ورودی و مخازن نگهداری ماهی معمولاً اختلاف سطحی وجود دارد که شباهت فراوانی به سیستم ثقلی تأمین آب در مزارع پرورش ماهی با استخرهای دراز و پشت سرهم دارد. بطوریکه آب خروجی مخزن نخست تقریباً ۹۰-۳۰ سانتیمتر بالا تر از مخزن بعدی قرار می گیرد. سپس آب را صفحه ای مشبک افقی از بالا به پایین می ریزد تا کاملاً پخش شود .میزان اکسیژن حل شده در این سیستم تا حد زیادی به عواملی نظیر، میزان ارتفاع پرتاب آب و تعداد چشمه های موجود در صفحات مشبک، بستگی دارد (Losordo *et al.*, 1999).

۴) سیستم اکسیژن دهی با ستونهای بسته تحت فشار

در این سیستم آب از بالا وارد محفظه ای تحت فشار می شود و از سوی دیگر اکسیژن نیز از کف در این مخزن تزریق می گردد. با این روش اکسیژن به میزان ۵۰ تا ۹۰ درصد اشباعی در آب حل می شود. از مهمترین مشکلات استفاده از این سیستم، نیاز به انرژی زیاد برای تولید فشار و همچنین رشد فراوان جلبکها و فولینگهای زیستی در این مخازن می باشد (Losordo *et al.*, 1999) و(Schuster & Stelz, 1988).

دی اکسید کربن

به دلیل تعویض فراوان آب، وجود گاز دی اکسید کربن Co_2 در سیستمهای غیر متراکم پرورش ماهی و سیستمهای سنتی، معمولاً مشکلی بوجود نمی آورد. ولی در طی سالهای اخیر با طراحی و راه اندازی سیستمهای فوق متراکم پرورش ماهی و افزایش میزان مصرف اکسیژن خالص در این سیستمها، خارج نمودن گازهای غیرضروری و گاه مضر از آب با توجه به درصد اشباعی کل گازها در آب می تواند

موجب افزایش ظرفیت انحلال و نگهداری اکسیژن در مقایسه با سایر گازها در آب گردد. بعلاوه، با توجه به اینکه قدرت انحلال این گاز نسبت به گازهای بیشتر است، لذا خارج کردن دی اکسید کربن در آب می تواند مانع از تجمع مواد سمی و همچنین جلوگیری از کاهش شدید میزان pH آب شود که عامل مهمی در حفاظت فیلترهای زیستی و سلامت ماهیان بشمار می رود. یادآور می شود که کلیه اثرات تجمع این گاز منفی نمی باشد. همانطوریکه قبلاً نیز اشاره شد، انحلال گاز دی اکسید کربن موجب کاهش pH آب می گردد که این امر موجب می شود که آمونیاک به شکل سمی خود (NH_3) کمتر در آب حضور داشته باشد. با این وجود، تنظیم میزان غلظت این گاز در آب را بایستی در نظر داشت (Timmons, Losordo, 1994).

کنترل دی اکسید کربن به کمک تبادل گازها

خارج کردن گاز Co_2 از آب و کنترل این گاز به آسانی در طی فرآیند تبادل گازها صورت می گیرد. پیش بینی میزان دی اکسید کربن خارج شده از سیستم با فرآیند مذکور، کاری دشوار است. زیرا برخلاف گازهای دیگر محلول در آب نظیر اکسیژن و نیتروژن، این گاز بعنوان بخشی از یک سیستم تعادل شیمیایی همواره در محیط آبی باقی می ماند. مهمترین روش خارج سازی این گاز از آب، کمک به افزایش سطح برخورد هوا با آب بکمک روشهایی از قبیل آبشاری کردن آب، تزریق هوا و انجام هوادهی بصورت انتشار، استفاده از لوله های U شکل اکسیژن ساز، کاربرد پروانه های چرخان هواده و سیستمهای ستونی بسته می باشد.

مدیریت تولید

۱ـ ماهی دار کردن مخازن نگهداری ماهی:

به منظور ماهی دار کردن حوضچه های نگهداری ماهی و تهیه بچه ماهی، ابتدا بایستی عواملی از قبیل تعداد، اندازه، وزن، گونه و نژاد بچه ماهیها را در نظر داشت. بعلاوه، با خرید از کارگاههای معتبر تکثیر ماهی می توان تا حدودی از سالم

بودن آنها اطمینان حاصل نمود. همچنین با رعایت روشهای مخصوص حمل بچه ماهی تا حدود زیادی مانع از وارد ساختن استرس به آنها می گردد. در هنگام نقل و انتقال بچه ماهیها بایستی ابتدا آنها را با شرایط فیزیکو- شیمیایی آب مخازن نگهداری ماهی تطبیق داد و سپس اقدام به جابجایی نمود.

۲_ قابلیت دسترسی به بچه ماهی:

از آنجائیکه یک کارگاه پرورش ماهی موفق بایستی در طول سال بطور دائم تولید و عرضه ماهی بازاری داشته باشد، لذا امکان دسترسی به منبعی جهت تأمین بچه ماهی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. ولی همواره عواملی از قبیل فصلی بودن تخمریزی ماهیها و همچنین هزینه های مربوط به حمل و انتقال آنها از عوامل محدود کننده ای می باشند که هر تولید کننده ای با آنان مواجه می باشد.

۳_ تراکم:

ظرفیت تولید و نگهداری ماهی در سیستمهای مدار بسته معمولاً با اندازه گیری وزن و تراکم ماهی در هنگام برداشت، تعیین می شود. یادآور می شود که تراکم در سیستمهای مدار بسته برخلاف سیستمهای سنتی براساس حجم آب مشخص نمی گردد و اغلب عواملی از قبیل قدرت فیلتراسیون و سیستمهای هوادهی در این امر نقش مهمی دارند.

۴_ میزان غذادهی:

در سیستمهای مدار بسته صد درصد از احتیاجات غذایی ماهیان بایستی از طریق غذای دستی به ماهیها خورانده شود. غذای مورد استفاده در این سیستمها، از ارزش غذایی بسیار بالایی برخوردارند و ضایعات بسیار کمی بهمراه دارد. هر چه میزان جذب غذای ماهی بیشتر باشد، فضولات کمتری حاصل می گردد که این امر عامل مهمی در افزایش تراکم ماهی در واحد سطح است. در سیستمهای مدار بسته مدیریت

بر غذادهی، عامل مهمی در کنترل کیفیت آب شناخته شده است. چنانچه میزان غذادهی بیش از حد نیاز باشد، کیفیت آب تحت تأثیر قرار می گیرد و در صورتیکه از حد لازم کمتر باشد، موجب کاهش تولید خواهد شد (Timmons & Losordo, 1994).

۵_ اندازه غذا :

اندازه غذا بایستی تا حدی باشد که بزرگترین تکه غذایی را نیز ماهی براحتی ببلعد. این موضوع منجر به کاهش تولید ضایعات غذایی می شود و در نتیجه مواد معلق کمتری در آب ظاهر می شوند. بعلاوه ماهیها نیز ضمن خوردن غذا، حرکت کمتری دارند و در انرژی نیز صرفه جویی می گردد. همانگونه در صفحات قبل نیز اشاره شد، اندازه غذای بایستی با اندازه ماهی مطابقت داشته باشد. همچنین کاربرد پلیت های غذایی با قدرت شناوری بیشتر، با وجود هزینه بالاتر، موجب افزایش پتانسیل تولید و مدیریت بهینه می گردد.

۶_ تناوب غذادهی:

یادآور می شود که تناوب غذادهی بشدت بر میزان کیفیت و کدورت آب تأثیر دارد. اما همواره مشاهده شده است که اگر ماهیها به دفعات متعددی تغذیه شوند، رشد بهتری خواهند داشت. در سیستمهای مدار بسته معمولاً برای غذادهی از غذاده های Demand Feeder و غذاده های اتوماتیک استفاده می شود که قبلاً به تفضیل در خصوص آنها شرح داده شد.

۷_ رفتار ماهی در هنگام تغذیه:

چگونگی رفتار و حرکات ماهی در حین تغذیه، عامل مهمی برای پی بردن به شناسایی وضعیت ماهی از لحاظ سلامت و مبتلا نبودن به بیماریهای گوناگون است.

تغذیه ضعیف یا باقیماندن غذاهای خورده نشده بر روی آب، نشانگر وجود مشکلی در کیفیت آب، بیماری یا نحوه غذادهی غیرصحیح می باشد.

۸_ بوهای نامطبوع:

متصاعد شدن بوهای نامطبوع در مزارع پرورش ماهی با سیستم باز، اغلب به دلیل تجمع جلبکهای سبز_آبی و بسیاری از باکتریها، در لجن کف مخازن نگهداری ماهی رخ می دهد. ولی در سیستمهای مدار بسته این امر به دلیل فعالیت نوعی باکتری به نام "Actinomyces" پدید می آید. کلنی های باکتریها بیشتر تمایل به رشد و تکثیر در سطح آبهای غنی از مواد آلی و لوله های رابط در این سیستمها را دارند. مناسبترین روش برای مقابله با این مشکل، اجرای عملیات نظافت کارگاه است. بعلاوه، توجه و اجرای مدیریت صحیح بر میزان BOD در آب می تواند در جلوگیری از بروز این مشکل نقش مهمی ایفا نماید. (White, 1996).

هدایت و کنترل

جدول شماره ٦ نشانگر مواردی است که همواره بایستی در یک سیستم مدار بسته پرورشی مورد توجه قرار گیرد. البته در هنگام طراحی چنین کارگاهی در نظر داشتن نکات ایمنی و هشدار دهنده بسیار ضروری می باشد (Losordo ,Timmens, 1994).

از مهمترین عوامل تضمین کننده میزان بقا در پرورش آبزیان، کمیت و کیفیت آب است که در این رابطه می توان به میزان اکسیژن محلول و دمای مناسب اشاره کرد که از جمله موارد مهمی است که بایستی به آنان توجه خاصی معطوف داشت.

اگر در سیستمهای مدار بسته به دلیل وجود تراکم بسیار زیاد ماهی در واحد سطح، کاهش میزان اکسیژن محلول در آب از حد تعیین شده، پایین تر رود در ظرف مدت بسیار کوتاهی منجر به بروز تلفات سنگینی خواهد شد (Huguenin & Colt, 1989).

جدول ۶ : برخی از عوامل بروز مشکلات در سیستمهای مدار بسته.
(اقتباس ازکتاب Aquaculture Engineering, 1994)

شکل و نوع مشکل	محل بروز مشکل	علل بروز مشکل
خارج از کنترل	حوادث طبیعی انسانی	طغیان رودخانه ها، سیل، گردوباد و بادهای شدید، یخ و خشکسالی، قطع برق، آلودگی، خرابکاری، سرقت
داخلی	پرسنلی	اشتباهات اپراتور، بی توجهی در کنترل.(۱_ خرابی درسیستم پشتیبانی. ۲_ خرابی در سیستم کنترل آلودگی)، خاموشی کنترل اتوماتیک، خرابی سیستم آژیر و اعلام خطر
آب ورودی	جریان آب سطح آب کیفیت آب	بسته یا باز بودن بیش از حد شیر آب ورودی، گرفتگی لوله ها، خروج یا نشت آب، سرریز شدن مخازن، کمبود اکسیژن محلول، افزایش بیش از حد Co_2 محلول، فوق اشباع شدن گازهای محلول، بالا یا پایین بودن دما، pH، آمونیاک نیتریت، نیترات، مواد معدنی، موادشیمیایی و مواد آلی
فیلترها	فیلترهای شنی فیلترهای چرخان فیلترهای قطره ای	کاهش میزان اکسیژن محلول، توقف از چرخش، صدمات فیزیکی، مسدود شدن با مواد آلی و معدنی
هواده ها	دمنده ها	داغ شدن بیش از حد موتور، پاره شدن تسمه
کنترل کننده های فیزیکی	الکتریسته	قطع یا اختلال در مدار ها

برخی از مشکلاتی که در کارگاههای پرورش ماهی مداربسته رخ می دهد، معمولاً بایستی با سیستم آلارم و هشداردهنده اعلام گردند. البته تعداد عملیاتهایی که با سیستم هشداردهنده اجرا می شود، با توجه به نوع و نحوه طراحی و شرایط کارگاه متفاوت می باشد (Huguenin & Colt, 1989). با این وجود برخی از این عوامل که فاکتورهای بحران زا خوانده می شوند، توسط سیستمهای هشداردهنده

حتماً بایستی اعلام گردند. برخی از عواملی که سیستمهای آلارم آنها را مورد سنجش قرار می دهد و اعلام می نماید، در جدول شماره ۷ مشخص شده است.

جدول ۷ : نمونه هایی از موارد تحت کنترل سیستمهای هشدار دهنده
(اقتباس از کتاب Aquaculture Engineering, 1994)

سطح آب	بالا یا پایین بودن سطح آب مخزن تأمین آب برای سیستم بالا یا پایین بودن سطح مخازن آب ذخیره بالا یا پایین بودن سطح مخازن نگهداری ماهی بالا یا پایین بودن سطح آب در فیلترها
جریان آب	اشکال در ورود آب به پمپها اختلال در فیلترهای غوطه ور در اثر کاهش جریان آب کم شدن جریان آب در سیستمهای گرمازا
درجه حرارت	گرم یا سرد شدن دمای آب مخازن نگهداری ماهی
اکسیژن محلول	کاهش اکسیژن محلول در مخازن نگهداری ماهی کاهش اکسیژن محلول در آب ورودی فیلترهای غوطه ور فوق اشباع شدن گازهای محلول در آب ورودی
محافظت در کنترل کننده های فیزیکی	حساس گرهای مربوط به درجه حرارت
عوامل دیگر	اختلال در سیستمهای تزریق اُزن و سیستمهای شستشوی اتوماتیک فیلترها

سیستمهای هشدار دهنده اتوماتیک

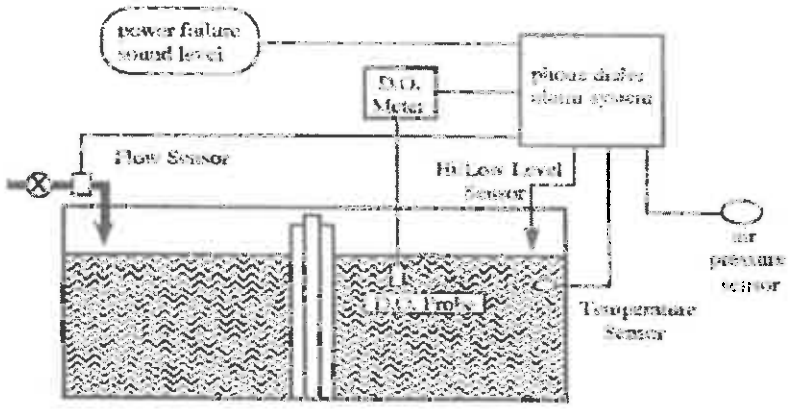
در حال حاضر هدایت و کنترل سیستمهای مدار بسته، از مهمترین مواردی است که بایستی به آن توجه خاصی داشت. این امر هنگامیکه اپراتور سیستم در محل حاضر نبوده و حتی در منزل در حال استراحت باشد نیز بسیار اهمیت دارد. بنابراین، معمولاً دو نوع سیستم هشداردهنده خودکار در کارگاههای مدار بسته مورد استفاده

قرار می گیرد که عبارتند از: سیستم هشداردهنده با تلفن خودکار و سیستم کنترل، هدایت و اعلام خطر رایانه ای.

الف) سیستمهای هشداردهنده با تلفن خودکار:

این سیستمها به منظور هدایت و کنترل کارگاههای مدار بسته، از راه دور راه اندازی می گردند. بدین ترتیب، استفاده از تلفن خودکار بانضمام آژیر می تواند تا حد زیادی در بهبود وضعیت اعلام خطر برای کاربران مفید باشد. در این سیستمها معمولاً اعلام وضعیت بحرانی، فرآیندی چند مرحله ای و پیوسته است. بطوریکه چنانچه مشکل یا اختلالی در سیستم پدید آید، ابتدا به مدت ۳۰ ثانیه آژیر به صدا در می آید. ولی در صورت غیبت کاربر در محل، تلفن خودکار بطور اتوماتیک برای چهار نفر از کاربران سیستم از روی نوار ضبط شده، پیام اخطار می فرستد.

به منظور تعیین و اعلام وضعیت بحرانی، کلیه سیستمهای هشداردهنده مجهز به حسگرهای دیجیتال ویژه ای می باشند که هر یک برای سنجش عامل خاصی بکار می روند. بعنوان مثال برای اندازه گیری اکسیژن، تغییرات سطح آب در مخازن نگهداری ماهی و آب ورودی، درجه حرارت و غیره از حسگرهای ویژه ای استفاده می گردد. نحوه اتصال و طراحی مدارات این حسگرها به گونه ای است که در صورت بروز هر مشکلی در عوامل مورد سنجش، سیستم هشداردهنده بطور اتوماتیک شروع بکار می نماید (شکل ۲۷).



شکل ۲۷ : سیستم کنترل و هشدار با استفاده از تلفن خودکار و سیستمهای اعلام خطر(اقتباس از کتاب Aquaculture Water Reuse Systems. 1994)

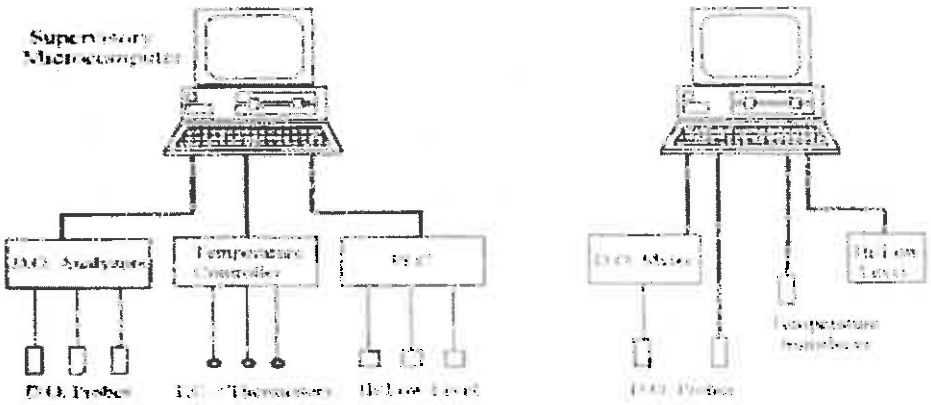
ب) سیستمهای هدایت گر/ هشداردهنده و کنترل رایانه ای:

سیستمهای اخیر به دو صورت سیستمهای کنترل کننده قابل برنامه ریزی منطقی (PLC) و سیستمهای کنترل کننده با کامپیوتری مرکزی وجود دارند.

سیستمهای نوع اول، سیستمهای کنترل کننده منشعب، نامیده می شوند. این سیستمها، مجهز به تحلیل گرهای تعیین اکسیژن و درجه حرارت می باشند و به سیستمهای هشداردهنده مختلفی متصل هستند. اینگونه کنترل کننده ها، معمولاً دارای قابلیت نمایش اطلاعات محدودی می باشند، در ضمن قدرت ذخیره اطلاعات را نیز ندارند. به همین دلیل، در این سیستمها بمنظور پردازش اطلاعات بایستی به یک میکروکامپیوتر منتقل گردند. یکی از فوائد استفاده از این سیستم، سهولت سرویس و کالیبره کردن آن می باشد، همچنین هر یک از حسگرهای دیجیتال آن، دارای سخت افزار و سیستم نمایشگر مجزایی می باشند.

در سیستمهای نوع دوم، برروی بردهای رایانه ای پورتهای مخصوصی تعبیه شده است که به کاربران امکان اضافه و متصل کردن سخت افزارهای متعددی

را می دهد. بعلاوه، اتصال حافظهٔ اضافی، کارتهای گرافیکی ویژه، مودم و اغلب کارتهای اطلاعاتی به رایانه امکان پذیر می گردد. در بازار معمولاً بردهای مختلفی برای این منظور وجود دارد که شامل کارتهای تبدیل کننده آنالوگ به دیجیتال (A/D) برای کنترل ولتاژ یا جریان، کارتهای (D/A) جهت کنترل ولتاژهای آنالوگ خروجی و کارتهای ورودی/ خروجی (I/O) برای کنترل سیگنالهای خروجی، هستند. این کارتها براحتی در محل خود برروی پورت مشخصی متصل می شوند و با برنامه های نرم افزاری خاصی برروی درایورهای کامپیوتر نصب می شوند. همچنین می توان بسیاری از حسگرهای دیجیتال را برروی این بردها متصل نمود. بعلاوه، اغلب این سیستمها قادر به کنترل سخت افزارهای جانبی (شامل دستگاههای هواده، پمپها و شیرها) می باشند. از اینرو، در بسیاری از آنها شرایطی برای اتصال و انتقال فرمان به موتورهای الکتریکی و سلنوئیدها فراهم آمده است. بعنوان مثال، موتورهای الکتریکی معمولاً با استفاده از برخی استارترها تحت کنترل قرار می گیرند که البته این استارترها نیز خود با استارترهای خیلی کوچک با ولتاژ پایین هدایت می شوند. بدین ترتیب استفاده از سیستمهای (PLC) برای کنترل پمپهای الکتریکی بزرگ بدین ترتیب براحتی امکان پذیر می گردد (شکل ۲۸).



شکل ۲۸ : دو نوع طرح در سیستمهای کنترل: الف) کنترل کننده های منطقی قابل برنامه ریزی تک رشته ای (PLC). ب) سیستمهای کنترل کننده بوسیله میکروکامپیوترها (اقتباس از کتاب Aquaculture Water Reuse Systems. 1994)

فصل سوم

پرورش ماهی قزل آلا در مزارع شالیزار برنج

استفاده بهینه از منابع آبی و بهره گیری دو منظوره از زمین و آب در کشورهای در حال توسعه امریست که نبایستی در توسعه پایدار نادیده گرفته شود. اراضی شالیزاری که به کشت برنج اختصاص داده می شوند، از جمله منابع مستعدی هستند که از توان تولیدی مناسبی برای پرورش ماهی قزل آلا در نیمه دوم سال و پس از برداشت برنج، برخوردار می باشند (منعمی امیری و نیک فطرت، ۱۳۷۹).

هرسال در کشورمان حدود ۶۰۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی فقط به کشت برنج اختصاص می یابد و بدین ترتیب، بخش قابل توجهی از طبقات غذایی و فضای موجود در این مزارع بدون استفاده باقی می ماند و توان تولیدی آنها به هدر می رود. بعلاوه با کاربرد این روش، ضمن فراهم آوردن فرصتهای شغلی مناسب و درآمدزا برای روستائیان و شالیکاران، موجب بالا بردن تولید و تأمین بخشی از نیازهای زمینهای کشاورزی خواهد شد (مؤمن نیا و همکارانش، ۱۳۷۹).

سابقه پرورش ماهی قزل آلا در مزارع شالیزاری:

اولین بار در سال ۱۳۷۵ در ایران، پرورش ماهی قزل آلا در مزارع شالیزاری در استان مازندران اجرا شد که از آن سال تاکنون در استانهای متعددی گسترش یافته است. شایان ذکر است که طبق بررسیهای انجام شده، این کار اولین بار در کشورمان انجام شده است و هیچ سابقه ای در این زمینه، در سایر کشورها وجود ندارد (مؤمن نیا و همکارانش، ۱۳۷۹).

کیفیت آب برای پرورش ماهی قزل آلا در مزارع برنج:

عملیات پرورش و تولید گوشت از ماهی قزل آلا، همواره با دو عامل بسیار مهم یعنی آب و مکان مناسب، می تواند اجرا گردد. بنابراین، عوامل کمی و کیفی آب از اهمیت ویژه ای برخوردارند. بطورکلی، آزاد ماهیان از دسته آبزیانی محسوب می شوند که نسبت به کمیت و کیفیت آب بسیار حساس می باشند و برای تداوم رشد خود نیاز به آبی با مشخصات ویژه دارند. بعنوان مثال هیچگاه میزان اکسیژن محلول در آب نبایستی کمتر از ٥ میلیگرم در لیتر باشد یا افزایش دما بالاتر از ۲۰ درجه سانتیگراد مرگ و میر این ماهیان را افزایش خواهد داد (فرزانفر، ۱۳۷۲).

بعلاوه، برای پرورش ماهی قزل آلا در مزارع برنج، ضمن در نظر گرفتن شرایط کلی زیست محیطی مناسب برای این ماهی جدول شماره ۸، بایستی شرایط برای انجام هدف اصلی این فعالیت که همان کشت برنج است، مهیا و گردد.

جدول شماره ۸ : شرایط کیفی آب برای پرورش ماهی قزل آلا. (اقتباس از مقاله نقش کیفیت آب در پرورش ماهی قزل آلا. مجله آبزیان شماره ۱۰، ۱۳۷۲)

عوامل کیفی آب	دامنه تحمل
درجه حرارت	۱۸- ٤ C^{o} (اپتیمم ١٦- ١٤ درجه سانتیگراد)
اکسیژن محلول	۱۳- ۷ میلیگرم در لیتر
pH	٦/٨ -٨/٢
ذرات معلق	٦ میلیگرم در لیتر (معمولاً پس از بارندگی افزایش می یابد)
قدرت هدایت الکتریکی	٤٣٢
قلیائیت (کربنات کلسیم)	۱۸۱ میلیگرم در لیتر
سختی کل (بلحاظ کربنات کلسیم)	٤٠٠- ٥٠ میلیگرم در لیتر
آمونیم	۰/۱ میلیگرم در لیتر
مجموع نیتروژن اکسید شده (NO3)	۲/۷ میلیگرم در لیتر

منابع تأمین کننده آب :

معمولاً منبع تأمین آب در مزارع شالیزاری آبهای رودخانه ها، قنات ها، چشمه ها و چاهها می باشد. آبهای زیرزمینی معمولاً به دلیل غلظت بالای گازهایی مانند متان و اکسیدکربن، اگر بطور مستقیم به مخازن نگهداری ماهی وارد شوند، موجب بروز مشکلات زیادی می شوند و معمولاً موجب مرگ و میر شدید ماهیان می گردند. از اینرو، اجرای اقداماتی در کاهش گازهای مضر و افزایش اکسیژن محلول در آب، بایستی در مسیر آبهای ورودی صورت گیرد. بهره گیری از منابع آبی مختلف، دارای مزایا و معایب مختلفی است که در جدولهای شماره۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ به آنها اشاره شده است (منعمی امیری و نیک فطرت، ۱۳۷۹).

جدول ۹ : مزایا و معایب استفاده از چشمه

مزایا	معایب
آب سرد و خنک	امکان وجود گازهای مضر در آب
فقدان آلودگیهای انگلی و پارازیتی	امکان کمبود اکسیژن محلول
عدم وجود ماهیان هرز	امکان تغییر در میزان آبدهی در طول سال
درجه حرارت تقریباً ثابت	
بی نیازی به پمپاژ	

جدول ۱۰ : مزایا و معایب استفاده از قنات

مزایا	معایب
کافی بودن اکسیژن محلول در آب	نیاز به لایروبی
عدم وجود گازهای سمی	احتمال وجود آلودگی انگلی و پارازیتی ناشی از ماهیان هرز
بی نیازی به پمپاژ	امکان تغییر در میزان آبدهی در طول سال

جدول ۱۱ : مزایا و معایب استفاده از چاههای آرتزین

مزایا	معایب
نوسانات درجه حرارت به میزان کم	احتمال وجود گازهای محلول و غیرمحلول مضر
نوسانات میزان آبدهی به میزان کم	کمی اکسیژن محلول
فقدان آلودگی انگلی و عوامل بیماریزا	ایجاد ارتفاع و پرتاب آب امکانپذیر نمی باشد
بی هزینه بودن پمپاژ	

جدول ۱۲ : مزایا و معایب استفاده از چاههای غیر آرتزین

مزایا	معایب
نوسانات کم درجه حرارت	احتمال وجود گازهای محلول و مضر
نوسانات کم آبدهی	اکسیژن محلول کم
فقدان آلودگی انگلی و عوامل بیماریزا	هزینه مربوط به پمپاژ
	مدت زمان محدود فعالیت چاهها در طول سال

جدول ۱۳ : مزایا و معایب استفاده از رودخانه ها

مزایا	معایب
اکسیژن اشباع	نوسانات فراوان آبدهی
فقدان املاح محلول آهن	نوسانات زیاد درجه حرارت
فقدان گازهای سمی محلول	وجود سیلابهای فصلی و گل آلودگی
بی نیازی به پمپاژ	احتمال وجود آلودگی ناشی از فاضلاب
	احتمال وجود بیماریهای انگلی و بیماریزا در اثر ماهیان هرز

خصوصیات فیزیکی مزارع مناسب برای کشت توأم ماهی و برنج

الف) کف و دیوارهای اطراف مزارع :

مناسبترین مساحت برای کرتهای شالیزاری، زمینهای مستطیل شکل به ابعاد ۱۰۰۰-۶۰۰ مترمربعی است. دیواره این مزارع بایستی عرضی در حدود ۵۰ سانتیمتر و ارتفاعی بین ۹۰-۸۰ سانتیمتر داشته باشند. عمق آب در این مزارع نبایستی کمتر از نیم متر باشد زیرا در عمق کمتر، اکسیژن محلول در آب کم می باشد و در اثر گل آلودگی که ماهیها در عمق کم بوجود می آورند، علاوه بر ایجاد مشکلاتی مربوط به تغذیهٔ ماهیها، موجب رسوب گل ولای بر روی آبشش و در نتیجه، بروز مشکلات تنفسی می گردد.

نکته قابل توجه در مورد کف مزرعه این است که حتماً بایستی ساقه های برنج از ته بریده شوند، زیرا کندن آنها موجب افزایش گل آلودگی آب می شود. بعلاوه، وجود ساقه های برنج در آب نیز موجب بروز مشکلاتی از قبیل کاهش عمق مناسب برای فعالیت آزادانه ماهیها، زخمی شدن ماهیها، افزایش مصرف اکسیژن در آب و همچنین بدبو شدن گوشت ماهیها می گردد (مؤمن نیا و همکاران، ۱۳۷۹).

ب) دریچه های ورودی و خروجی مزرعه :

معمولاً برای ورود آب به مزارع از لوله های پولیکا استفاده می شود. به منظور جلوگیری از ورود ماهیهای هرز به مزارع استفاده از سبدهای توری در مدخل ورودی این لوله ها مناسبتر است (مؤمن نیا و همکاران، ۱۳۷۹).

بهترین حالت برای خروج پساب از مزرعه، تعبیه چندین دریچه خروجی در دیواره مزرعه می باشد تا در صورت گرفتگی یکی از دریچه ها به علت رسوب مواد شناور، در امر تعویض آب مشکلی بوجود نیاید.

ج) کانالهای ارتباطی آب :

در صورتیکه منبع تأمین آب در مزارع، آبهای زیرزمینی باشند، کانالهای ورودی نقش مهمی در اکسیژن دهی ایفا می کنند. در این خصوص موانع و سر شکنهایی را در مسیر این کانالها می توان ایجاد کرد. اگر طول مسیر کانالهای ارتباطی زیاد باشد، به علت افزایش تبادل حرارتی آب با محیط، در فصول گرم و سرد سال مشکلات فراوانی در رشد و پرورش ماهی بوجود خواهد آمد (مؤمن نیا و همکاران، ۱۳۷۹).

عملیات ذخیره دار کردن

معمولاً پس از نیمه اول مهرماه و بعد از برداشت برنج، اگر دمای آب حدود ۱۸°C باشد، می توان اقدام به ماهیدار نمودن مزارع نمود. بهترین وزن بچه ماهیان برای رهاسازی در یک دوره ٥-٤ ماهه حدود۲۰-۱٥ گرم در نظر گرفته می شود. براساس وضعیت منابع آبی، میزان تعویض آب و سطوح کرت ها، تراکم بچه ماهیان در مزارع شالیزاری تعیین می شود. تراکم رهاسازی بچه ماهیان را می توان براساس جدول شماره ۱٤ تنظیم نمود (منعمی امیری و نیک فطرت، ۱۳۷۹).

جدول ۱۴ : وضعیت مناسب برای رهاسازی بچه ماهیان در کرتها

عمق آبگیری کرت (سانتیمتر)	مساحت کرت (مترمربع)	آبدهی منبع آبی (لیتر بر ثانیه)	میزان تعویض آب کرتها در ۲٤ ساعت (درصد)	تراکم رهاسازی بچه ماهیان (قطعه)	میزان تولید (کیلوگرم)
۸۰	٥۰۰	۱۰	> ٥۰	۸ – ۱۰	۱۰۰۰
۸۰	۱۰۰۰	۱٥	۲٥ – ٥۰	۸ – ۱۰	۲۰۰۰
۸۰	۲۰۰۰	۲۰	۲٥	٥ – ٦	۲٥۰۰
۸۰	۳۰۰۰	۲۰	۱٥ – ۲٥	٤ – ٥	۳۰۰۰

فهرست منابع

آذری. ع.، (۱۳۷٤). بررسی مقایسه ای امکان پرورش آزاد ماهیان در قفسهای شناور در آبهای لب شور و شیرین. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه محیط زیست و شیلات دانشگاه منابع طبیعی دانشگاه تهران.

شیرازی. ج ؛ آذری. ع.، (۱۳۷۹). پرورش ماهی در قفس. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان (اداره کل آموزش و ترویج).

عمادی، حسین، (۱۳٦۰). ترجمه کتاب راهنمای تکثیر و پرورش ماهی قزل آلا و ماهی آزاد. انتشارات فنی پرورش ماهی، صفحه ۱۰٤.

فرزانفر. ع.، (۱۳۷۲). نقش کیفیت آب در پرورش ماهی قزل آلا، ماهنامه آبزیان، سال چهارم شماره ۱۰، صفحات ۲۰-۱٦ .

منعمی امیری. ع ؛ (۱۳۷۹). نیک فطرت. ا، پرورش ماهی در مزارع شالیزاری، مؤسسه توسعه روستایی ایران، صفحه ٤۷.

مؤمن نیا. م ؛ منعمی امیری. ع ؛ رجبی. ف.، (۱۳۷۹). پرورش ماهی قزل آلا در مزارع برنج (بعد از برداشت برنج) معاونت تکثیر و پرورش آبزیان (اداره کل آموزش و ترویج)، صفحه ۳۷.

مظهری. ک، (۱۳۷۱). نقش سیستمهای مداربسته در پرورش آبزیان، ماهنامه آبزیان، شماره ۱۹، صفحات ۳۱-۲۸

Beveridge & Malcolm. C. M. (1996). Cage Aquaculture., Fishing News Books.

Cookson, John Thomas, Jr., & Wheeler J. North (1967). Adsorption of Viruses on Activated Carbon Equilibria & Kinetics of the Attachment of *Escherichia coli* Bacteriophage T4 on Activated Carbon. Envivonmental Science & Technology. 1(1): 46-52.

Cairns, J. & Linfoot, B. T. (1990). Some Considerations in the Structural Engineering of Sea-Cages for Aquaculture. In : Engineering for offshore Fish Farming, PP. 63-77. Thomas Telford, London.

EIFAC Technical paper, No. 12., (1979). FAO, Salmon & Trout Feeds & Feeding.

Edwards, D. (1978). Salmon & Trout Farming in Norway. Fishing News Book Limited. 195 P.

Huguenin, J.E. & J. Colt (1989). Design & Operating Guide for Aquaculture Systems. Elsevier, N. Y.U.S.A.

Heinen, J.M. (1996). A semiclosed recirculating-water system for high-density culture of rainbow trout, PROG.-FISH-CULT. Vol. 58, No. 1,pp. 11-22.

Hodson, S.L. (1997). Biofouling of fish-cage netting: Efficacy & problems of in situ cleaning., AQUACULTURE., Vol. 152, No. 1-4, pp.77-90.

Hadson, S.L. & Burke, C. (1994). Microfouling of salmon-cage netting:a preliminary investigation. Biofouling, 8:93-105.

Kaiser and Schmitz (1988). Water quality in a closed recirculating fish culture system influenced by addition of carbon in relation to feed uptake by fish. Aquacult. Fish Management.

Masser, M.P. (1997). Cage Culture, Site Selection & Water Quality Southern Regional Aquaculture Center (SRAC) Publication. No. 161.

Masser, M.P. (1988). Cage Culture Problemsi Southern Regional Aquaculture Center (SRAC) Publication., No. 165.

Losordo, T,M. et al., (1999). Reciculating Aquaculture Tank Production Systems. A Review of component options. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC). SRAC Publication. No. 453.

Liao, P.B. ; Mayo, R.D. (1974). Intensive fish culture Combining Water reconditioning with pollution abatement. Aquaculture, No:3 pp. 61-85.

Liao, P.B. (1971). Nitrification process for hatchery water reconditioning. 22 nd Northwest fish cult. Conf. Portland, Oregon. U.S.A. Dec. 2-3.

Liao, P.B. (1971). Water requirments of Salmonids. Prog. Fish-Cult 33(4), pp. 210-224.

Oyvind. S. (1995). Salmon and Trout farming. 96.p.

Proceedings of the International Workshop on Pen & Cage Culture of fish, (1979).

Shephered & Bromage., (1992). Intensive Fish farming., Oxford & Blackwell Scientific.

Sedgwick, S.D. (1988). Salmon farming handbook. Fishing News Books.

Spotte, S. (1979). Fish and Invertebrate culture. A Wiley-Interscience Publication Canada.

Stokoe, A. (1973). Reeds Naval Architecture for Marine Engineers Thomas Reed, Glasgow. U.S.A.

Speece, R.E. (1973). Trout metabolism characteristics and the rational design of nitrification facilities for water reuse in Hatcharies. Department of civil Engineering university of Texas at Austin. USA

Stelz, H. Schuster, C. (1998). Reduction in the make-up water in semi-closed recirculating aquaculture systems. Aquacult-Eng. Vol. 17, No.3, pp. 167-174.

Timmons, M. B. and Losordo, M. (1994). Aquaculture water reuse systems: Engineering Design & Management. Elsevior Science B. V., Netherlands.

White, T. (1996). Recirculation sustems for cold water aquaculture. AQUATECH-'-96. Parsons, G.J.; Forgeron, S.-eds. No. 96-4 p 18.

Webster, C.D. (1996). Culture, nutrition, and feeding of fish in cages. AQUACULT. MAG. Vol. 22, No. 5, pp.30-39.

Wheaton. F. W. (1977). Aquaculture Engineering. A wiley- Interscience publication. 708 P.

Woods Hole Engineering Associates (1984). Design Guide for Use of Copper Alloy Expanded Metal Mesh in Marine Aquaculture. Contract Report Technology for the copper industry. INCRA project 268B. Woods Hole Engineering Associates, Woods Hole, Massachusetts. USA.

MODERN METHODS
IN
RAINBOW TROUT CULTURE

NFAR